



EQUIPAMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO
COM DIFICULDADES MOTORAS, POR DEFICIÊNCIA OU POR
AMPUTAÇÃO

André Alexandre Encarnação Correia

Projeto Final de Mestrado para obtenção de grau de Mestre em Design de Produto

Orientador:

Doutor Paulo Alexandre dos Santos Dinis

Júri:

Doutor Pedro Duarte Cortesão Monteiro

Doutor Paulo Alexandre dos Santos Dinis

Doutor João Miguel Ferrão de Aboim Borges

Documento Definitivo

Lisboa FA ULisboa – Julho 2023

Resumo

Os animais de estimação complementam o nosso quotidiano, adquirindo gradualmente, um papel fundamental na vida dos seus tutores e familiares. O rápido avanço tecnológico possibilitou novos desenvolvimentos e interações na melhoria significativa da qualidade de vida da sociedade em geral. Beneficiando destes fatores, sedimentou-se a intenção de incluir os mesmos pressupostos para satisfazer algumas das necessidades físicas dos animais de estimação.

Este projeto centra-se na conceção de equipamentos customizados que permitam a recuperação da locomoção de animais de estimação com dificuldades motoras, contribuindo para a recuperação da sua qualidade de vida e dos seus tutores. Em paralelo, procurou-se responder a uma lacuna detetada neste nicho de mercado através de projetos que ofereçam soluções pragmáticas e que satisfaçam sobretudo a necessidade funcional da locomoção, bem como a colocação rápida e intuitiva do equipamento.

Na fase generativa da investigação, após a revisão da literatura, o projeto desenvolveu-se através da observação direta de casos reais, e da interação de modelos de teste em animais com patologias de incapacidade. O design das próteses e de outros equipamentos contou com a colaboração de um perito na área da medicina veterinária e foi executado através da tecnologia de impressão 3D

Em suma, concluiu-se que a utilização da prototipagem rápida aliada às metodologias de projeto do design de produto, possibilita a análise e tratamento de dados em colaboração com áreas científicas distintas para o desenvolvimento de protótipos de teste e para a conceção final de equipamentos de auxílio à locomoção de animais de estimação. A modelação digital e a impressão 3D são ferramentas capazes de tornar modelos experimentais em produtos funcionais e esteticamente apelativos, de forma rápida e sustentada.

Palavras chave: Design de produto, Animais de Estimação, Ortopedia Veterinária, Locomoção, Prototipagem Rápida

Abstract

Pets complement our daily lives, gradually acquiring a fundamental role in the lives of their guardians and their family members. Rapid technological advances have enabled new developments and interactions in the significant improvement of the quality of life of society in general. Benefiting from these factors, it has been consolidated the intention to include the same assumptions to meet some of the physical needs of pets.

This project focuses on the design of customized equipment that allows the recovery of the locomotion of pets with motor difficulties, contributing to the recovery of their quality of life and that of their owners. In parallel, we sought to respond to a gap detected in this small market, through projects that offer pragmatic solutions and that satisfy, above all, the functional need for locomotion, as well as the quick and intuitive placement of the equipment.

In the generative phase of the research, after the literature review, the project was developed through direct observation of real cases and the interaction of test models in animals with disabling pathologies. The design of the prostheses and other equipment had the collaboration of an expert in the field of veterinary medicine and was executed through 3D printing technology.

In summary, it was concluded that the use of rapid prototyping, combined with Product Design project methodologies enable the analysis and processing of data in collaboration with different scientific areas for the development of test prototypes and for the final design of equipment to aid the locomotion of pets. Digital modeling and 3D printing are tools capable of turning experimental models into functional and aesthetically appealing products, quickly and sustainably.

Key words: Product Design, Pets, Veterinary Orthopedics, Locomotion, Rapid Prototyping

Glossário

Biocompatível - Que não causa danos ou rejeição no sistema biológico em que é introduzido; que tem biocompatibilidade.

Biomecânica - A biomecânica é uma ciência multidisciplinar que estuda os movimentos a partir dos estudos em anatomia, fisiologia e mecânica

Discapacidade - Limitação, dificuldade ou carência de afirmação das suas capacidades ou aptidões, que em conjugação com o meio ambiente causa uma limitação das suas funcionalidades.

Epidemiológico - Epidemiologia é o estudo do comportamento das doenças numa comunidade, em função de variáveis ligadas ao tempo (quando), ao espaço físico ou lugar (onde).

Feedback - Palavra inglesa que significa retorno de resposta ou reação a algo.

Input - Palavra inglesa que significa conjunto de informações que chegam a um sistema (organismo, mecanismo) e que este vai transformar em informações de saída.

Marsupialização

Necrose - Morte das células de um tecido ou de um órgão.

Neoplasia - A neoplasia é uma massa de tecido anormal (tumor).

Neuropatia - Doença que atinge o funcionamento dos nervos periféricos, podendo afetar tanto a parte de sensibilidade quanto nossa motricidade (movimentos).

Ortoprotesia - Área especializada em corrigir, estabilizar a função muscular, esquelética ou neurológica através da aplicação de próteses e ortóteses.

Polímeros - Polímeros são macromoléculas originadas a partir da união de várias unidades de moléculas menores, chamadas de monômeros.

Termoplástico - Polímero reativo à ação do calor e que endurece ao ser resfriado, podendo por isso ser facilmente moldado.

Abreviaturas e Acrónimos

ABS - Acrylonitrile Butadiene Styrene

CAD - Computer Aided Design

CAL - Committee on Artificial Limbs

CAM - Computer Assisted Manufacturing

CNC - Computer Numerical Control

FDM - Fused Deposition Modeling

FEA - Finite element analysis

FEDIAF - European Pet Food Industry Association

GFK - Growth from Knowledge

ITAP - Prótese de Amputação Transcutânea Intraóssea

Mk0 - Markzero

Mk1 - Markone

Mk2 - Marktvo

OQRS - Oakland Veterinary Referral Services

P1 - Protótipo 1

P2 - Protótipo 2

P3 - Protótipo 3

P4 - Protótipo 4

P5 - Protótipo 5

PETG - Polietileno Tereftalato Glicol

PLA - Poliacido Láctico

SACH - Solid Ankle Cushion Heel).

SLS - Selective laser sintering

STL - StereoLithography File

TAC - Tomografia computadorizada

TGI - Target Group Index

TPE - Elastómero Termoplástico

TPU - Poliuretano termoplástico

Índice Geral

Resumo	III
Abstract	V
Glossário	VII
Abreviaturas e Acrónimos	IX
Índice Geral	XI
Índice de Figuras	XV
Índice de Tabelas	XIX

Capítulo I - Introdução	1
1.1 Introdução	1
1.2 Problemática	2
1.2.1 Área de Investigação	2
1.2.2 Questões de Investigação	3
1.2.3 Hipótese	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivos Gerais	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Benefícios	5
1.5 Fatores críticos de sucesso	6

Capítulo II – Enquadramento teórico	7
2.1 Nota Introdutória	7
2.2 Animais Domésticos	8
2.2.1 Relação Homem-Animal	8
2.2.2 A Presença do Animal nas Sociedades Modernas	9
2.2.3 Os benefícios do Animal de Companhia	11
2.3 Veterinária	13
2.4 Mobilidade	16
2.4.1 Locomoção canina	16
2.4.2 Amputação	18
2.5 Ortopedia e o Desenvolvimento de Próteses	20
2.5.1 A origem do conceito de prótese	20
2.5.2 A evolução do conceito de prótese	25
2.5.3 A generalização do conceito e aplicação de próteses	27
2.6 Design Inclusivo Canino	28
2.6.1 Exo-próteses	28
2.6.2 Endo-exo próteses	29
2.7 Materiais e Tecnologias	31
2.7.1 Materiais e Tecnologias para Próteses	31
2.8 Prototipagem Rápida	33
2.9 Mercado	36
2.9.1 Mercado Orto-prótese	36
2.9.2 Mercado em Portugal	38
2.10 Casos de Estudo	39

2.10.1	Próteses para os membros anteriores	39
2.10.2	Prótese para membro anterior	40
2.10.3	Prótese para membro posterior	41
2.10.4	Auxiliar de locomoção com rodas	42
Capítulo III - Desenho da Investigação		45
3.1	Metodologias da Investigação	45
3.2	Organograma do Processo de Investigação	46
Capítulo IV – Desenvolvimento de Projeto		49
4.1	Prótese para cão	49
4.1.1	Requisitos do Produto	50
4.1.2	Pesquisa de Campo	50
4.1.3	Protótipos e Testes	51
4.1.4	Análise de resultados	57
4.2	Cadeira de Rodas para cão - MK0	59
4.2.1	Caso Clínico	59
4.2.2	Requisitos do Produto	60
4.2.3	Pesquisa de Campo	60
4.2.4	Protótipos e Testes	61
4.2.5	Análise de resultados	64
4.3	Cadeira de Rodas para cão - MK1	65
4.3.1	Análise de resultados	68

4.4	Cadeira de Rodas para cão – MK2	70
4.4.1	Protótipo Conceptual	70
4.4.2	Pesquisa de Campo	70
4.4.3	Protótipos e Testes	71
4.4.4	Análise de resultados	77
Capítulo V - Conclusões e Recomendações		79
5.1	Conclusões	79
5.2	Recomendações	81
Referências Bibliográficas		83
Bibliografia		83
Anexos		90
Desenhos Técnicos		
Livro de Instruções MK1		
Entrevista		
Vídeos e Fotografias		

Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama da interligação teórica da investigação (Autor, 2022)	7
Figura 2 - Pesquisa GfK - 27 mil usuários de internet (a partir de 15 anos) em 22 países	9
Figura 3 - A importância dos Animais - Portugal Continental (3.869 milhões)	10
Figura 4 - Cães e/ou gatos no lar – Portugal	10
Figura 5 - O papiro médico kahum	13
Figura 6 - Representação de inseminação natural e exame ginecológico	14
Figura 7 - Fases da locomoção canina	17
Figura 8 - Estrutura óssea do cão	17
Figura 9 - Tala egípcia em redor de um fêmur fraturado	20
Figura 10 - O dedo do pé Greville Chester	21
Figura 11 - Membro protésico encontrado na múmia de Tabeketenmut	22
Figura 12 - Prótese Romana	23
Figura 13 - Mão de ferro de Von de GötzBerlichingen	24
Figura 14 - 'Desoutter' light- metal leg with stiff ankle	25
Figura 15 - Prótese Syme e Corte longitudinal de um SACH foot	26
Figura 16 - Shester com Prótese de Encaixe	28
Figura 17 - Fotografias alusivas aos recursos de design das ITAP	29
Figura 18 - Aplicação de endo-exo prótese	29
Figura 19 - Radiografias mediolaterais - remodelação óssea ao redor do ITAP	30
Figura 20 - Pet Population (in million), Europe, 2012-2019	36
Figura 21 - Animal Ortho-Prosthetics Market – Growth Rate by Region	37
Figura 22 - Cadeira de Rodas Dog Locomotion	38
Figura 23 - Cadeira de Rodas Dog Locomotion	38
Figura 24 – Derby	39
Figura 25 - Derby com Próteses	39
Figura 26 - Má formação da pata de Duke	40

Figura 27 - Duke com a prótese aplicada	40
Figura 28 - Hudson após a amputação	41
Figura 29 - Prótese do Hudson – Animal Ortho Care	41
Figura 30 - Cadeira de Rodas Animal Ortho Care	42
Figura 31 - Cadeira de Rodas K9Carts	43
Figura 32 - Cadeira de Rodas K9Carts	43
Figura 33 - Cadeira de Rodas Walkin Pets	43
<i>Figura 34 - Cadeira de Rodas Walkin Pets</i>	43
Figura 35 - Organograma do processo de investigação (Autor, 2022)	46
Figura 36 – Raio X, membro amputado	49
Figura 37 - Raio X, membro amputado	49
Figura 38 - Membro posterior completo	51
Figura 39 - Raio X, membro posterior completo (Autor, 2022)	51
Figura 40 - Membro pélvico amputado (Autor, 2022)	51
Figura 41 - Molde exterior do membro amputado (Autor, 2022)	51
Figura 42 - Representação Tridimensional das partes anatómicas em estudo (Autor, 2022)	52
Figura 43 - Protótipo P1 (Autor, 2022)	52
Figura 44 - Peças em PLA - Protótipo P1 (Autor, 2022)	53
Figura 45 - Protótipo P1 Terminado (Autor, 2022)	53
Figura 46 - Protótipo P2 (Autor, 2022)	53
Figura 47, 48 e 49 – Experimentação do Protótipo P2 (Autor, 2022)	54
Figura 50 e 51 - Experimentação protótipo P2 (Autor, 2022)	54
Figura 52 – Tamarack	55
Figura 53 - Protótipo P3 (Autor, 2022)	55
Figura 54 - Protótipo P4 (Autor, 2022)	56
Figura 55 – Protótipo P4 (Autor, 2023)	57
Figura 56, 57 e 58 – Experimentação do Protótipo P5 (Autor, 2022)	57
Figura 59 e 60 - Simulação de Impressão Protótipo P5 - Tempo e Custo (Autor, 2022)	58
Figura 61 e 62 - 1ª Interação (Autor, 2022)	59
Figura 63 - Medidas requeridas para a construção do equipamento	61

Figura 64 – Peças Protótipo MK0 (Autor, 2022)	62
Figura 65 – Tubo de 8mm (Autor, 2022)	62
Figura 66 e 67 – Test Fit (Autor, 2022)	62
Figura 68 – Protótipo MK0 (Autor, 2022)	62
Figura 69, 70 e 71 – Protótipo Mk0 (Autor, 2022)	63
Figura 72, 73 e 74 – Experimentação do modelo MK0	63
Figura 75 - Simulação de Impressão Protótipo MK0 - Tempo e Custo (Autor, 2022)	64
Figura 76 – Exploração do mecanismo de aperto (Autor, 2023)	65
Figura 77 - Sistema de ajuste MK1 (Autor, 2023)	66
Figura 78 – Sistema de ajuste MK1 (Autor, 2023)	66
Figura 79 – Protótipo MK1 (Autor, 2023)	67
Figura 80 – Protótipo MK1 (Autor, 2023)	67
Figura 81, 82 e 83 – Processo de montagem MK1 (Autor, 2023)	68
Figura 84 - Simulação de Impressão Protótipo MK1 - Tempo e Custo (Autor, 2023)	68
Figura 85 - Cadeira de Rodas Walkin' Wheels®	70
Figura 86 - Cadeira de Rodas Walkin' Wheels®	70
Figura 87 – Modelo tridimensional (Autor, 2023)	71
Figura 88 – Volumetrias e Componentes MK2 (Autor, 2023)	72
Figura 89 – Simulação de curva (Autor, 2023)	72
Figura 90 – Painel Explicativo – Protótipo MK2 (Autor, 2023)	73
Figura 91 – Representação Digital – Posição de descanso MK2 (Autor, 2023)	74
Figura 92 - Representação Digital – Protótipo MK2 (Autor, 2023)	75
Figura 93 - Representação Digital – Protótipo MK2 (Autor, 2023)	75
Figura 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100 e 101 – Processo de Construção – Maquete (Autor, 2023)	76
Figura 102 – Simulação de Impressão MK2 – Tempo e Custo (Autor, 2023)	77

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Possíveis materiais e propriedades para atender a função do dispositivo	32
Tabela 2 – Características Materiais – Impressão 3D	35

Capítulo I - Introdução

Introdução

Este projeto tem como objetivo principal restabelecer a mobilidade de animais de companhia fisicamente limitados, projetando equipamentos que promovam a capacidade de locomoção. A abordagem ao tema estende-se não só ao interesse pessoal, mas também à necessidade de impulsionar o mercado referente a este género de produtos. Pretende criar-se uma ponte entre a área do Design de Produto e a área da Veterinária, melhorando a qualidade de vida dos animais de estimação, criando soluções eficazes, através de tecnologias digitais e metodologias de projeto.

O mercado atual em Portugal carece de soluções que respondam a estas situações. A falta de produtos não permite atender as necessidades dos tutores e dos respetivos animais de estimação. Estes ocupam um lugar imprescindível, sendo vistos como elementos da família e, por isso, os seus cuidados e necessidades tornaram-se, gradualmente, numa prioridade.

O projeto caracteriza-se pela agregação da especialidade de Ortopedia Veterinária com o Design de Produto, sendo que os equipamentos desenvolvidos no decorrer da investigação são categorizados nas especialidades de próteses para membros amputados e de cadeiras de rodas para suporte dos membros posteriores. Considerando que cada caso clínico espera soluções e abordagens distintas, pelas diferentes morfologias e comportamentos dos animais, o grau de adaptação e customização dos equipamentos requer acompanhamento e orientação por parte de veterinários e colaboração dos tutores.

Devido à facilidade de acesso e à rapidez de fabrico, acompanhadas de uma elevada opção de materiais disponíveis, a integração da impressão 3D permitiu que a investigação obtivesse resultados mais rápidos e com rigor.

A recente investigação e a abordagem ao tema pela Mestre Isabel Rego, sustentou e impulsionou a exploração do projeto e da área.

Problemática

1.2.1 Área de Investigação

Em pleno século XXI, na sua maioria, os animais de estimação ocupam uma posição gradualmente mais relevante e reforçam a importância de que estes podem desempenhar um papel fundamental na nossa saúde e bem-estar. O impacto emocional dessa presença reflete-se no comportamento do mercado, em que se procuram produtos e serviços que promovam a saúde e bem-estar dos animais.

Apesar da Medicina Veterinária ter sofrido desenvolvimentos científicos e tecnológicos notórios e que a própria prática médica a tenha acompanhado, estes fatores são, ainda, incapazes de colmatar a inexistência de produtos comercialmente disponíveis, capazes de solucionar situações como a decadência da locomoção e a pós amputação em animais de estimação. Um exemplo desta situação é a falta de fabricantes de próteses e órteses, em Portugal, e a escassez de produção de cadeiras de rodas para animais com disfunções locomotoras.

As amputações em animais são comuns, e existem diversos fatores que justificam a remoção parcial ou total de um membro. Um animal que tenha qualquer tipo de disfunção motora, além da perda de mobilidade e autocontrole, por consequência, sobrecarrega os seus tutores. Além de físico, o bem-estar psicológico das pessoas do mesmo meio envolvente é prejudicado. Os animais com mobilidade reduzida ou em decadência tendem a sofrer complicações adjacentes com o passar do tempo, reduzindo substancialmente a sua qualidade de vida, colocando os seus tutores em circunstâncias delicadas, obrigando a uma gestão contínua das necessidades básicas do animal.

A eutanásia torna-se involuntariamente numa das opções mais próximas, devido à inexistência de soluções economicamente acessíveis e que minimizem o problema em torno da mobilidade do animal.

1.2.2 Questões de Investigação

Para orientar esta investigação, colocam-se as seguintes questões:

- De que modo o Design de Produto aliado à Ortopedia Veterinária será capaz de atender às necessidades dos animais de estimação com dificuldades motores e dos seus tutores?
- Como poderemos usar as tecnologias digitais existentes em benefício do processo de desenvolvimento de próteses e cadeiras de rodas, tornando o processo mais simples, rápido e customizado em resposta às necessidades dos animais e dos seus tutores?

1.2.3 Hipótese

- A metodologia projetual de fabricação digital aditiva na área do Design de Produto aliada ao conhecimento da Medicina Veterinária garantem uma resposta eficaz e adequada no desenvolvimento de equipamentos de suporte à locomoção canina

Objetivos

1.3.1 Objetivos Gerais

- Promover um aumento significativo da qualidade de vida dos animais de estimação com incapacidades motoras, bem como dos seus tutores;
- Contribuir para o crescimento do mercado, disponibilizando equipamentos para animais de estimação com limitações motoras;
- Criar uma ponte entre a área do Design de Produto e a Medicina Veterinária.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Disponibilizar produtos que permitam aos médicos veterinários entregar outras soluções;
- Desenvolver equipamentos de auxiliem a locomoção de animais com limitações motoras;
- Implementar tecnologias de prototipagem rápida, como a impressão 3D. Otimizando fatores como, o tempo de produção, experimentação, aceitação, e o preço.
- Desenvolver processos de fabricação que permitam melhorar as possibilidades de personalização que o equipamento exige.

Benefícios

A possibilidade de recuperação motora e a devolução da autonomia num animal amputado restaura, por si, o bem-estar emocional do mesmo e contribui positivamente para as relações sociais, familiares e externas, tanto do animal como do seu tutor.

Relativamente à classe profissional, os veterinários, serão quem mais irá beneficiar com o desenvolvimento da investigação porque necessitam de soluções capazes de providenciar melhores condições aos pacientes e de amenizar as inquietações dos tutores. A existência de novos equipamentos permite que a área da veterinária ofereça uma melhoria nos padrões de qualidade do serviço.

A integração e coexistência da área de Design de Produto no meio envolvente de uma outra área como a veterinária, proporcionará mais intervenções em projetos e sensibilização. Indiretamente, possibilita um maior leque de oportunidades e de fusões cruciais para uma melhoria da sociedade.

Fatores críticos de sucesso

O desenvolvimento do projeto requereu contacto com associações, canis e outros locais onde a finalidade foi encontrar potenciais casos clínicos. O acompanhamento por parte do veterinário, como perito na área, foi igualmente importante, para obter conhecimento especializado para o desenvolvimento do projeto.

Verificou-se que o constante contacto com os casos de estudo foi um fator crucial para uma melhor intervenção projetual, assim como uma boa relação entre o investigador e o veterinário.

Na fase exploratória e de conceção dos modelos experimentais, o acesso a recursos, materiais e maquinaria de prototipagem rápida foi essencial. O saber manusear um software apropriado para a criação de produtos e testes experimentais foi indispensável. A aprovação e o input por parte do profissional foram necessárias para a conclusão do projeto com êxito, de forma a satisfazer as necessidades do animal e do seu tutor.

Capítulo II – Enquadramento teórico

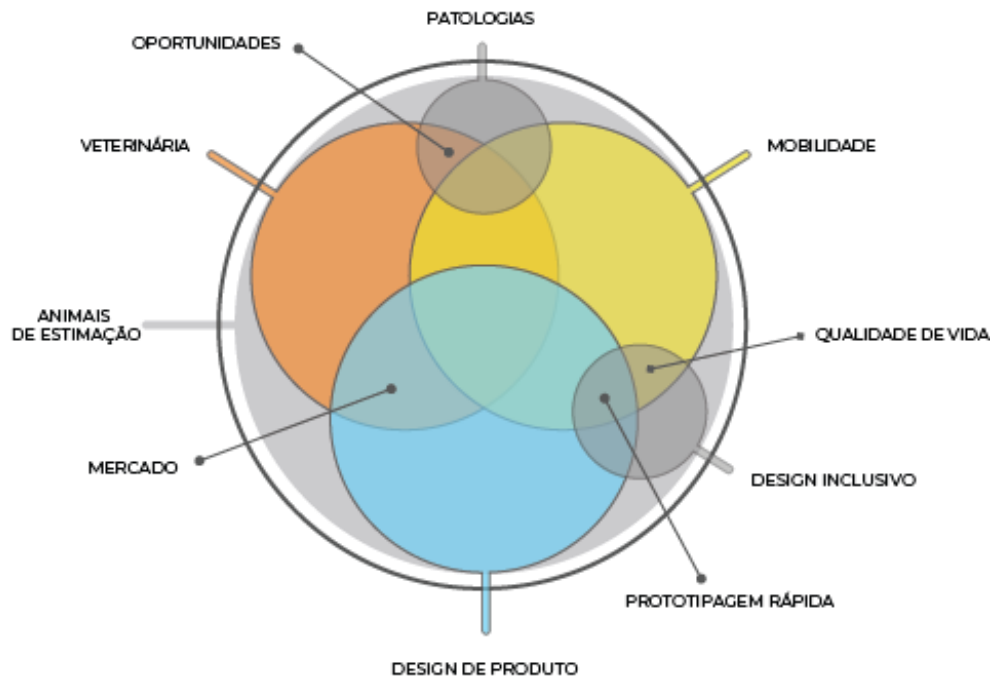


Figura 1 - Diagrama de interligação teórica da investigação (Autor, 2022)

Nota Introdutória

Esta investigação relaciona-se com diversas áreas do conhecimento conforme apresentado na figura 1. Numa primeira fase, procurou obter-se informação sobre o posicionamento dos animais estimação na sociedade, relativamente à sua importância no contexto familiar, bem como os benefícios que advêm desta interação.

São ainda abordados vários temas, como o design inclusivo e prototipagem rápida, com o intuito de sustentar o enquadramento histórico, e criar impacto no desenvolvimento da investigação e do processo projetual referente à área de design de produto.

Animais Domésticos

2.2.1 Relação Homem-Animal

A domesticação foi um processo extenso, no entanto relativamente recente comparado à escala evolutiva do desenvolvimento hominídeo (Ginja, 2019).

Segundo Silva (2011), embora historiadores não partilhem uma opinião singular acerca de qual será a origem do cão, existem registos fósseis que remontam a sua origem há sensivelmente 20 mil anos.

O controlo do homem sobre uma espécie animal, considerada domesticada, requer responsabilidade, conferindo-lhes abrigo, alimento e proteção de predadores sempre que necessário. Ao mesmo tempo, tem impacto no controlo sobre a quantidade reprodutiva, diferenciando-se do natural selvagem, através da “seleção artificial”. Estas alterações provocam mudanças a nível anatómico, morfológico, fisiológico, comportamental e genético (Ginja, 2019).

O processo de domesticação e socialização com animais foram resultado de um processo interativo de cooperação e coevolução através de necessidades comuns. Apesar de submissos aos humanos, foi notável a crescente valorização e perceção dos animais como companheiros (Faraco, 2008; Walsh, 2009).

Bulliet (2005) distingue três fases na história da relação homem-animal: uma era pré-doméstica, na qual as sociedades humanas eram maioritariamente caçadores-coletores, que não identificavam diferenças entre eles mesmos e outros animais; uma era doméstica caracterizada pelo desenvolvimento da percetibilidade de diferença; e uma era pós-doméstica, onde a maioria da população tem experiência direta de animais.

2.2.2 A Presença do Animal nas Sociedades Modernas

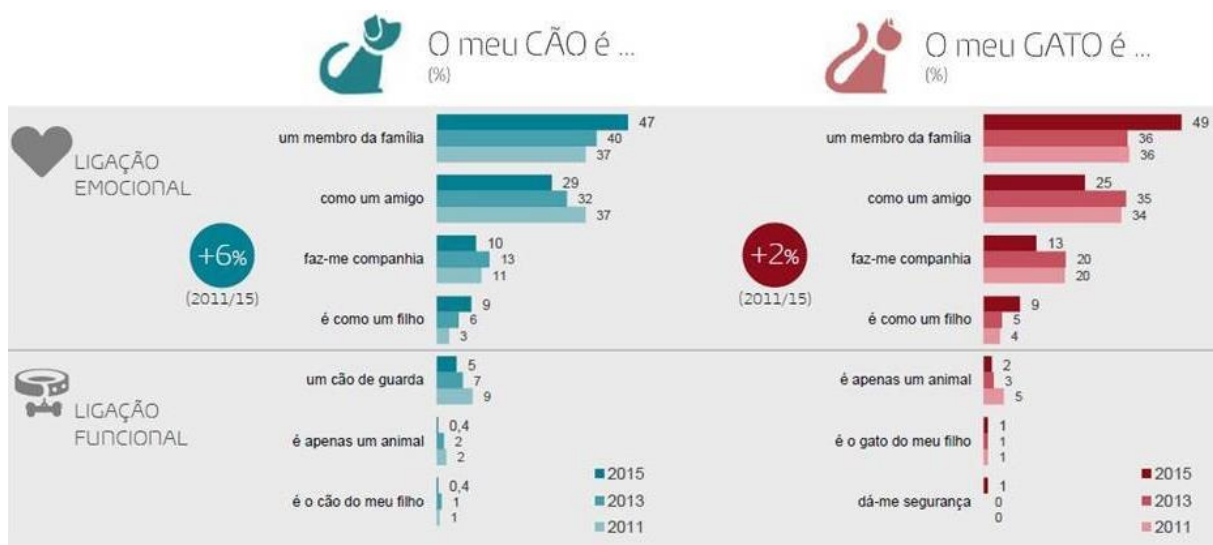
Nas últimas décadas, é possível perceber um conjunto de mudanças qualitativas nas relações humanas com animais, cada vez mais respeitados como indivíduos, seres moralmente relevantes, frequentes no meio familiar e na sociedade em geral.



Fonte: (GfKTrack.2Pets, 2015)

Figura 2 - Pesquisa GfK - 27 mil usuários de internet (a partir de 15 anos) em 22 países

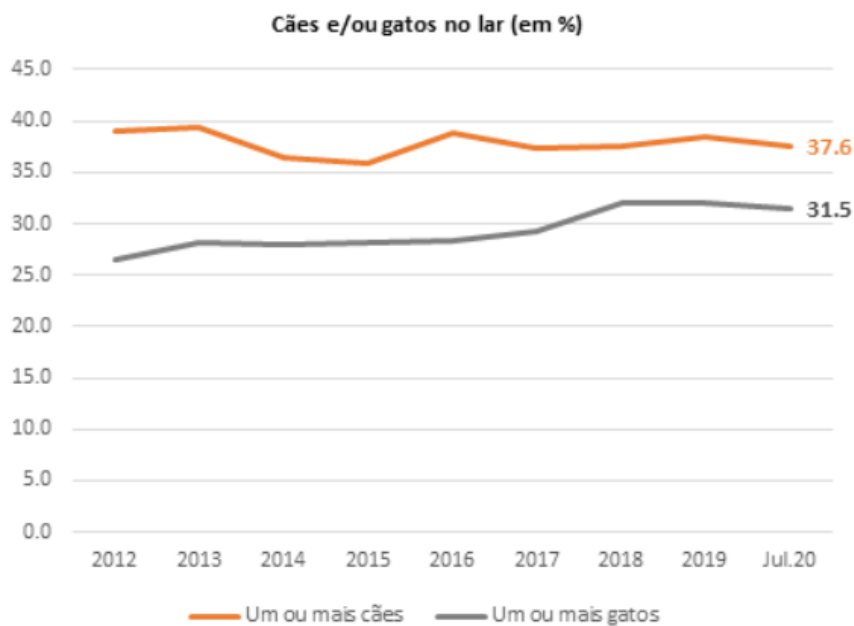
O estudo feito pela GfKTrack.2Pets (2015) apresenta uma estimativa das proporções de animais que partilham o espaço habitacional nos lares portugueses, declarando que Portugal é um país Pet-Friendly e que mais de metade dos lares albergam um animal de estimação. Cerca de 54% dos lares possuem pelo menos um animal. Esta alteração nos núcleos familiares deve-se a uma exponencial contribuição para o bem-estar físico e psicológico dos tutores. Estes dados revelam a importância que os animais de estimação estão a ganhar, destacando que a grande maioria das famílias os consideram como membros e uma parte essencial das suas vidas, estabelecendo uma ligação mais emocional que funcional, como outrora foi.



Fonte: (GfKTrack.2Pets, 2015)

Figura 3 - A importância dos Animais - Portugal Continental (3.869 milhões)

A valorização exponencial dos animais de companhia tem fomentado a evolução da tecnologia na área da Veterinária. Segundo dados do estudo TGI da Marktest, de 2020, cerca de 3,2 milhões de portugueses têm pelo menos um cão em casa, valor que corresponde a 37,6% da população com mais de 15 anos de idade residentes no continente (Marktest, 2020).



Fonte: (Marktest, TGI, 2020)

Figura 4 - Cães e/ou gatos no lar – Portugal

A GfKTrack.2Pet (2015) sondou também os tutores em relação aos cuidados com os seus animais. Estes apresentam como principais fatores a saúde e a alimentação, não desvalorizando a higiene e conforto. Em geral, existe uma necessidade crescente de corresponder às necessidades dos animais.

A preocupação com os animais nas últimas décadas alcançou patamares nunca antes esperados. A afeição aos animais de estimação é evidente e reflete-se na aquisição de vários produtos e serviços, desde refeições especiais, brinquedos, cuidados médicos ou intervenções veterinárias dispendiosas (Walsh, 2009).

De acordo com Hörster (2018), os tempos e as sensibilidades sociais mudam, sendo claramente perceptível que se generalizou a consciência de que os animais são, tal como o ser humano, parte da criação e que o homem é responsável por eles.

Em 2017, foi publicada no Diário da República a lei que estabelece um estatuto jurídico dos animais. A mesma reconhece a dignidade e a sensibilidade dos animais não humanos e exige que os estados-membros tenham em conta o seu bem-estar. “Os animais são seres vivos dotados de sensibilidade e objeto de proteção jurídica em virtude da sua natureza” - Lei n.º 8/2017, de 3 de março de 2017, publicada na I Série do Diário da República n.º 45/2017.

2.2.3 Os benefícios do Animal de Companhia

Consequentemente, com o passar dos anos e com o reconhecimento gradual do seu valor, deu-se uma expansão na investigação referente aos animais de companhia, servindo de objeto de estudo em diversas áreas, sendo o impulsionador a Medicina Veterinária (Shapiro & DeMello, 2010).

A sensação de conforto, segurança e confiança é algo que, tal como relações humanas próximas, os animais de companhia também proporcionam (Uccheddu et al., 2019). No decorrer das mudanças atuais em que o quotidiano é agitado e esgotante, estes oferecem uma realidade distinta (Walsh, 2009).

Segundo Vieira (2016), são vários os estudos que reforçam a tese de que a saúde humana é beneficiada quando existem animais de companhia, quer seja em parâmetros

analíticos, como funcionais. Entre eles surgem a maior prática de exercício, a melhoria da saúde mental ou a diminuição de visitas a centros hospitalares.

Os animais de estimação promovem o desenvolvimento psicossocial positivo das crianças, destacando-se uma maior empatia, autoestima, e participação em atividades sociais e atléticas entre as mesmas. Oferecem-lhes, ainda, a possibilidade de aprender a motivar e nutrir adequadamente outro ser, já que muitas obtêm apoio emocional através dos seus animais de estimação (Bryant,1985; Melson, 2003).

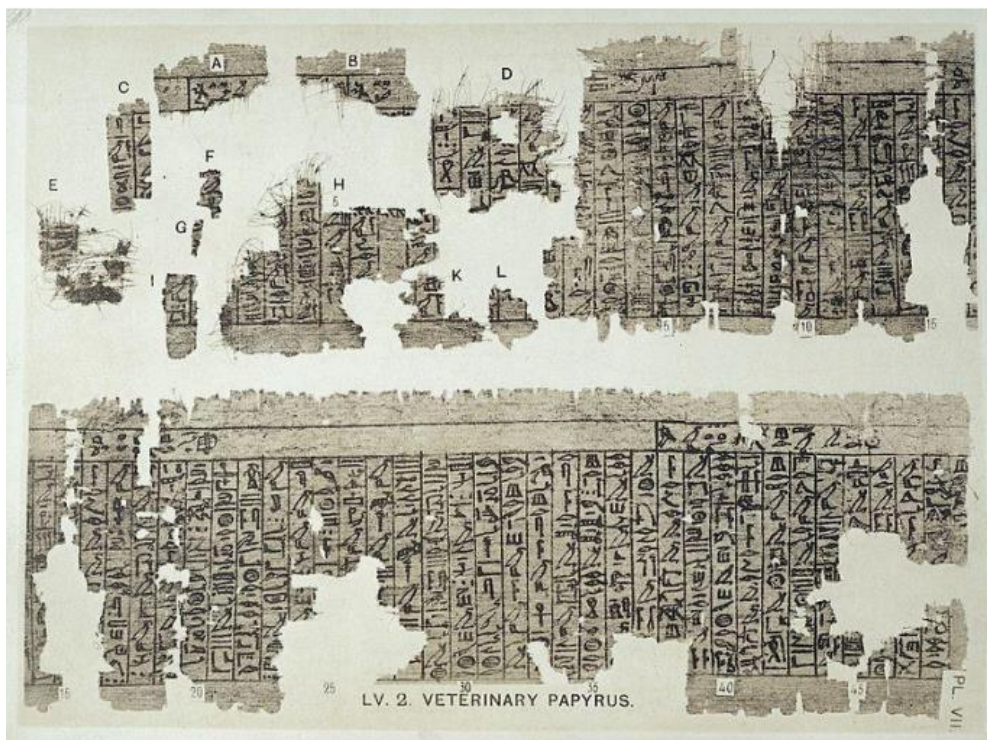
Relativamente aos idosos, o animal de companhia tem um papel crucial na vida dos mesmos. Ao estabelecer-lhes uma programação diária, os animais contribuem para a melhoria da sua mobilidade e bem-estar, ao mesmo tempo que fornecem uma sensação de conforto e segurança. Dados associam esta relação a menos problemas de saúde menores e consultas médicas e, por sua vez, a menos custos em saúde (Baun & Johnson, 2006; Friedmann et al., 2006).

De acordo com Hines (2003), após extensivamente examinado, o comportamento e ligação humano-animal sugere que sentir-se mais próximo de um animal do que de uma pessoa é extremamente comum, e que a maioria das pessoas que tem animais não tem dificuldades ou limitações sociais.

Veterinária

Comprovada a importância dos animais, em particular dos domésticos, será importante perceber os primórdios do seu estudo, bem como entender em que ponto da história surge esta necessidade de existir apoio médico aos animais.

Os primeiros indícios de uma abordagem à Veterinária foram encontrados no papiro de Kahun. O documento, datado de 1825 a.C, continha informações referentes ao tratamento de doenças em diversos animais. Os ancestrais egípcios demonstravam, ainda, já ter conhecimento veterinário enquanto obstetras, existindo referências até à execução de um parto assistido (Abedellaah et al., 2019).



Fonte: (Abedellaah et al., 2019)

Figura 5 - O papiro médico Kahun



Fonte: (Abedallah et al., 2019)

Figura 6 - Representação de inseminação natural e exame ginecológico

Galen (130 d.C – 210 d.C) reconheceu semelhanças na fisiologia humana e animal. Médico romano e inspirado em Hipócrates, especializou-se em anatomia através do seu longo percurso a estudar e dissecar animais. As suas investigações levaram-no a assumir que o que era prejudicial e benéfico para um animal, também o seria para o ser humano (Mark, 2020).

Na idade média, a Medicina Veterinária enfrentou um período de desconsideração. A igreja insistia em retirar valor aos animais e, por isso, estariam privados de tratamento médico. Contudo, após a revolução industrial, a agricultura, ao invés de suportada pelo trabalho manual, veio beneficiar da utilização de animais, conferindo-lhes, assim, elevada importância (Mark, 2020; Kürüm, 2020). Nesta época, grande parte da classe trabalhadora mobilizou-se para as grandes cidades, perdendo o vínculo com a natureza. A necessidade de combater o isolamento e a solidão fomentou uma adoção significativa de pequenos animais, como gatos e cães. Consequentemente, a Medicina Veterinária expandiu-se e fizeram-se investigações profundas com o objetivo de corresponder e atender às necessidades dos animais (Kürüm, 2020).

Apesar de inúmeros registos de procedimentos ao tratamento de animais que datam de 9.000 a.C, no início da idade moderna houve um crescente aperfeiçoamento da medicina, inclusive da Veterinária, ocasionando uma necessidade de instruir ao tratamento de animais feridos ou doentes. Em 1760, foi fundada a primeira escola de Medicina Veterinária, em Lyon, estabelecendo-se oficialmente o estudo científico desta área (Dressel, 2015).

Os avanços tecnológicos nas últimas décadas promoveram grandes mudanças. Contudo, somente nos últimos 30 anos a Veterinária se tornou abrangente a outros animais, dedicando-se ao cuidado de cães, gatos e outros de pequeno porte. O uso de novas ferramentas e tecnologias como a radiografia digital, ultrassom, ressonância magnética e testes laboratoriais avançados promoveram a prevenção e detecção precoce de doenças, permitindo dar aos nossos animais de estimação uma maior qualidade de vida (OVRS, 2019).

Mobilidade

Assim, com o desenvolvimento da Medicina Veterinária, houve uma preocupação crescente em entender os mecanismos fisiológicos dos animais, no sentido de fornecer melhores cuidados de saúde.

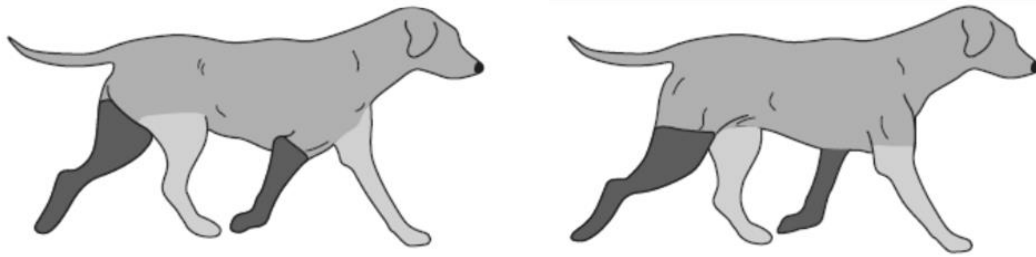
De forma a interligar tópicos referentes à biomecânica animal, locomoção canina, tipos de amputação e outros que sejam de interesse para o desenvolvimento da investigação, este capítulo tem como objetivo a análise e discussão dos mesmos. Desta forma, recairá mais em exemplos caninos, já que o projeto segue essa linha.

2.4.1 Locomoção canina

O estudo da locomoção é essencial para estabelecer métodos de tratamento de desordem do sistema locomotor. A avaliação da função musculoesquelética da marcha canina tem sido estudada há muitos anos. Devido à evolução da tecnologia nos últimos 20 anos, a capacidade de avaliar as características da marcha foi melhorada, permitindo aos investigadores ganhar uma melhor compreensão da locomoção canina, que, a olho nu, pode não ser perceptível (Gillete & Angle, 2008).

Gross et al. (2005) define a marcha normal, anormal e eficiência como sendo: a marcha normal é o movimento para frente com eficiência. Eficiência significa que há um mínimo de energia a ser gasta durante o movimento. Qualquer desvio deste sistema pode ser considerado um padrão anormal de marcha.

A locomoção é um movimento complexo, no qual um dos membros que foi elevado do solo durante o movimento suporta o peso do corpo, fixando-se e reassumindo a posição inicial ciclicamente. A região dorsal e lombar têm um papel fundamental na postura, que irá influenciar a biomecânica do cão, determinando a qualidade do movimento (Bastian, 2013).

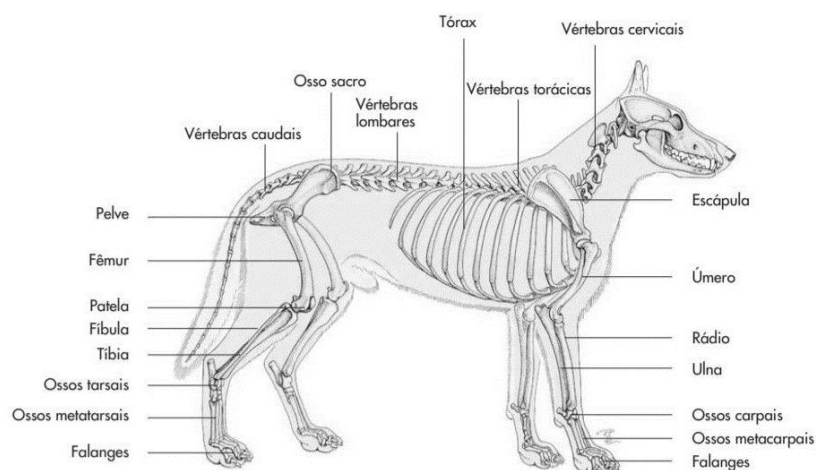


Fonte: (Gillete&Angle, 2008)

Figura 7 - Fases da locomoção canina

DeCamp (1997) sugere uma subdivisão da locomoção feita em fases. A fase de apoio, que pode ser dividida em apoio inicial, desaceleração, propulsão e apoio final, e a fase de balanço. Na Figura 7, os membros que estão na cor mais clara estão na fase de apoio, e os que estão na cor mais escura estão na fase de balanço.

Segundo Gillete e Angle (2008), numa superfície plana, os membros frontais estão mais relacionados com as forças de travagem, enquanto as traseiras estão associadas a forças de propulsão. No entanto, no caso de subidas mais íngremes, por exemplo, o centro de gravidade é alterado e as forças propulsoras são executadas pelas pernas dianteiras. Por este e outros motivos, é importante que toda análise da marcha seja feita numa superfície uniforme e plana.



Fonte: <https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT5G8X0hx9pDCRk3FszN7LZ6OqUZDcu1NsuA&usqp=CAU>

Figura 8 - Estrutura óssea do cão

Num cão, 60% do seu peso encontra-se nos membros torácicos, sendo o seu centro de gravidade localizado atrás da omoplata (Figura 8), enquanto 40% está assente nos membros pélvicos (Gillete & Angle, 2008). No entanto, num cão amputado, o peso é redistribuído pelos restantes membros.

2.4.2 Amputação

“Os animais adaptam-se muito bem em 3 pernas”. Mich (2014) planifica essa ideia, defendendo que a amputação total de um membro é uma solução utilizada em certas circunstâncias, como o esmagamento, ou alguma patologia degenerativa, como uma neoplasia. No entanto, demonstrou-se, através do estudo da biomecânica e de veterinários especialistas na área que, deste processo de amputação, resultam alterações significativas na biomecânica e locomoção dos cães, quando comparadas com a de cães quadrúpedes. A redução geral da mobilidade e da resistência, um acréscimo de peso colocando mais pressão nos restantes membros, costas e pescoço são alguns dos aspetos mencionados. Tudo isto, pode culminar numa eutanásia prematura.

No caso de um cão com um membro torácico amputado, os membros pélvicos suportam 54% do peso corporal e o membro torácico restante suporta 46%. Num caso contrário, com amputação feita num dos membros pélvicos, o membro remanescente suporta 26% do peso, enquanto os dois membros torácicos carregam 74%. Com estes percentuais, pode concluir-se que um cão que tenha sofrido uma amputação num dos membros torácicos, suportará mais carga no membro restante, quando comparada com uma amputação de um dos membros pélvicos (Kirpensteijn et al.,2000).

As amputações realizadas em membros torácicos provocam maiores dificuldades, nomeadamente no equilíbrio, causando mais quedas. Em amputações a membros pélvicos, determinou-se maior dificuldade na aquisição de velocidade. Assim, é esperado um tempo de recuperação maior em casos de amputação de membro torácico (Teixeira, 2021)

Neoplasias, lesões traumáticas, neuropatias periféricas, infeções, comprometimento vascular e necrose isquémica são os principais motivos para a realização de uma amputação. No entanto, anteriormente ao procedimento devem ter-se em consideração vários fatores,

nomeadamente a condição individual do animal, as comorbilidades para ser submetido à cirurgia, a sua capacidade de adaptação após a mesma, e a opinião do tutor.

Um cão que apresente anormalidades fisiológicas ou doenças, como tumores ósseos invasivos, apresenta uma baixa qualidade de vida, situação em que a amputação pode ser vista como uma opção vantajosa, ou mesmo a única opção para salvar a vida de um cão (Bachman et al., 2017).

Um estudo feito por Menchetti et al., (2017) salientou que a neoplasia foi o principal motivo das amputações. Esta representava 54% dos casos de amputação em cães, enquanto 40% é referente a malformações dos membros. Em 75% dos casos, foi feita uma amputação total do membro. Outro aspeto analisado foi a região de amputação: em 61% dos casos houve amputação nos membros torácicos e em 39% nos membros pélvicos.

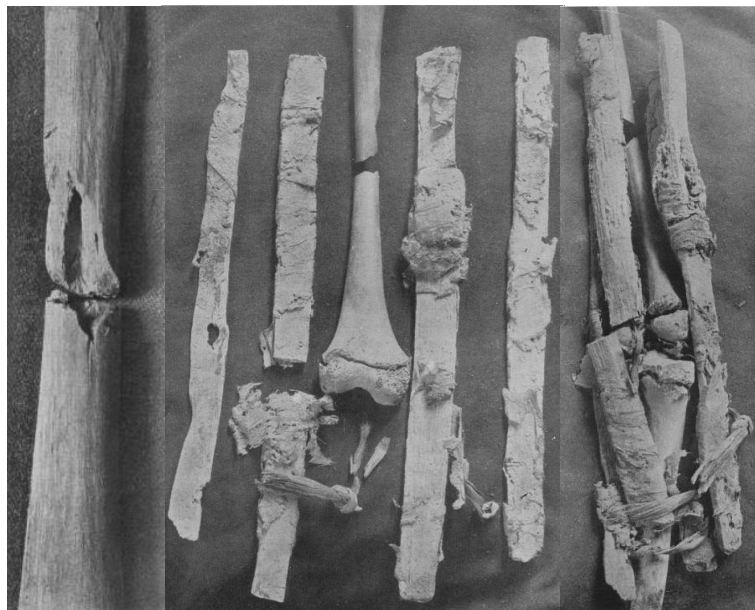
São, assim, destacados inúmeros casos que poderão alterar a marcha do animal e propiciar uma amputação, afetando a qualidade de vida do mesmo. Uma prótese poderá ser capaz de resolver estes problemas, permitindo a correta redistribuição do peso, melhorando o bem-estar e esperança de vida do cão.

Ortopedia e o Desenvolvimento de Próteses

Assim, ao falar da inclusão de próteses para suprir estes problemas de locomoção, torna-se essencial remontar à origem das mesmas. Surge, portanto, a importância da evolução da Ortopedia ao longo dos tempos, como uma área essencial no estudo de problemas musculoesqueléticos e de que forma poderiam estes ser colmatados.

2.5.1 A origem do conceito de prótese

O termo Ortopedia foi introduzido em meados do século XVIII, existindo registos da introdução da técnica há cerca de 5000 anos. Documentos e evidências físicas encontradas da civilização egípcia indicam que já existia uma preocupação e um atendimento a pessoas com deformidades ou dificuldades locomotoras, sendo que os artefactos comprovam a existência do tratamento de lesões ósseas. Foram encontradas talas feitas de bambu, junco e madeira, acolchoado com linho. Nos vários casos encontrados, concluía-se que, maioritariamente, a aplicação da técnica teria sido aplicada com sucesso (Beasley, 1982).



Fonte: (Smith, 1908)

Figura 9 - Tala egípcia em redor de um fémur fraturado

Um achado histórico importante foi o Papiro de Edwin Smith. Este continha registros de tratamentos e técnicas utilizadas à época, descrições detalhadas e revelava um saber evoluído do sistema humano (Magazoni, 2017; Ariel, 2017).

Considerado o pai da medicina, Hipócrates, à data, detalhou de forma exímia o tratamento de fraturas tibiais, onde utilizava talas similares a fixadores externos e, nas fraturas expostas infetadas, recomendava o uso de ceras e enfaixamento com compressas de vinho (Swarup & O'Donnell, 2016).

A técnica de imobilização também foi utilizada por cirurgiões árabes, a partir de 800 d.C. A técnica consistia em misturar vários ingredientes para criar uma pasta que solidificasse ao redor do membro. Feitos a partir de várias misturas de gomas como mástique, acácia, argila misturada com clara de ovo, a técnica foi usada por muitos séculos, captando a atenção dos europeus que, mais tarde, criaram a mistura de Paris, mais conhecida na atualidade como gesso (Kakria,2005).

Relativamente ao desenvolvimento de próteses, Finch (2011) indica que foram descobertos recentemente os indícios que remontam à sua primeira utilização e fabricação: o primeiro dedo do pé artificial – o dedo do pé Greville Chester, datado de antes de 600 a.C. É feito de cartonagem, um material compósito, misturando linho, gesso e cola, moldado na forma de um hálux do pé direito e uma parte superior do mesmo.



Fonte: <https://studhistoria.com.br/historia-das-coisas/os-antigos-egipcios-ja-usavam-protese-ha-mais-de-2500-anos/>

Figura 10 - O dedo do pé Greville Chester

Existe um outro exemplar mais recente, datado entre 950 e 710 a.C. A prótese pertenceu a Tabaketenmut, a filha de um alto sacerdote egípcio. Formada por três peças de madeira, tinha um sistema de aperto e maleabilidade, através de orifícios nas extremidades de cada peça, funcionando como dobradiça. Pensa-se que a prótese foi feita intencionalmente para ser funcional e não meramente decorativa, demonstrando conhecimento pela anatomia e função do pé (Finch, 2011)



Fonte: <https://studhistoria.com.br/historia-das-coisas/os-antigos-egipcios-ja-usavam-protese-ha-mais-de-2500-anos/>

Figura 11 - Membro protésico encontrado na múmia de Tabeketenmut

Em 1858, em Itália, foi encontrada uma prótese romana datada de 300 a.C. Era constituída por madeira, bronze e couro, aparentemente para um amputado do joelho para baixo (Matos, 2014; Carvalho, 2003). Durante décadas, foi considerado o primeiro membro artificial encontrado. No entanto, após as descobertas no Egito, a origem da histórica foi antecipada umas centenas de anos (Rodrigues, 2012).

Segundo Rodrigues (2012), a idade média foi um período de pouca evolução tecnológica, relativamente à conceção de próteses. Os dispositivos eram pesados e difíceis de manusear. Nesta época, cavaleiros de alta sociedade com membros amputados usavam armaduras, de forma a esconder as suas limitações. Estas funcionavam como prótese, mas sem qualquer tipo de funcionalidade.



Fonte: (Rodrigues, 2012)

Figura 12 - Prótese

Em 1200, a escola médica de Bolonha considerou Ortoprotesia como uma parte importante do conhecimento médico. Uma maior importância potenciou um pensamento mais crítico, colocando questões que ainda não tinham sido exploradas, como, por exemplo, o uso de materiais mais adequados para conceber um objeto mais leve e confortável (Seymor, 2002).

Robinson (2006) sugere que os armeiros, com as suas capacidades em manipular metal, estivessem entre os primeiros artesãos responsáveis pela fabricação de membros artificiais funcionais. No caso da Figura 13, tanto o polegar como os restantes dedos podem ser travados, independentemente da posição, através de um sistema complexo acionado por molas, que podem ser instantaneamente soltas através de um botão projetado nas costas da mão.

Swarup & O'Donnell (2016) afirmam que, até ao século XVI, a maioria dos médicos e teorias foram fortemente influenciadas pelo trabalho de Hipócrates. O estudo científico da anatomia sofreu bruscas mudanças nessa época, principalmente devido ao trabalho de grandes artistas, como Leonardo Da Vinci (1452- 1519). Este, através dos seus estudos anatómicos, permitiu uma compreensão substancial a vários níveis, que foram essenciais para a construção de equipamentos protésicos (Rodrigues, 2012).

Uma das primeiras referências escritas ao uso e construção de próteses é encontrada num livro publicado em 1579. O cirurgião francês Ambroise Paré (1510–1590) publicou trabalhos completos, onde descrevia detalhadamente alguns dos membros artificiais que criou e colocou em amputados (Hernigou, 2013).

Segundo Hernigou (2013), Paré queria alcançar algo diferente. Para ele, os membros artificiais teriam de ser soluções funcionais e não apenas estéticas. Ao desenhar, tentava recriar o funcionamento do membro biológico. Paré encaminhou os avanços da robótica ocorridos na sua época para criar próteses que funcionassem. Os materiais utilizados para a construção foram madeira, ferro (estrutura fixa, suportes, dobradiças), cobre (moldável, permitindo a construção de peças mais finas), couro e tecidos.



Fonte: <http://myarmoury.com/talk/viewtopic.php?t=7161>

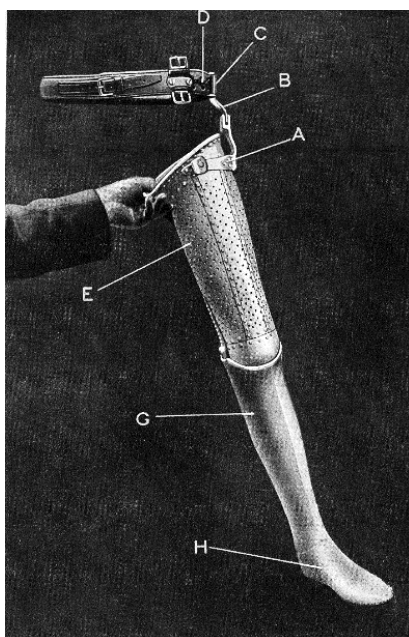
Figura 13 - Mão de ferro de Von de GötzBerlichingen

Os dispositivos artificiais foram aplicados desde o início da história para compensar a perda de um membro e agilizar o cotidiano. A primeira e mais simples prótese poderá ter sido um ramo de árvore bifurcada, que serviu de muleta para ajudar alguém, cuja perna tivesse sido gravemente lesada ou amputada num acidente ou doença. O que começou como uma muleta arcaica feita em madeira, é agora uma prótese altamente sofisticada (Hernigou,2013).

2.5.2 A evolução do conceito de prótese

As duas grandes guerras causaram cerca de 100.000 amputações nas tropas europeias, criando, indiscutivelmente, a necessidade de criar produtos mais evoluídos, capazes de recuperar e tratar soldados e feridos. Cirurgiões e orto protésicos uniram-se e, em 1917, fundaram a *Artificial Limb Manufacturers Association*, que mais tarde viria a alterar o nome para *American Orthotic and Prosthetic Association*. Em 1945, com a 2ª Guerra Mundial, a demanda de dispositivos mais eficazes foi abordada pela CAL - *Committee on Artificial Limbs* - que agrupou membros de várias áreas para encontrar soluções mais inovadoras. Neste século, massificou-se o recurso ao uso do plástico e novos materiais como a fibra de carbono e titânio, que concederam novas propriedades aos dispositivos orto protésicos, principalmente leveza e resistência (May, 2002).

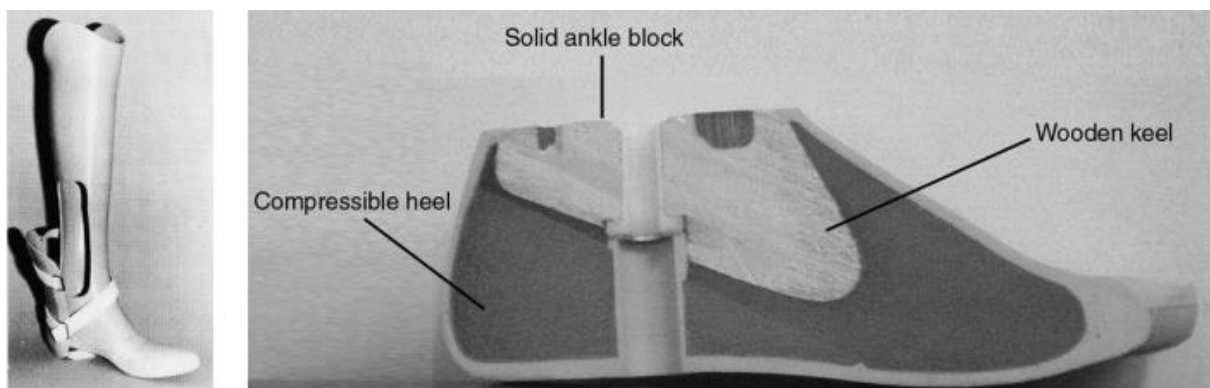
A primeira prótese feita em alumínio foi produzida em 1912, por Marcel Desoutter, lesado num acidente de aviação. Com a ajuda do seu irmão Charles, engenheiro aeronáutico, produziram uma prótese com apenas 1.5Kg. Após a criação, os irmãos Desoutter formaram uma empresa de conceção de próteses. (Rodrigues, 2012).



Fonte: <https://wellcomecollection.org/works/t7w2zta2>

Figura 14 - 'Desoutter' light- metal leg with stiff ankle

Em 1995, a *Northrop Aviation* desenvolveu uma prótese em resina termoendurecível, usada para fazer o laminado que mimetiza a perna. Na extremidade da prótese era colocado um apoio rígido de borracha. Em 1996, a universidade da Califórnia apresentava o pé com tornozelo rígido e calcanhar almofadado, denominado SACH (*Solid Ankle Cushion Heel*). É constituído por um núcleo de madeira, revestido por um material plástico elástico e um calcanhar com cunhas de espuma. Tornou-se extremamente popular a nível mundial por ser leve, durável, barato e sem manutenção (Rodrigues, 2012).



Fonte: (Rodrigues, 2012)

Figura 15 - Prótese Syme e Corte longitudinal de um SACH foot

Smith & Burgess (2001) agradecem a integração de sistemas CAD/CAM aplicados ao desenvolvimento e fabricação de próteses. A fabricação de próteses tem sido uma arte cuidadosa e artesanal, que tenta criar um encaixe confortável e funcional para o membro residual. O encaixe do coto é a parte mais importante de um dispositivo protético. Com as tecnologias digitais e sistemas CAD formaram-se novas fronteiras, alargando as capacidades de fabricação e customização de cada prótese. O apoio desta tecnologia veio reduzir possíveis erros no desenvolvimento e aplicação de próteses, otimizando o tempo de todo o processo.

2.5.3 A generalização do conceito e aplicação de próteses

Segundo Bachman et al (2017), o avanço tecnológico superou a barreira de fornecer somente soluções à necessidade humana, alargando-a a animais. Antigamente, animais nascidos com defeitos ou ferimentos graves seriam eutanasiados, por não conseguirem sobreviver por conta própria. Hoje, muitos já recuperaram a capacidade de se mover e realizar as suas atividades diárias com o uso de próteses.

Atualmente, existem dois tipos de próteses no mercado: as exo-próteses e as próteses de amputação transcutânea intraóssea (ITAP).

As exo-próteses ou próteses de encaixe têm sido utilizadas desde os primórdios desta tecnologia. Baseiam-se no apoio e encaixe do membro amputado a uma extensão que fornece contacto com o solo através de alguma forma de pé ou pata. A ITAP é uma prótese implantada através de cirurgia, à qual uma exo-prótese é anexada. A cirurgia integra a endo prótese ao osso e à pele de forma semelhante a um chifre preso à cabeça de um veado (Mich,2014).

Design Inclusivo Canino

Será, assim, fundamental perceber o que existe atualmente no mercado e de que modo o design é importante para a fabricação de novas próteses, que possam colmatar as deficiências já existentes.

2.6.1 Exo-próteses

As próteses de encaixe ou exo-próteses são dispositivos aplicados posteriormente à amputação de membros, disponíveis para humanos e animais. A sua finalidade é permitir uma marcha normal, mantendo o comprimento do membro protético igual ao membro saudável, tornando todo o processo de locomoção natural (Teixeira, 2021).



Figura 16 - Shester com Prótese de Encaixe

De acordo com Marcellin-Little et al (2015), o nível de amputação é um fator crítico de sucesso na implementação de uma prótese. O bom funcionamento está proporcionalmente relacionado com a qualidade/quantidade do membro residual, sendo necessário que este tenha uma articulação funcional. Uma secção amputada mais longa permite uma maior superfície de contacto, distribuindo a pressão da prótese e permitindo uma melhor fixação. O coto do membro deve ter 40% a 50% do tamanho do antebraço ou da perna, respetivamente.

2.6.2 Endo-exo próteses

As próteses de amputação transcutânea intraóssea (ITAP) ou endo-exo próteses, segundo Fitzpatrick et al (2011), foram desenvolvidas para contornar os malefícios das próteses de encaixe, entre elas a fricção da pele, infecção e necrose tecidual. Foram inspiradas no chifre de veado, onde o chifre ósseo sofre alterações ao longo de um ciclo, enquanto os tecidos dérmicos são aderentes à sua estrutura, sendo suficientemente resistentes para prevenir infecções, marsupialização e falha do tecido mole-duro.



Fonte: (Fitzpatrick et al., 2011)

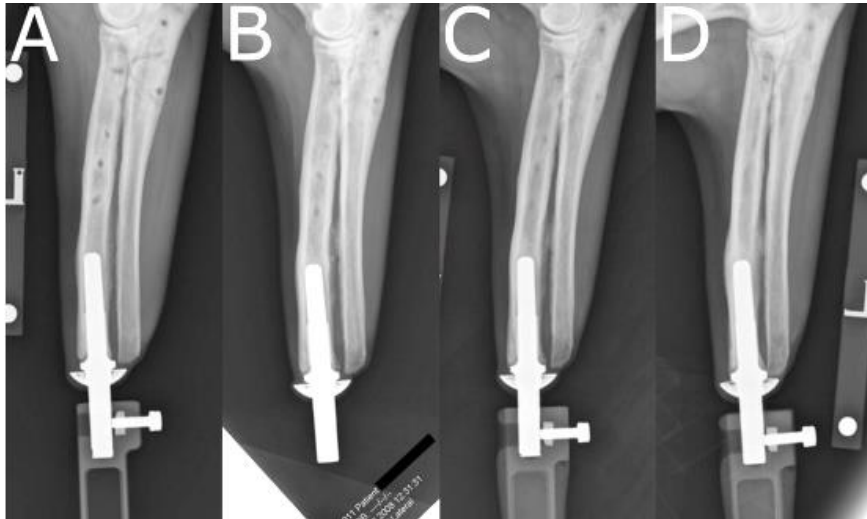
Figura 17 - Fotografias alusivas aos recursos de design das ITAP 29

Apesar de existirem vários fatores a considerar, que poderão modificar um resultado clínico promissor, os resultados após a amputação e a inserção das endo-exo próteses tem sido positivo. Entre as contraindicações relativas, apresentam-se condições como a obesidade, conformação, doenças cardiovasculares ou outras doenças concomitantes. Ainda assim, a maioria dos cães afetados pode, ainda, alcançar excelentes resultados.



Fonte: <https://veterinario.pt/wp-content/uploads/2018/02/cadela-sol.jpg>

Figura 18 - Aplicação de endo-exo prótese



Fonte: (Fitzpatrick et al., 2011)

Figura 19 - Radiografias mediolaterais - remodelação óssea ao redor do ITAP

Materiais e Tecnologias

2.7.1 Materiais e Tecnologias para Próteses

Com as novas tecnologias, o desenvolvimento das próteses tornou-se incrivelmente rápido. Muitas técnicas e materiais têm sido implementados, tanto funcional quanto esteticamente. Assim, os dispositivos conferem um senso de integridade aos pacientes, proporcionando uma mobilidade e um controle semelhante aos membros originais (Bachman et al., 2017).

O requisito para uma prótese eficiente começa na escolha dos materiais. O dispositivo necessita de ser leve e resistente, capaz de ser moldado e suportar as cargas, respondendo à biomecânica do animal. Os materiais mais comuns na fabricação de próteses são os termoplásticos, que atendem às características necessárias pelas suas propriedades mecânicas. Os mais usados são polipropileno e o polietileno. O polipropileno, devido à sua estrutura rígida, é normalmente, utilizado como estrutura de suporte da interface protética. O polietileno é mais macio e mais flexível, usado como o componente de encaixe para a parte amputada. Outro material utilizado no encaixe da prótese é o silicone, utilizado para amortecer e diminuir o atrito entre os tecidos moles e o dispositivo. (Uellendahl, 1998, as cited in Bachman et al.,2017)

Consoante Richardson e Vozzola (2008), outra alternativa de baixo custo para a fabricação de próteses é o vinil éster, uma resina usada no lugar de materiais como poliéster ou epóxi. Tem sido utilizada devido às suas propriedades materiais, que permitem o armazenamento e libertação de energia enquanto se caminha, permitindo uma marcha mais natural.

Outros componentes do dispositivo são elaborados e desenhados com finalidades mecânicas diferentes, sendo compostos por materiais alternativos. O suporte que faz ligação entre o pé de apoio e o soquete é, geralmente, feito em alumínio e titânio devido à sua leveza e resistência. O aço inoxidável é mais pesado e mais forte, sendo apenas utilizado em pequenos componentes que exijam essas propriedades. A fibra de carbono também tem sido explorada como uma opção viável, embora mais cara (Bachman et al.,2017).

Function	Material	Properties
Internal Structure	Titanium Alloys	<ul style="list-style-type: none"> - Light weight - Expensive
	Aluminum Alloys	<ul style="list-style-type: none"> - Strong
	Stainless Steel	<ul style="list-style-type: none"> - Heavier & stronger - Usually used for small components - Cheap
	Carbon Fiber	<ul style="list-style-type: none"> - Light Weight
Socket	Polypropylene (PP)	<ul style="list-style-type: none"> - Rigid structure - Soft & Flexible
	Polyethylene	<ul style="list-style-type: none"> - Thermoplastic: can be reshaped - Softer & more flexible than PP
	Silicone	<ul style="list-style-type: none"> - Reduces friction
Feet	Urethane Foam w/ Wood interior	
Physical Appearance	Polyurethane Foam	<ul style="list-style-type: none"> - Soft - Can be painted to look like skin

Fonte: (Bachman et al., 2017)

Tabela 1 - Possíveis materiais e propriedades para atender a função do dispositivo

Prototipagem Rápida

A etapa inaugural para se obter um protótipo assenta na elaboração do desenho, com recurso a um sistema CAD, um software que permite a realização de desenhos técnicos e modelos 3D digitais, que facilitarão a manipulação e visualização digital do objeto, antes da sua conceção.

Os processos de prototipagem rápida têm um componente que os une: a construção por camadas, partindo dum ficheiro CAD. As disparidades recaem, sobretudo, nos materiais utilizados, na forma como são concebidas as camadas e no modo como são agregadas entre si. Assim, é possível distinguir três processos principais no fabrico automático: o subtrativo, formativo e aditivo. O primeiro envolve a remoção específica de volume material a partir de uma peça em bruto, até atingir o objeto final. Esta remoção pode ser feita com recurso a CNC, corte por laser ou corte por jato de água e está associada a um elevado desperdício. No modelo formativo, a conceção do objeto é feita através de técnicas de deformação do material, seja através de vapor, calor, forças mecânicas etc (Palhais, 2015; Carvalho, 2018).

O modelo aditivo, dispõe características compatíveis ao âmbito deste trabalho, assenta num processo de unir materiais para produzir objetos, normalmente camada sobre camada. Tem inúmeras vantagens, sendo de destacar a redução do desperdício. Por fim, estes processos podem ser distribuídos em três grupos, com base nos seus métodos de alimentação:

- a) Sistemas de base líquida - O processo de estereolitografia é um composto formado por uma resina, aditivada com produtos que a munem de propriedades físicas, essenciais para o sucesso do processo. É um processo de base líquida, que consiste na projeção de um laser, guiado por um programa CAD, capaz de solidificar controladamente, ou seja, camada por camada, a solução resinosa. Quando esta fase termina, o objeto estará completamente solidificado, circundado de resina não curada. Por fim, os suportes utilizados ao longo do processo são retirados, e a

restante peça sofre um processo de foto polimerização, através da sua introdução num forno ultravioleta (Oliveira, 2019).

- b) Sistema de base em pó - Este processo tem algumas semelhanças com a estereolitografia. É uma tecnologia de solidificação de pó, que faz uso dum laser, controlado pelo software, que funde, originando um objeto sólido. O processo inicia-se com uma fina camada de pó no topo da plataforma de construção dentro da impressora. À medida que o pó é fundido, um rolo passa e dissemina regularmente uma outra camada de material, sucessivamente, até ao objetivo final (Palhais, 2015).

- c) Sistema de base sólida - Este processo abdica do manuseamento direto por parte do operador, sendo suficiente a transferência de dados do ficheiro para a máquina. O software de preparação cria um ficheiro (G-code) que calcula um caminho para a extrusão do termoplástico, bem como para qualquer material de suporte necessário. Estes vão sendo aquecidos e depositados ao longo da placa. À medida que a placa se move, camadas sucessivas vão sendo sobrepostas às anteriores, para se obter o objetivo final. Este acabamento é conseguido pelo arrefecimento do termoplástico, que acaba por solidificar e dar o aspeto final ao objeto (Palhais, 2015; Oliveira, 2019).

No mercado estão disponíveis materiais com propriedades distintas. A aplicação da tecnologia em diversas áreas fomentou a diversificação e exploração dos termoplásticos para múltiplas funções. A tabela 2 explana alguns materiais utilizados com frequência neste tipo de tecnologias, assim como as suas propriedades e custo associado.

Material	Printing with enclosure	Dry box recommended	Hardened nozzle required	Nozzle temperature (+/-10 °C)	Bed temperature (+/-10 °C)	Printable on powder coated sheet	Printable on smooth PEI sheet	Soluble with common solvents	Heat deflection temperature (avg. °C)	Impact resistance Charpy (kJ/m ²)	Tensile strength (Mpa)	Price
> PLA	(12)	No	No	210 - 215 °C	60 °C	✓	✓	✗	Red	Red	Green	Green
> PETG	(7)	No	No	240 - 270 °C	90 °C	✓	with window cleaner ✓	✗	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
> PETG HT	(1)	No	No	270 °C	110 °C	✓	with window cleaner ✓	✗	Yellow	Green	Yellow	Red
> ASA	(2)	Yes recommended	No	260 - 265 °C	95 - 110 °C	✗ not recommended	✓	✓	Yellow	Red	Yellow	Yellow
> ABS	(5)	Yes recommended	No	240 - 255 °C	110 °C	✗ not recommended	✓	✓	Yellow	Red	Yellow	Green
> PC (Polycarbonate)	(2)	Yes recommended	No	270 - 275 °C	115 °C	✓ with glue stick	✗ not recommended	✗	Green	Green	Green	Red
> CPE	(1)	No	No	275 °C	90 °C	✓	with window cleaner ✓	✗	Orange	Orange	Yellow	Orange
> PVA / BVOH	(2)	No	Yes	195 - 215 °C	60 °C	✓	✓	✓	Red	Red	Green	Red
> HIPS	(1)	No	No	220 °C	110 °C	✓	✓	✓	Yellow	Red	Red	Red
> PP (Polypropylene)	(1)	Yes	Yes	220 °C	100 °C	✗ not recommended	with PP tape ✓	✗	Red	Green	Red	Red
> Flex	(4)	No	No	230 - 260 °C	50 - 85 °C	✓	with glue stick ✓	✗	Red	Green	Red	Red
> nGen	(1)	No	No	240 °C	90 °C	✓	with window cleaner ✓	✗	Orange	Green	Yellow	Red
> Nylon	(1)	Yes recommended	Yes	250 °C	90 °C	✓ with glue stick	✗ not recommended	✗	Orange	Green	Orange	Yellow
> Carbon filled	(1)	No	No	Yes 260 °C	90 °C	✓	✓	✗	Orange	Red	Yellow	Red
> Wood / metal filled	(7)	No	No	-	190 - 220 °C	✓	✓	✗	Red	Red	Red	Red

Fonte: https://blog.prusa3d.com/es/guia-avanzada-de-filamentos_39718/

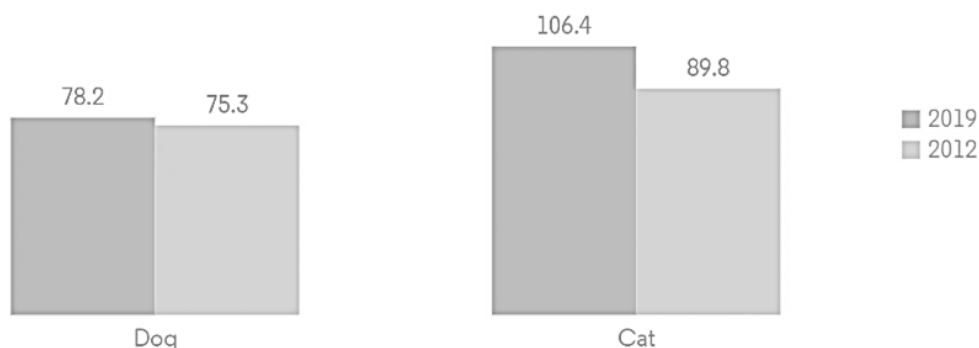
Tabela 2 - Características Materiais - Impressão 3D

Mercado

Posto isto, é necessário perceber que alternativas existem no mercado. Para além disso, é fundamental perceber o contexto epidemiológico e económico das próteses que se fabricam atualmente, de forma a produzir novos modelos.

2.9.1 Mercado Orto-prótese

De acordo com o estudo prospetivo da Mordor Intelligence, previsto entre 2018-2028, o mercado Orto-prótese está relacionado com todo o tipo de dispositivos projetados para auxiliar animais com dificuldades. As previsões anunciadas no estudo anunciam um crescimento significativo entre 2023 e 2028. Prevê-se que os avanços tecnológicos na área das próteses, juntamente com o movimento crescente de adoção de animais de companhia (Figura 24) impulsionem o crescimento do mercado. Os preços das próteses e outros materiais de suporte à locomoção rondam os 500 US\$ e 1.000 US\$. Espera-se que o surgimento de próteses impressas em 3D, de forma económica, promova ainda mais a prosperação do mercado.



Fonte: European Pet Food Industry Association (FEDIAF, 2020)

Figura 20 - Pet Population (in million), Europe, 2012-2019

A análise avaliou geograficamente o posicionamento do mercado de dispositivos ortopédicos e próteses para animais, afirmando que a América do Norte domina o mercado global. Contudo, a região com maior taxa de crescimento é a Ásia-Pacífico. A maior disponibilidade de opções terapêuticas para os animais, maior conscientização sobre próteses e a presença de grandes intervencionistas do mercado são os principais fatores responsáveis para o domínio e crescimento nessa região (Mordor Intelligence, 2018-2028).



Fonte: Mordor Intelligence (2018-2028)

Figura 21 - Animal Ortho-Prosthetics Market – Growth Rate by Region

As principais empresas fornecedoras de produtos em todo o mundo são:

1. Animal Ortho Care
2. DePuy Synthes (Johnson & Johnson)
3. Rita Leibinger GmbH & Co. KG
4. K-9 Orthotics & Prosthetics Inc
5. B. Braun Vet Care GmbH (B. Braun)

2.9.2 Mercado em Portugal

Em Portugal, existem algumas empresas responsáveis pelo fabrico deste tipo de dispositivos. No entanto, Oliveira (2019) anuncia que a maioria não atinge as necessidades fundamentais e as preocupações a ter na conceção e desenvolvimento do produto. Refere, ainda que, no processo, nenhum elemento veterinário acompanha o desenvolvimento nem são requeridos exames médicos de forma a calibrar e ajustar o produto ao paciente.

A empresa Dog Locomotion, situada em Setúbal, é recomendada por veterinários de todo o país, e reconhecida a nível europeu pela sua qualidade. Os dispositivos são totalmente customizados, e sempre concebidos após um diagnóstico profissional. Segundo Pedro Povia, o fundador e responsável pela conceção dos auxiliares de locomoção, os equipamentos são fabricados de acordo com as patologias apresentadas pelo animal, e implementados com sucesso em todos os casos, sendo possível fazer alterações de acordo com a progressão da doença. A Dog locomotion foca-se exclusivamente na fabricação de auxiliares de locomoção com rodas, no entanto o desenvolvimento de próteses e órteses em Portugal é inexistente.



Fonte: <https://ireland.apollo.olxcdn.com/v1/files/5n0chj6ygy91-PT/image;s=1000x750>

Figura 22 - Cadeira de Rodas Dog Locomotion



Fonte: <https://www.doglocomotion.com/standard.jpg>

Figura 23 - Cadeira de Rodas Dog Locomotion

Casos de Estudo

Com intuito de compreender a metodologia atual, aplicada à concepção de próteses, assim como as tecnologias e materiais empregues, selecionaram-se alguns casos de estudo relevantes. Estes integram tecnologias de prototipagem rápida, tendo sido aplicados com sucesso.

2.10.1 Próteses para os membros anteriores



Fonte: <https://www.3dsystems.com>

Figura 24 – Derby



Fonte: <https://www.3dsystems.com>

Figura 25 - Derby com Próteses

De acordo com Arabia (2015), Derby nasceu com uma deficiência nos membros anteriores, impossibilitando uma vida normal. Derby apresenta um tipo de malformação que lhe restringe a mobilidade, causando ferimentos e deterioração contínuos. Após ser resgatado, Tara Anderson tomou conhecimento do caso e decidiu adotar Derby, proporcionando-lhe um auxiliar de locomoção com rodas. Todavia, o dispositivo não correspondia às necessidades requeridas. Apesar de funcionar, verificaram-se alguns entraves, como o volume do dispositivo que o impedia de brincar e sociabilizar com outros cães e a falta de capacidade de mimetizar a locomoção natural. Com uma outra abordagem, em conjunto com os seus colegas da empresa 3D Systems, decidiram realizar um scan das patas, modelando, com recurso a softwares de manipulação 3D, próteses customizadas para Derby. As próteses foram impressas em 3D, tendo sofrido alterações ao longo do tempo, que permitiram uma exploração de materiais com diferentes características, permitindo uma melhor solução.

2.10.2 Prótese para membro anterior



Fonte: <https://3dprint.com/177242/3d-printed-prosthetic-leg-duke/>

Figura 26 - Má formação da pata de Duke



Fonte: <https://3dprint.com/177242/3d-printed-prosthetic-leg-duke/>

Figura 27 - Duke com a prótese aplicada

Alport (2017) relata a história de Duke, um cão abandonado e resgatado pela IRR, uma instituição sediada no Reino Unido e Irlanda, que recebeu especial atenção por uma malformação congênita na pata anterior direita. Recorreram a uma empresa de serviços em impressão e digitalização 3D, responsáveis pela prototipagem geral e desenvolvimento do produto, como pela customização de dispositivos médicos.

Duke reuniu-se com uma equipa e um cirurgião ortopédico para desenvolvimento de uma prótese especial. Foram feitas tomografias computadorizadas ao membro para criar um modelo 3D. A CBM Manufacture, em conjunto com a equipa, realizou vários protótipos para teste e para que o design pudesse ser melhorado. Para garantir que a prótese pudesse suportar as cargas esperadas, foi realizada uma análise de elementos finitos (FEA). O modelo final foi concebido em Nylon 12, através da tecnologia SLS. No interior, foi utilizado um amortecimento em espuma para reduzir o risco de úlceras de pressão. Foi, ainda, adicionado um apoio em polímero elastómero para adicionar resistência ao impacto e melhorar a aderência.

2.10.3 Prótese para membro posterior



Fonte: <https://www.plasticsmakeitpossible.com/whats-new-cool/hudson-the-railroad-puppy>

Figura 28 - Hudson após a amputação



Fonte: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2460662/Railroad-puppy-Hudson-gets-new-artificial-paw-abandoned.html>

Figura 29 - Prótese do Hudson – Animal Ortho Care

Hudson foi encontrado numa estação de comboios, com uma pata presa a um carril. Pela necessidade de amputar uma das patas, as chances de Hudson recuperar a mobilidade eram mínimas. Depois de ser adotado, o seu tutor começou a procurar formas de melhorar a sua mobilidade. Entrou em contacto com Derrick Campana, um especialista em criar próteses e órteses para animais. Este começou a desenvolver uma prótese que ajudasse o animal a recuperar a mobilidade. O processo de construção das próteses passou pela utilização de materiais como polipropileno, polietileno e outros termoplásticos, utilizando tecnologia de termoformagem a vácuo. A metodologia permite criar peças capazes de serem resistentes, mais acessíveis e de se moldarem com eficiência ao membro do animal.

2.10.4 Auxiliar de locomoção com rodas

Segundo Oliveira (2019), a perda de mobilidade de um animal pode ocorrer de forma natural, pela idade ou patologias degenerativas, ou na sequência de acidentes e lesões. Desta forma, os auxiliares de locomoção com rodas permitem recuperar a mobilidade em animais com dificuldades na mesma. Estes dispositivos poderão ser aplicados temporariamente, quando se trata de uma situação de reabilitação, ou permanentemente, prevenindo o agravamento de alguma condição sem retorno.

Atualmente existem diversos fabricantes de auxiliares de locomoção com rodas. Com o intuito de reconhecer a qualidade de produtos disponíveis comercialmente, analisaram-se diversos equipamentos dos grandes impulsionadores do mercado. Foram analisados os seguintes:



Fonte: <https://www.aocpet.com/collections/all/products/dog-wheelchair>

Figura 30 - Cadeira de Rodas Animal Ortho Care



Fonte: <https://k9carts.com/full-wheelchair/>

Figura 31 - Cadeira de Rodas K9Carts



Fonte: <https://k9carts.com/full-wheelchair/>

Figura 32 - Cadeira de Rodas K9Carts



Fonte: <https://petoutlet.pt/wp-content/uploads/2021/11/FC1-68.jpg>

Figura 33 - Cadeira de Rodas Walkin Pets



Fonte: <https://www.smartvet.com.br/wp-content/uploads/2018/11/small-walkin-wheels-1.jpg>

Figura 34 - Cadeira de Rodas Walkin Pets

Capítulo III - Desenho da Investigação

Metodologias da Investigação

O desenvolvimento da investigação exploratória foi encaminhado através de uma metodologia mista, intervencionista e não intervencionista, de carácter qualitativo e quantitativo, seguindo os seguintes métodos enunciados.

A abordagem ao tema de investigação iniciou-se pela análise de casos (não intervencionista), conferiu a possibilidade de compreender quais as situações onde foram empregues dispositivos protéticos em animais amputados, e quais os problemas associados. O interesse crescente pela problemática, conduziu a uma procura de conhecimento. Perceber o processo de construção, assim como a escolha de materiais e tecnologias foram fatores determinantes na escolha do tema. Desta forma, na fase exploratória fez-se uma análise de livros, artigos e outras publicações de autores que abordam áreas de conhecimento relacionadas com o tema.

Na fase generativa (intervencionista), a observação direta e indireta (não intervencionista) assegurou uma base de conhecimento, em que se estudou a morfologia, biomecânica e os hábitos comportamentais dos elementos em causa. O desenvolvimento do projeto centrou-se na elaboração de soluções para dois casos clínicos reais, e uma hipótese conceptual.

O método Experience Prototyping foi aplicado na fase de projeto seguinte, para examinar os modelos experimentais aplicados aos casos clínicos. O método potencializou uma simulação capaz de avaliar os protótipos criados e, após a experimentação e avaliação dos modelos teste, serem feitas melhorias em função do feedback recolhido.

Nos dois casos clínicos, os protótipos foram testados em diferentes cenários e condições (piso hospitalar, piso irregular de exterior, escadas e relva), permitindo obter informações mais concretas nos testes de usabilidade. Numa parte do projeto, houve, também, um acompanhamento por parte de um Veterinário, permitindo receber um input e uma opinião especializada.

Organograma do Processo de Investigação

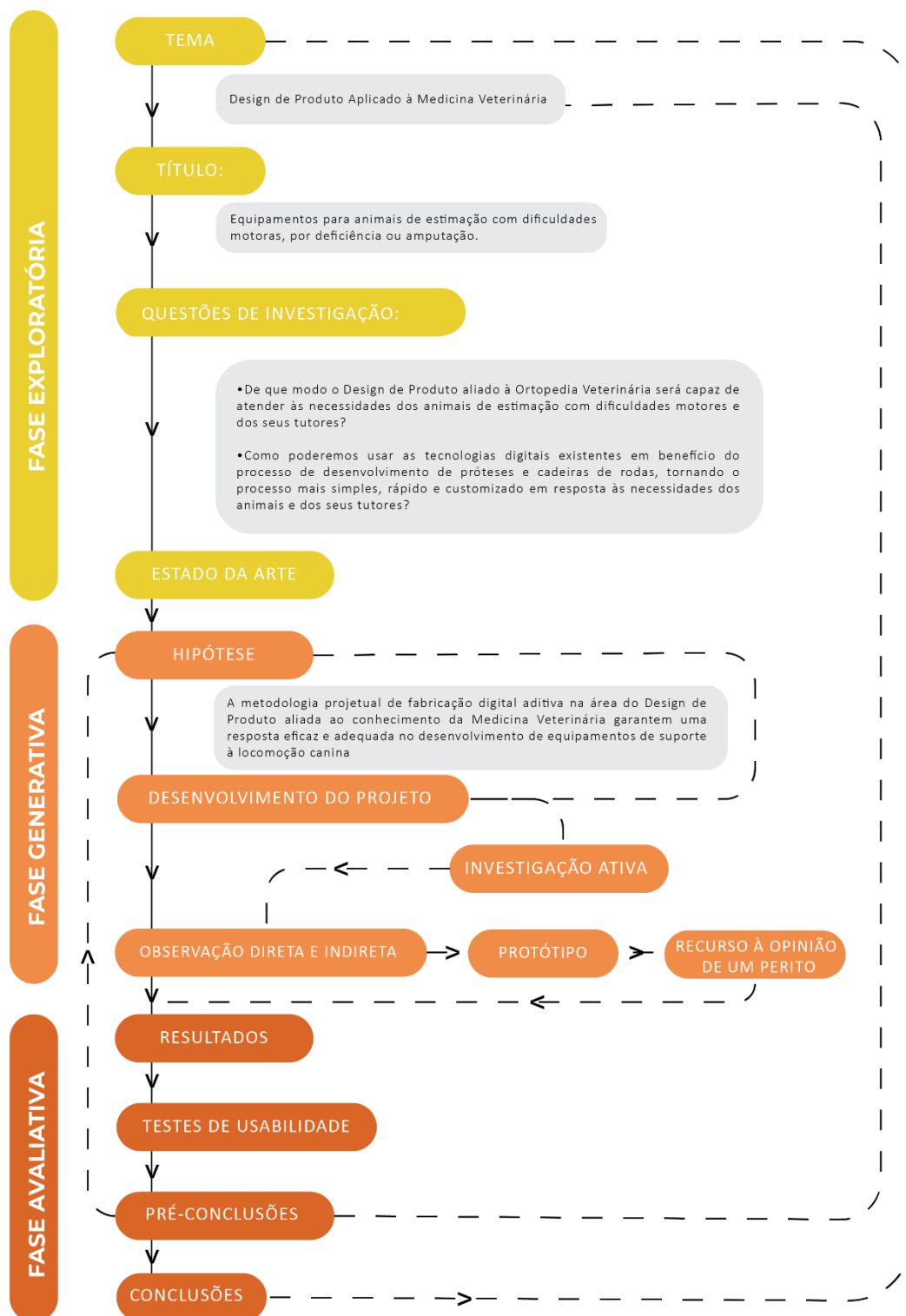


Figura 35 - Organograma do processo de investigação (Autor, 2022)

Capítulo IV – Desenvolvimento de Projeto

O desenvolvimento da fase de projeto, iniciou-se através do contacto com várias clínicas e hospitais veterinários, que proporcionassem a possibilidade de trabalhar com pacientes viáveis para o projeto. Após uma vasta procura, surgiu a possibilidade de trabalhar com o Dr. António Martinho, e um paciente do Hospital Escolar Veterinário de Lisboa. Este capítulo apresenta os casos clínicos abordados e as respetivas interações com os mesmos.

Prótese para cão

O primeiro caso observado é de um cão juvenil, com 4 anos de idade. O paciente sofreu uma amputação parcial do membro pélvico, devido a uma lesão traumática, que despoletou uma infeção, agravando a capacidade de locomoção progressivamente. A amputação excluiu toda a parte distal, restando apenas a zona do tarso para cima, e foi executada com sucesso. Algumas semanas após a cirurgia, o membro não apresentava sinais de infeção.



Fonte: Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa

Figura 36 - Raio X, membro amputado



Fonte: Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa

Figura 37 - Raio X, membro amputado

Após uma cicatrização longa e uma recuperação cuidadosa, apresentou-se a primeira dificuldade. A amputação parcial e não total do membro permitia, ainda, uma possibilidade de suporte para o cão. Contudo, os tecidos moles estariam expostos e em contacto com o pavimento, levando ao aparecimento de outras feridas e possíveis infeções a longo prazo. O cão apresentava, ainda, uma marcha anormal, sobrecarregando outros pontos anatómicos.

4.1.1 Requisitos do Produto

Acompanhado pelo veterinário e após o historial clínico ter sido divulgado e explicado em detalhe, fez-se uma abordagem conjunta para perceber quais os requisitos para desenvolver o dispositivo, sendo eles:

- Obedecer à biomecânica do animal;
- Preservar a mobilidade restante do tarso;
- Confortável para o utilizador;
- Fabricado através de tecnologias de prototipagem rápida;
- Utilizar materiais estruturais resistentes e com durabilidade;
- Esteticamente agradável;
- Capacidade de remover e colocar com facilidade, permitindo ao tutor uma boa relação com o dispositivo;

4.1.2 Pesquisa de Campo

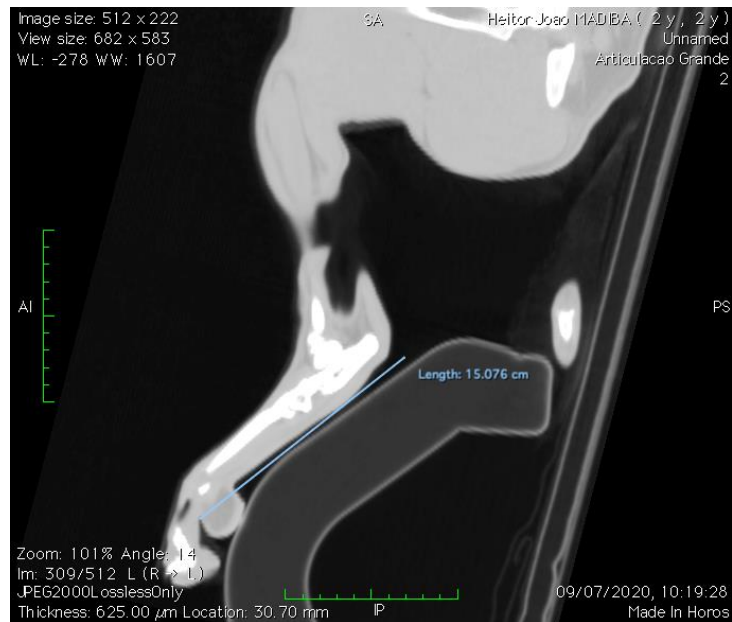
Sendo um tema pouco explorado e a abordagem à área relativamente recente, procuraram encontrar-se metodologias existentes aplicadas à construção de dispositivos protéticos para animais. As informações relativas ao comportamento anatómico e às necessidades fundamentais para desenvolver um dispositivo que cumpra os requisitos funcionais foram gradualmente abordadas em conjunto com o veterinário responsável pelo caso.

4.1.3 Protótipos e Testes

Para iniciar o processo de modelação 3D, foi importante reconhecer certas dimensões e volumes. Obteve-se essa informação através de moldes feitos em gesso e do acesso a tecnologias modernas. Através do Raio-X e da TAC foi possível adquirir medidas mais exatas e a sua representação tridimensional.



Figura 38 - Membro completo (Autor, 2022)



Fonte: FMVL

Figura 39 - Raio-X Membro completo



Figura 40 - Membro pélvico amputado (Autor, 2022)



Figura 41 - Molde exterior do membro amputado (Autor, 2022)

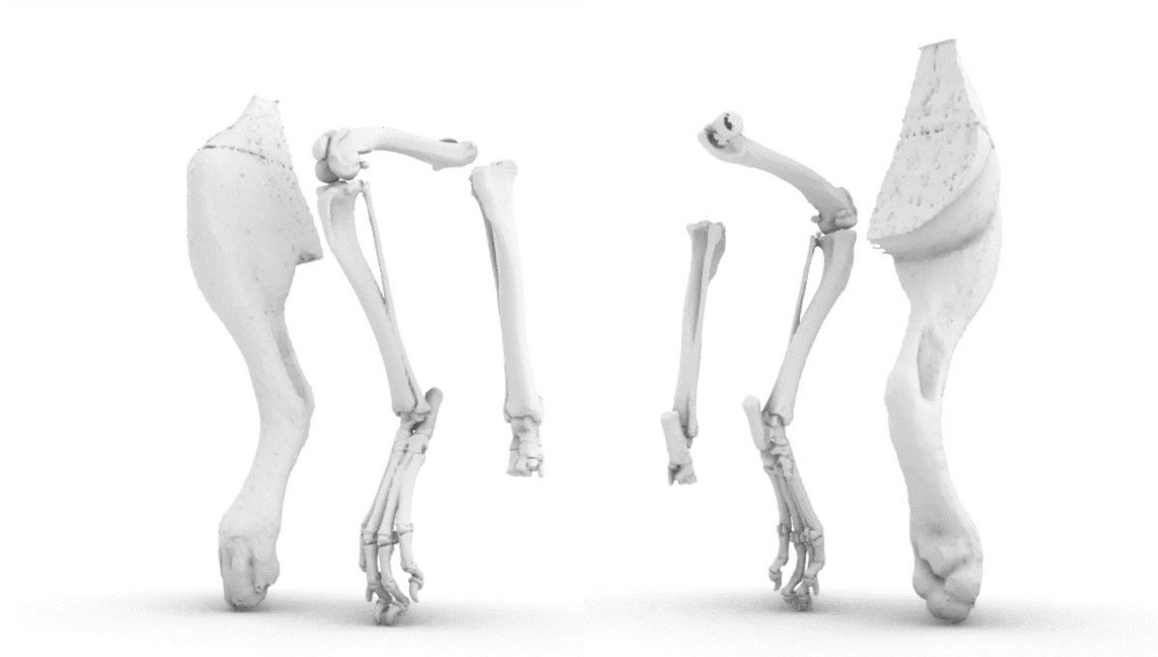


Figura 42 - Representação Tridimensional das partes anatómicas em estudo (Autor, 2022)

Nesta fase de investigação, os protótipos foram fabricados através da impressora FDM. O primeiro conceito desenhado foi uma aproximação inicial ao objetivo. Foi fabricado para detetar erros e situações que requerem ajustes ou uma reformulação total. Pretendia-se saber se os tamanhos e volumetrias estavam corretos para um seguimento desta hipótese.

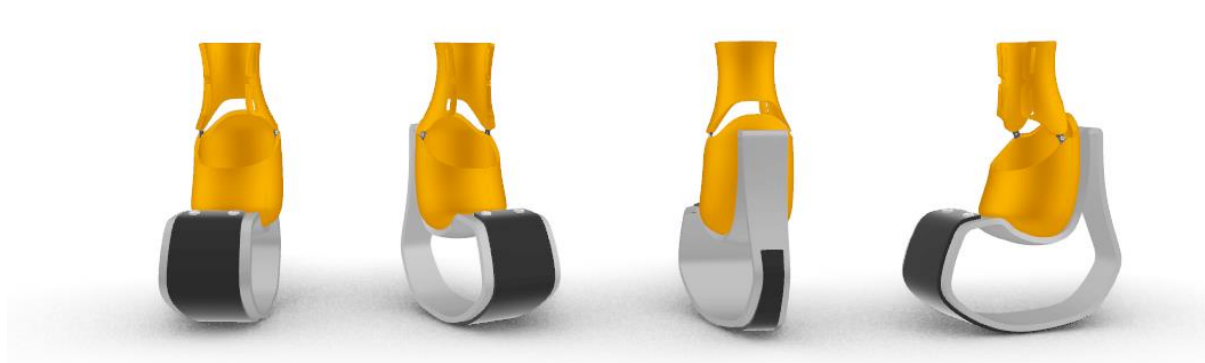


Figura 43 - Protótipo P1 (Autor, 2022)



Figura 44 - Peças em PLA - Protótipo P1 (Autor, 2022)



Figura 45 - Protótipo P1 Terminado (Autor, 2022)

No primeiro protótipo, foi explorado o sistema de aperto, com cintas de velcro e a aplicação de um elastômero para proteger e capacitar a tração do apoio. As peças foram feitas em PLA e, posteriormente, lixadas e pintadas. Apresentavam resistência e flexibilidade. Neste ponto, o sistema de articulação entre as duas peças (o encaixe do coto e a caneleira) ainda estava a ser desenhado.

O protótipo P2 apresenta a mesma estrutura de apoio e a caneleira foi aumentada. Foi fabricado nos mesmos materiais e obtiveram-se melhorias através da aplicação de um sistema usado em dispositivos para pessoas. O sistema articular denominado como Tamarack, utilizado na indústria de próteses, foi adicionado, garantido mais resistência de união entre as peças e permitindo a flexão e distensão do membro.



Figura 46 - Protótipo P2 (Autor, 2022)

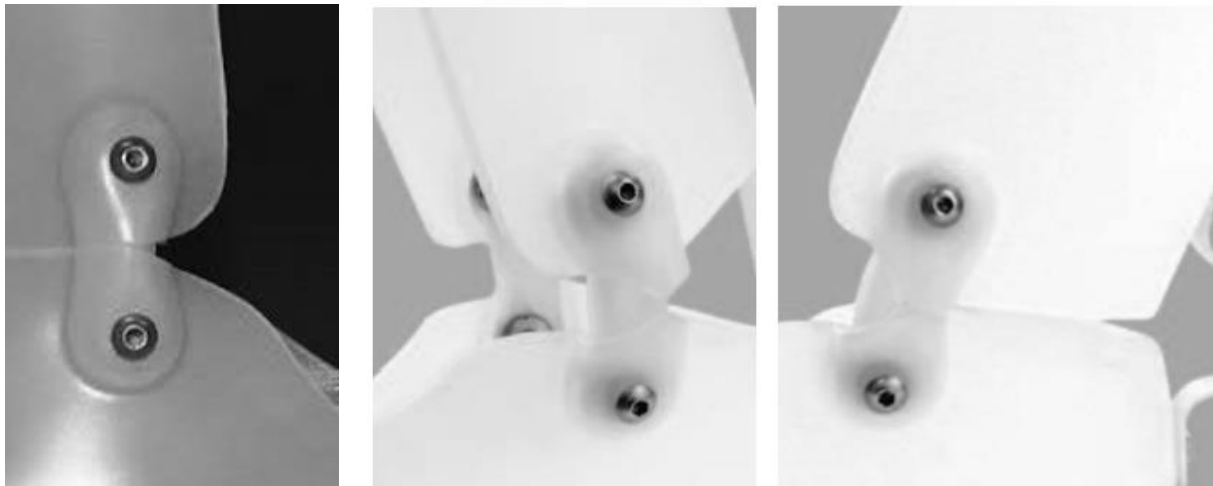


Figura 47,48 e 49 – Experimentação do Protótipo P2 (Autor, 2022)

No entanto, ainda que protegido pelo elastómero, reparou-se no desgaste significativo em apenas alguns minutos de utilização, o que levou a questionar o tipo de material utilizado e a própria forma do apoio.



Figura 50 e 51 - Experimentação protótipo P2 (Autor, 2022)



Fonte: <https://www.freyortho.ch/wp-content/uploads/2017/07/Tamarack-Anleitung.pdf>

Figura 52 - Tamarack

O protótipo P3 foi uma resposta ao desgaste da peça anterior. Explorou-se a tentativa de criar um ponto de apoio mais pequeno e com efeito de mola, para tornar a marcha mais suave. Contudo, a capacidade estrutural não foi suficiente, o modelo foi partido numa questão de segundos. Foi, também, adicionada uma nova peça que permitia uma maior fixação, sem magoar o animal, impedindo o contacto direto das correias de velcro com a pele.

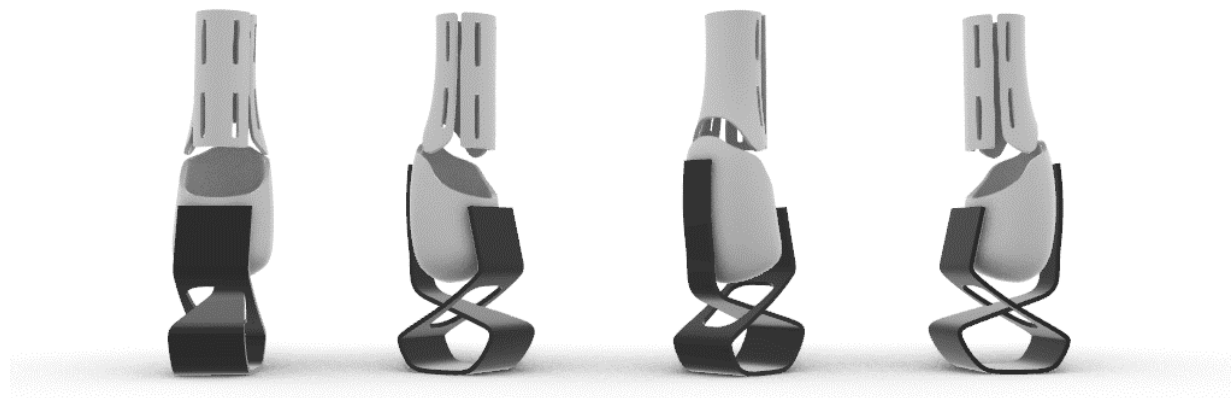


Figura 53 - Protótipo P3 (Autor, 2022)

O protótipo P4 continuou a propor um pé de apoio com uma menor superfície de contacto, aproximadamente do tamanho da pata. Este foi feito em ABS, um termoplástico com propriedades mecânicas mais resistentes que o PLA. Apesar de mais resistente, a impressão com filamento ABS requer outro controlo. A humidade do local pode interferir e comprometer a qualidade final da peça. Várias tentativas foram executadas. A modelação do objeto voltou ao ponto inicial, em que se apresentava com arestas vivas, o que não permitia um bom apoio, causando o deslize e um rápido desgaste.



Figura 54 - Protótipo P4 (Autor, 2022)

O protótipo P5 foi aplicado com sucesso. As alturas e volumetrias foram aceites de forma positiva pelo paciente. As peças foram impressas em PETG e o seu interior revestido com EVA foam, uma espuma biocompatível, com o propósito de proteger o coto, absorvendo as vibrações, impedindo situações traumáticas, devido ao contacto dos tecidos moles com um material rígido. O ponto de apoio foi redesenhado. O pé arredondado permitiu que o cão tivesse capacidade de tração e impulso em vários ângulos. A sola feita em TPU prolongou a durabilidade da peça e, sempre que necessário, poderá ser lavada ou substituída. Os restantes componentes foram mantidos. A montagem deste modelo passou por uma fase de modelação manual. O apoio, após impresso, foi aquecido manualmente tornando-se minimamente maleável, permitindo um encaixe eficiente entre as duas peças que apresentam curvaturas complexas.



Figura 55 – Protótipo P4 (Autor, 2022)

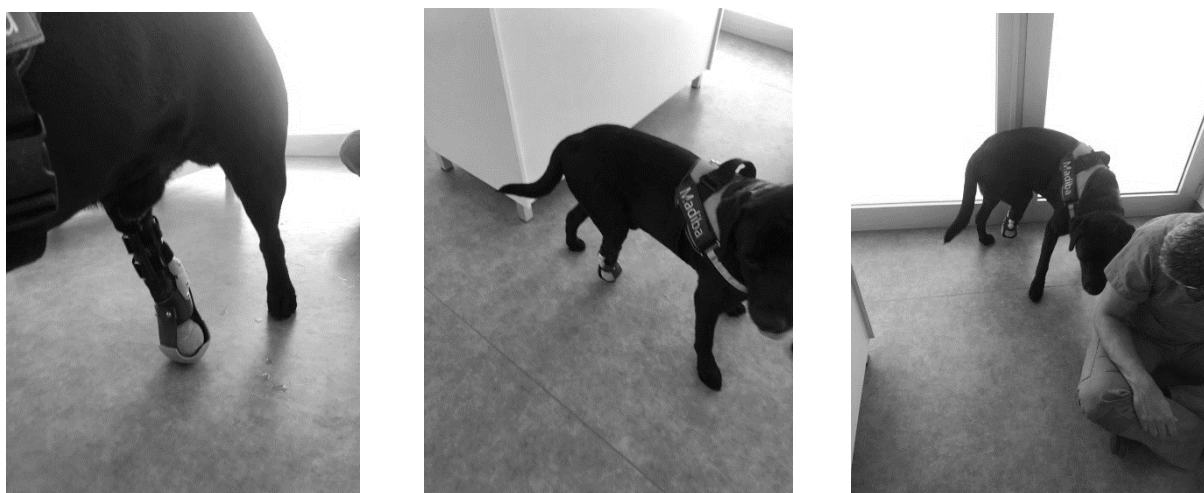


Figura 56,57 e 58 – Experimentação do Protótipo P5 (Autor, 2022)

4.1.4 Análise de resultados

Após a aplicação e observação de todos os protótipos construídos, conseguiram identificar-se aspetos que poderão ser melhorados. Estas interações foram inteiramente executadas através de impressão 3D e, apesar dos resultados promissores, coloca-se a possibilidade de uma futura execução em diferentes tecnologias para determinadas peças. O caso clínico era bastante desafiante, a zona amputada antes da articulação tinha pouca superfície de contacto, o que não permitia um encaixe tão eficiente quanto o aconselhado.

Observou-se, também, uma grande fragilidade do coto neste tipo de casos. A locomoção desprotegida constante inviabilizou, por vezes, a experimentação de vários modelos, devido ao inchaço da zona amputada, sendo necessário esperar e aplicar medicação até uma nova possibilidade de interação. A nível conceptual, o dispositivo poderá sofrer alterações e melhorar certos pontos, como o local de encaixe para o coto. Apesar de ser revestido com uma espuma ortopédica, a escolha poderá não ter sido a melhor para este caso clínico. A possibilidade de remover a espuma, para manutenção e/ou substituição seria uma abordagem a desenvolver. As peças estruturais, ainda que impressas em filamento PETG, apresentavam alta resistência, contudo sem garantias nem estudos que comprovem a sua longa durabilidade.

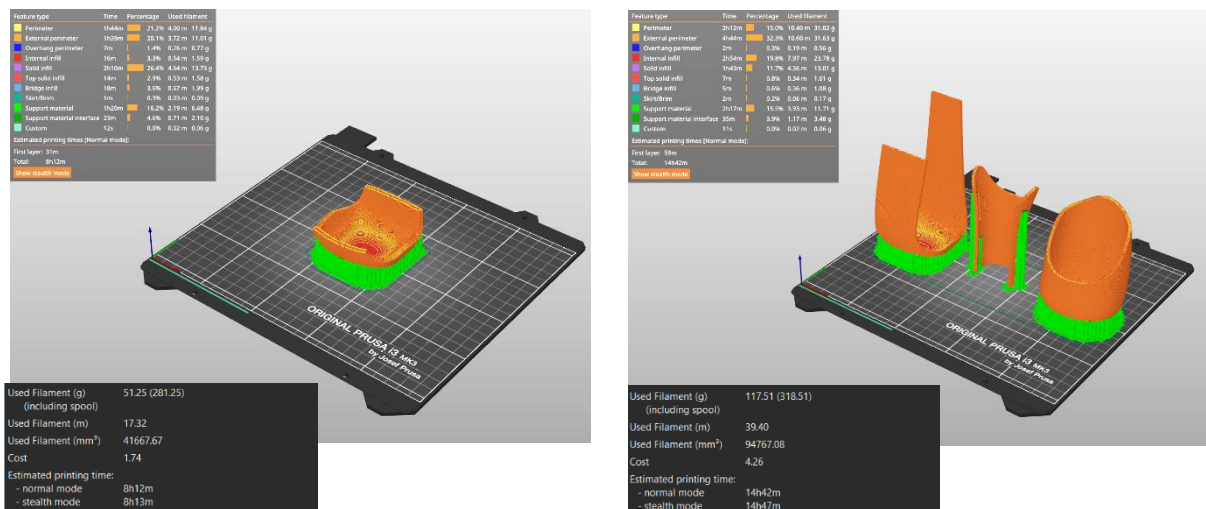


Figura 59 e 60 - Simulação de Impressão Protótipo P5 - Tempo e Custo (Autor, 2022)

Cadeira de Rodas para cão - MK0

Devido aos resultados positivos da interação com as próteses, o Dr. António sugeriu que se abordasse em conjunto uma tipologia de suporte à locomoção distinta. Desta forma apresentou um caso clínico que necessitava de um auxiliar de locomoção com rodas. Visto ser uma prática pouco realizada em Portugal, o propósito foi também explorar lacuna.

4.2.1 Caso Clínico

A Loirinha foi abandonada, suspeitando-se ter sido vítima de maus tratos. Não sabendo precisar-se a idade, estima-se que não seja um animal com muitos anos. É uma cadela de porte pequeno, que apresenta mobilidade reduzida, apenas com força nos membros torácicos para uma deslocação mínima. Fizeram-se exames com intuito de descobrir um diagnóstico e um possível tratamento, não tendo sido conclusivos. As radiografias não apresentaram nada que justificasse a incapacidade de locomoção. O caso clínico foi exposto pelo Dr. António, que fez um seguimento do projeto após a boa execução das próteses anteriores.



Figura 61 e 62 - 1ª Interação (Autor, 2022)

4.2.2 Requisitos do Produto

A determinar com o Dr. António, listaram-se os objetivos e requisitos para produzir um dispositivo que fornecesse características capazes de melhorar o estado de locomoção do cão. De acordo com as informações discutidas foram indicados os seguintes:

- Mimetizar a função dos membros posteriores;
- Agilizar a mobilidade;
- Suspensão dos membros posteriores para evitar o contacto com o pavimento;
- Equipamento fácil de manusear pelo tutor;
- Utilizar materiais resistentes, leves e duráveis;
- Esteticamente agradável;
- Capacidade de utilização em diferentes tipos de piso;
- Assegurar o conforto do utilizador;
- Recurso às tecnologias de prototipagem rápida;
- Ajustável;
- Economicamente acessível.

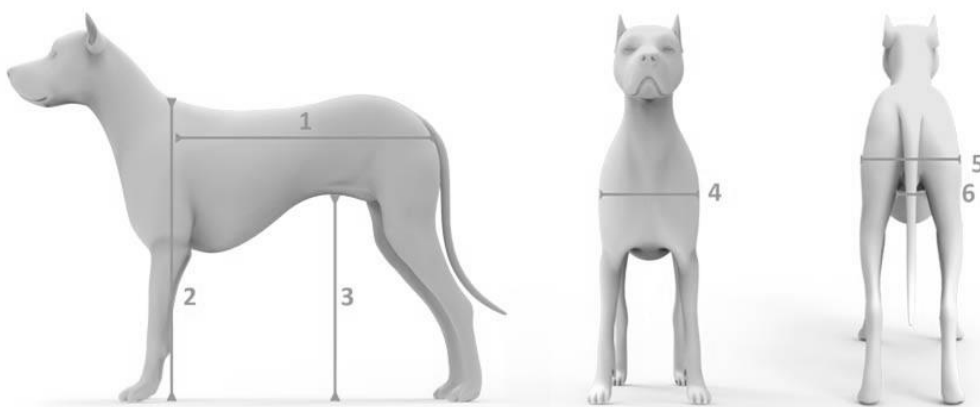
4.2.3 Pesquisa de Campo

Após serem definidos os requisitos para fabricação do dispositivo, iniciou-se uma pesquisa de campo para avaliar os produtos do mercado. Tentaram recolher-se informações acerca da variedade de materiais utilizados na conceção dos dispositivos. A análise aos casos de estudo revela que o auxiliar permite vários ajustes, conseguindo moldar o dispositivo a diferentes pacientes, com diferentes morfologias. Relativamente aos materiais, verificou-se que o alumínio, por ser leve e resistente, é uma escolha comum. O plástico é, também, bastante utilizado, mas em peças secundárias, que complementam o dispositivo. A variedade de dispositivos é vasta. Contudo, a nível de design, os auxiliares de locomoção não apresentam esteticamente uma boa imagem.

Com a necessidade de desenvolver a cadeira para o caso clínico descrito, optou-se por seguir o desenvolvimento e métodos já abordados. A mesma cadeira poderá servir para diferentes utilizadores, ou para o mesmo que atavesse fases de crescimento ou outras mudanças.

4.2.4 Protótipos e Testes

A primeira interação seguiu o método estrutural idêntico aos existentes. As diferenças seriam a incorporação de peças fabricadas em plástico, através da impressão 3D. As peças foram modeladas com apoio de programas CAD. A cadeira foi projetada seguindo as medidas da Loirinha como ponto de referência.



Fonte: <https://www.ortocanis.com/pt/productos-adicionales/cadeira-de-rodas-a-medida-caes.html>

Figura 63 - Medidas requeridas para a construção do equipamento

1. Comprimento: desde o ombro até à base da cauda
2. Altura: do chão ao ponto mais alto das costas do cão
3. Altura do estômago: apenas para raças pequenas ou de patas curtas. Desde o chão até ao estômago do cão
4. Largura: linha imaginária da largura dos ombros
5. Largura do músculo: de um lado aos outros dos músculos
6. Entre pernas: Distância interna entre as pernas

Tiradas as medidas, o processo de construção do primeiro protótipo foi iniciado. O protótipo MK0 foi construído em varas de alumínio anodizado e peças impressas em PETG. A ideia era criar peças simples, intuitivas durante montagem e rapidamente impressas.



Figura 64 – Peças Protótipo MK0 (Autor, 2022)

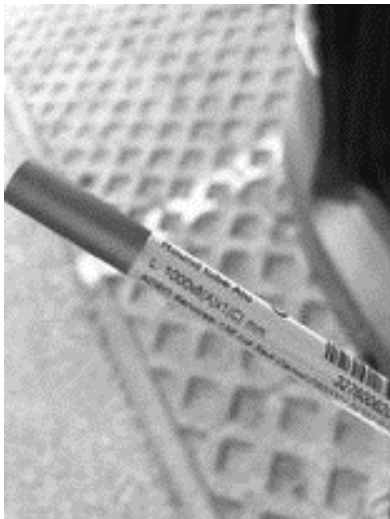


Figura 65 – Tubo de 8mm (Autor, 2022)

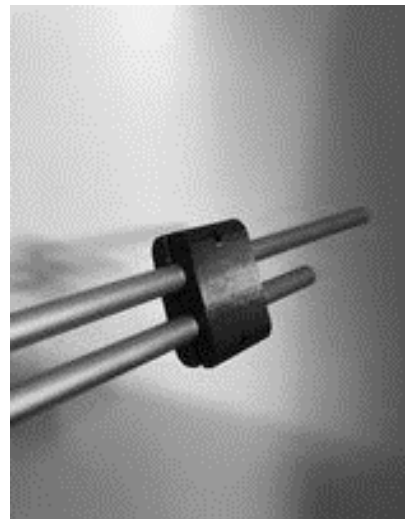
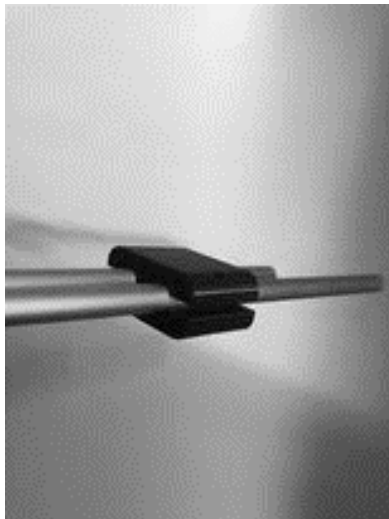


Figura 66 e 67 – Test Fit (Autor, 2022)

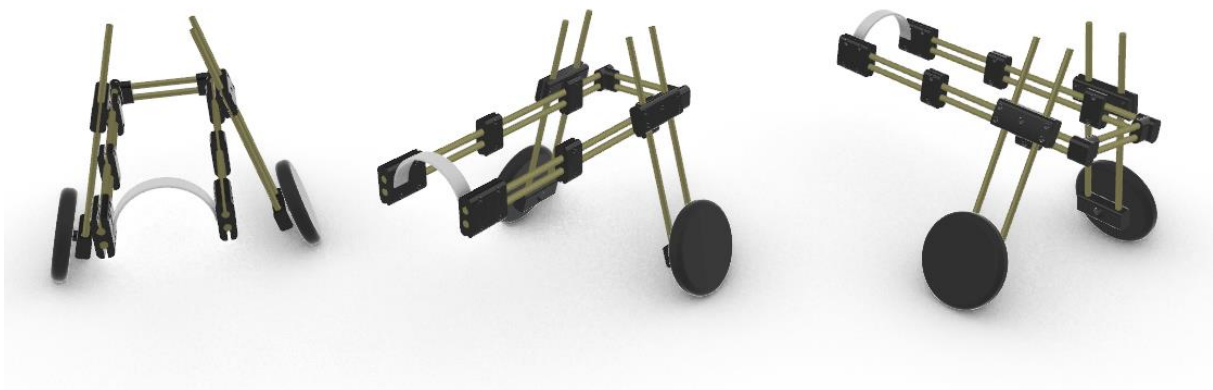


Figura 68 – Protótipo MK0 (Autor, 2022)

O protótipo MK0 foi o primeiro a ser executado. A montagem do modelo é simples. Os varões permitem um ajuste à morfologia do cão e, posteriormente, as peças podem ser apertadas através de parafusos embutidos. Neste protótipo não existia, ainda, a possibilidade de ajuste a nível da largura. Visto que o cão já não estava em fase de desenvolvimento, optou-se por simplificar. As varas de alumínio anodizado, para além de apresentarem ótima resistência, impedem o aparecimento de ferrugem. Foram adicionados os apoios centrais onde as virilhas são suportadas e os membros traseiros repousam, evitando assim o arrasto dos mesmos.



Figura 69,70 e 71– Protótipo Mk0 (Autor, 2022)



Figura 72,73 e 74 – Experimentação do modelo MK0 (Autor, 2022)

4.2.5 Análise de resultados

Após a concretização e montagem do modelo MK0, surgiu a ideia de disseminar o projeto. Devido à relativa facilidade de montagem, concluiu-se que o produto poderia ser apresentado num outro formato. A possibilidade de fornecer o produto embalado em formato de um Kit foi aplicada. Desta forma, consoante a necessidade do utilizador, será possível adquirir o produto apropriado ao tamanho do cão e montar em casa, tornando o processo mais pessoal e interativo. O auxiliar de locomoção obteve um bom feedback por parte da Loirinha, que reagiu positivamente, e do staff veterinário que se encontrava nas instalações. Contudo, existem melhorias a executar. Após a observação direta da utilização do dispositivo e a opinião dos profissionais veterinários, identificaram-se questões mal resolvidas. O produto não correspondia na totalidade aos objetivos e requisitos propostos. A nível de funcionalidade, a metodologia de ajuste em vários eixos foi algo a manter, mesmo não estando a funcionar na totalidade. A produção foi significativamente rápida, assim como monetariamente acessível. Os componentes impressos para a cadeira de rodas demoraram cerca de 19 horas a serem produzidos, e com o custo associado de 6.54€. Em última análise, reconheceu-se que o dispositivo era funcional, embora se encontrasse esteticamente pouco desenvolvido.

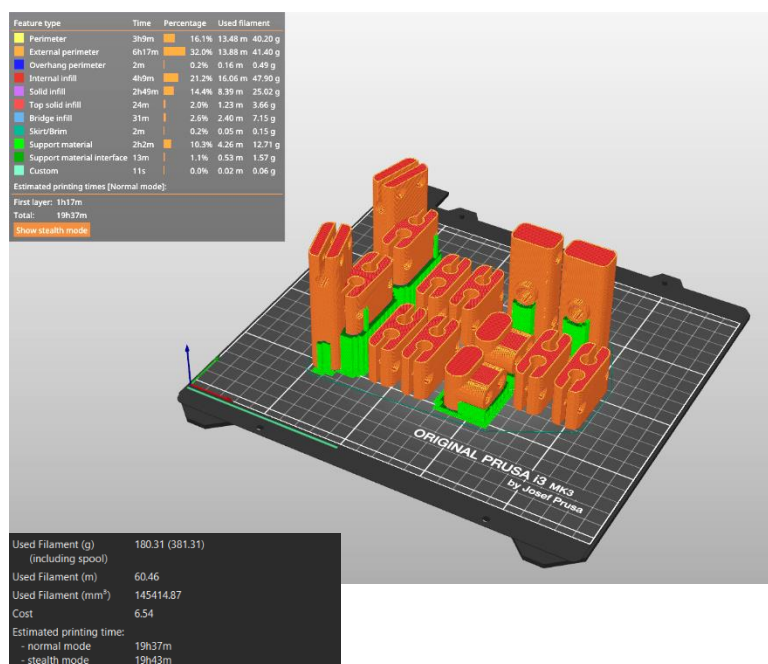


Figura 75 - Simulação de Impressão Protótipo MK0 - Tempo e Custo (Autor, 2022)

Cadeira de Rodas para cão - MK1

Após uma revisão crítica dos resultados anteriores, neste conceito, procuraram solucionar-se certos pontos ainda pouco desenvolvidos. Contudo, os requisitos do produto e a metodologia de fabricação manteve-se, assim como os materiais utilizados. O recurso à prototipagem rápida torna o processo rápido e económico, possibilitando um número maior de interações.

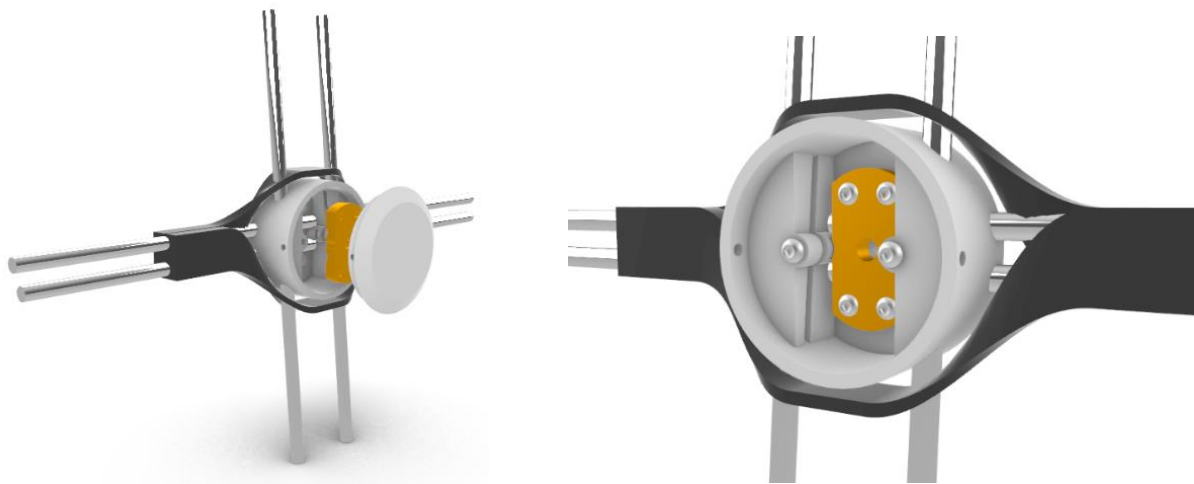


Figura 76 – Exploração do mecanismo de aperto (Autor, 2023)

A ajustabilidade como requisito foi novamente abordada. Nesta fase, tentou planejar-se uma possibilidade de ajuste e aperto que fosse eficiente e esteticamente apelativa. Foi utilizada a mesma forma de regulação, através de varões de alumínio. Contudo, esta proposta não correspondeu ao requisito. Pretendia-se incluir a possibilidade de um ajuste geral de todos os componentes de forma a permitir a uma utilização versátil de acordo com o paciente.

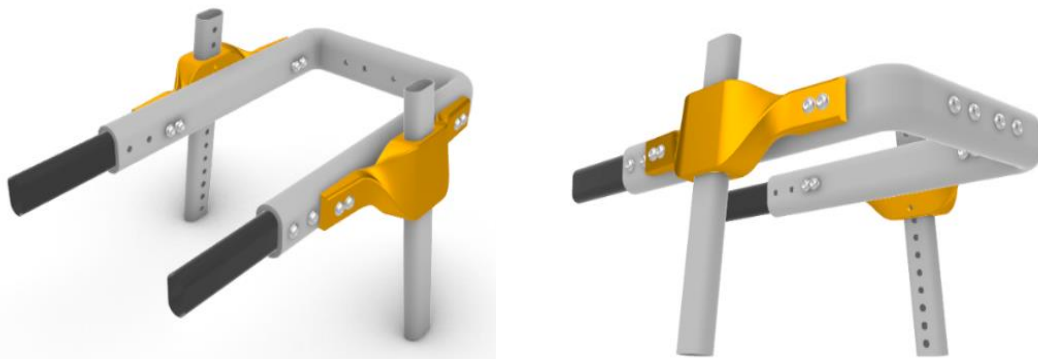


Figura 77 – Sistema de ajuste MK1 (Autor, 2023)

O protótipo MK1 apresenta uma reformulação no design por completo. Vários elementos foram modificados, tornando o modelo mais funcional e esteticamente agradável. Os varões em alumínio foram eliminados, sendo substituídos por um perfil metálico.



Figura 78 – Sistema de ajuste MK1 (Autor, 2023)

Neste protótipo, foi aplicado um sistema de ajuste que permite uma utilização versátil, tendo o dispositivo capacidade de adaptação a diferentes morfologias. Os perfis metálicos podem ser facilmente colocados na posição desejada, sendo extensíveis à estrutura da própria cadeira.



Figura 79 – Protótipo MK1 (Autor, 2023)



Figura 80 – Protótipo MK1 (Autor, 2023)



Figura 81, 82 e 83 – Processo de montagem MK1 (Autor, 2023)

4.3.1 Análise de resultados

A execução do protótipo MK1 comprovou a possibilidade de execução de equipamentos através da impressão 3D, de forma rápida e económica. A fabricação de todos os componentes impressos foi concebida em 45 horas, usando cerca de 433g de filamento, equivalente a um custo de 16€.

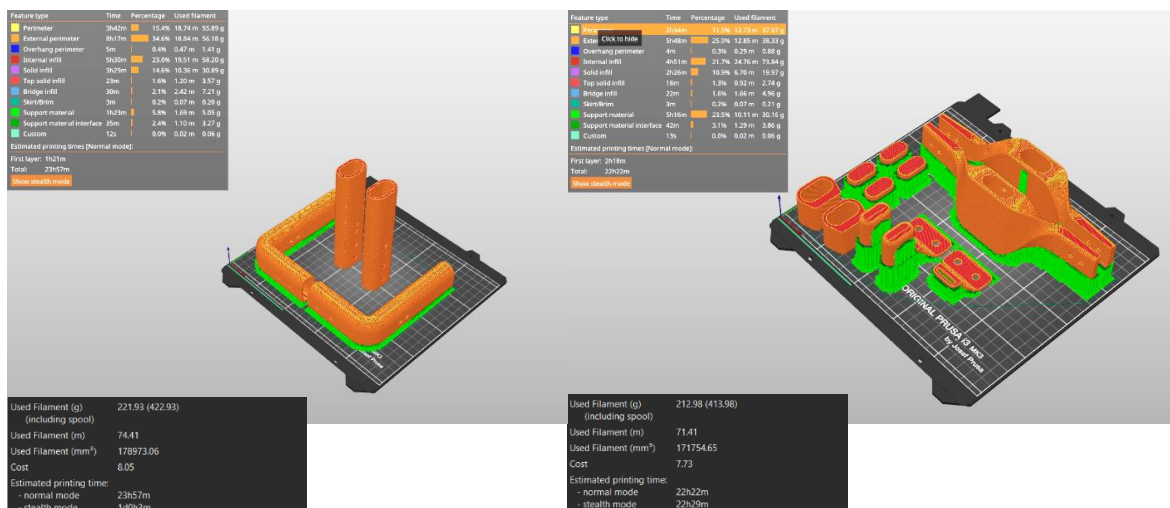


Figura 84 – Simulação de Impressão Protótipo MK1 – Tempo e Custo (Autor, 2023)

O auxiliar de locomoção correspondeu aos requisitos propostos, no entanto não foi possível realizar a experimentação em conjunto com o caso clínico e o perito na área. O dispositivo apresenta resistência capaz de suportar o peso do caso estudado. Porém, devido às suas propriedades, neste material não é recomendado a aplicação em animais de porte grande ou com peso elevado. Este equipamento pode ser aplicado provisoriamente, caso se trate de um tratamento de recuperação de mobilidade, ou definitivamente, num paciente em situação sem retorno, que dependa exclusivamente do dispositivo.

Cadeira de Rodas para cão – MK2

4.4.1 Protótipo Conceptual

Contrastando com as interações apresentadas anteriormente, este protótipo é elaborado de forma customizada. Pretende fornecer-se um produto feito especificamente para cada paciente, sendo este o ponto distinguível dos anteriores supracitados.

4.4.2 Pesquisa de Campo

No mercado atual, as cadeiras de rodas convencionais tendem a ser fabricadas de forma a possibilitar uma utilização abrangente e serem capazes de sofrer pequenos ajustes, possibilitando a utilização de vários pacientes com a mesma patologia.



Fonte: <https://www.smartvet.com.br/product/walkin-wheels-medium-dog-wheelchair/>

Figura 85 - Cadeira de Rodas Walkin' Wheels®



Fonte: <https://www.smartvet.com.br/product/walkin-wheels-medium-dog-wheelchair/>

Figura 86 - Cadeira de Rodas Walkin' Wheels®

4.4.3 Protótipos e Testes

Devido à incapacidade de trabalhar com um caso clínico, o desenvolvimento do protótipo foi feito através de um modelo com medidas aproximadas à de um possível paciente. A obtenção das volumetrias necessárias para a fabricação das peças, deve ser feito a partir de um scan ao corpo do animal. O scan torna-se numa representação tridimensional do paciente, que será a base do desenvolvimento na fase de modelação.

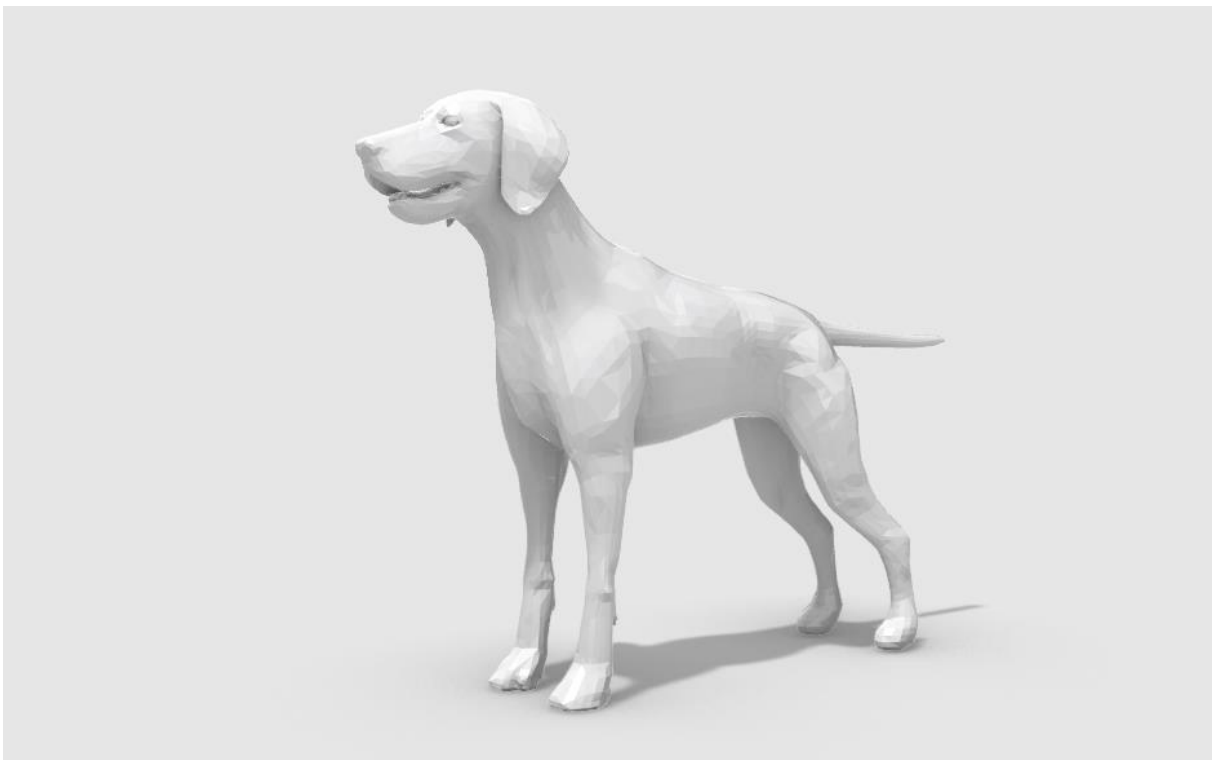


Figura 87 – Modelo tridimensional (Autor, 2023)

Visto tratar-se da representação de um paciente, o desenvolvimento da investigação irá seguir-se pelas características e morfologias do modelo.

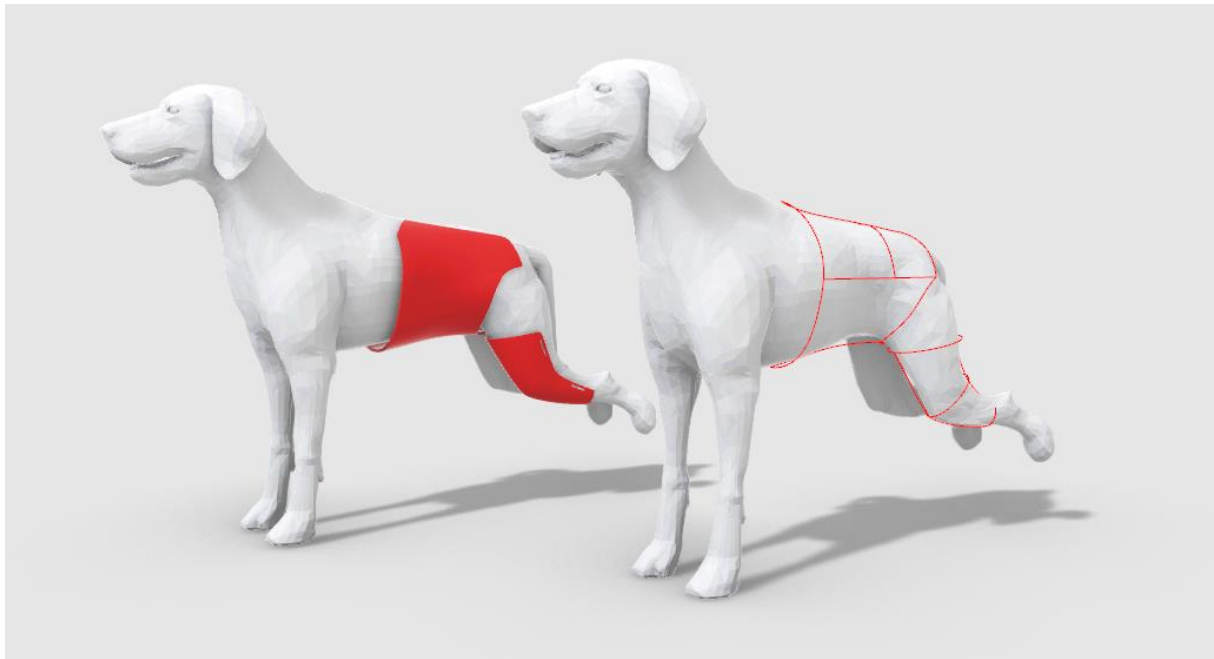


Figura 88 – Volumetrias e Componentes MK2 (Autor, 2023)

O conceito MK2 sugere uma alternativa ao apoio convencional pelas virilhas, em que o animal fica apoiado como se usasse um arnês. Esta proposta pretende promover um maior conforto e apoio dos membros pélvicos. O colete da zona vertebral e pélvica foi projetado para sustentar o peso e possibilitar uma melhor movimentação. O uso de um polímero flexível e a ausência de traves nas laterais do corpo permite ao animal movimentar-se menos restritivamente.

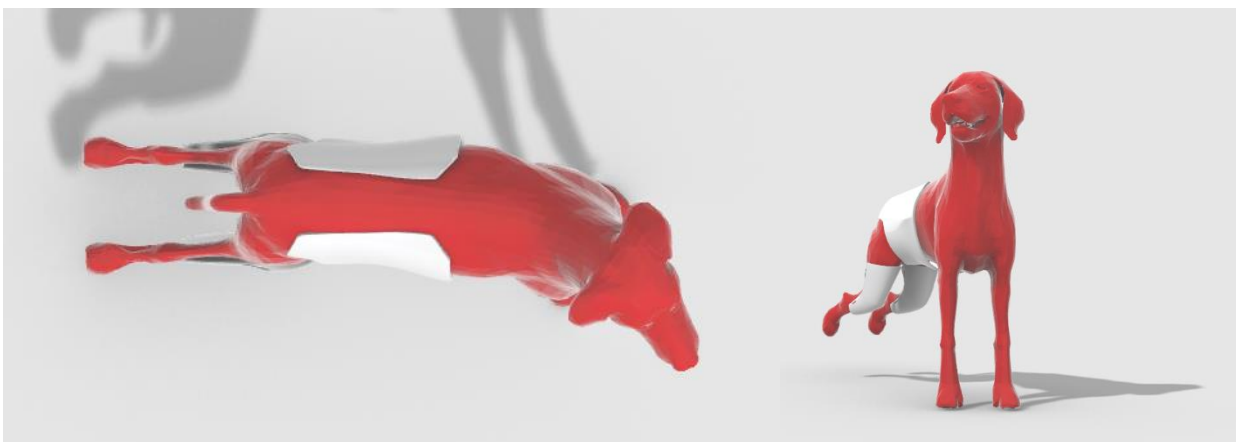


Figura 89 – Simulação de curva (Autor, 2023)

Apesar de funcionais, a maioria dos equipamentos de auxílio à locomoção impossibilita a prática de certos movimentos, não correspondendo às totais necessidades do animal. Um animal que suporta o peso corporal apenas com os membros torácicos, vai progressivamente sobrecarregá-los, causando maior fadiga muscular. O protótipo MK2 pretende capacitar o paciente a colocar-se numa posição de descanso e de retorno à marcha sempre que desejar.

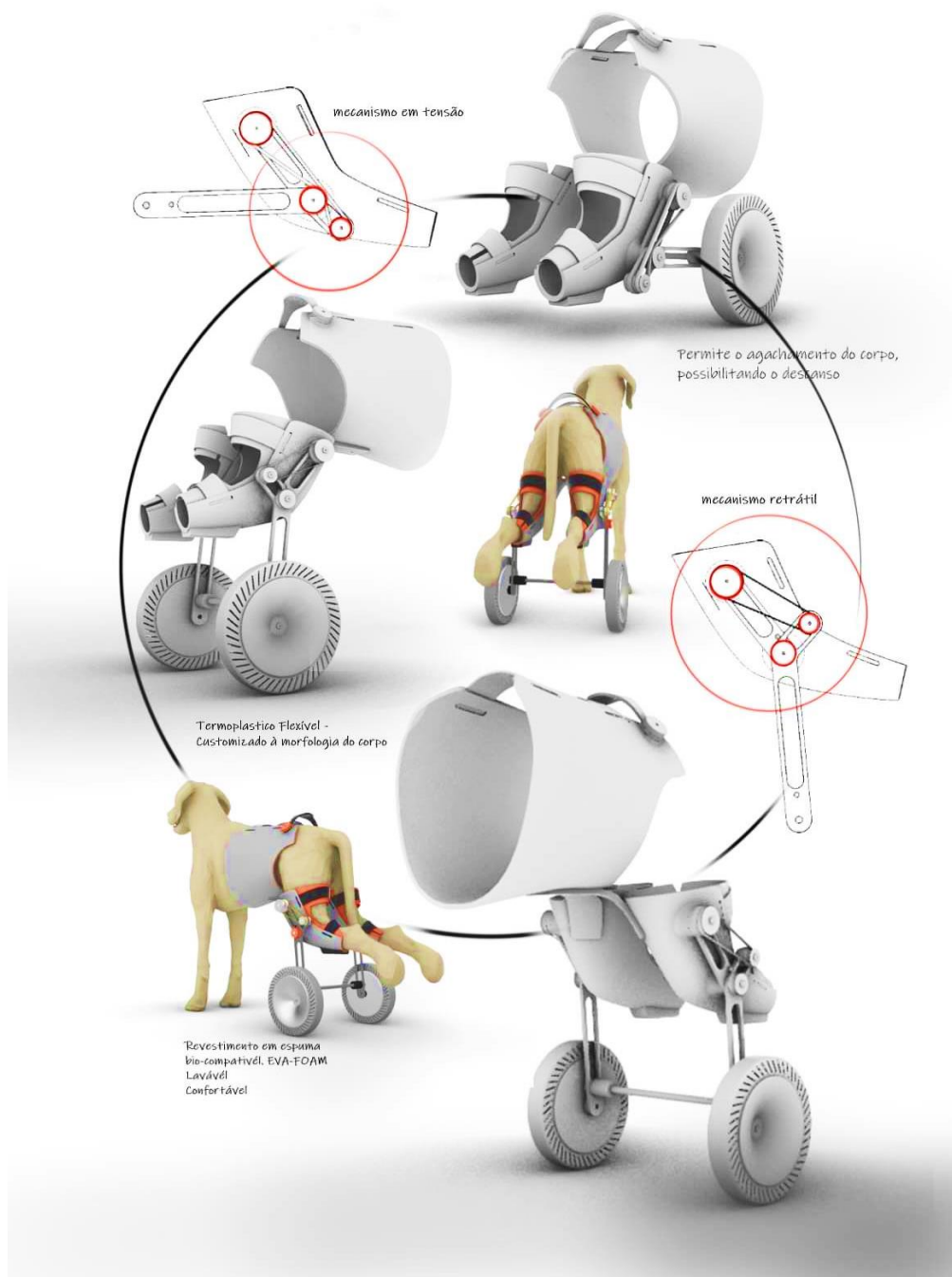


Figura 90 – Painel Explicativo – Protótipo MK2 (Autor, 2023)

Foi desenvolvido um sistema de tensão que permite auxiliar o movimento de descida e subida do eixo das rodas. O elastômero responsável possui resistência moderada que permite executar ambos os movimentos de forma segura e suave, podendo ser alterado consoante a necessidade do paciente. O auxílio do tutor neste passo é crucial, caso necessário.



Figura 91 – Representação Digital – Posição de descanso MK2 (Autor, 2023)

O protótipo MK2 une materiais distintos. A junção de polímeros impressos em 3D e ligas metálicas permite a concepção de um produto customizado e resistente. O alumínio ou outra liga metálica deve ser utilizado nas hastes laterais que acoplam as rodas ao dispositivo, pois necessitam de ser capazes de suportar impactos e o peso corporal do paciente. As rodas desempenham também uma função importante na qualidade da locomoção, sendo o peso um fator importante a considerar. O pneu perfurado feito em TPU atenua as vibrações, possibilitando a utilização em diferentes pavimentos e condições, podendo ser substituídos sempre que necessário.



Figura 92 – Representação Digital – Protótipo MK2 (Autor, 2023)

Para o conforto durante a utilização, optou-se por Eva Foam no interior das peças, uma espuma de densidade média que é aplicada a dispositivos ortopédicos. Devido à sua biocompatibilidade, permite acomodar o tronco e suportar os membros de forma segura.



Figura 93 - Representação Digital – Protótipo MK2 (Autor, 2023)

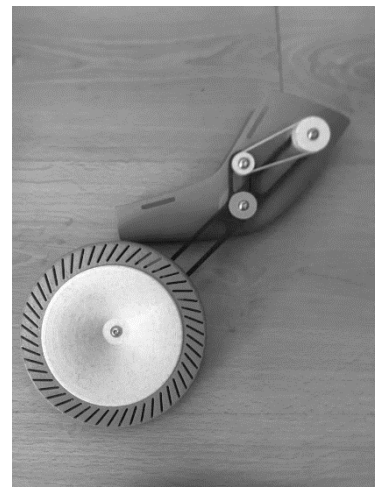
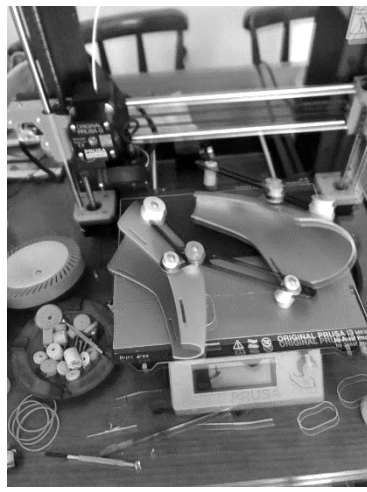
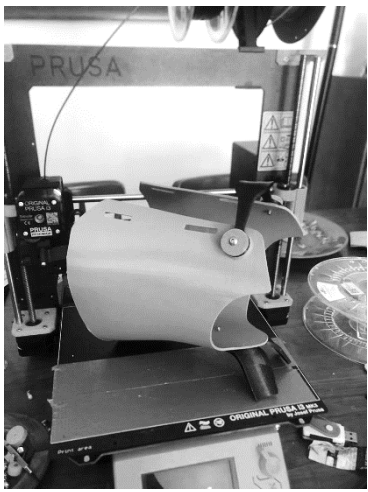
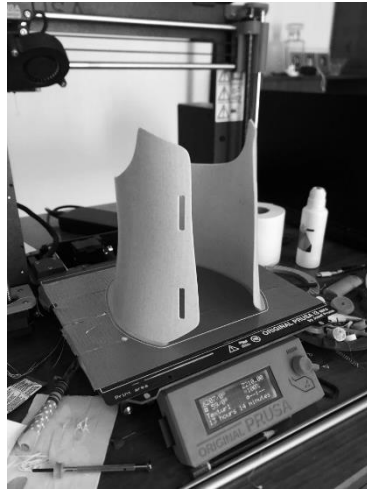
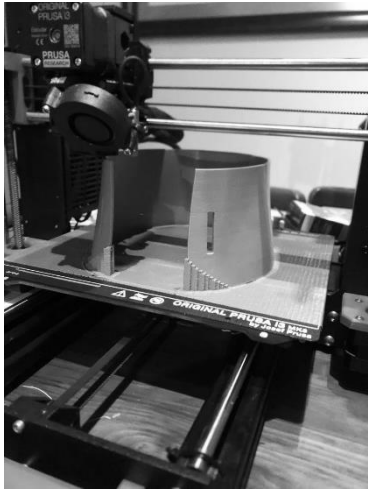


Figura 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100 e 101 – Processo de Construção – Maquete (Autor, 2023)

4.4.4 Análise de resultados

Embora o desenvolvimento do conceito MK2 se tenha formado sem a orientação de um perito, realizou-se de forma exploratória, tendo em vista uma interação diferente do convencional. Ainda que até ao momento a experimentação não tenha sido efetuada, o modelo 3D do cão simulou a interação pretendida, tendo sido produzido um dispositivo adaptado unicamente às necessidades do mesmo. A prototipagem rápida como meio de produção certificou a capacidade de conceber dispositivos através da impressão 3D. Contudo, após a construção da maquete, a análise recomenda o uso de materiais mais resistentes em alguns componentes, assim como a sua execução em tecnologias distintas, como SLS ou CNC. A impressão 3D continua, assim, a ser uma ferramenta eficiente e monetariamente acessível para o fabrico de dispositivos de apoio à locomoção. A maquete realizada à escala, 60%, demorou cerca de 60h a ser produzida, com um custo de 21€. A utilização de outras tecnologias pode reduzir significativamente o tempo total de construção

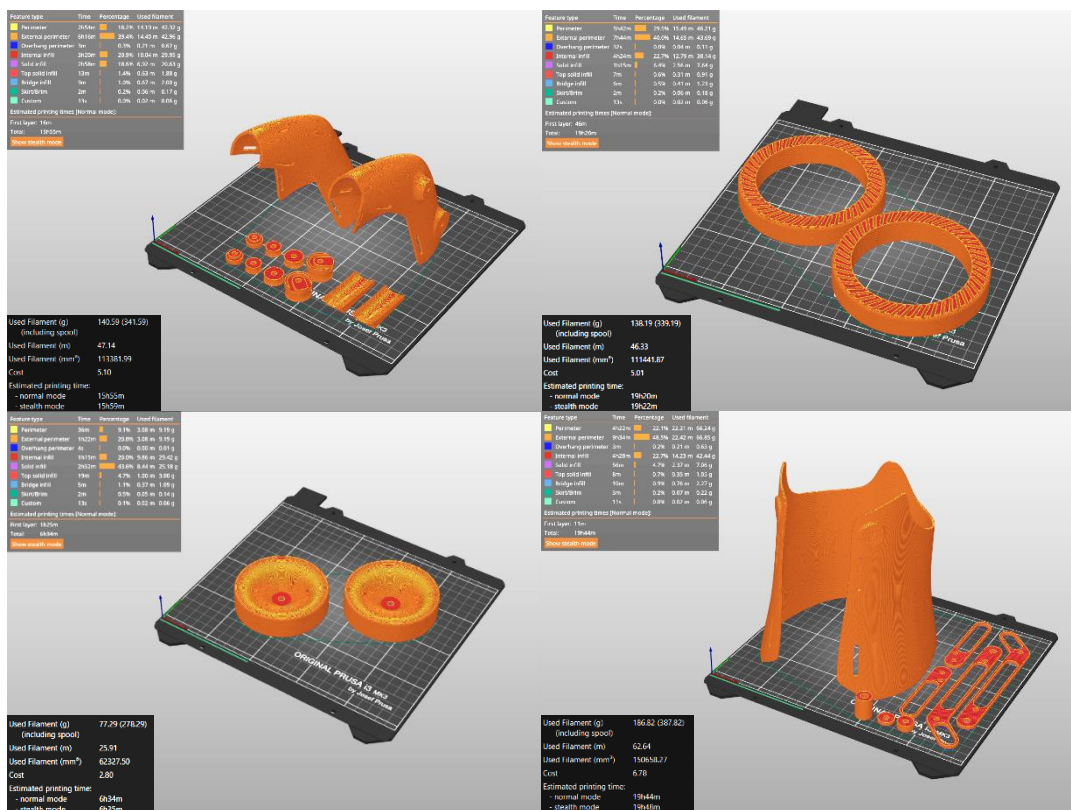


Figura 102 – Simulação de Impressão MK2 – Tempo e Custo (Autor, 2023)

Capítulo V - Conclusões e Recomendações

Conclusões

Este projeto surge no sentido de dar resposta a uma carência assinalada no mercado atual, no que diz respeito a equipamentos de apoio à locomoção para animais de companhia.

Relativamente às questões que deram origem a esta investigação: “De que modo o Design de Produto aliado à Ortopedia Veterinária será capaz de atender às necessidades dos animais de estimação com dificuldades motores e dos seus tutores?” e “Como poderemos usar as tecnologias digitais existentes em benefício do processo de desenvolvimento de próteses e cadeiras de rodas, tornando o processo mais simples, rápido e customizado em resposta às necessidades dos animais e dos seus tutores?”, concluiu-se que as metodologias implementadas foram capazes de responder de forma adequada, no sentido em que a cooperação entre as duas áreas em estudo permitisse a análise e o desenvolvimento de propostas para equipamentos de apoio à locomoção canina, com resultados bastante relevantes. Para além disso, o recurso às tecnologias de fabricação digital e respetivos materiais demonstraram uma enorme viabilidade mecânica e técnica no desempenhar das suas funções, sem prejuízo da sua aparência visual, enfatizando as mais valias da modelação 3D e das soluções customizadas para cada animal de uma forma rápida e económica.

No que concerne aos objetivos propostos, os mesmos foram atingidos, já que, aliando a área da Veterinária ao Design de Produto, foi possível desenvolverem-se com sucesso alternativas para animais de estimação com limitações motoras, não descuidando a envolvência dos seus tutores e fazendo deles parte integrante de todo o processo.

Deste modo, estaremos em condições de confirmar que a metodologia projetual de fabricação digital aditiva na área do Design de Produto aliada ao conhecimento da Medicina Veterinária garantem uma resposta eficaz e adequada no desenvolvimento de equipamentos de suporte à locomoção canina.

O desenvolvimento desta investigação revelou-se complexa e desafiante sobretudo pela dificuldade em estabelecer contactos estáveis e duradouros com médicos veterinários ou instituições que cuidam do tipo de patologia em causa. Ainda assim, as propostas

apresentadas demonstram o benefício imediato para animais e tutores e aumentam as possibilidades de futuras parcerias com os profissionais de Medicina Veterinária e o Design de Produto.

Do ponto de vista técnico, o recurso à modelação e impressão 3D permitiram, de forma rápida e sustentável, materializar tanto os protótipos como os produtos finais. Estas, aliadas à técnica de escaneamento, vieram romper com os processos convencionais, como a execução de moldes em gesso. Ainda assim, poderia ponderar-se a inclusão de diferentes materiais para a conceção dos produtos.

Os principais entraves decorreram na experimentação dos modelos. A interação inconstante com os casos de estudo dificultou a conceção dos dispositivos, sendo fundamental que se faça um rastreio ininterrupto, com presença e disponibilidade de todos os intervenientes, de uma forma mais regular. O cuidado com a zona amputada deve ser elevado, visto que o contacto com o pavimento poderá causar uma lesão, adiando a experimentação do dispositivo, dificultando a aceitação do mesmo, e atrasando todo o processo.

Recomendações

Referente à etapa de modelação, recomenda-se que seja feita num software paramétrico. Este permite realizar pequenas alterações sem necessidade de redesenhar todos os componentes, abrindo possibilidade de ajustar equipamentos já realizados a outros pacientes com incapacidades idênticas.

Apesar da capacidade de adaptação, as patologias de disfunção motora tendem a ser progressivas, levando a uma série de eventos que debilitam consideravelmente a saúde do animal. Assim sendo, recomenda-se estudar a durabilidade dos dispositivos num período mais longo do que o que foi permitido. Por fim, ainda que os modelos tenham sido executados com êxito, seria essencial extrapolar os resultados para uma população mais abrangente, fazendo testes com diversos casos reais.

Em suma, pela escassez de soluções atuais e pelo impacto que as mesmas teriam na vida dos animais e respetivos tutores, destaca-se a importância e pertinência deste projeto.

Sugere-se que, futuramente, haja uma cooperação acérrima da medicina veterinária com a área do design de produto, adotando técnicas que permitam a inclusão de exo próteses, de modo a expandir o mercado para este tipo de dispositivos. Recomenda-se também a criação de projetos conjuntos entre a faculdade de Arquitetura de Lisboa e a Faculdade de Medicina Veterinária, incentivando a partilha de conhecimentos, sustentando a ponte entre as duas áreas.

Será importante educar os tutores, sensibilizando-os que se trata de um processo complexo e que requer um cuidado redobrado, mantendo sempre o animal saudável e preparado para intervir em várias fases do processo.

Referências Bibliográficas

- Abedellaah, B., Elkadragy, M., Sharshar, A., & Rashed, R. (2019). VETERINARY SURGERY AND GYNECOLOGY IN THE ANCIENT EGYPT. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 65(162), 1-6. Obtido em 02 de 04 de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/341412969_VETERINARY_SURGERY_AND_GYNECOLOGY_IN_THE_ANCIENT_EGYPT
- Alport, B. (2017). *3D Printed Bespoke Canine Prosthesis*. Obtido de CBM: <https://www.cbmwales.co.uk/3d-printed-bespoke-canine-prosthesis/>
- Arabia, C. J. (25 de Março de 2015). *Derby The Dog Gets New 3D Printer Prosthetic Legs*. Obtido de Dogtime: <https://dogtime.com/dog-health/general/21330-derby-the-dog-gets-new-prosthetic-legs>
- Bachman, N., Lasso, M., Olaode, O., Walfield, E., & Al Zuhairi, M. (2017). Design of a Prosthesis for Canines with Front Limb Deformities. pp. 1-120. Obtido em 02 de 01 de 2023, de <https://digital.wpi.edu/downloads/41687k16j>
- Bastian, N. (2013). DISTRIBUIÇÃO DE FORÇA ESTÁTICA EM CÃES COM MEMBROS AMPUTADOS. pp. 1-56. Obtido em 31 de 12 de 2022, de <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/10147/BASTIAN,%20NATALIA%20CAROLINA.pdf>
- Baun, M., & Johson, R. (2010). *Human/animal interaction and successful aging. Handbook on Animal-Assisted Therapy*. doi:10.1016/b978-0-12-381453-1.10015-7
- Beasley, A. W. (1982). The Origins of Orthopaedics. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 75(8), 648-655. doi:10.1177/014107688207500813
- Bryant, B. K. (1985). Sources of Support Derived from the Neighborhood Walk. 50(3), 34-44. doi:10.2307/3333847
- Bulliet, R. W. (2005). *Hunters, Herders, and Hamburgers: The Past and Future of Human-Animal Relationships*. Columbia University Press. Obtido em 3 de Março de 2022, de <http://www.jstor.org/stable/10.7312/bull13076>

- Carvalho, J. A. (2003). *Amputações de membros inferiores: em busca da plena reabilitação*. São Paulo: Manole. Obtido em 17 de 03 de 2023, de <https://www.worldcat.org/pt/title/amputacoes-de-membros-inferiores-em-busca-da-plena-reabilitacao/oclc/57465953>
- Carvalho, J. G. (2018). Processos de Fabricação Aditiva. Oportunidades. pp. 1-204. Obtido em 26 de 05 de 2023, de file:///C:/Users/andre/Downloads/388907.pdf
- DeCamp, C. E. (1997). Kinetic and Kinematic Gait Analysis and the Assessment of Lameness in the Dog. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 27(4), 825-840. doi:10.1016/S0195-5616(97)50082-9
- Dressel, T. (2015). A MEDICINA VETERINÁRIA NA HISTÓRIA DA HUMANIDADE: A CIÊNCIA DOS ANIMAIS NA BASE DAS CIVILIZAÇÕES. Obtido em 21 de 10 de 2022, de <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/4904/4090>
- Faraco, C. (2008). INTERAÇÃO HUMANO-CÃO: O SOCIAL CONSTITUÍDO PELA RELAÇÃO INTERESPÉCIE. pp. 1-109. Obtido em 26 de Fevereiro de 2022, de <https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/4831>
- Finch, J. (2011). The ancient origins of prosthetic medicine. *The Lancet*, 377(9765), 548-549. doi:[https://sci-hub.ru/10.1016/s0140-6736\(11\)60190-6](https://sci-hub.ru/10.1016/s0140-6736(11)60190-6)
- Fitzpatrick, N., Smith, T. J., Pendegrass, C. J., Yeadon, R., Ring, M., Goodship, A. E., & Blunn, G. W. (2011). Intraosseous Transcutaneous Amputation Prosthesis (ITAP) for Limb Salvage in 4 Dogs. *Veterinary Surgery*, 909-925. doi:10.1111/j.1532-950X.2011.00891.x
- Friedmann, E., Son, H., & Tsai, C. C. (2010). *Handbook on Animal-Assisted Therapy - The Animal/Human Bond: Health and Wellness*. doi:10.1016/B978-0-12-381453-1.10006-6
- GfKTrack.2Pet. (01 de 10 de 2015). *Portugal é um país Pet-Friendly*. Obtido em 03 de Março de 2022, de Growth from Knowledge: <https://www.gfk.com/press/portugal-e-um-pais-pet-friendly>

- Gillette, R. L., & Angle, T. C. (2008). Recent developments in canine locomotor analysis: A review. *The Veterinary Journal*, 178(2), 165-176. doi:10.1016/j.tvjl.2008.01.009
- Ginja, C. (10 de Setembro de 2019). *Fundação Francisco Manuel Dos Santos*. Obtido de <https://www.ffms.pt/pt-pt/atualmentes/opiniaogps-6-breve-reflexao-sobre-domesticacao-animal>
- Gross, J., Fetto, J., & Rosen, E. (2005). *Exame Musculoesquelético*. Obtido em 31 de 12 de 2022, de <https://www.estantevirtual.com.br/livros/jeffrey-gross/exame-musculoesqueletico/2688813236>
- Hernigou, P. (2013). Ambroise Paré IV: The early history of artificial limbs (from robotic to prostheses). *International Orthopaedics*, 37(6), 1195-1197. doi:10.1007/s00264-013-1884-7
- Hines, L. M. (2003). Historical Perspectives on the Human-Animal Bond. *American Behavioral Scientist*, 47(1), 07-15. doi:10.1177/0002764203255206
- Hörster, H. E. (11 de 05 de 2018). About the Law n.º 8/2017, of 3rd March: are animals still things (object of juridical relation)? *Revista Jurídica Portucalense*, 22, 66-76. doi:10.21788/issn.2183-5705(22)2018.ic-04
- Kakria, H. (2005). Evolution in Fracture Management. *Medical Journal Armed Forces India*, 61(4), 311-312. doi:10.1016/S0377-1237(05)80051-6
- Kirpensteijn, J., van den Bos, R., van den Brom, W. E., & Hazewinkel, H. A. (2000). Ground reaction force analysis of large breed dogs when walking after the amputation of a limb. *Veterinary Record*, 146(6), 155-159. doi:10.1136/vr.146.6.155
- Kurum, B. (2020). A Short Story of Veterinary Orthopedic Surgery. *International Journal of Veterinary and Animal Research*, 3(3), 74-77. Obtido em 07 de 09 de 2022, de <https://ijvar.org/index.php/ijvar/article/view/477>
- Marcellin-Little, D. J., Drum, M. G., Levine, D., & McDonald, S. S. (2015). Orthoses and exoprostheses for companion animals. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 45(1), 167–183. Obtido em 18 de 05 de 2023, de <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.09.009>

- Mark, J. (17 de Junho de 2020). *A Brief History of Veterinary Medicine Since the Ancient World*. Obtido em 22 de 10 de 2022, de Brewminate: A Bold Blend of News and Ideas: <https://brewminate.com/a-brief-history-of-veterinary-medicine-since-the-ancient-world/>
- Marktest, TGI. (04 de Agosto de 2020). *Cães e gatos nos lares portugueses*. Obtido em 15 de Março de 2022, de Grupo Marktest: <https://www.marktest.com/wap/a/n/id~2682.aspx>
- Matos, J. (2014). UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA À EFICIÊNCIA DE PRÓTESES TRANSTIBIAIS: Comparação entre Próteses Transtibiais com 4 diferentes Sistemas de Suspensão. pp. 1-123. Obtido em 01 de 01 de 2023, de https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/10237/1/Uma%20abordagem%20metodol%C3%B3gica%20%C3%A0%20efici%C3%Aancia%20de%20pr%C3%B3teses%20transtibiais_compara%C3%A7%C3%A3o%20entre%20pr%C3%B3teses%20transtibiais%20com%204%20diferentes%20sistemas%20de%20s
- May, B. (2002). *Amputations and Prosthetics A CASE STUDY APPROACH* (2ª ed.). JJaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd. Obtido em 02 de 03 de 2023, de http://www.gaitlab.ir/books/gaitlab_ref_9_Amputations_and_Prosthetics_A_Case_Study_Approach.pdf
- Melson, G. F. (2003). Child development and the human-companion animal bond. *American Behavioral Scientist*, 47(1), 31-39. doi:10.1177/0002764203255210
- Menchetti, M., Gandini, G., Gallucci, A., Della Rocca, G., Della Rocca, G., Matiasek, L., . . . Rosati, M. (2017). Approaching phantom complex after limb amputation in the canine species. *Journal of Veterinary Behavior*, 22, 24-28. doi:10.1016/j.jveb.2017.09.010
- Mich, P. M. (2014). The Emerging Role of Veterinary Orthotics and Prosthetics (V-OP) in Small Animal Rehabilitation and Pain Management. *Topics in Companion Animal Medicine*, 29(1), 10-19. doi:10.1053/j.tcam.2014.04.002
- Mordor Intelligence, .. (2018-2028). *MERCADO DE PRÓTESES ORTOPÉDICAS PARA ANIMAIS - CRESCIMENTO, TENDÊNCIAS, IMPACTO DA COVID-19 E PREVISÕES (2023-2028)*.

Obtido de Mordor Intelligence: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/animal-ortho-prosthetics-market>

OLIVEIRA, I. M. (Dezembro de 2019). Aiming High - Concepção de Equipamento para Apoio a Animais. p. 192. Obtido em 17 de 05 de 2023, de <http://hdl.handle.net/10400.5/20128>

OVRs. (27 de Setembro de 2019). *Oakland Veterinary Referral Services*. Obtido de RETROSPECTIVE: A BRIEF HISTORY OF VETERINARY MEDICINE: <https://www.ovrs.com/blog/history-of-veterinary-medicine/>

Palhais, C. B. (2015). Prototipagem - Uma abordagem ao processo de desenvolvimento. p. 153. Obtido em 13 de 05 de 2023, de https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/29163/2/ULFBA_TES_942.pdf

Richardson, V. S., & Vozzola, E. J. (24 de 04 de 2008). Analysis of a Lower Limb Prosthesis A Major Qualifying Project Report. p. 138. Obtido em 03 de 01 de 2023, de https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-042408-161813/unrestricted/Analysis_of_a_Lower_Limb_Prosthesis.pdf

Robinson, N. (25 de 06 de 2006). Obtido em 19 de 04 de 2023, de myArmoury.com: <http://myarmoury.com/talk/viewtopic.php?t=7161>

Rodrigues, I. (2012). ORTODESIGN- Redesign de Ortótese para Paralisia do Nervo Radial. pp. 1-128. Obtido em 01 de 03 de 2023, de <http://hdl.handle.net/10451/7268>

Seymour, R. (2002). *Prosthetics and Orthotics: Lower Limb and Spinal* (1ª ed.). Lippincott Williams & Wilkins. Obtido em 02 de 04 de 2023, de https://books.google.pt/books?id=2KlqqHS5fVoC&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Shapiro, K., & Shapiro, K. (2010). The state of human-animal studies. *Society and Animals*, 18(3), 307-318. doi:10.1163/156853010X510807

Silva, D. (2011). Canis familiaris: Aspectos da Domesticação (Origem, Conceitos, Hipóteses). pp. 1-46. Obtido em 25 de Fevereiro de 2022, de <https://bdm.unb.br/handle/10483/3053>

- Smith, D. G., & Burgess, E. M. (2001). The use of CAD/CAM technology in prosthetics and orthotics-Current clinical models and a view to the future. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 38(3), 327-334. Obtido em 07 de 04 de 2023, de <https://www.rehab.research.va.gov/jour/01/38/3/pdf/smith.pdf>
- Staros, A. (1957). The SACH (Solid-Ankle Cushion-Heel) Foot. *Orthopedic & Prosthetic Appliance Journal*, 11(2), 23-31. Obtido em 07 de 04 de 2023, de https://www.oandplibrary.org/op/1957_02_023.asp
- Swarup, I., & O'donnell, J. F. (2016). An Overview of the History of Orthopedic Surgery. *The American Journal of Orthopedics*, 45(7), 434-438. Obtido em 19 de 06 de 2023, de www.amjorthopedics.com
- Teixeira, M. (2021). Simulação biomecânica de próteses para cães. pp. 1-150. Obtido em 02 de 05 de 2022, de <http://hdl.handle.net/10400.22/20130>
- Uccheddu, S., De Cataldo, L., Albertini, M., Coren, S., Coren, S., Da Graça Pereira, G., . . . Pirrone, F. (2019). Pet humanisation and related grief: Development and validation of a structured questionnaire instrument to evaluate grief in people who have lost a companion dog. *Animals*, 9(11). doi:10.3390/ani9110933
- Uccheddu, S., De Cataldo, L., Albertini, M., Coren, S., Da Graça Pereira, G., Haverbeke, A., . . . Pirrone, F. (2019). Pet humanisation and related grief: Development and validation of a structured questionnaire instrument to evaluate grief in people who have lost a companion dog. *Animals*, 9(11). doi:10.3390/ani9110933
- Vieira, J. (2016). MEDICINA VETERINÁRIA DE DESASTRES E CATÁSTROFES Contributo para a extensão do Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Lisboa aos Animais de Companhia. pp. 17-103. Obtido em 07 de 04 de 2022, de http://www.vetbiblios.pt/ARTIGOS_TECNICOS/Diversos/Medicina_veterinaria_de_de_sastres_e_catastrofes_2016.pdf
- Walsh, F. (2009). Human-Animal Bonds I: The Relational Significance of Companion Animals. *Human-Animal Studies*, 48(4), 462-480. doi:10.1111/j.1545-5300.2009.01296.x

Anexos

Desenhos Técnicos

Prótese P5

- Desenho - Vistas e Medidas Gerais

Cadeira de Rodas MK1

- Desenho - Mapa de Componentes
- Desenho - Vistas e Medidas Gerais
- Desenho – Componentes

Cadeira de Rodas Mk2

- Desenho - Mapa de Componentes
- Desenho - Vistas e Medidas Gerais

Livro de Instruções MK1

Entrevista

Vídeos e Fotografias

- Interações - Paciente Madiba
- Interações - Paciente Loirinha
- Processo construtivo dos modelos