



**Ana Luísa
Grave Fernandes**

Bea - Design de bengala ergonómica universal com
bio-comunicação



Universidade de Aveiro
Ano 2016

Departamento de Engenharia Mecânica
Departamento de Comunicação e Arte

Ana Luísa
Grave Fernandes

**Bea - Design de bengala ergonómica universal com
bio-comunicação**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Design de Produto, realizada sob a orientação científica do Doutor Francisco Maria Mendes de Seíça da Providência Santarém, Professor Associado Convidado do Departamento de comunicação e Arte da Universidade de Aveiro e orientação do Doutor António Manuel de Amaral Monteiro Ramos, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

o júri

Presidente

Professor Doutor João Alexandre Dias de Oliveira
Professor auxiliar do departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Aveiro

Arguente

**Professor Doutor João Fernando de Magalhães
Lemos**
Professor adjunto na Escola Superior de Artes e Design

Arguente

Professor Doutor Carlos Alberto Moura Relvas
Professor auxiliar do departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Aveiro

Orientador

**Professor Doutor Francisco Maria Mendes de Seiza
da Providência Santarém**
Professor associado convidado do Departamento de Comunicação e
Arte da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

A minha gratidão é para com todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, para o desenvolvimento deste projeto.

De um modo mais concreto gostaria de agradecer:

Ao meu orientador, Dr. Francisco Providência, por todo o apoio e compreensão que teve comigo e a paciência com a minha personalidade vincada e o meu espírito crítico sempre presente; ao meu coorientador, Dr. António Ramos, pela atenção disponibilizada, apoio nas demais vertentes da engenharia, e pela compreensão pela minha falta de disponibilidade horária. A ambos agradeço profundamente a gestão que fizeram com este híbrido entre a Engenharia e o Design, que é a minha pessoa.

Aos meus estimados colegas e amigos, Alexis, Cédric e Edgar, por todas as sugestões, por todo o apoio e principalmente por toda a motivação que me deram no decorrer deste projeto. Sem vocês teria sido tudo, certamente, mais difícil.

Ao meu chefe, Dr. Fernando Ferreira, pela consideração e respeito que demonstrou por mim e pelo meu percurso académico. Sem a sua generosidade, não teria conseguido acabar o Mestrado em tempo útil, estando a trabalhar a tempo inteiro.

Finalmente, ao meu irmão e à minha mãe pelo apoio incondicional.

"Nothing can dim the light that shines from within."

Maya Angelou

Palavras-chave

Bengala, Design, dados fisiológicos, biossensores, monitorização, seniores, inclusão social.

Resumo

“O segredo para a mudança é focar toda a energia, não em lutar contra o antigo, mas em construir o novo.” Sócrates

A presente dissertação de base projectual tem como intenção contribuir para a mudança do paradigma dos dispositivos de marcha assistida, usando o Design como mediador da Tecnologia.

Este documento é um registo do processo de desenvolvimento do projeto *Bea*, uma bengala eletrónica e ergonómica que apresenta biossensores de registo de dados fisiológicos do utilizador, permitindo a monitorização do seu estado físico em tempo real e o envio de dados por mensagem de alerta, caso os valores se encontrem fora do padrão de normalidade. Por oferecer um sistema de localização GPS, um botão SOS e uma lâmpada LED que atua como lanterna, transmite ao utilizador uma maior segurança e independência, fatores importantes particularmente quando se trata de utilizadores seniores.

Por outro lado, a sua forma e materiais, potenciam de modo inovador a sua utilização como acessório de representação e não exclusivamente como ajuda técnica, constituindo-se como extensão do utilizador, podendo ser adotada sem qualquer constrangimento. Pretende-se assim que este projeto possa abranger uma dimensão de inclusão social, acabando ou contribuindo para reduzir o estigma social associado ao recurso funcionalista de ajudas técnicas e dispositivos médicos, adquirindo junto do utilizador, um papel esteticamente apelativo e multifuncional.

Keywords

Walking cane, Design, biosensors, physiological, monitor, senior, social inclusion.

Abstract

“The secret of change is to focus all of your energy, not on fighting the old, but on building the new.” – Socrates

The present project-based dissertation intends to contribute to the change of assisted walking devices paradigm, using Design as a vehicle.

This document describes the process of development of the project *Bea*, an electronic and ergonomic walking cane, with biosensors that register the physiological data of the user, allowing the real time monitoring of the respective physical state, as well as the emission of alert messages when the values are outside the normal range.

By offering a GPS tracker system, a SOS button and a LED flashlight provides the user with greater feeling of safety and independence, which are factors particularly important for senior citizens.

On the other hand, the shape and materials innovation enhance its usage as a representation and not only as a technical-aid accessory, constituting itself as an extension of the user that can be used without any embarrassment. Hence, this project is meant to also have a social inclusion aspect by contributing to reduce the social stigma associated with the functionalist use of technical aids and medical devices. In this particular case, contrarily to the tradition concept, the proposed cane becomes a multifunctional and aesthetically appealing accessory for the user.

Índice

Introdução

Justificação do objeto de estudo	1
Problema e sua relevância	2
Estrutura da dissertação	3

I Enquadramento teórico

1.1. Enquadramento histórico e social	5
1.2. Materiais	8
1.3. Estado da arte	8
1.4. Análise de mercado	12
Mercado Global	12
Segmentos de produtos	13
Mercado Europeu	14
1.5. Benchmarking	15
Drive DeVilbiss	16
Briggs Healthcare	18
Patterson Medical	20
NOVA	21
1.6. Expectativas dos utilizadores – análise do ponto de vista psicológico	23
Teoria da construção social	25
1.7. Estudo ergonómico	27
1.7.1. Biomecânica que envolve a utilização de uma bengala	27
Biomecânica da marcha	27
Definições de marcha	27
Análise da marcha	28
Forças no pé e Trabalho	29
Conceitos de cinemática	30
Características da marcha que influenciam a linha do centro de gravidade	32
Análise da atividade muscular	33
Biomecânica da marcha auxiliada	36
O envelhecimento	36
Dispositivos de auxílio à marcha	37
Breve análise a estudos desenvolvidos sobre a matéria	38
Tipos de dispositivos	43
1.8. Anatomia da mão	45

1.9. Antropometria	47
II Desenvolvimento conceptual	
2.1. Conceito	50
2.2. Evolução da Forma do punho	51
2.3. Componentes e funcionalidades.....	57
2.4. Enquadramento conceptual e estratégico do desenvolvimento do projeto	58
2.4.1. Sinais a monitorizar	59
2.5. Diagrama de fluxo de sinais	61
2.6. Modo de funcionamento.....	63
2.7. Descrição técnica da solução encontrada e justificação das decisões projetais	67
2.7.1. Análise estrutural do conjunto – Escolha de materiais.....	70
2.8. Análise material – Madeira de Freixo.....	75
Principais características.....	75
Método de produção.....	75
Ciclo de vida e Sustentabilidade	76
2.9. Aplicação de materiais	77
III Proposta final	
3.1. Fotorrealismo	79
3.2. A marca	81
3.2.1. O nome	81
3.3. Packaging.....	82
IV Conclusão	
Considerações finais	89
Trabalho futuro	90
Referencias bibliográficas.....	91
Lista de imagens	92
Anexos.....	97

Introdução

Justificação do objeto de estudo

“A ciência é, portanto, uma perversão de si mesma, a menos que tenha como fim último, melhorar a humanidade.” Nikola Tesla

Melhorar; acrescentar; valorizar; adicionar algo à vida das pessoas. “*O Design é trazer vantagem*”, (Daniel Caramelo, 2016). Estes valores fazem parte da imagem utópica de um bom ser humano e profissional, e motivaram em muito este projeto juntamente com o percurso académico percorrido na Engenharia Biomédica.

O mote foi o aumento da esperança média de vida e o conseqüente aumento da população envelhecida, que faz com que aumente também a prevalência de doenças crónicas, como as doenças cardiovasculares, que são a maior causa de morte nos países industrializados, as demências, as artrites e doenças degenerativas como o Parkinson.

Tornou-se cada vez mais importante a constante monitorização dos dados fisiológicos como a temperatura corporal, a pressão arterial, a pulsação ou o nível da glicémia para identificar ou prevenir doenças e episódios de mal-estar, através de um conjunto de biossensores que registam esses dados e a posterior comunicação a um servidor remoto, em tempo real.

A *Bea* é uma bengala eletrónica que regista e monitoriza os dados fisiológicos do utilizador, possui um conjunto de biossensores, um sistema de localização GPS, um botão SOS e uma lanterna LED incorporada.

Apesar de ser um objeto amplamente utilizado, a bengala não sofreu grande evolução nas últimas décadas. Ingratamente esquecida pela Indústria Tecnológica e pelo Design, a bengala é um objeto extremamente seguro e eficaz, sobretudo para pessoas com uma marcha instável, cujos os

músculos estão fracos e/ou necessitam de uma redução de carga na sua estrutura de suporte de peso. Apesar de desvalorizado, através da compreensão da biomecânica destes dispositivos e com algum treino de coordenação, este objeto pode ser um símbolo de independência.

Problema e sua relevância

*“É muito fácil ser diferente, mas muito difícil ser melhor.”
Jonathan Ive*

A bengala é um objeto presente no dia-a-dia de grande parte da população sénior, transmitindo uma imagem de fragilidade e decadência física, apesar do papel estético e de representação social que teve noutras épocas. Este artefacto manteve-se praticamente inalterado ao longo dos séculos, sendo que as alterações mais visíveis são, sobretudo, ao nível dos materiais e detalhe da forma e não tanto enquanto desempenho ergonómico. As pequenas alterações morfológicas que foram surgindo ao longo da sua história, são tão excêntricas e particulares, que não se consegue identificar no mercado um traço hegemónico dominante, satisfazendo apenas nichos temporários de mercado, sem especial impacto na evolução deste objeto. A variação morfológica de bengalas que o mercado hoje oferece, depende eminentemente de opções de “gosto” do utilizador, ou seja, da representação simbólica da sua retórica. Esta condição circunstancial abre a possibilidade de uma reflexão mais fecunda sobre o domínio do seu atual desempenho funcional.

Estrutura da dissertação

Neste documento pretendeu estudar toda a temática que envolve o desenvolvimento de um dispositivo de marcha assistida – mais especificamente uma bengala.

Na “**Introdução**” está presente a descrição e justificação do objeto e do conceito.

No primeiro capítulo “**I Enquadramento teórico**” foi analisado o ponto de vista social e histórico, tendo sido caracterizada comercialmente sob a perspetiva do mercado. Foi levada a cabo também uma análise do ponto de vista do utilizador, tratando fatores simbólicos de impacto emocional e psicológico e funcionais de impacto biomecânico e ergonómico.

No segundo capítulo “**II Desenvolvimento conceptual**”, descrevemos a origem e evolução da forma partindo de uma análise estrutural, material, estética e funcional da bengala, para o design de uma nova proposta, caracterizada por novos desempenhos ergonómicos, tecnológicos e consequentemente simbólicos. O segundo capítulo termina com a validação teórica da nova proposta desenhada.

A proposta de novo modelo de bengala foi desenvolvida como produto comercial, tendo sido avaliado superficialmente o método da sua produção e respetivo ciclo de vida, tendo-lhe sido desenhada uma identidade visual própria, comunicada através do nome, da marca visual e da embalagem (Packaging).

No terceiro capítulo “**III Proposta final**” foi exposto o culminar de todo o projeto, com fotorrealismo, estabelecimento da marca e proposta de embalagem; no quarto capítulo “**IV Conclusão**” foram feitas as considerações finais e propostas de trabalho futuro.

I

Enquadramento teórico

1.1. Enquadramento histórico e social

"Sim, como forma de determinar e influenciar as ações de pessoas, fazer design é um ato político." Rudy Vanderlans

Esta história começou quase com a nossa génese enquanto sociedade civilizada. A bengala foi, por um período de pelo menos três séculos, uma parte tão crucial do guarda-roupa masculino como um par de calças é hoje em dia. Usualmente os homens possuíam várias bengalas, para serem usadas em diferentes ocasiões, de dia, de noite, no trabalho, em festas, ou em representações institucionais.

Apesar de ter, como origem provável, a função de ajuda técnica, começando a ser um elemento de suporte e apoio ao caminhar, tornou-se, sobretudo no séc. XIX, um acessório de estilo e indicação de estatuto social. A bengala, a sua ancestral do bastão ou a sua estilização em cetro, constituem a representação do poder, psicológica e socialmente interpretada como manifestação masculina ou fálica. Os reis transportavam cetros, Merlin carregava uma varinha e Moisés usou uma vara para separar as ondas, como mais tarde Mahatma Gandhi, símbolo de peregrinação. A bengala aparece ainda no séc. XX apoiando Winston Churchill, George Washington ou, na ficção, Charles Chaplin. No século XVII, os homens deixaram de usar espadas e passaram a usar a bengala. Estas variavam consoante o estatuto social e ocupação da pessoa. A bengala de um pastor era diferente da de um comerciante, de um sacerdote e a sua adoção humana perde-se na memória, como se verifica nos túmulos dos Faraós egípcios em que a bengala, colocada no túmulo ao



Fig.1: Capitão Gabriel Maturin



Fig.2: Tutankhamun



Fig.3: Mahatma Gandhi



Fig.4: Charlie Chaplin



Fig.5: Moisés – Imagem bíblica da separação das águas



Fig.6: Técnicas de defesa com bengala



Fig.7: Winston Churchill



Fig.8: Cartaz publicitário da Remington de bengala com arma incorporada

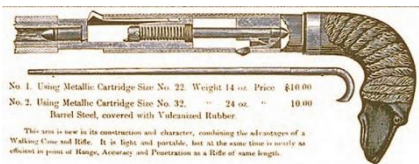


Fig.9: bengala com arma incorporada da Remington



Fig.10: Bengala com arma incorporada



Fig.11: Bengala com telescópio incorporado



Fig.12: Bengala com recipiente incorporado

lado da múmia, o protegia e acompanhava na “viagem” para a outra vida.

Durante o seu auge, as bengalas, fossem decorativas ou funcionais, eram sujeitas a regras e etiqueta específicas, por exemplo no séc. XVIII, em muitos países europeus, era necessário obter uma licença para o seu uso e caso as regras não fossem cumpridas essa licença poderia ser revogada e o seu uso interdito. Não era permitido levar uma bengala debaixo do braço, balançar com ela no ar, arrasta-la pelo chão nem apoiar-se nela enquanto se estava parado de pé; também não deveria ser usada aos domingos ou feriados, nem levada numa visita a um dignitário ou um membro da família real, adquirindo conotação do bastão de autoridade e hierarquia, ou de arma dissimulada. [1]

O espectro de categorias de bengalas foi amplamente alargado: bengalas de defesa, que poderiam não só ser usadas como a arma, como poderiam esconder armas brancas ou de explosivos; bengalas com pequenos compartimentos escondidos para, por exemplo, transportar frascos com álcool ou tabaco; com instrumentos musicais incorporados (musica portátil antes da invenção do rádio), punhos com relógios, bússolas e outros aparelhos científicos, bengalas marinhas, feitas por marinheiros, frequentemente usando osso de baleia; bengalas de artesanais, esculpidas e usadas por pastores e agricultores, etc.

Os punhos das bengalas, entretanto, tornaram-se cada vez mais idiossincráticos. Reproduzindo cabeças de animais — incluindo ratos, águias e uma variedade de raças caninas — a sua produção recorria aos materiais mais exóticos e dispendiosos como marfim, pau preto, prata, por vezes com incrustação de gemas, âmbar ou rochas como jade, prática que se manteve até o período Art Deco, época em que se desenharam algumas das bengalas mais espetaculares de sempre.

Até 1800 eram escultores especializados, metalúrgicos e artesãos que produziam as bengalas. Mas a partir da Revolução Industrial, a enorme popularidade que este objeto adquiriu conduziu à sua produção industrial em fábricas que abriram em toda a Europa a partir das grandes cidades como Londres, Paris e Viena, o que levou à sua banalização e consequente desvalorização até ao seu desaparecimento. [2]

No final do século XIX, o acesso aos materiais tornou-se mais fácil e globalizado tendo tornado as bengalas num objeto para uso ortopédico ou colecionista, perdendo o estatuto de representação sumptuária que teve outrora. Esta desvalorização acentuou-se no período entre guerras, com a assunção da modernidade, rejeitando a sua função de autodefesa. A afirmação do modernismo, também contribuiu para o desenvolvimento e generalização dos meios de transporte e consequente popularidade das pastas e carteiras que retiraram a importância à bengala. De certo modo, assim como a espada foi um dia substituída pela bengala, também a bengala se viu agora substituída pela pasta, pela carteira, pelo relógio de pulso ou pela caneta. [3]

A bengala perdeu o seu tradicional impacto de *charme*, poder e autoridade, tornando-se um símbolo associado, quase exclusivamente, à ajuda a idosos ou doentes, como chegou até aos nossos dias.



Fig.13: Bengalas em madeira trabalhada



Fig.14: Bengala em marfim



Fig.15: Bengala em metal



Fig.16: Bengala em osso



Fig.17: Bengala com metais preciosos incrustados Swarovski

1.2. Materiais




A lista de materiais que foram e vão sendo utilizados no desenvolvimento das bengalas ao longo dos séculos é extensa, mas prende-se principalmente com a madeira, metal, marfim, osso, plástico ou vidro, através dos materiais conseguia-se aferir o estatuto social da pessoa que a utilizava, isto é, quanto mais exótico e difícil de obter fosse o material mais alto seria o estatuto do utilizador sendo que o contrário também se aplicava.



Claro que os materiais variam nas diferentes partes das bengalas, apenas nas soluções mais simples se encontra um único material por toda ela, por isso, e principalmente ao nível do punho (local onde a mão agarra), existiam numerosas aplicações e personalizações, que iam desde o trabalho artesanal de talhar a madeira até à incorporação de pedras e metais preciosos, dentes/osso de animais exóticos carapaças de tartaruga e diferentes formas como animais e figuras míticas. [4]

1.3. Estado da arte

No processo reconhecimento do estado da arte e tipologias existentes, chegou-se a conclusão que, grosseiramente, se poderiam dividir as bengalas atuais em 6 modelos “standard”, que servem como base para as diferentes variações que vão surgindo. Na tabela 1, estão discriminados esses modelos, com as respetivas vantagens e desvantagens. [5]

Tabela 1: Tipologias de bengalas [5]

Tipos de Punhos	Vantagens	Desvantagens
 <p style="text-align: center;">Crook</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de enganchar no braço, corrimão, muro, etc. • A forma curva permite um balanço natural ao ritmo confortável para o utilizador; • Modelo resistente por ser feito, normalmente, através de uma peça única de madeira. • Pode ser usado por esquerdistas ou destros; • As pessoas apreciam a sua forma simples e tradicional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos estável • Sem qualquer tipo de atrito a palma da mão, pode escorregar facilmente. • Oferece pouco conforto e suporte.
 <p style="text-align: center;">Crutch or Crooked Tau</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Forma leva o utilizador a colocar seu peso diretamente sobre o eixo. • Pode ser usado por esquerdistas ou destros; • A forma curva na ponta permite algum atrito quando o utilizador se apoia e permite apoio para não cair caso se pretenda encostar; • Forma natural da mão (mais ergonómico). 	<ul style="list-style-type: none"> • Forma demasiado excêntrica e pesada visualmente.
 <p style="text-align: center;">L-Shape or Crop Handle</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A forma reta facilita o apoio a pessoas com artrite; • Pode ser usado por esquerdistas ou destros; 	<ul style="list-style-type: none"> • Mais “dura” que as restantes para quem não tem problemas na mão.

	<ul style="list-style-type: none"> • Pode ser encostada a uma parede. 	<ul style="list-style-type: none"> • O usuário não pode direcionar o seu peso diretamente sobre o eixo, logo uma tensão indevida é colocada sobre a bengala de duas peças em que o peso de uma pessoa não é distribuído adequadamente ao longo do eixo.
	<ul style="list-style-type: none"> • Mais elegantes e discretas que as demais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não permitem ser pousadas ou encostadas a algum lado caso o utilizador necessite. • Oferecem pouco apoio: a pressão é feita praticamente num único ponto tornando-se desconfortável. • Difícil de agarrar a pessoas com artroses.

Para estabelecer o estado da arte, foi feita a divisão consoante a retórica que cada um dos objetos enuncia sobre si próprio: evocativos – objetos que apelam a natureza emocional do utilizador, através das cores, forma, materiais e imagem decorativa; biónica – objetos que primam pela evolução tecnológica, capacidade de facilitar e/ou melhorar a vida dos utilizadores a nível de ergonomia/Saúde; funcional – objetos que se evidenciam pela praticidade em detrimento da estética, morfologicamente neutros; clássica – objetos de cariz tradicional, representação de valor social e histórico.

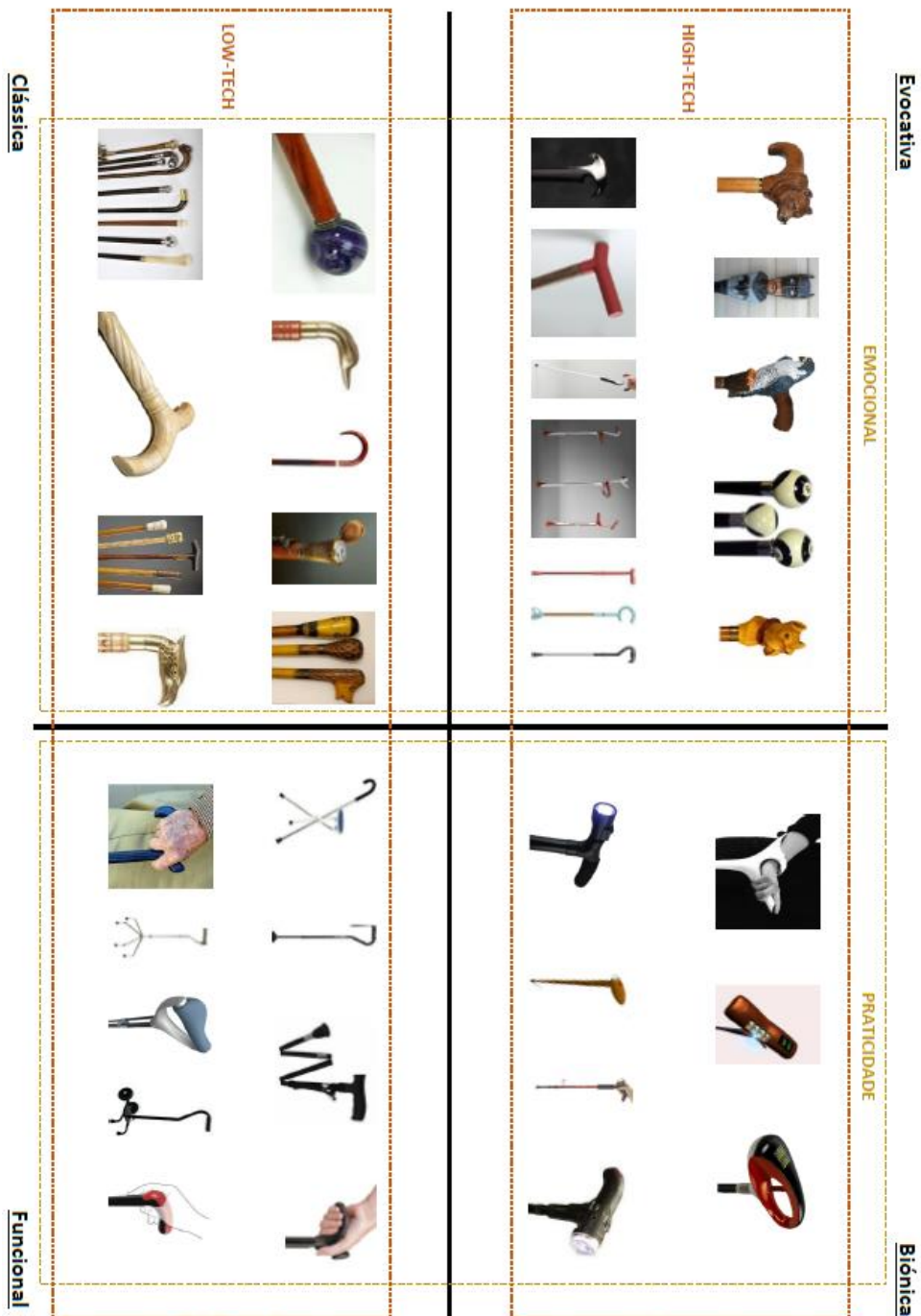


Fig. 18 Diagrama de tipologias segundo a retórica

1.4. Análise de mercado

Mercado global

O mercado global dos dispositivos de marcha assistida (DMA) foi avaliado em 2015 em 803 milhões de US dólares. Os principais fatores que potenciam o crescimento destes valores é o aumento da população sénior, o aumento da prevalência de doenças como a artrite e o Parkinson, o aumento do número de operações cirúrgicas, e as iniciativas de apoio financeiro que tem surgido da parte de organizações governamentais e privadas para encorajar o uso de DMA.

De acordo com estudos publicados pelas Nações Unidas em 2012, estima-se que a quantidade de população sénior mundial está perto de 809,4 milhões e espera-se que atinja 1,13 biliões e 2 biliões até 2020 e 2050, respetivamente.

As condições crónicas que prevalecem na população mais velha têm um impacto determinante no sistema neurológico e musculoesquelético e isso aumenta ainda mais os problemas de mobilidade desta parte da população. O aumento do número de operações cirúrgicas também cria uma necessidade alta de DMA, utilizados nos programas de reabilitação para restaurar gradualmente o equilíbrio do corpo e promover a função muscular nos indivíduos sedentários ou com deficiência.

De acordo com informações publicadas pela Healthcare Cost and Utilization Project (HCUP), desde 1992 – 2012, o aumento de operações cirúrgicas foi de 17%.

Outro fator potenciador, são iniciativas por parte de organizações governamentais e privadas que promovem o acesso a demonstrações de equipamento em centros de aconselhamento para a escolha de dispositivos adequados a cada finalidade.

Adicionalmente, indivíduos com doenças crónicas ou de longa duração estão isentos de impostos no

que diz respeito aos DMA. Os governos de alguns países como os EUA, Reino Unido e Portugal oferecem ainda subsídios para os indivíduos com alguma deficiência física para a compra de DMA.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou uma lista de Produtos de Assistência Prioritários, com o intuito de promover o igual acesso a DMA para todos os que precisem, servindo ainda para delinear políticas de subsídios e como guia de orientação na compra de um DMA. [6]



Fig.19: Gráfico com previsão global de progressão de DMA por produto, em milhões de dólares americanos, de 2012 -2020 [6]

Segmentos de Produtos

O mercado global de DMAs é segmentado por tipo de produto em bengalas, canadianas (muletas) e andarilhos.

Em 2015, o segmento de andarilhos ocupou a maior parte mercado, perto de 31,65% e é expectável que domine o mercado no período previsto. A preferência dos andarilhos relativamente aos restantes DMAs está relacionada com a sua estabilidade que permite uma maior independência na movimentação, sem a necessidade de mais assistência, e o maior suporte que permite uma atividade física mais ampla.

No entanto, espera-se que os segmentos das bengalas e canadianas testemunhem a maior taxa de crescimento anual de 10,30% durante o período previsto. Este aumento será atribuído à confiança ganha pelos indivíduos com debilidades para utilizarem as bengalas ou canadianas para se movimentarem com desconforto reduzido devido à capacidade de estas retirarem pressão sobre a perna debilitada.

A introdução de iniciativas governamentais favoráveis como, por exemplo, o “Affordable Care Act” e a “Older Americans Law” nos Estados Unidos da América, o “Disability tax Credit Certificate” no Canadá e a formação do “China Reabilitação Research Center” (CRRC), faz com que seja esperado ainda mais crescimento no mercado dos dispositivos de mobilidade domésticos durante o período de previsão. [6]

Mercado europeu

O mercado Europeu de DMAs é sobretudo alimentado pela população sénior e pela prevalência de doenças alvo como a artrite reumatoide e osteoartrite. Este mercado foi avaliado em 90,57 milhões de dólares (US) em 2013 e espera-se que atinja os 152,38 milhões (US) até 2018, com uma taxa de crescimento anual a 11,6% de 2013 a 2018. O mercado de DMA é o segmento em maior crescimento de um mercado de Cuidados de Saúde Domésticos de 0.3 biliões.

O mercado europeu de DMA é composto por bengalas, canadianas e andarilhos e todos estes segmentos experienciaram um crescimento positivo, devido ao aumento de procedimentos médicos em indivíduos com as pré-mencionadas doenças alvo e ao envelhecimento da população.

O número de procedimentos é significativamente maior na europa (Alemanha, França e Itália) devido à prevalência e progressão rápida dessas doenças, ao melhoramento das infraestruturas de cuidados de saúde, ao crescimento económico, aumento da

cobertura por parte de seguros, expansão do sector privado de cuidados de saúde e a uma maior consciência por parte da população em geral. [7]

1.5. Benchmarking

Quem opera mercado das bengalas

Apesar de não se considerar que este objeto tenha recebido a devida atenção por parte da Indústria Tecnológica e Design, não quer dizer que não existam tentativas por parte de empresas em inovar e procurar soluções para responder as necessidades do mercado. Neste benchmarking, ou seja, processo de investigação do mercado, foi possível analisar as principais marcas produtoras de DMA e as suas ofertas de produtos, pelos quais se distinguem.

O mercado de DMA é controlado por algumas empresas mais conhecidas que acabam por monopolizar o mercado global, produzindo e exportando para todo mundo. Entre estas estão a *Drive Medical Design & Manufacturing, Electric Mobility, Sunrise Medical, Pride mobility, Briggs Healthcare, Kaye Products, Nova, Patterson Medical, Eurovema AB, Graham-Field Health Products Incorporation, Invacare e a TOPRO*. [8]

Algumas das empresas monopolizam seguimentos muito específicos do mercado, como por exemplo andarilhos e cadeiras motorizadas, pelo que foram escolhidas para análise apenas as quatro, que marcam presença no mercado de bengalas.



Fig.20: Logo da Drive

Drive DeVilbiss

A *Drive DeVilbiss* é hoje um dos principais fabricantes e distribuidores de produtos médicos duráveis no mundo, com fabricação e centros de distribuição no Reino Unido, Irlanda, Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Espanha, França, Austrália, Romênia, Taiwan e China. Isso significa que fornece um serviço verdadeiramente global complementado pelo benefício adicional do conhecimento local.

A empresa é dedicada aos seus clientes, oferecendo consistentemente a melhor qualidade e produtos mais funcionais num amplo espectro de necessidades dos profissionais de saúde, atendimento ao cliente de classe mundial e suporte técnico.

A organização tem clientes localizados em toda a Europa, Estados Unidos, Canadá, México, América do Sul, América Latina, Austrália, Oriente Médio e Ásia. Drive DeVilbiss é considerada como uma das maiores fabricantes e distribuidoras de equipamentos médicos duráveis. [9]



Fig.21: Bengala "todo-o-terreno" da Drive

1. Bengalas Todo-terreno

- Altura: Altura ajustável de 760mm a 990mm.
- Material/cor: disponível em preto ou bronze.
- Sola: A ponta retrátil tem quatro pontas de aço inoxidável para proporcionar uma aderência robusta em superfícies escorregadias.
- Inovação: permite caminhar com segurança e confiança em praticamente qualquer superfície e sob a maioria das condições climáticas. Nenhuma outra instalação é necessária e fornece a melhor tração e estabilidade. [9]



Fig.22: Bengala guarda-chuva da Drive

2. Bengala + Guarda-chuva

- Inovação: Guarda-chuva inclui uma bengala oculta que pode ser destacada para assistência ao caminhar; fácil utilização; com manga atraente, padronizada para armazenamento quando não estiver em uso. [9]



Fig.23: Bengala *Palm Grip* da Drive

3. *Palm Grip Canes (Fisher Style™)*

- Punho: "*Palm Grip*" é projetado para pessoas destros ou canhotos.
- Altura: A altura do punho é ajustável de 730mm a 960mm.
- Material/Cor: fabricado com tubo de alumínio extrudido resistente
- Peso Suportado: 130 kg.
- Inovação: possui botão com anel de bloqueio que evita o ruído. [9]



Fig.24: Bengala com saco da Drive

4. Bengala Saco:

- Altura: altura ajustável de 840mm a 900mm;
- Material/Cor: alumínio
- Peso Suportado: 130 kg.
- Inovação: convenientemente dobrável e pode ser armazenado no saco de transporte; O saco é constituído por uma alça e uma bolsa com fecho para armazenar itens pessoais; O saco de transporte é durável e fácil de limpar; [9]



Fig.25: Bengala dobrável da Drive

5. Bengalas dobráveis de alumínio com punho de gel e altura ajustável

- Punho: punho de gel reduz o stresse e a fadiga das mãos
- Altura: altura do punho ajustável de 810mm para 910mm;
- Material/Cor: tubo de alumínio extrudido resistente; disponível em Vermelho, Azul, Preto ou Corações;
- Peso Suportado: 130kg.
- Inovação: dobra em quatro peças convenientes para facilitar o armazenamento; com gancho de plástico para pendurar bengala quando dobrada; [9]



Fig.26: Logo da Briggs Healthcare

Briggs Healthcare

A *Briggs Healthcare* está sediada em West Des Moines, Iowa, com operações afiliadas em Waukegan, Illinois. Através de suas empresas operacionais, a *Briggs Healthcare* atende a mais de 50.000 clientes nos mercados de cuidados sênior, cuidados domiciliários, cuidados agudos, médicos e retail. Estas empresas operacionais produzem e distribuem mais de 10.000 produtos.

Apoiada pela experiência clínica e conhecimento regulatório, a empresa desenvolve e comercializa produtos que são projetados para melhorar os resultados clínicos e reduzir os custos operacionais. Possui ainda extensas capacidades de produção internacionais e possui clientes em cinco continentes. [10]



Fig.27: Bengala clássica de madeira da Briggs Healthcare

1. DMI® Bengala Tradicional de madeira, Senhoras, Noz

- Punho: redondo padrão
- Altura: 910 mm de comprimento e pode ser cortada até a altura desejada.
- Material/Cor: madeira de nogueira ou mogno forte e leve, manchada e selada;
- Sola: Borracha antiderrapante durável; [10]



Fig.28: Bengala HealthSmart da Briggs Healthcare

2. HealthSmart™

- Punho: Punho único com contorno em forma de gel proporciona o máximo de conforto;
- Altura: ajusta de 830mm para 940mm
- Material/Cor:
- Peso:
- Sola: borracha resistente;
- Peso Suportado: 110kg.
- Inovação: Bengalas premium dobráveis disponíveis em três cores elegantes: Cinza, Rosa e lavanda; Tubo, punho e ponta da bengala são todos combinados para um ar moderno; A pulseira oferece maior segurança ao segurar a bengala; [10]



Fig.29: Bengala de quarto apoios da Briggs Healthcare

3. DMI® Ajustável Quad Cane

- Punho: de espuma confortável; facilmente invertido para uso com a mão esquerda ou direita;
- Altura: facilmente ajustável de 736mm – 965mm com incrementos de 25mm;
- Material/Cor: Tubo de alumínio de 100mm com base de aço;
- Sola: 4 pontas de borracha antiderrapantes;
- Inovação: São leves e oferecem suporte máximo ao caminhar; disponível em dois tamanhos de base: Pequeno, 152mm x 203mm ou Grande, 177mm x 280mm. [10]



Fig.30: Bengala Deluxe da Briggs Healthcare

4. DMI *Deluxe* – bengala de alumínio ajustável

- Punho: de espuma suave
- Material/Cor: Construída através de uma forte (mas leve) tubulação de alumínio anodizado de 200mm;
- Sola: borracha antiderrapante;
- Peso Suportado: 110kg.
- Inovação: possui um anel de bloqueio para maior segurança; [10]



Fig.31: Bengala acrílica da Briggs Healthcare

5. DMI® bengala acrílica

- Material/Cor: acrílico forte para durabilidade;
- Sola: borracha preta reforçada antiderrapante;
- Peso Suportado: 70kg.
- Inovação: Design unissexo; [10]

Patterson Medical

Patterson Medical é o fornecedor líder no mercado de reabilitação e assistência médica e em todo mundo.[11]



Fig.32: Logo da Patterson Medical

1. *Comfort Grip Cane*



Fig.33: Bengala Comfort Grip da Patterson Medical

- Punho: compensação de gel para reduzir o estresse e a fadiga da mão;
- Altura: ajuste de 840mm a 940mm;
- Material/cor: alumínio;
- Peso suportado: 115 Kg
- Inovação: O design exclusivo oferece suporte ao centro de gravidade e apresenta uma aparência elegante. [11]



Fig.34: Bengala Standard da Patterson Medical

2. *Days*™ Bengala Standard

- Punho: vinil permite um forte aperto do punho.
- Altura: ajustável de 762mm a 990mm
- Material/cor: alumínio
- Peso suportado: 110kg. [11]



Fig.35: Bengala Brazos da Patterson Medical

3. *Brazos* Cane

- Punho: compensação de gel para reduzir o estresse e a fadiga da mão.
- Altura: pode ser cortada à altura desejada
- Material/cor: madeira com acabamentos que variam de áspero e rústico, para suave e elegante.
- Sola: borracha antiderrapante
- Inovação: oferece uma beleza única graças à cor de grão de madeira natural e design. [11]



Fig.36: Logo da NOVA

NOVA

A *NOVA* é um inovador líder e fabricante de produtos de “Mobilidade”, “Segurança” e “Vida Independente”, tais como bengalas com design, andarilhos com rodas, cadeiras de transporte, cadeiras de rodas, segurança de banho, almofadas e acessórios de mobilidade.

Fundada em 1993, a *NOVA* cresceu organicamente com uma base sólida e valores fundamentais de serviço, qualidade e integridade. O objetivo e a missão da *NOVA* é fornecer produtos de qualidade superior com grande funcionalidade e moda para pessoas com deficiências físicas poderem viverem um estilo de vida saudável, independente e bonito. [12]



Fig.37: Bengala Palm Handle da NOVA

1. *Palm Handle*

- Punho: o design anatômico e a superfície grande fornece o suporte adicional para reduzir a fadiga e a tensão da mão;
- Altura: ajuste de 736mm – 965mm
- Material/cor: Alumínio
- Peso: 0.45kg
- Peso suportado: 130kg;
- Inovação: são uma opção muito mais confortável do que as bengalas padrão. [12]



Fig.38: Bengala com assento da NOVA

2. *Bengala ajustável, dobrável com assento*

- Punho: espuma com curva completa.
- Material/cor: alumínio leve
- Inovação: bengalas com assento confortável e resistente, tamanho do assento é de 200mm x 254mm e a altura do assento pode ajustar de 457mm a 558mm. [12]



Fig.39: Bengala Curva da NOVA

3. *Bengala Curva*

- Punho: espuma
- Altura: ajustar de 762mm a 990mm
- Material/cor: alumínio curvo
- Peso: leve. [12]



Fig.40: Bengala T-Handle da NOVA

4. *Bengalas T-Handle*

- Punho: plástico durável;
- Altura: ajuste de 710mm – 990mm
- Material/cor: alumínio;
- Peso: 0.45kg
- Peso suportado: 110kg. [12]

1.6. Expectativas dos utilizadores – análise do ponto de vista psicológico

“Design cria cultura; cultura modela valores; valores determinam o futuro.” - Robert L. Peters

Como supramencionado, a bengala tem associada a si uma imagem de fragilidade e de decadência física e estética, por isso tornou-se também pertinente fazer uma análise do que poderá ser o “estado de espírito” dos possíveis utilizadores, e compreender a receptividade emocional que estes terão.

Existem duas teorias sobre a emoção: a ação e a experiência.

A consciência serve como uma barreira entre a estimulação dos mundos físico ou social e o corporal interno. As emoções são parte da consciência e refletem a complexa interação entre o corpo e a mente. Os psicólogos parecem discordar desde sempre acerca da natureza da emoção, isto é, como a mente e o corpo interagem. Apesar de não existir uma teoria unificada da emoção, as teorias principais podem ser divididas entre “ação” e “experiência”.

A “ação” tem abordagens associadas ao centralismo, comportamento e ação cognitiva, focada na mente adaptável e com intenção. Em contraste, as teorias relacionadas com a “experiência” relacionam-se com as dinâmicas psicológicas, o existencialismo e a reação do corpo às ideias sociais. [13]

Quando falamos de dispositivos de assistência médica, pode haver por parte de um indivíduo qualquer uma destas abordagens emocionais, ou até mesmo um conflito das duas.

Em 2008 M. Nihei desenvolveu um diagrama que expressava os dilemas dos seniores quando se deparam com a necessidade de um dispositivo de marcha assistida [14]:

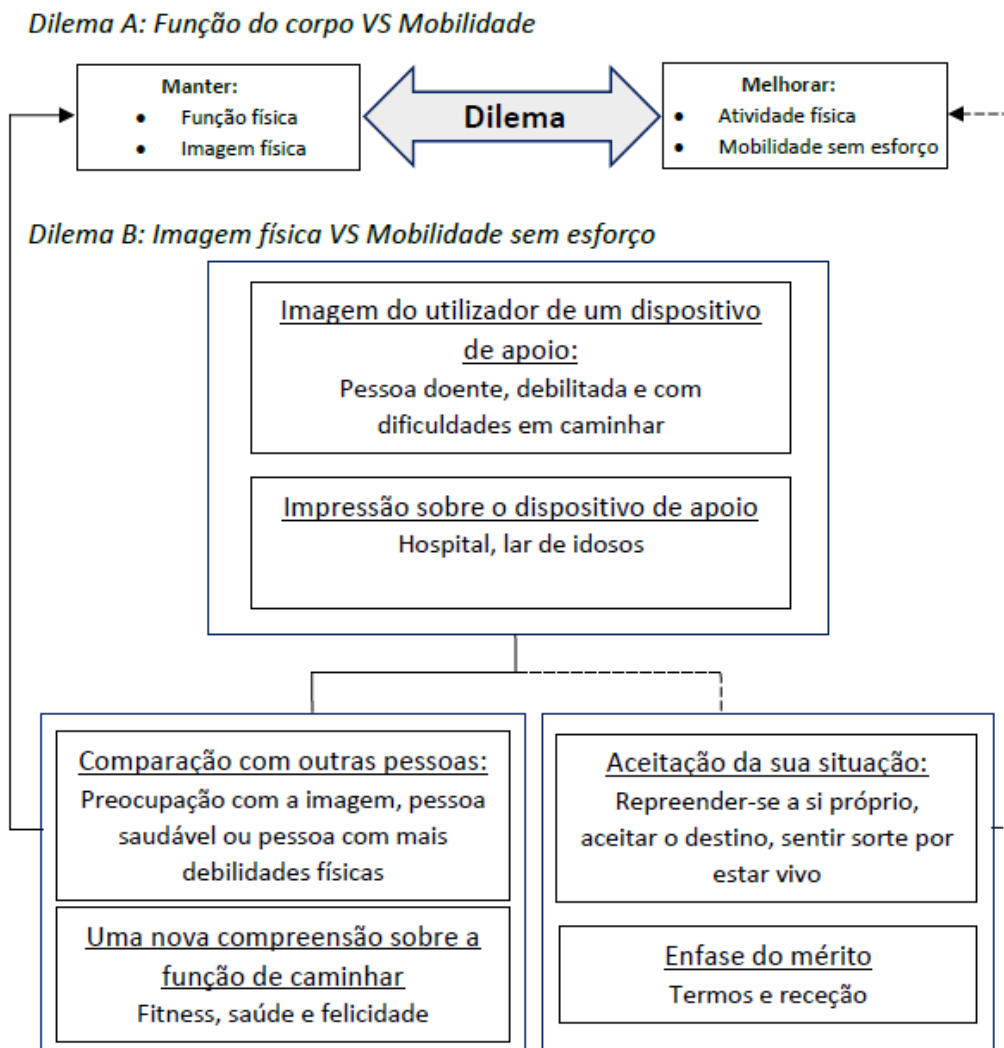


Fig.41: Diagrama do processo de resolução do dilema dos seniores de M. Nihei



Fig.42: Actor Matt Bomer



Fig.43: David Beckham



Fig.44: Modelo Kendall Jenner



Fig.45: Modelo Gigi Hadid



Fig.46: Actor Kevin Spacey



Fig.47: Atriz Kelly Osbourne

É compreensível que, quando deparadas com a necessidade da utilização de um DMA, as pessoas sintam alguma ansiedade tendo em conta a carga emocional negativa que esta acarreta, e que exista um dilema entre o bem-estar físico e o bem-estar psicológico associado à autoestima. Mas estas são barreiras que já foram ultrapassadas anteriormente em relação a outros objetos: por exemplo, os óculos graduados que passaram, nas últimas décadas, de um acessório médico para quem tem incapacidades ao nível da visão para um símbolo de estilo, em várias cores e modelos, usados muitas vezes só por escolha criativa, um “statement”.

Partindo deste princípio, estas barreiras podem ser ultrapassadas novamente e estes dilemas podem tornar-se obsoletos.

Teoria de construção social

A Teoria de construção social, proposta por George Herbert Mead (Dittmar, 1990), foca-se no facto de objetos físicos funcionarem como comunicadores com significado social entre as pessoas. Os objetos passam a ter qualidades simbólicas que as pessoas podem interpretar e dessa forma ir buscar informações pessoais acerca do utilizador. Essa informação pode ser o reflexo da personalidade do utilizador, do grupo social a que pertence, dos valores políticos, hobbies, etc.

Esta teoria é baseada no facto de as pessoas interagirem com o mundo e participarem em atividades sociais, levando a uma constante construção e moldagem dos sistemas sociais e culturais comuns. Isto é, existe um sistema de “significado social” como contexto para mediar o conhecimento cultural e social, que é usado para contruir uma realidade subjetiva. Mead estava principalmente interessado no papel único que os símbolos e os sistemas de “significado social” tem no desenvolvimento da identidade individual de uma pessoa. [15]

Esta teoria explica a interpretação que existia da bengala há séculos: um símbolo de poder social e económico e de distinção; e a reinterpretação que tem vindo a ser feita ao longo das últimas décadas: um símbolo de fragilidade, doença e fraqueza. A bengala acabou por acompanhar as mudanças sociais, económicas e políticas. Este projeto revela uma tentativa de mudar essa simbologia mais uma vez.

De acordo com a teoria de protótipo cognitivo de Rosch (1978), o ser humano tem tendência a construir um entendimento sobre novos produtos atribuindo-lhe experiências anteriores sobre as nossas perceções prévias sobre o produto. As experiências são estruturadas num esquema mental, constituído por protótipos mentais que representam atributos que um produto deve ter especificamente para pertencer a uma certa categoria. Um produto vai pertencer a uma certa categoria, se os seus atributos possuírem um dos arquétipos dessa categoria. As pessoas, em geral, já têm uma imagem pré-definida na sua mente do aspeto que certo produto deve ter.

Pode haver, no entanto, uma tentativa de mudar esta preconção, uma quase manipulação do utilizador, atribuindo a um produto de uma categoria A características de produtos de outra categoria B diferente, e deste modo irá ser percecionado como possivelmente pertencente a essa categoria B.

Foi o exemplo de um Walkman de desporto da Sony amarelo (Fig. 48), que tinha certas qualidades como resistência à água e ao choque. Produtos de outras empresas com a mesma cor amarela, foram alvo de críticas e reclamações, por não resistirem a água e ao choque, mesmo que os produtos nunca tivessem o desígnio ou pretensão de possuir essas características. [15]



Fig.48: Walkman antichoque da Sony

Ao colocar capacidades sensoriais, formas e materiais associados com força, resistência, classe e beleza, espera-se que a *Bea* seja percecionada como pertencente a essa categoria de produtos.

1.7. Estudo ergonómico

“Ergonomia é o conjunto dos conhecimentos científicos relacionados ao homem e necessários à conceção de instrumentos, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficiência.” - Wisner, 1987

Para melhor entender o objeto, as suas condicionantes e oportunidades, a sua intenção e funcionalidade foi realizado um estudo ergonómico que inclui o estudo da biomecânica e antropometria que está envolvida na utilização de uma bengala.

1.7.1. Biomecânica que envolve a utilização de uma bengala

“Biomecânica é o estudo da estrutura e da função dos sistemas biológicos, utilizando os métodos da Mecânica.” Adrian e Cooper, 1995.

Biomecânica da marcha

Definições de marcha

Marcha= locomoção, deambulação, caminhada.

- “A locomoção é o processo pelo qual o animal se move de uma posição geográfica para outra”.

- “Marcha é um padrão cíclico de movimentos corporais que se repete indefinidamente a cada passo”.

- A locomoção bípede, ou marcha, é uma tarefa funcional que exige interações complexas e coordenação entre muitas das principais articulações do corpo, especialmente da extremidade inferior. (ann barr e sherry backus, 2003)

- Marcha ou deambulação é um tipo de locomoção (*locus e movere*) de padrão bípede gerado pelo sistema psicomotor. (Marcelo Saad et al., 1997)

- A marcha é uma atividade complexa que envolve o sistema nervoso central e periférico, e todo o sistema musculoesquelético. (Cynthia Norkin, 1993)

Análise da marcha

A marcha é a mais comum das atividades humanas e por isso foi uma das primeiras a ser investigada. Apesar de parecer um movimento simples, este movimento é controlado por uma coordenação complicada e meticulosa entre vários elementos. O interesse no estudo da marcha surgiu nos primeiros trabalhos dos irmãos Webber em 1836, que defendiam que durante a fase de balanço o controlo muscular não era necessário e o movimento da perna ocorria como movimento pendular. [16]

Desde o século XX e até aos dias de hoje, vários centros desenvolveram laboratórios para analisar os movimentos humanos. Este revelou-se um estudo tão importante que hoje em dia se considera inadmissível prescrever tratamento para uma deficiência de marcha sem se fazer uma cuidadosa análise da locomoção. [17]

No ato de caminhar ou correr existe um padrão básico caracterizado pelo movimento rítmico das extremidades e do tronco que determinam uma deslocação para a frente do centro de gravidade.

Trata-se de uma sequência de eventos múltiplos, rápidos e complexos, o que dificulta a observação clínica na identificação de alterações dos fenómenos e a quantificação do seu grau de afastamento da normalidade. Por este motivo, estudiosos na área desenvolveram recursos de registo e de análise do movimento cada vez mais sensíveis e precisos.

A análise da marcha é a mensuração, descrição e a avaliação sistemática de dados que caracterizam a locomoção humana e é, portanto, a base do estudo e do tratamento de patologias que envolvem o aparelho locomotor, especialmente quando se usam próteses. Esta pode ser clínica (visando o estudo de um determinado paciente) ou científica (visando o estudo das repercussões de uma patologia sobre a marcha).

Forças no pé e Trabalho

O ato de caminhar envolve trabalho positivo e trabalho negativo. Existem quatro etapas sucessivas no ato de caminhar. Na primeira etapa, os dois pés encontram-se no chão, com um pé ligeiramente a frente do outro. O pé de trás faz força para a frente e o pé da frente faz força para trás. Na segunda etapa, o pé de trás sai do chão e o pé da frente faz força de travagem e o centro de massa do corpo começa a levantar o pé da frente.

Na terceira etapa, o pé de trás é trazido para a frente e o pé contrário faz uma força vertical, nesta altura o centro de massa do corpo está no seu ponto mais alto acima do pé contrário. Na última etapa o centro de massa do corpo é diminuído e o pé de trás fornece uma força de aceleração. Estas variações de subida e descida do centro de massa do corpo, juntamente com as forças de avanço e travagem feitas pelos pés, fazem da caminhada um movimento de baixa eficiência muscular. [18]

Mecanismos básicos no processo de análise da marcha

- Cinemática
- Cinética
- Controle motor
- Normalidade e marcha patológica

Em termos de variáveis podemos analisar:

- Deslocamento linear
- Deslocamento rotacional (graus)
- Passos
- Ciclo da marcha
- Comprimentos
- Larguras
- Tempos
- Forças
- Deslocamentos



Fig.49: Fases da marcha

Conceitos de cinemática

- Cadência: é o número de passos dados numa unidade de tempo, normalmente expresso em passos por minuto.

- Passo: é o espaço compreendido entre o contacto inicial do pé e o contacto inicial do pé colateral no solo.

Pode ser expresso em tempo ou em comprimento.

- Passada: é o espaço compreendido entre o contacto inicial de um pé no solo e o novo contacto inicial do mesmo pé.

Assim sendo uma passada corresponde a dois passos.

Também pode ser expresso em tempo ou comprimento.

- Ciclo de marcha: é o conjunto de fenómenos compreendidos dentro de uma passada e corresponde a sequência de funções de um membro, as quais se repetem igualmente após cada novo contacto inicial (Fig. 49)

1. Fase de apoio: permite progressão enquanto mantém estabilidade de sustentação do peso do corpo. É subdividida.

Fase de apoio=60%

- Primeiro apoio (contacto inicial, toque ou golpe do calcanhar);
- Resposta à carga (aplainamento do pé);
- Apoio médio;
- Calcanhar fora (retirada do calcanhar, fase terminal do apoio);
- Dados fora (impulsão, desprendimento dos dedos, pré-balanço).

2. Fase de Balanço: tem por características o levantamento do pé do solo, o avanço do membro no espaço e a preparação para o próximo apoio. É subdividida.

Fase de oscilação=40%

- Balanço inicial (oscilação inicial, aceleração)
- Balanço médio (oscilação média)
- Balanço final (oscilação terminal ou desaceleração)

3. Fase de duplo apoio = 20%

À medida que a velocidade da marcha aumenta, aumenta também relativamente o tempo da fase de balanço, e com a diminuição da velocidade existe uma diminuição relativa. A duração do duplo apoio diminui com o aumento da velocidade da marcha.

Podem-se assumir valores de referência da marcha dita “normal” citados por J. Perry em “Gait analysis: normal and pathological function” - 1992 [19]:

- Velocidade: 82 m/min;
- Cadencia: 113 passos/min;
- Comprimento da passada: 1.4 m;
- Medida do passo: 0.75 m;
- Tempo de balanço: 40% do ciclo; período de apoio: 60% do ciclo.

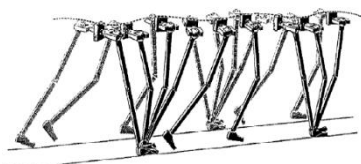


Fig.50: Seis Determinantes da Marcha [21]

Caraterísticas da marcha que influenciam a linha do centro de gravidade

Teoria dos seis determinantes da marcha

McMahon resumiu, em 1984, seis movimentos que ocorrem e que alteram a marcha (Fig. 50).

1. Marcha orientada
Esta é a marcha mais básica, caracterizada por flexões e extensões da anca, enquanto que as pernas permanecem rígidas e direitas.
2. Rotação da bacia
A bacia faz uma rotação a volta de um eixo vertical que atravessa o centro do corpo. A amplitude desta rotação é de cerca de 3 graus, durante a marcha a velocidade normal, aumentando a velocidades elevadas.
O objetivo deste movimento é aumentar o comprimento efetivo da perna, produzindo uma passada mais longa e aumentando o raio dos arcos da anca, dando um movimento mais suave.
3. Inclinação da bacia
A bacia inclina-se para que a anca, do lado da perna que esta em balanço, fique mais baixa que a perna oposta. O objetivo deste movimento é manter a trajetória dos arcos da anca mais plana.
4. Flexão do joelho da perna de apoio
Dobrando o joelho da perna que esta a suportar o peso do corpo, os arcos da anca mantêm-se na sua posição mais plana promovendo um movimento suave.
5. Flexão plantar do tornozelo de apoio
A superfície plantar do pé, move-se descendentemente e o tornozelo a perna de apoio flete imediatamente antes de os dedos levantarem do chão. Como resultado, os músculos da perna produzem as forças necessárias para dar balanço para a frente na fase seguinte, e ainda no alongamento da fase de apoio da perna enquanto o arco da anca desce.

6. Deslocamento lateral da bacia

O corpo balança de um lado para o outro durante a caminhada, com o levantar da perna de balanço. [20]

Análise da atividade muscular

As solicitações musculares durante a marcha dependem da natureza do momento articular na extremidade apoiada e da direção do movimento desejada. Se o momento do vetor da força de reação do solo tende a causar movimento numa determinada direção, o músculo vai reagir para o controlar ou restringir. [22]. Os músculos distais são os mais ativos e os que representam menor variabilidade enquanto os músculos proximais são os menos ativos e de padrão mais variável. [23]

Plano sagital

1. Fase de ataque ao solo

Durante a subfase de ataque ao solo, em cada articulação, os músculos são ativados no sentido de preparar a receção do peso corporal. Os músculos extensores do joelho e da anca são os principais responsáveis pela desaceleração longitudinal durante a primeira fase de apoio. Os músculos extensores da anca têm um papel fundamental na desaceleração longitudinal, pois impedem a progressão durante a primeira parte da fase de apoio [24]. O músculo quadríceps desenvolve trabalho positivo quando o membro em apoio se estende antes da fase média [25].

A extensão completa do joelho minimiza a força necessária para suportar o peso corporal na fase seguinte.

2. Fase média de apoio

Nesta fase ocorre trabalho positivo dos extensores da anca, que contraem concentricamente entre o ataque ao solo e o apoio completo do pé no solo.

Apenas os músculos vastos estão ativos nesta subfase. Os extensores do joelho realizam um trabalho negativo quando atuam excentricamente para controlar a flexão do joelho.

Os flexores plantares fazem um trabalho negativo quando a tibia roda sobre o pé durante o período de apoio que vai desde o apoio do pé no solo à fase media de apoio.

Os extensores do joelho realizam um trabalho positivo para estender o joelho após a fase de apoio do pé [22].

3. Fase de propulsão

O trabalho positivo durante a fase de propulsão é atribuído à tibiotalársica.

O maior trabalho realizado no ciclo de marcha é o exercido pelos flexores plantares durante a fase de propulsão e é responsável pela aceleração vertical e horizontal anterior.

Os flexores plantares e da anca realizam trabalho positivo na última parte da fase de apoio e no início da fase de balanço aumentando o nível de energia do corpo.

Em simultâneo com a contração dos flexores plantares, na fase final de apoio, o joelho flete sobre o controlo da ação excêntrica do quadríceps contribuindo para a propulsão anterior do tronco [25].

Ainda na fase final de apoio, o reto femoral é antagonista à contribuição do músculo gastrocnémio para iniciar a fase de balanço, mas agonista para a contribuição do solear para acelerar o tronco para a frente.

4. Fase de balanço

Na fase de balanço a força de reação ao solo é inexistente. Para acelerar e desacelerar a extremidade oscilante e elevar ou manter a

extremidade relativamente à força da gravidade, de maneira a que o pé descole do chão e vá para uma posição ótima para o contacto do calcâneo, será solicitada atividade muscular.

A contração concêntrica dos flexores da anca e extensores do joelho garantem a aceleração, enquanto que a atividade excêntrica dos extensores da anca e dos flexores do joelho garantem a desaceleração.

Os músculos ativos na fase final de balanço são o tibial anterior, o longo extensor dos dedos e o longo extensor do hálux [22]. Whittle realçou em 2007 o papel dos isquiotibiais para a prevenção da hiperextensão do joelho no final da fase de balanço [26].

Plano frontal

Analisando o plano frontal, percebe-se que a atividade muscular é essencial na fase de apoio. A anca é estabilizada pela atividade dos músculos glúteo médio e mínimo e o tensor fáscia lata.

Na tibiotársica e pé, o peso do corpo é transferido do calcâneo, passando pelo bordo lateral do pé durante a fase de carga. No final da carga de apoio os cinco metatarsos estão em carga, e consequentemente o peso é transferido da cabeça dos metatarsos para o hálux, na fase de pré-oscilação. O tibial anterior é o único inversor ativo durante o ataque ao solo que pode restringir a eversão. A atividade muscular do tibial posterior é solicitada na fase média para controlar a pronação.

Na fase média de apoio o pé inicia a supinação e retoma a posição neutra. [22]

Os músculos adutores da anca iniciam a sua atividade na fase terminal de apoio e contraem excêntrica na fase pré-oscilação, para controlar a transferência de peso para o membro contra lateral. Este controlo também é feito pelos flexores plantares. No joelho, a atividade dos

estabilizadores dinâmicos acaba na fase média de apoio. [22]

Biomecânica da marcha auxiliada

O envelhecimento

É de conhecimento comum que grande parte da capacidade de exercício é perdida à medida que as pessoas vão envelhecendo, no entanto existem muitos fatores que também influenciam essa perda de capacidade, tais como, o aumento de massa gorda, a diminuição de massa muscular, a diminuição da atividade física e algumas doenças específicas. Por este motivo, torna-se difícil determinar de uma maneira precisa quanta dessa capacidade física que se vai perder que tem como única causa o avanço da idade.

Apesar disso, o declínio da capacidade aeróbia e cardiovascular com o envelhecimento é substancial e evidente.

A força muscular é mantida por um período mais longo durante o envelhecimento, por exemplo a força extensora do joelho, não diminui significativamente nos homens até que eles atinjam os 60 anos e a partir daí ocorrem a uma taxa de cerca de 12 a 14% por década. A perda de massa muscular ocorre a uma taxa de cerca de 6% por década. [18]

DA Winter relatou, em 1991, que a principal diferença entre a marcha de idosos saudáveis e de adultos jovens prende-se com variações de parâmetros da cinemática nos primeiros. [17]

Comparando com o padrão de um adulto jovem, na marcha em idosos observa-se que algumas diferenças têm origem degenerativa, e outras são adaptações de uma marcha mais segura.

Ocorre principalmente a diminuição do comprimento do passo, aumento do tempo de duplo

apoio e a diminuição da potência do *push-off* (deslocamento anterior do corpo) no final do apoio.

Dispositivos de auxílio à marcha

Os dispositivos auxiliares de marcha são usados com frequência por idosos ou pessoas que sofram de problemas nos ossos e/ou articulações, como fraturas e artroses. Os mais conhecidos são a bengala, as muletas e os andarilhos, são usados para fornecer uma maior liberdade de movimento e independência enquanto ajudam no equilíbrio. Estudos demonstram que estes dispositivos aumentam a confiança e o sentimento de segurança nos seus utilizadores. Além disso, a carga nas articulações do membro inferior pode ser reduzida, aliviando a dor articular e compensando fraquezas ou lesões.

Por exemplo:

Sem bengala: se considerarmos que uma pessoa de 80 Kg está apoiada somente na perna direita, a força aplicada na articulação da anca direita é cerca de 200 Kg (cerca de 2,5 vezes o peso), tendo em conta que quando se caminha cerca de 40% do tempo o apoio é só feito numa perna, torna-se relevante diminuir esta carga.

Com bengala: se esta pessoa utilizar uma bengala no lado esquerdo (do lado contrário), uma força de cerca de 80 Kg será aplicada a articulação da anca direita. Ou seja, usar bengala pode reduzir em cerca de 60% a força aplicada à articulação da anca do outro lado.

No entanto é necessário entender que este efeito irá variar conforme o peso da pessoa, a anatomia da articulação da anca e a força aplicada na bengala pelo indivíduo. A maneira como se segura a bengala também influencia a carga aplicada à articulação da anca, e segurar a bengala inadequadamente pode aumentar essa carga em algumas situações. Quando utilizados adequadamente, a bengala, as muletas e o

andarrilho podem ser benéficos não só para a articulação da anca, mas também aos joelhos, tornozelos e pés.

Breve análise a estudos desenvolvidos sobre a matéria

1. Artigo "Leg Muscle Activity During Walking With Assistive Devices at Varying Levels of Weight Bearing", 2004, autores: Brian C. Clark, MS, Todd M. Manini, MS, Nathaniel R. Ordway, MS, Lori L. Ploutz-Snyder, PhD



Fig.51: ED Walker

Estudo desenvolvido sobre a atividade muscular quando se usa muleta e um outro apoio. O objetivo foi determinar os padrões de atividade muscular da perna em vários níveis de suporte de peso diferentes durante uma marcha assistida com uma muleta e um aparelho desenvolvido na altura (*ED Walker* (Fig. 51)) que permite a transferência do peso através da cintura pélvica.

O estudo contou com doze voluntário saudáveis (idade= $39,6 \pm 13,6$ anos)

Durante a caminhada com a muleta axilar e o aparelho ED walker foi registada a atividade muscular do tibial anterior, dos gêmeos, bíceps femorais e do vasto lateral através de eletromiografias.

Um sistema de leitura de força numa plataforma mediu os vários suportes de peso (nenhum, leve e pesado) que haviam sido normalizados para uma passada normal.

Concluiu-se que com os dispositivos de assistência à caminhada, os padrões de ativação muscular variaram com a variação do peso suportado. Os músculos extensores da perna revelaram uma grande redução de atividade quando comparados com os flexores.

O ED Walker e a muleta axilar tiveram resultados diferentes no que diz respeito à atividade muscular e às características de suporte de peso, sendo que a muleta foi a que revelou uma maior redução de carga muscular.

2. Artigo "Partial Weight-Bearing Gait Using Conventional Assistive Devices", 2005, autores: James W. Youdas, PT, MS, Brian J. Kotajarvi, PT, MS, Denny J. Padgett, PT, Kenton R. Kaufman, PhD

O objetivo deste estudo foi determinar se os indivíduos conseguiam, com a ajuda de um dispositivo, transferir uma carga pré-definida para um membro inferior.

Neste estudo participaram dez indivíduos saudáveis (cinco homens e cinco mulheres), sem nenhuma lesão nos membros inferiores e sem experiência em usar aparelhos de assistência à marcha.

A força de reação vertical foi medida usando plataformas de medição de força enquanto os indivíduos andavam a uma velocidade pré-definida usando moletas axilares, moletas canadianas e um andarilho com rodas mantendo sempre três pontos de apoio.

Também foi medida a força de reação vertical quando usada uma bengala de apoio único.

Conseguiu-se perceber que todos os dispositivos reduziram significativamente a força de reação vertical nos membros inferiores, os participantes conseguiram atingir a redução de peso pretendida de 50% com as muletas axilares (50%) e com as canadianas (56%). Já o andarilho revelou uma força de reação vertical de 64% do peso corporal, o que ultrapassou os valores estabelecidos e a bengala produziu um pico de força de reação de 76% do peso corporal. Apesar disso consegue-se perceber que o uso de um apoio único, dependendo do tipo de necessidade do utilizador, terá menos

constrangimentos de usabilidade do que as muletas ou o andarilho.

3. Artigo “Mechanics of Ambulation With Standard and Spring-Loaded Crutches”, 2007, autores: *Adriana Segura, BS, Stephen J. Piazza, PhD*

Este estudo teve como o objetivo comparar as medidas cinéticas e as variáveis espaço-temporais retiradas durante a caminhada com muletas axilares e canadianas.

Participaram dez mulheres saudáveis com alturas entre os 154,9 e os 175,3 cm, que foram selecionadas por altura para se adequarem a altura das muletas usadas.

Foram medidas as variáveis cinéticas como a força de reação vertical, a taxa de aumento de força, impulso e variáveis espaço-temporais como o comprimento e duração do passo.

A taxa de força de reação vertical e de impulso foram reduzidas, mas o pico de força de reação vertical foi relativamente maior nas canadianas. A duração do passo aumentou nas canadianas, mas o comprimento do passo não diferiu significativamente.

Concluiu-se que uso de canadianas alteraram a mecânica de caminhada de maneira que pode reduzir as lesões por demasiado tempo de uso, comparando com as axilares.

4. Artigo “Hemiplegic Gait of Stroke Patients: The Effect of Using a Cane”, 1999, autores: *Ta-Shen Kuan, MD, Jui-Yi Tsou, MS, PT, Fong-Chin Su, PhD*

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do uso de bengala na marcha hemiplérgica de pacientes que tiveram AVC, focando nas variáveis temporais, espaciais e cinemáticas.

Foi feito um estudo comparando a marcha com e sem bengala usando um sistema de análise de movimento com uma camera de seis lentes.

Participaram quinze pacientes de AVC nos quais se incluíram dez homens e cinco mulheres (com média de idades de 56,9 anos; média de tempo desde o AVC de 9,8 semanas) e nove pessoas saudáveis da mesma faixa etária foram recrutadas como grupo de controlo.

Os pacientes de AVC que utilizaram bengala demonstraram um aumento significativo no comprimento e período do passo, e comprimento do passo no lado afetado, diminuíram também a cadência e a largura do passo comparando com os pacientes que andaram sem bengala.

Não houve diferenças significativas no que diz respeito às fases da marcha e aos cinco estados da marcha hemiplégica entre os pacientes com ou sem bengala.

Pode dizer-se que o uso da bengala influencia mais as variáveis espaciais do que as temporais.

A cinemática da marcha hemiplégica, no lado afetado, com o uso de bengala mostrou um aumento na obliquidade pélvica, adução da anca e eversão do tornozelo durante a fase terminal de apoio; aumento da extinção da anca, extensão do joelho, flexão plantar do tornozelo durante a fase de pré-balanço; o aumento da adução da anca, flexão do joelho e dorsiflexão do tornozelo durante a fase de balanço quando comparados com a marcha hemiplégica sem bengala.

Assim pode afirmar-se que a bengala melhorou a marcha hemiplégica apoiando o membro afetado mudando suavemente o centro de massa do corpo para o membro saudável e melhorando a propulsão durante a fase de pré-balanço.

Concluindo, os pacientes de AVC que utilizaram bengala demonstraram variáveis espaciais e

movimentos das articulações mais "normais" que os que não usaram bengala.

5. Artigo "Assistive Walking Devices in Nonambulant Patients Undergoing Rehabilitation After Stroke: The Effects on Functional Mobility, Walking Impairments, and Patients' Opinion", 2009, autores: Sarah F. Tyson, PhD, Louise Rogerson, BSc

O objetivo deste estudo foi aferir os efeitos que os dispositivos de assistência a marcha têm na mobilidade funcional dos utilizadores, as deficiências de mobilidade, como velocidade, cadência, comprimento da passada da perna debilitada, e a opinião de pacientes de AVC não ambulantes.

Participaram neste estudo vinte pacientes de AVC em processo reabilitação motora.

A mobilidade funcional melhorou com o uso de todos os dispositivos utilizados, mas as deficiências de mobilidade não mudaram. Os participantes reagiram, no geral, de maneira positiva relativamente aos dispositivos. Foram sentindo mais confiança e segurança na sua caminhada e aceitaram moderadamente a aparência e componente de conforto dos dispositivos. Mostraram preferência em usar bengala ou outro do que atrasar a sua capacidade de mobilidade, pelo menos até conseguirem mover-se independentemente.

Concluiu-se então que os dispositivos de auxílio de marcha melhoraram a mobilidade funcional nos pacientes.

Tipo de Dispositivos



Fig.52: Exemplos de bengalas

Bengalas

As bengalas (Fig. 52) ajudam a redistribuir o peso de um membro inferior fraco ou doloroso. Além disso, aumentam a base de suporte e fornecem informação tátil ao usuário a respeito do piso para que este aumente o equilíbrio.

Muletas

As muletas são úteis para pacientes que necessitam usar seus braços para apoio e propulsão, e não somente para equilíbrio. Dependendo da maneira como são usadas, as muletas podem retirar a carga de ambos os membros inferiores ou de um, em várias quantidades. No entanto, as muletas requerem um gasto maior de energia e força nos braços e nos ombros, sendo geralmente difíceis de utilizar por idosos mais fracos. As muletas distinguem-se em muletas axilares (Fig. 53) e canadianas (Fig.54).



Fig.53: Exemplo de muletas axilares

Axilares

Usam-se especificamente para problemas na articulação da anca, fraturas no fêmur e artroses.

Muletas axilares são geralmente baratas e permitem andar sem apoio nos membros inferiores, porém são geralmente desconfortáveis e difíceis de usar. O apoio incorreto destas muletas na axila pode causar compressões nervosas ou de vasos.



Fig.54: Exemplo de muletas canadianas

Canadianas

Estas muletas também proporcionam a retirada do apoio do membro inferior afetado. As muletas canadianas possuem uma espécie de “algema” que permite que a mão fique livre sem retirar a muleta

do antebraço. Estas muletas são geralmente menos incômodas que as axilares.

Andarilhos

Os andarilhos melhoram a estabilidade em pacientes com fraqueza dos membros inferiores ou falta de equilíbrio, também facilitam a mobilidade ao aumentar a base de apoio ou suportar o peso do paciente. No entanto, os andarilhos podem ser difíceis de manipular o que pode resultar em má postura e diminuição no balanço dos braços durante a marcha. Subir escadas com andarilho é uma tarefa difícil e um ponto fraco deste dispositivo. Podem-se distinguir em andarilhos tradicionais (Fig.55), com rodas à frente (Fig.56) ou com quatro rodas (Fig.57).



Fig.55: Exemplo de andarilho tradicional

Andarilhos tradicionais ou standard.

O andarilho tradicional é o mais estável. Porém, só permite um caminhar lento já que o paciente tem que elevar o andarilho completamente do chão a cada passo. Isto pode ser um desafio para idosos com pouca força nos membros superiores.



Fig.56: Exemplo de andarilho com rodas frontais

Andarilhos com rodas frontais

São melhores para pacientes com dificuldades em levantar um andarilho tradicional ou que caminham mais rápido. As rodas permitem ao paciente manter um padrão de marcha mais perto do normal do que com um andarilho tradicional, apesar de as rodas reduzirem a estabilidade.



Fig.57: Exemplo de andarilho de quatro rodas

Andarilhos de quatro rodas

São úteis para pacientes mais ativos que não precisam de andarilhos para apoiar o seu peso. Apesar de serem fáceis de empurrar, estes dispositivos não são apropriados para pacientes com problemas cognitivos ou de equilíbrio significativos. É comum que estes andarilhos venham com assentos, úteis para alguns pacientes que necessitam parar com frequência para sentar e descansar.

1.8. Anatomia da mão

“A Anatomia é a ciência que estuda as formas e as estruturas dos seres vivos.” - Castro, 1976



Fig.58: Músculos/tendões/ossos da mão – dissecação profunda

O contacto com a bengala é feito através das mãos. Estas servem de interface com o objeto, pelo que foi importante perceber a anatomia da mão: distribuição de músculos, tendões, nervos e ossos que revelam pontos de maior tensão e possíveis fraquezas.



Fig.59: Fisiologia da mão em várias posições

A mão divide-se, geralmente, em três regiões: carpo, metacarpo (os ossos da palma da mão) e falanges. [27]

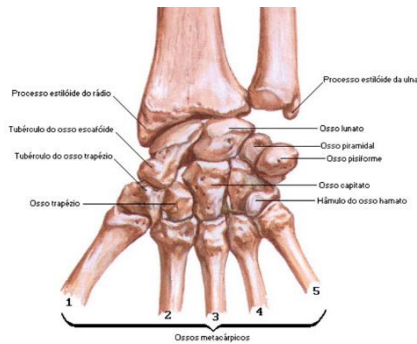


Fig.60: Ossos do Carpo

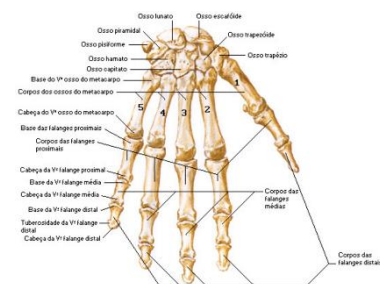


Fig.61: Ossos do Metacarpo e falanges

Carpo

São oito ossos distribuídos em proximais e distais.

Proximais: Escafoide, Semilunar, Piramidal e Pisiforme.

Distais: Trapézio, Trapezoide, Capitato e Hamato.

Metacarpo

É constituído por cinco ossos metacarpianos que são numerados no sentido latero-medial em I, II, III, IV e V e correspondem aos dedos da mão.

Considerados ossos longos, apresentam uma epífise proximal que é a base, uma diáfise (corpo) e uma epífise distal que é a cabeça. [27]

Falanges

Ossos dos dedos da mão apresentam 14 falanges [27]:

Do 2º ao 5º dedo:

1ª falange (*Proximal*)

2ª falange (*Média*)

3ª falange (*Distal*)

Polegar:

1ª falange (*Proximal*)

2ª falange (*Distal*)

Esta análise condicionou de forma significativa a morfologia da solução final, como se poderá verificar posteriormente neste documento.

1.9. Antropometria

Antropometria é um ramo da antropologia que estuda as medidas e dimensões das diversas partes do corpo humano.

Qualquer análise biomecânica da postura e movimentos humanos requer um conhecimento adequado das dimensões, da massa, do centro de massa e da massa do momento de inércia dos vários segmentos do corpo.

Existem dois tipos de antropometria: estática e dinâmica.

A Antropometria estática é baseada em tabelas que tratam dados mensurados do corpo estático. São consideradas as medidas das dimensões do corpo quando o indivíduo se encontra em postura neutra sem se movimentar.

A antropometria dinâmica é baseada nos dados mensurados na movimentação do sistema homem-máquina, relacionados com os alcances. São medidas tridimensionais e, são consideradas as medidas dos segmentos corporais em movimento.

Obtém-se informações relacionadas aos ângulos das articulações, aos alcances e às posturas naturais e confortáveis. [28]

No caso deste projeto considerou-se importante observar a antropometria dinâmica não só da mão, que faz a interface corpo-máquina, mas também dos vários dispositivos de marcha assistida, descrita a seguir. Apesar de este projeto ser o desenvolvimento de um objeto específico, uma bengala, também se observaram outros dispositivos de marcha assistida, por uma questão de contextualização.

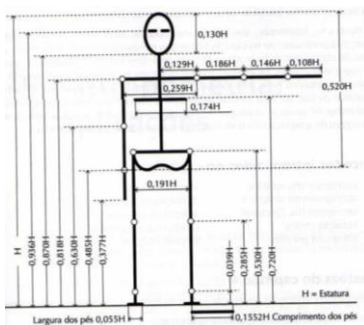


Fig.62: Antropometria Estática

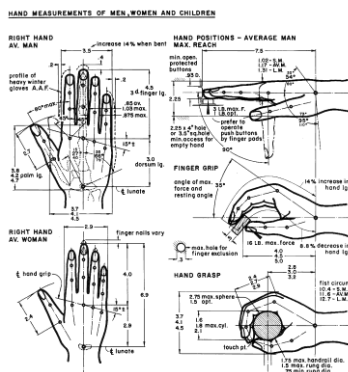


Fig.63: Antropometria Dinâmica

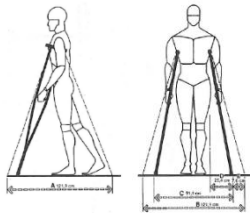


Fig.64: antropometria muletas vista lateral e frontal

Muletas

O modo de andar, o ritmo e a velocidade do usuário são dificultados de forma significativa pelo uso de muletas. Subir ou descer escadas são situações extremamente difíceis e, em alguns casos, quase impossíveis. O uso ilimitado das extremidades inferiores, bem como o manuseio e a colocação das muletas diminui muito a capacidade de alavanca que o indivíduo poderia desenvolver, particularmente no caso de abrir ou fechar portas, sentar-se ou levantar-se. As dimensões importantes na determinação de espaços livres incluem amplitude de oscilação da muleta (A), oscilação da muleta ao andar (B), espaço entre as muletas ao ficar de pé (C), vão entre muleta e corpo (D) e oscilação muleta-corpo (E). Para usuários com problemas de Artrite e Paralisia Cerebral os espaços livres indicados talvez precisassem ser alargados. [28]

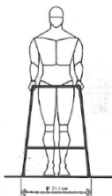


Fig.65: antropometria andarilho vista frontal

Andarilho

O espaço livre necessário para o indivíduo e um andarilho é definido de forma mais fácil, pela própria natureza do aparelho e modo de operação. A visão frontal do usuário indica um mínimo de 71,1 centímetros (F). [28]

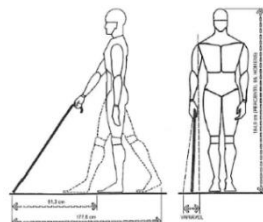


Fig.66: antropometria bengala vista lateral e frontal

Bengalas

As bengalas podem ser utilizadas por pessoas cegas, pessoas com problemas numa perna decorrentes da idade, Artrite, Paralisia Cerebral, Diabetes, Esclerose Múltipla, etc. No entanto, o usuário cego, em função da natureza da deficiência, exigiria o maior espaço livre, as vistas frontal e lateral do usuário indicam os espaços livres necessários. [28]

Os parâmetros mais importantes a analisar quando se trata da utilização de bengalas é a altura e o

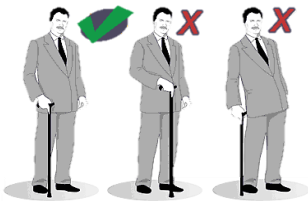
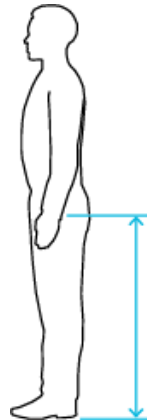


Fig.67: antropometria bengala – altura correta VS alturas incorretas

ângulo que o punho faz com o cotovelo do utilizador. Se estes parâmetros forem mal estabelecidos ou inadequados ao utilizador, a utilização da bengala pode prejudicar mais a condição que causou a necessidade de utilização da bengala em vez de ajudar na recuperação.



Fig.68: antropometria bengala – angulo com o cotovelo



Altura da bengala	Altura do utilizador
XS 30 in / 76 cm	4'11" - 5'2" / 150 - 158 cm
S 32 in / 81 cm	5'3" - 5'6" / 160 - 168 cm
M 34 in / 86 cm	5'7" - 5'10" / 172 - 180 cm
L 36 in / 91 cm	5'11" - 6'2" / 182 cm - 190 cm

Fig.69: antropometria bengala – altura da bengala VS altura do utilizador

II

Desenvolvimento conceptual

O processo do desenvolvimento do produto culminou de uma crítica analítica da fase anterior.

2.1. Conceito

“Cada vez mais, mais pessoas compram objetos para nutrir uma necessidade intelectual e espiritual. As pessoas não compram as minhas máquinas de café, as minhas chaleiras e os meus espremedores de limões porque precisam de fazer café, ferver água ou espremer limões, mas por outras razões.” - Alberto Alessi

A bengala é, indiscutivelmente, um acessório do quotidiano para uma grande parte da população sénior e, por isso, torna-se pertinente o aperfeiçoamento e otimização desse artefacto, permitindo a recolha e comunicação de dados. No entanto, apesar de ser um objeto completo que contribui para a estabilidade e apoio do utilizador, poderá também oferecer uma vertente *high-tech*, invertendo no utilizador a imagem de fragilidade e decadência, associada ao uso de dispositivos médicos. Por isso, pretende-se conferir também uma vertente não só funcional, mas também estética, atribuindo-lhe valor morfológico e simbólico, permitindo superar a condição de acessório, sendo adotado como extensão do utilizador.

A introdução de um botão SOS e um sistema de localização GPS garante mais confiança e independência ao utilizador, pois pode, facilmente, a qualquer momento e lugar emitir localização e veicular pedido de auxílio.

É importante referir que apesar do público-alvo ser, sobretudo, a população sénior, a usabilidade aplica-

se a qualquer pessoa que sofra de algum constrangimento físico (ao nível da coluna ou membros inferiores) ou intelectual, para a qual seja pertinente o recurso regular a bengala.

2.2. Evolução da Forma do punho

Embora a morfologia da bengala seja o resultado de inúmeros aspetos e constrangimentos, é no desenho do “punho” que se revela a sua adequabilidade ergonómica.

Fraser (1980) afirmou que o punho de uma ferramenta deve estar, o mais possível, em conformidade com a posição natural de sustentação (posição neutra) da mão. Isto é, deve tentar manter o pulso com um mínimo de flexão, extensão ou desvio, possível. [29]

Reduzindo o ângulo de flexão do pulso, podem ser evitadas lesões como Síndrome do Túnel do Carpo, além disso, a capacidade de agarrar a bengala é maior quando o pulso está numa posição neutra. [30]

A forma do punho deve ser geralmente cilíndrica, ou ter a forma cónica truncada, para acomodar os diferentes graus de flexão exibida por cada dedo, por outro lado, a pressão deve ser dispersa pela maior área possível, assim reduzindo a pressão por unidade de superfície. Sanders e McCormick (1993) sugeriram que uma superfície de contato maior poderia reduzir a compressão de tecidos e / ou nervos, bem como diminuir o efeito da vibração que ocorre no impacto com o solo. [31]

Com base no estudo ergonómico supramencionado foi solicitado a quatro pessoas que moldassem no interior da sua mão um cilindro de plasticina, conferindo-lhe o esmagamento natural que resultaria de um apoio gravítico da mão numa bengala. A partir desse exercício foi construída uma maquete (Fig. 70 e 72).

Atendendo à posição prevista para a instalação de sensores, o punho foi superficialmente moldado em forma de pássaro estilizado.



Fig.70: Maquete vista superior



Fig.71: Gaio azul



Fig.72: Maquete vista lateral

A forma adquirida provou não ser satisfatória como solução final por ser demasiado complexa e excêntrica, pelo que foi feito um novo exercício de moldagem.

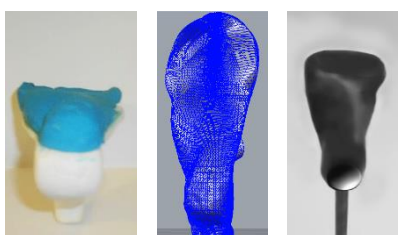


Fig.73: Segundo exercício de moldagem, nuvem de pontos e modelação

Na segunda abordagem à morfologia do punho foi realizada por decalque sobre uma superfície lisa para revelação das zonas sujeitas a maior pressão no apoio da mão (Fig. 73).

Apesar da evidente ergonomia e conforto do modelo, a sua conformação visual não se revelava satisfatória por ser demasiado encorpada e volumosa. Além disso, o punho resultante não respondia ao parâmetro de ambidestria do artefacto, desde sempre ambicionado como objetivo deste projeto, pelo que se decidiu desenhar uma alternativa a partir de um quadro de parâmetros pré-estabelecidos.

O processo iniciou-se pelo desenho a mão livre de esboços do que seria a forma pretendida, explorando linhas e ângulos possíveis (Fig. 74). Posteriormente foram maturados numa forma satisfatória. Neste momento processual explorou-se também alguns detalhes como o local onde ficaria a lanterna e o botão SOS (Fig. 75). Também foi analisado o processo de maquetização, visto que a forma não é regular nem poligonal.

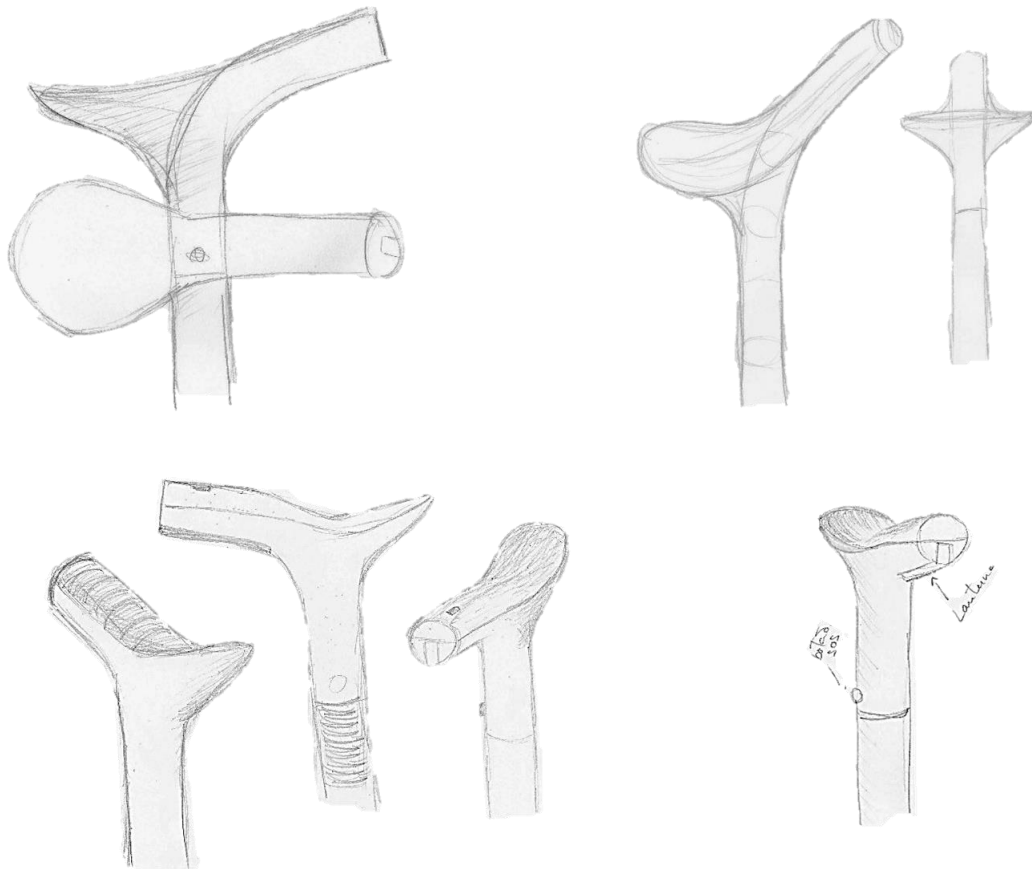


Fig.74: Desenho conceptual de forma

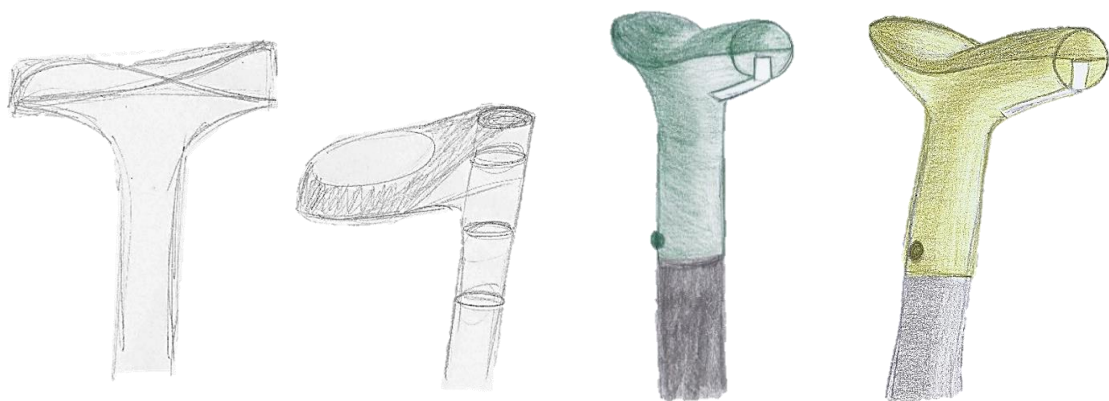


Fig.75: Desenho conceptual de maquetagem e detalhes

De forma a validar o desenho foi feita uma maquete em poliestireno extrudido, vulgarmente conhecido como *roofmate*, na qual foram otimizadas as formas, para posteriormente ser feita uma

digitalização 3D que serviu como base para a modelação 3D.

Após o corte do *roofmate* com uma forma aproximada da pretendida (Fig. 76), foi iniciada a fase de detalhe da forma, onde foram delineadas as curvas e ângulos pretendidos.



Fig.76: Maquete - fase inicial

A otimização da forma foi feita através de um processo de lixamento e posterior cobertura em gesso. Depois de um período de secagem do gesso foi realizado um lixamento de acabamento, alisando a superfície, para que esta ficasse sem rugosidades (Fig. 77), de modo a facilitar o processo de digitalização 3D.

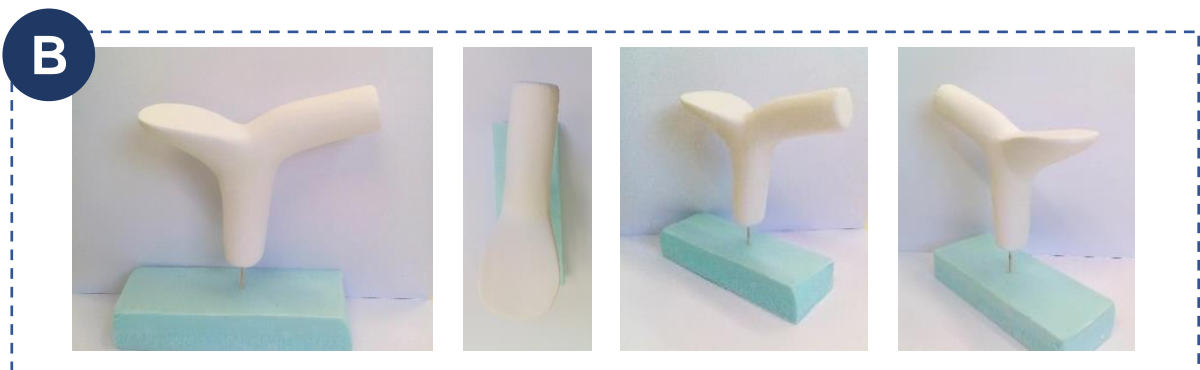


Fig.77: Maquete final para digitalização

A maquete desenvolvida foi digitalizada no Departamento de Engenharia mecânica da Universidade de Aveiro, através do sistema *Picza da Roland*, que faz o scan através laser e por

contacto. Neste caso, foi feita a rotação de 360° do objeto durante o scan, de modo a captar todas as formas. Deste processo foi obtido um modelo de nuvem de pontos que foi transformado em malha, servindo como guia para a modelação 3D (Fig. 78).

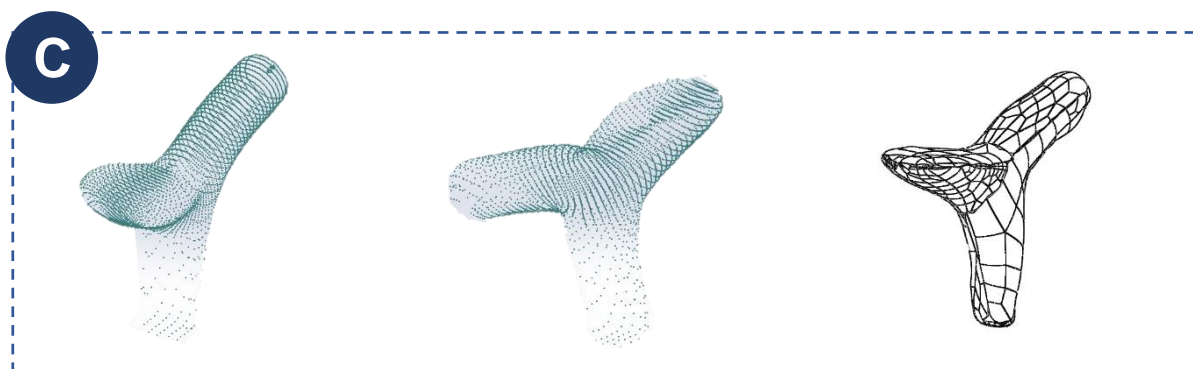


Fig.78: Digitalização 3D, nuvem de pontos e mesh

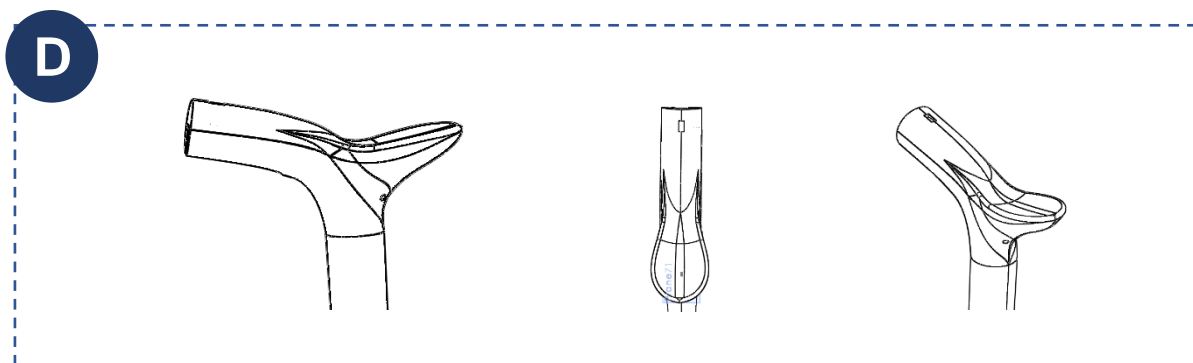


Fig.79: Modelação 3D

Este modelo pretende ensaiar a fusão entre a bengala clássica e a ergonomia. O apoio anterior mais largo permitirá a transferência da pressão sobre o musculo opositor do polegar, permitindo um maior apoio e conforto, facilitando uma posição mais natural e oferecendo menos tensão muscular; a curvatura da superfície de contacto leva o

utilizador a transferir o seu peso diretamente sobre o eixo promovendo uma maior distribuição do peso.

As suas linhas superiores acompanham a curvatura natural da mão e contrapõem as diferentes profundidades que a forma interior da mão adquire em posição de agarrar um objeto, enquanto que a inclinação da parte frontal impede a mão de escorregar para a frente.

Por outro lado, não é uma forma demasiado evidenciada, o que permitirá alguma liberdade de movimentos ao utilizador. Devido a sua simetria horizontal esta bengala é ergonómica e ambidestra.

2.3. Componentes e funcionalidades

O diagrama seguinte representa a estruturação do objeto e características.

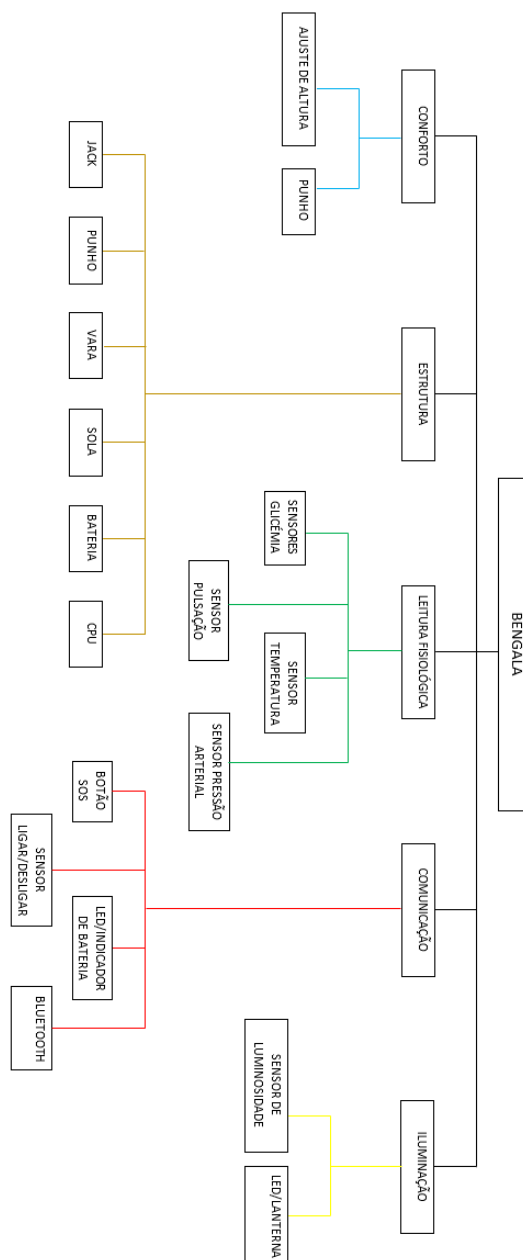


Fig.80: Diagrama de componentes e funcionalidades

2.4. Enquadramento conceptual e estratégico do desenvolvimento do projeto

Analogamente ao desenvolvimento de dispositivos de monitorização desportiva que tem havido podemos extrapolar esses conceitos e adaptá-los a outros dispositivos e objetos, neste caso uma bengala.



Fig.81: Dispositivo de monitorização Nike+

Nike+

A Nike desenvolveu um sensor que se coloca num bolso na palmilha da sapatilha e que comunica com a aplicação android *Nike+* (Fig. 81); fornece dados ao utilizador como o tempo, a distância, o ritmo, as calorias que queimou, a distribuição do peso corporal e avaliação do movimento. Estas informações permitem ao utilizador receber informações em tempo real acerca da sua técnica de treino e postura para se certificar que tem o maior rendimento possível do seu treino. [32]



Fig.82: Dispositivo de monitorização Spree

Spree

Spree Headband (Fig. 82) é um sistema de monitorização de temperatura corporal, distância percorrida, velocidade, localização GPS, frequência cardíaca e calorias queimadas.

Este dispositivo faz comunicação de dados através de uma aplicação "Smart Performance App" da Spree, projetada para ajudar a monitorizar os seus treinos, de modo atingir mais facilmente objetivos de desempenho, e dar feedback sobre os exercícios recomendados. [33]



Fig.83: Dipositivo de monitorização Jawbone

Jawbone

A *Jawbone UP* (Fig. 83) é uma pulseira que monitoriza o número de passos, a distância percorrida, a atividade geral e a qualidade de sono. Faz a comunicação com o IOS através de uma aplicação. [34]



Fig.84: Dipositivo de monitorização Sensoria

Sensoria

As *Sensoria Smart Socks* (Fig. 84) são umas meias com sensores que monitorizam a cadência, a passada e as forças no pé, para deste modo ajudar o utilizador a otimizar a corrida e a prevenir lesões. Através da aplicação android pode além de fazer a monitorização, partilhar e comparar as informações com outras pessoas que tenham o mesmo estilo de corrida e/ou objetivos. [35]



Fig.85: Smartwatch Xiaomi Band 2

Xiaomi

O *Xiaomi Band 2* (Fig. 85) é um relógio que monitoriza os batimentos cardíacos, o sono, tem um pedómetro, um *Fitness Tracker*, um sistema de alerta de SMS e um alerta de sedentarismo (lembra o utilizador que está há muito tempo sem se movimentar). Comunica com sistemas android e IOS. [36]

2.4.1. Sinais a monitorizar

Pressão arterial (PA):

A relação que define a pressão arterial é o produto do fluxo sanguíneo pela resistência. Considerando-se a circulação como um todo, o fluxo total é denominado de débito cardíaco, enquanto a resistência é

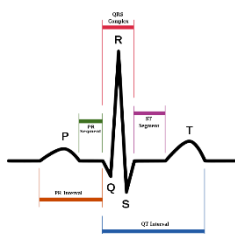


Fig.86: Batimento cardíaco padrão

denominada de resistência vascular periférica total.

A hipertensão, ou como é vulgarmente denominada tensão alta, pode ser causada, não apenas pelo aumento da resistência vascular periférica, mas também pela possibilidade de um aumento do débito cardíaco. Esta é uma das principais causas de morte no mundo e para pessoas com este tipo de problema a medição da pressão arterial é muito importante.

Contrariamente à hipertensão, a hipotensão não é potencialmente fatal e não causa quaisquer outras doenças potencialmente graves. Contudo, pessoas com baixa tensão arterial (hipotensão arterial) podem também ter queixas como tonturas, distúrbios de concentração e cansaço, etc.

A monitorização e medição da PA pode trazer informações valiosas para o diagnóstico e tratamento da hipertensão e hipotensão; a medição contínua e não invasiva da PA é importante e desejável. Os valores de PA considerados normais no ser humano são: Pressão sistólica <130 e Pressão diastólica: <85. [37]

Frequência cardíaca: A frequência cardíaca é o número de pulsações do coração por unidade de tempo.

Os valores de frequência cardíaca considerados normais no ser humano são entre 60 a 100 batimentos/min. [38]

Glicémia: A glicémia é a concentração de glicose no sangue ou mais precisamente no plasma.

Temperatura corporal: A temperatura corporal corresponde à temperatura média do organismo humano. No homem, essa temperatura média é estimada em torno dos 36 graus, sabendo que ela varia em função

do momento do dia, classicamente superior 0.5°C à noite em relação á parte da manhã.

GPS: GPS é a sigla para *Global Positioning System*, que em português significa “Sistema de Posicionamento Global”, e consiste numa tecnologia de localização por satélite. [39]

2.5. Diagrama de fluxo de sinais

O diagrama seguinte representa a estruturação de funcionamento interno do sistema de sensores.

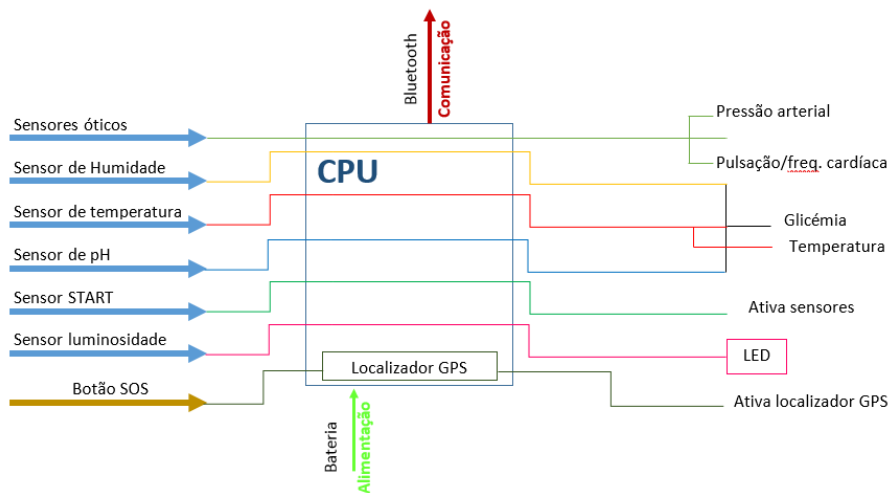


Fig.87: Diagrama de fluxo de sinais

Sensor ótico: um sensor ótico serve para converter feixes de luz em sinais elétricos;



Fig.88: Sensor de humidade transdérmico

Sensor de humidade: O sensor de humidade é um dispositivo que mede a humidade relativa de uma

determinada área, podendo ser usado tanto para áreas internas quanto externas.



Fig.89: Sensor de temperatura IV - MLX90614

Sensor de temperatura: A energia emitida por um objeto atinge o sistema ótico do sensor (Fig. 89), que conduz a energia para um ou mais detetores fotossensíveis. O detetor converte a energia infravermelha num sinal elétrico que, por sua vez é convertido num valor de temperatura, que se baseia na equação de calibração do sensor e na emissividade do alvo. [40]



Fig.90: sensor ótico - TCRT5000

Sensor de pH: é um aparelho usado para medição de pH. Constituído basicamente por um elétrodo e um circuito potenciômetro. [41]

Sensor Start: pode ser usado um sensor capacitivo (Fig. 90) que é um sensor eletrônico que é acionado quando um objeto qualquer invade sua área sensível, promovendo a mudança de seu estado lógico. [42]



Fig.91: Sensor ótico de luminosidade - LDR

Sensor de luminosidade: O sensor de luminosidade é usado para detetar alterações na quantidade de luz em seu redor. O circuito típico dos sensores de luminosidade fornece uma baixa tensão quando está escuro e uma alta tensão quando a luz é brilhante (Fig. 91). [43]

Localizador GPS: é um dispositivo que usa o Sistema de Posicionamento Global para determinar e rastrear a localização do seu portador, em intervalos. Os dados de localização gravados podem ser armazenados dentro da unidade de rastreamento ou podem ser transmitidos para uma base de dados de localização central. [44]



Fig.92: Bateria Varta
5511920012

Bateria: uma bateria (Fig. 92) é um dispositivo eletroquímico de duas ou mais células para armazenamento de energia. Cada célula contém um terminal positivo (cátodo) e um terminal negativo (ânodo). É o dispositivo que vai alimentar toda a estrutura elétrica da bengala. [45]



Fig.93:
microcontrolador
w5100

Microcontrolador: podemos dizer que um microcontrolador é um dispositivo que mistura hardware com software. É um tipo especial de circuito integrado, que tem a capacidade de ser programado para desempenhar tarefas específicas, em contraste com outros microprocessadores de propósito geral (como os utilizados nos PCs). Um exemplo de microcontrolador que pode ser utilizado para este efeito é o *arduino ethernet shield w5100* (Fig. 93). [46]



Fig.94: Fita de LED

LED: diodo emissor de luz, também conhecido pela sigla em inglês **LED (Light Emitting Diode)**, é usado para a emissão de luz em locais e instrumentos onde se torna mais conveniente a sua utilização no lugar de uma lâmpada. É especialmente utilizado em produtos de microeletrônica como sinalizador de avisos e também pode ser encontrado em tamanho maior, como lanterna, como neste projeto. Neste caso, devido a forma curva da lanterna pode ser usada uma fita de leds (Fig. 94), que permite uma maior adaptação da forma e direção da luz. [47]

2.6. Modo de funcionamento:

Pressão arterial (PA)

Existem várias metodologias de medição da PA não invasivas. A maioria delas baseia-se na medição através de uma braçadeira e método de auscultação ou oscilométrico, no entanto estes dispositivos não fornecem qualquer monitorização

continua da PA, conseguindo-se apenas valores no instante em que são medidos.

Por outro lado, as braçadeiras são desconfortáveis, devido à sua inflação e deflação pelo que podem produzir dor e contribuir para o aumento dos níveis de stresse do paciente, que conseqüentemente provoca um aumento momentâneo da PA, alterando assim os seus valores reais.

Para a medição da pressão arterial pode ser utilizada um método totalmente ótico por meio de Balistocardiografia (BCG) e Fotopletismografia (PPG).

O sensor ótico BCG é utilizado para obter sinal BCG enquanto sensor SpO2* para sinal PPG.

As informações sobre os picos dos sinais BCG e PPG são usadas para calcular o tempo de atraso (*delay*) do pico de BCG para o pico PPG correspondente.

O atraso de tempo entre o sinal PPG e o sinal BCG é usado para calcular tanto a pressão arterial sistólica (PAS) como pressão arterial diastólica (PAD) e é desenvolvido um algoritmo para estimar a pressão arterial com estes sinais utilizando uma análise de regressão linear. [48]

Pulsação

Leitura obtida da fotopletismografia usada para o calculo da PA.

Glicémia

A glicémia é vulgarmente denominada por nível de açúcar no sangue. É controlada pela insulina que é produzida no pâncreas e regula o uso de glicose, mantendo um equilíbrio nos níveis de açúcar no sangue. A Diabetes causa um desequilíbrio: quantidades insuficientes de insulina resultam em níveis elevados de glicose no sangue, ou seja, hiperglicemia, por outro lado demasiada quantidade

*SpO2 – saturação periférica de oxigénio, uma estimativa da quantidade de oxigénio no sangue.

de insulina provoca a diminuição dos níveis de açúcar no sangue, ou seja, hipoglicemia.

A medição da glicémia pode ser feita integrando processos electroquimicamente ativos e materiais funcionais. Através de um sensor de humidade que lê o suor na pele e dos sensores de monitorização do pH e da temperatura (Fig.89). Estes possibilitam correções sistemáticas das medidas de glicose no suor, visto que o sensor de glicose baseado em enzimas é afetado pelo pH (níveis de acidez no sangue) e pela temperatura.

A estrutura de sensores entra em contacto com a pele, onde a monitorização de glicose começa com a geração de suor. O sensor de humidade (Fig.88) monitoriza o aumento da humidade relativa (HR) e é necessário um intervalo de tempo de cerca de 15 minutos para recolher o suor e atingir uma humidade relativa de mais de 80%, momento em que medições de glicose e pH são iniciados. [49]

Temperatura corporal

Visto que a mão é uma extremidade do corpo humano e por isso é um local de libertação de calor e variações constantes de temperatura, a leitura da temperatura na pele por contacto da mão prevê-se pouco fiável. Por esse motivo a maneira mais fidedigna de fazer uma leitura correta da temperatura corporal através da mão será usando um sensor infravermelhos. Um exemplo de sensor que pode ser utilizado para este efeito é o sensor ótico - MLX90614 (Fig.89).

ON/OFF

Para evitar gastos desnecessários de bateria e a introdução de mais botões, existe um sensor de contacto que liga a bengala quando esta entra em contacto com a mão, ativando os restantes sensores e que se desliga automaticamente quando deixa de existir contacto, desligando todos os sensores. Um exemplo de sensor que pode ser

utilizado para este efeito é o sensor ótico TCRT5000 (Fig.90).

Lanterna

A introdução de um sensor de luminosidade vai, automaticamente, ligar um LED (Fig.94), que serve como lanterna, quando a luminosidade circundante é menor do que um valor estipulado. Um exemplo de sensor que pode ser utilizado para este efeito é o sensor ótico LDR (Fig.91). O sistema de sensor faz com não haja necessidade de mais botões e retira ao utilizador a preocupação de acender ou apagar a lanterna, sendo esta ligada e apagada consoante a necessidade.

Alimentação

Toda a estrutura elétrica da bengala é alimentada por uma bateria. Quando a bateria está com nível baixo um LED de cor vermelha no topo da bengala, no raio de visão do utilizador acender-se-á. A bateria é carregada ligando-se à corrente através de um jack de carregamento típico (Fig.95) que se liga ao orifício na parte posterior do punho.



Fig.95: Exemplo de jack para carregador

SOS/GPS

O botão SOS encontra-se na junção entre o punho e a vara, para estar acessível facilmente ao utilizador sem estar num local onde possa ser pressionado sem intenção. Quando se carrega no botão SOS o sistema de localização GPS é ativado e é enviada uma mensagem para o recetor com a respetiva localização.

Comunicação

A comunicação de dados é feita através de Bluetooth que se liga ao telemóvel do utilizador e o utiliza como meio de comunicação.



Fig.96: Ligeira das duas partes do punho



Fig.97: Punho vista com detalhe da lanterna e botão SOS



Fig.98: Ligeira por rosca do punho a vara superior



Fig.99: Ligeira por rosca da vara superior à vara inferior e da vara inferior à borracha

2.7. Descrição técnica da solução encontrada e justificação das decisões projetais

O objeto está dividido em cinco (5) partes. Visto que possuirá vários componentes no interior foi importante definir uma forma de acesso fácil ao interior para manutenção/troca de componentes, caso seja necessário.

Por esse motivo o punho foi dividido em dois: a base que faz a ligação com a vara e a tampa que dá acesso ao interior; o encaixe entre as duas partes foi feito através da colocação de 5 ganchos de encaixe, colocados na superfície superior da base, que vão encaixar na superfície inferior da tampa (Fig. 96).

Foram estudadas várias hipóteses para o acesso ao interior da bengala, no entanto, visto que na interface da bengala iria haver sempre uma mudança de material para o contacto com a mão, achou-se pertinente aproveitar esta característica e fazer desse o ponto de acesso: a linha que divide o punho da bengala tem a dupla funcionalidade de mudança de material para conforto do utilizador e camuflar o ponto de acesso ao interior evitando mais linhas e cortes e mantendo um aspeto mais *clean*.

Na tampa (parte 1) são colocados os sensores fisiológicos e o LED indicador de bateria.

A base do punho (parte 2) é a ligação entre este e a vara; é onde estão alocados a entrada jack de carregamento, a bateria, o microcontrolador, o GPS, o LED e vidro da lanterna (Fig. 97); esta parte liga a vara por rosca (Fig. 98).

Foi colocado o sistema de ligação de rosca por ser um método fácil e intuitivo para o utilizador comum e por ser um tipo de ligação extremamente resistente e seguro.

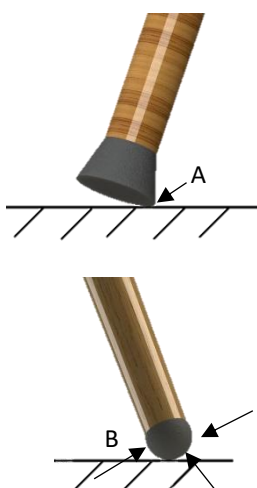


Fig.100: Comparação da sola comum com aresta e sola completamente curva

A: Zona de pouco contacto, menos aderência ao chão.

B: Contacto contínuo, Maior aderência ao chão.

A primeira rosca é de 24 mm com um passo de 3 mm e a segunda de 16 mm com um passo de 2 mm.

A vara superior (parte 3) tem quatro tamanhos e pode ser substituída consoante a altura do utilizador – baseadas nas observações antropométricas (Fig. 69); tamanho XS: 250 mm; S: 300mm; M: 350mm; L: 400mm. Inicialmente tinha-se planeado fazer um ajuste da altura interno, como se verifica na maioria das bengalas existentes no mercado. No entanto, tomou-se a decisão de a dividir para a possibilitar uma embalagem mais compacta tornando-se mais ecoeficiente no sentido de material para embalagem, armazenamento e distribuição.

A vara superior vai ligar a vara inferior (parte 4) também por rosca, pelos motivos supramencionados (Fig. 99).

A vara inferior (parte 4) tem 400 mm; as partes 3 e 4 unidas formam uma vara única com uma forma cónica diminuindo de diâmetro no sentido punho-chão.

A vara inferior faz a ligação com a borracha (parte 5), que encaixa nesta (Fig. 99).

A borracha é estriada e curva. Foi escolhida essa forma completamente curva para melhorar a aderência ao chão e evitar o risco de derrapagem.

Deste modo aumentamos a segurança: ao eliminar as arestas vivas comuns, a base está sempre em contacto com o chão e mantém um alto índice de aderência constante. (Fig. 100).

Apesar de não ter sido aprofundado o estudo de tipologia e localização sensorial e de componentes, consegue-se prever a sua localização baseada na morfologia do artefacto e nos sinais a monitorizar (Fig.101).

A zona central da palma da mão, devido a sua anatomia, é o local que permite a captação de mais

informações, visto que nos dedos a vascularização, tecidos moles, e musculo está presente em menor quantidade, quando comparada com o centro da mão (Fig. 58).

Visto que grande parte dos valores vai ser medido por sensores óticos, e os feixes de luz que estes emitem não atravessam materiais opacos, foi preciso criar uma área translúcida na tampa. Por isso, foi criada uma ranhura circular com diâmetro de 6 mm no local onde ficarão alocados os sensores óticos, que será coberta por um vidro, de modo a permitir a passagem dos feixes de luz.

Na figura 102, o local onde ficará a ranhura foi marcado, propositadamente, para efeitos de explicação de conceito, no entanto prevê-se que com um vidro este local não fique tão evidente.

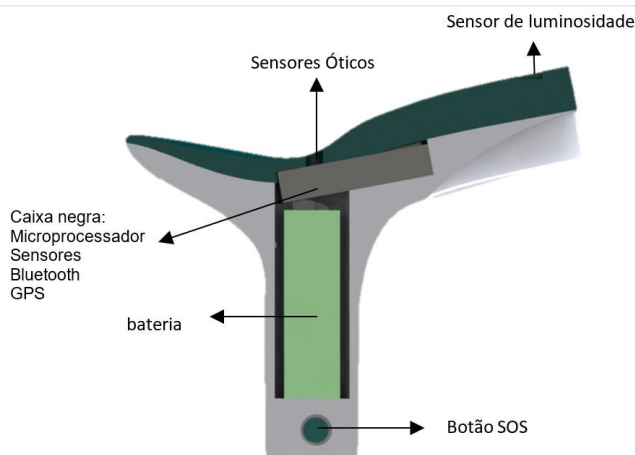


Fig.101: Vista de corte com exemplo de localização de componentes



Fig.102: Vista de topo – demonstração de localização de sensores óticos e de luminosidade

2.7.1. Análise estrutural do conjunto – Escolha de materiais

Para o desenvolvimento da modelação 3D foi utilizado o *software* de *CAD SolidWorks 2015*, que possui um módulo de simulação chamado *SolidWorks® Simulation* que é um sistema de análise de projetos totalmente integrado ao *SolidWorks* e que utiliza o *Finite Element Method* (FEM) ou Método de Elementos Finitos.



Fig.103: Modelo de elementos finitos – Solidworks Simulation

O método FEM substitui um problema complexo por um conjunto de problemas simples. Divide o modelo em muitas peças pequenas (por exemplo, tetraedros) de formas simples, chamados elementos. É definido um modelo matemático, onde as superfícies definem matematicamente as fronteiras da peça (Fig. 103). O volume do componente possui propriedades mecânicas extraídas do material definindo o componente e certas condições são impostas às suas superfícies externas.

Na interface de análise estrutural são impostas as condições de contorno explícitas ao componente como deslocamentos, forças, pressões ou temperaturas impostas a certas regiões do componente. [50]

Para os testes foi definido um material, para cada parte da bengala, e aplicada uma força e uma fixação na base.

A força aplicada numa bengala pode variar consoante o estado físico do utilizador, o modo de caminhar, bem como outros fatores, no entanto considera-se que tipicamente a força na bengala equivale a $\frac{1}{6}$ do peso do utilizador [51].

Deste modo foi aplicada no punho uma força vertical no sentido descendente de 131 N, peso de utilizador de 80kg.

$$F = \frac{M}{6} \times \text{Aceleração da gravidade}$$

$$F = \frac{80}{6} \times 9.8 = 130.6(6) N$$

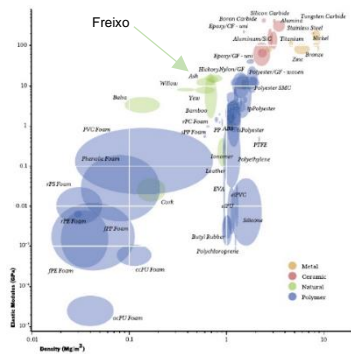


Fig.104: Gráfico de comparação do módulo de Young e a densidade de vários materiais – CES Edupack2014

Em que M (massa) é o peso do utilizador ($M=80kg$) e g é a aceleração da gravidade ($g=9,8 m/s^2$). O modelo utilizado nesta análise foi baseado no percentil 50, masculino português (idade 70-74 anos; peso 80kg; altura 170 cm) [52].

Foram considerados e testados vários materiais dos quais se segue um pequeno resumo de resultados e análise do material escolhido.

Os materiais escolhidos para teste foram selecionados pela sua resistência, estética, processo de fabrico, preço e peso.

Tabela 2: Resultados de simulação SolidWorks - Comparação de Materiais

Material	Tensão limite elástica (MPa)	Tensão Max no objeto (MPa)	Deslocamento máximo (mm)	Peso (g)	Espessura (mm)	Fator de segurança
Pinho	39.23	31	2403	215.6	Denso	1.2
Carvalho branco	104.70	39.7	14	246.7	Denso	2.6
Freixo	70	38	16	317.5	Denso	1.8
Termoplástico Polietileno UHMW	24.51	38.8	169	334.1	3	0.63
Fibra de carbono T1000G	200	37.4	0.99	564.1	Denso	5.4
Compósito de Fibra de vidro S-Glass	206.8	65	2.5	644.65	3	3.2
Alumínio 7050-T73510	435	55	2.1	727.65	3	7.8

Como se pode observar na tabela 2, apenas um dos sete materiais propostos não respondeu positivamente ao teste executado.

O termoplástico polietileno UHMW foi selecionado para teste principalmente pelo fator preço, pela sua crescente aplicação na área médica e pelos seus processos de maquinação, no entanto foi rapidamente colocado de parte devido aos fracos resultados obtidos, apresentando o fator de segurança mais baixo de 0.63.

Os compósitos de fibra de vidro e fibra de carbono foram considerados devido a sua crescente utilização em projetos como este e também pelas

suas características mecânicas inequivocamente superiores à da maioria dos materiais. Apesar de terem apresentado resultados bastante satisfatórios e os fatores de segurança com índice mais alto, o seu elevado peso e preço, a complexidade dos processos de fabrico e reciclagem, quando comparados com as madeiras, levou com que fossem também excluídos. Estes foram também os motivos que levaram a exclusão do alumínio.

A madeira, é o material que mais se identifica com o conceito do objeto e tem a capacidade de atribuir características muito interessantes ao mesmo, além disso é um material natural, fácil de trabalhar e ambientalmente “limpo”, pela sua reciclabilidade e ciclo de vida. As madeiras escolhidas para teste foram madeiras duras e de cor clara. Visto que todas as madeiras tiveram bons resultado nos teste, a decisão foi baseada no peso, no facto de segurança, na morfologia/aspecto da madeira e na adaptação ao conceito do artefacto.

A madeira escolhida foi o freixo. Além das características mencionadas anteriormente, também foi tido em consideração que o freixo faz parte da flora portuguesa e está presente, praticamente, por todo país (Fig. 105). Ao utilizar uma matéria prima portuguesa estimula-se a economia nacional e diminuem-se custos de importação [53].



Fig.105: Freixo português - *Fraxinus angustifolia*

A Tensão limite elástica da madeira de freixo é de 70 MPa e a tensão máxima do objeto é de 38 MPa,

no entanto a zona de maior tensão é a zona inferior de apoio, sendo que tensão geral do objeto está muito abaixo do valor máximo, encontrando-se nos valores entre 0 MPa e 7 MPa; por outro lado, tem um fator de segurança de 1.8, o que significa que o objeto suporta 1,8 vezes a força aplicada, pelo que se conclui que a madeira de freixo está totalmente adequada ao objeto e suportará as forças aplicadas (Fig.106).

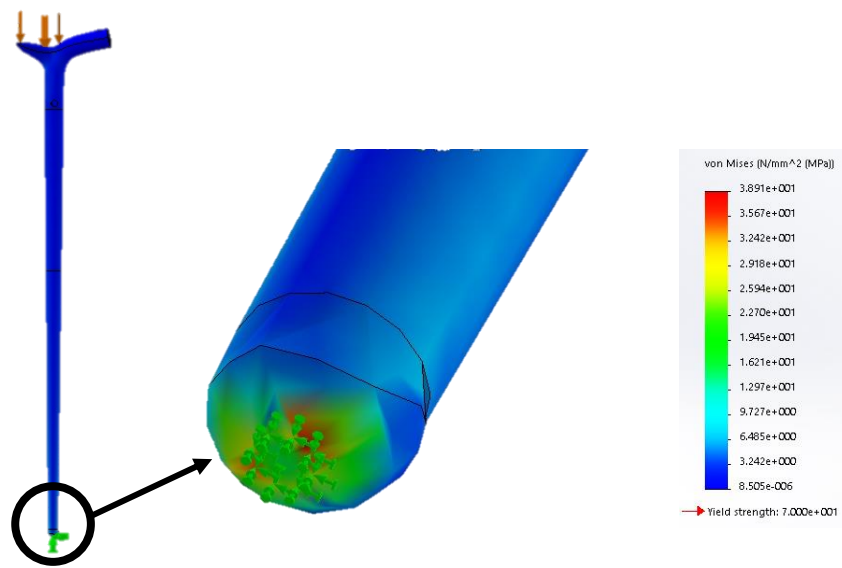


Fig.106: Resultado do teste tensão – Solidworks Simulation



Fig.107: Madeira de freixo

2.8. Análise de material – Madeira de Freixo

A madeira possui qualidades inerentes como a sua versatilidade, maquinabilidade e facilidade de modificação no desenvolvimento e produção de peças e materiais derivados de madeira. Tem um enorme potencial prático e estético como resposta às necessidades dos consumidores e da indústria.

A madeira de freixo é reconhecida pela sua tonalidade clara, grão fino e regular (Fig. 107), pela sua versatilidade de acabamento e características mecânicas que permite a aplicação nos mais variados artefactos.

Principais características:

- Alta elasticidade e tenacidade;
- Flexível e resistente à quebra e ao choque;
- Leve / baixa densidade;
- Fácil de maquinar;
- Isolante térmico e elétrico;
- Resistente à humidade e à corrosão.
- Permite diversos acabamentos como pintura, enceramento, polimento, colagem, furação, etc;
- Baixo custo (comparando com outras madeiras) [54].

Método de produção

Reconhece-se na madeira a sua adaptabilidade de forma e fácil maquinação permitindo uma grande versatilidade em morfologia e acabamentos. O processo de fabrico das diversas partes da bengala será distinto. Enquanto que as varas de madeira poderão ser feitas por torneamento, o punho pela sua forma mais complexa, poderia ser maquinado recorrendo a CNC de 3 ou 5 eixos, no entanto o estudo de processos e acabamentos teria de ser aprofundado de modo a otimizar o processo a nível de custo e tempo. [55]



Fig.108: Diagrama de ciclo de vida
- Solidworks Simulation

Ciclo de vida e sustentabilidade

"A avaliação inclui o ciclo de vida completo do produto, processo ou atividade, ou seja, a extração e o processamento de matérias-primas, a fabricação, o transporte e a distribuição; o uso, o reemprego, a manutenção; a reciclagem, a reutilização e a disposição final"[56]

A madeira é, declaradamente, um material nobre.

A madeira tem vindo a demonstrar a sua utilidade, desde a génese da Humanidade, seja pela sua facilidade de transformação e manipulação, aplicabilidade transversal em diversas áreas e também por se apresentar como um recurso natural, disponível e renovável, assumindo um caráter vantajoso a nível económico, social e ambiental.

Uma das principais vantagens da utilização da madeira – neste caso o freixo – é a sua sustentabilidade ambiental: não só é uma matéria prima disponível em todo o país (Fig. 105) e renovável, como também assume um papel extremamente importante em termos de absorção e retenção de dióxido de carbono (CO₂); visto que as árvores funcionam como filtros, captando CO₂ e libertando oxigénio, através da fotossíntese, vão manter armazenado o CO₂ durante todo o ciclo de vida das fibras de madeira, impedindo que se transforme novamente em CO₂, até ao fim do ciclo de vida por queima ou apodrecimento.

Uma característica que define o ciclo de vida da madeira é a durabilidade, na qual estão intrínsecos não só o período de usabilidade, mas também de reciclagem e reutilização.

Quando a sua reutilização não é possível, os artefactos de madeira devem ser reciclados para produção de materiais derivados de madeira que poderão assumir variadas formas e funções como o revestimento de uma habitação, ou um móvel de elevada qualidade, mantendo intactas as suas

características. A reciclagem vai dar continuidade ao ciclo de vida das fibras de madeira, mantendo retido o CO₂ que havia sido armazenado e reforçando o papel da madeira na preservação do meio ambiente. [57]

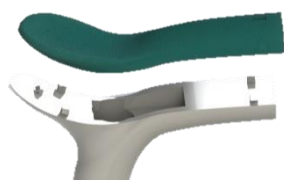


Fig. 109: Alusão a mudança de material entre as duas partes

Aplicação de materiais

Como foi mencionado anteriormente, a tampa do punho (parte 1) é o contacto direto com o a mão do utilizador, e por fazer esta interface considerou-se conveniente que esta parte seja de um material distinto, que seja mais confortável para a mão e agradável ao toque, como um silicone ou uma pele sintética. Por outro lado, pretende-se que esta mudança de material crie uma dinâmica de materiais e texturas e apele ao sentido estético e emocional do utilizador [15]. Apesar de se pretender que esta parte seja também de madeira, devido ao encaixe e de modo a manter a resistência, deverá ser revestida por um outro material que seja biocompatível, resistente, impermeável, fácil de limpar, com boa capacidade de atrito para que a mão não escorregue com a transpiração dérmica.

Foi utilizado o programa CES Edupack2014 para a pesquisa e escolha do material de revestimento da tampa e da borracha da sola. O programa baseia-se numa comparação gráfica de materiais estabelecendo características desejáveis.

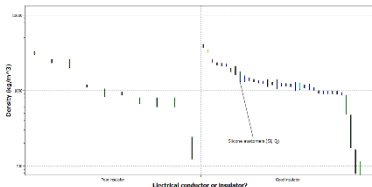


Fig.110: Gráfico de comparação da condutividade elétrica e a densidade de vários silicões – CES Edupack2014

Após análise de alguns materiais escolheu-se um elastómero de silicone com alta densidade e bom isolante elétrico (Fig. 110).

Principais características:

- Boas propriedades mecânicas;
- Baixa compressão a temperaturas elevadas;
- Estabilidade ao calor (indefinidamente até 180°C);
- Flexível a baixas temperaturas (-40°C);
- Esterilizável;
- Hidrofóbico;
- Alta rigidez dielétrica;
- Pouca inflamabilidade;
- Durável;
- Pigmentável;
- Biocompatível.

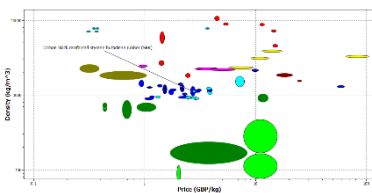


Fig.111: Gráfico de comparação do preço e da densidade de várias borrachas – CES Edupack2014

Analisaram-se também borrachas para colocar na sola da bengala e selecionou-se a uma borracha de estireno de carbono reforçada por ser durável e relativamente económica (Fig. 111).

Principais características:

- Boa abrasão;
- Boa resistência ao envelhecimento quando protegido por aditivos;
- Maior resistência ao calor, ao óleo e à abrasão do que a borracha natural;
- Preço moderado;
- Fácil produção por injeção de moldes.

III Proposta final

3.1. Fotorrealismo

A proposta final é o resultado de todo o processo projectual desenvolvido. Iniciado numa contextualização histórica, passando pelas causalidades em torno da utilização da bengala, foram identificadas as lacunas nos produtos existentes no mercado e feito um incremento de competências identificadas.



Fig.112: Apresentação tridimensional da proposta final em detalhe do punho, vista frontal, lateral e traseira.



Fig.113: Apresentação tridimensional da proposta final, vista frontal, lateral e traseira.

3.2. A marca

A proposta deste modelo de bengala foi desenvolvida como produto comercial, tendo-lhe sido desenhada uma identidade visual própria, comunicada através do nome, da marca visual e da embalagem (Packaging).

3.2.1. O Nome

Bea é diminutivo de Beatriz, e um dos significados atribuídos a este nome é o de “caminhante” (“*traveller*”). Existem autores que indicam sua origem foi no termo *viatrix*, que no latim antigo significa *Viator*, isto é, “viajante, peregrino”, consequência de as palavras *bea* e *via* terem pronúncias semelhantes. Além do seu significado, este nome possui variantes quase em todas as línguas: *Béatrice* ou *Beatrix* (francês), *Beatrice* (italiano), *Beatrika* (esloveno), *Beatrisa* (alemão), *Beatrix* (inglês, escocês, húngaro, alemão e latim), *Beatrycze* (polaco) [58], etc, o que o torna um nome que será facilmente pronunciável em todo mundo, característica importante quando se pensa na internacionalização das marcas.

A marca *Bea* é representada como logotipo (Fig.114), que procura traduzir pela sua simplicidade e clareza as qualidades funcionais da bengala em contraste com a complexidade da curva que encontramos na fonte tipográfica “variable”.



Fig.114: Logo da marca
Bea

3.3. Packaging

A Embalagem foi desenvolvida para estar em concordância com a retórica do produto. Como foi mencionado no subcapítulo “Descrição técnica da solução encontrada e justificação das decisões projetais”, a forma final do artefacto foi influenciada pela intenção de criar uma embalagem única, de forma a diminuir custos de produção e logística.

Assim uma embalagem de tamanho único, permite alocar todos os componentes, seja a bengala de tamanho XS, S M ou L. A sua cor branca e imagem minimalista traduz simplicidade e, por isso, concede protagonismo ao produto.

A embalagem contém um punho, a vara superior (do tamanho escolhido de acordo com a altura do utilizador), a vara inferior, duas “solas” de borracha, o carregador e um manual de instruções.



Fig.115: Embalagem exterior do produto e produto embalado



Fig.116: Produto embalado



Fig.117: Vista de topo – Led indicador de bateria fraca aceso



Fig.118: Vista em perspectiva – Lanterna acesa



Fig.119: Vista em perspectiva

A escolha das cores aplicadas baseou-se na análise de tendência de cores, segundo a *Pantone*, para 2016-2017. [59]



Fig.120: Vista em perspectiva – varias cores - tendência Pantone 2016/2017



Fig.121: Vista lateral com carregador



Fig.122: Vista em perspectiva



Fig.123: Aplicação usabilidade



Fig.124: Aplicação usabilidade



Fig.125: Aplicação usabilidade

Validação teórica

- Validação médica Ortopedista: *“O objeto em causa é bastante inovador, tanto na forma ergonómica do punho, como da incorporação de novas tecnologias que aumentam a segurança do utilizador, nomeadamente o GPS e os sensores de monitorização referidos. Por outro lado, há uma preocupação estética bem evidenciada, procurando assim que este objeto seja tido como mais “simpático” para o utilizador. Em resumo, esta bengala trará naturalmente mais valias para o cidadão que necessite deste tipo de ajuda técnica, não descurando a sua versatilidade, a ergonomia e a estética.”*

Rui Freitas Dias - Médico Ortopedista Assistente
Graduado Sénior – SanFil Coimbra

- Validação médica Fisioterapeuta: *“Analisando o projeto e de acordo com a minha experiência como Fisioterapeuta penso que tem todas as condições para ser uma proposta válida e inovadora.”*

Licínio Machado - Fisioterapeuta

IV Conclusão

Considerações finais

Ao longo do desenvolvimento das várias etapas deste projeto ficou evidente a importância de sinergias entre o Design e a Engenharia. Foi esta a premissa que esboçou a escolha de um tema numa área tão técnica como é a dos dispositivos de marcha assistida, confirmada por este ensaio projectual.

Foram percorridas áreas científicas que *à priori* se assumem demasiado distantes, como, por exemplo, a análise biomecânica e a análise da emoção associada ao objeto, mas sem dúvida que essa observação conjunta contribuiu de forma decisiva para a proposta final.

Ainda que em teoria essa dinâmica pareça relativamente pacífica, o projeto atravessou fases de negociação e concessão entre as dimensões estética e tecnológica e ergonómica. Resultado disso foram, por exemplo, as tentativas de aquisição de forma, em que a ergonomia e conforto depreciavam a componente estética e vice-versa. Foi preciso encontrar um equilíbrio entre os dois paradigmas até se chegar a forma final.

A título pessoal, este projeto afirmou a necessidade de gestão da interdisciplinaridade e a real aplicação de todas as disciplinas da academia, ainda que em graus e períodos distintos, bem como aquisição de novas valências, o que levou a uma enorme progressão académica e profissional.

Observar um produto como um “todo” criando um diagrama teórico para o qual contribuem o “cliente”, a “tecnologia”, o “desenho” e o “mercado”, tornou-se o caminho evidente para o desenvolvimento de produtos que terão sucesso, relevância social e económica.

Do estudo realizado é intrínseco o sentido de oportunidade e necessidade social de um equipamento com simbologia de inclusão e evolução enquanto sociedade, que contribuirá seguramente para a diminuição do estigma dos dispositivos de marcha assistida, que impera na sociedade contemporânea.

Nesse sentido este produto poderá ser abrangido pela definição de Design Inclusivo que se baseia no “(...) desenvolvimento de produtos e de ambientes, que permitam a utilização por pessoas de todas as capacidades. (...) contribuir, para a não discriminação e inclusão social de todas as pessoas.”

O projeto Bea, fundamentado no desenvolvimento de uma bengala elétrica e ergonómica, manifesta um sentido de oportunidade social, que lhe é aferido não só pela lacuna reconhecida no mercado, mas sobretudo, pela vantagem tecnológica e emocional que oferece, reforçando a sensação de independência e segurança dos seus pretensos utilizadores.

Trabalho futuro

Identificam-se como desenvolvimentos futuros do projeto Bea, a sua validação junto do mercado alvo bem como o estudo técnico dos processos de produção, otimizando a forma e características com vista a sua maior eficiência; o estudo da tecnologia eletrónica a adotar, escolha dos modelos de sensores bem como os testes necessários para possível reorientação dos mesmos contribuirão para a viabilização comercial do produto.

Referências bibliográficas

- [1] Site: <http://www.fashionablecanes.com/about-can.es.html>
- [2] Site: http://www.thestickman.co.uk/the_history_of_walking_can.htm
- [3] Site: <http://www.literary-liaisons.com/article064.html>
- [4] Site: <http://www.encyclopedia.com/fashion/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/canes-and-walking-sticks>
- [5] Site: <http://www.canescanada.com/cane-handle>
- [6] Grand View Research, Inc; "Personal Mobility Devices Market Analysis By Product (Wheelchairs, Scooters, Walking Aids, Canes, Crutches, Walkers, Premium Rollators, Low Cost Rollators) And Segment Forecasts To 2020", março 2015
- [7] MicroMarketMonitor; "European Walking Assist Devices Market", 2014
- [8] Grand View Research, Inc.; "Assisted Walking Device Market Analysis By Product (Canes, Crutches, Walkers, Gait Trainers) and Segment Forecasts To 2024", julho 2016
- [9] Site: <http://www.drivemedical.com/b2b/index.php/>
- [10] Site: <http://www.briggscorp.com/>
- [11] Site: <http://www.pattersonmedical.com/>
- [12] Site: <http://www.novajoy.com/>
- [13] Gerald C Cupchik ; "The Design of Emotion"
- [14] Misato Nihei and Masakatsu G. Fujie; "Proposal for a New Development Methodology for Assistive Technology Based on a Psychological Model of Elderly People", 2008
- [15] Anders Opperud; "Semiotic product analysis"
- [16] Arthur B. Ritter, Stanley Reisman, Bozena B. Michnia; "Biomedical Engineering Principles", 2005
- [17] Faloppa, F; Albertoni, WM; "Ortopedia e Traumatologia", 2008
- [18] Donald R. Peterson, Joseph D Bronzino ; "Biomechanics – Principles and Applications", 2008
- [19] Perry, J.; "Gait analysis: Normal and pathological function", 1992
- [20] Arthur T. Johnson; "Biomechanics and exercise physiology, Quantitative Modeling", 2007
- [21] Medved, V.; "Measurement of Human Locomotion", 2001
- [22] Norkin, C; Levangie, K.; "Joint structure and function. A comprehensive analysis", 1992
- [23] Winter, DA; Yack, HJ.; "EMG profiles during normal human walking; stride-to-strid and inter-subject variability,. Electroencephalography and clinical Neurophysiology", 1987
- [24] Liu, M; Anderson, F; Pandy, M; Delp, S.; "Muscles that suport the body also modulate forward progression during Walking", 2006
- [25] Neptune, R; Sasaki, K; Kautz, SA.; "The effect of walking speed on muscle function and mechanical energetics. Gait & Posture", 2008
- [26] Whittle, M.; "Gait analysis: An Introduction", 2007
- [27] Netter, Frank H. "Atlas de anatomia humana", 2000
- [28] Panero, J; Zelnik, M.; "Dimensionamento Humano para espaços interiores",
- [29] Fraser, T.M.; "Ergonomic Principles in the Design of Hand Tools. Occupational Safety and Health", 1980
- [30] Terrell, R., and Purswell, J.; "The influence of forearm and wrist orientation on static grip strength as a design criterion for hand tools", 1976
- [31] Sanders, M.S., McCormick, E.J.; "Human Factors in Engineering and Design", 1993.
- [32] Site: http://support-en-us.nikeplus.com/app/answers/detail/a_id/20944/p/3169,3171
- [33] Site: <http://spreewearables.com/>
- [34] Site: <https://jawbone.com/>
- [35] Site: <http://www.sensoriafitness.com/>
- [36] Site: <http://www.mi.com/en/miband2/>
- [37] Site: <http://www.fpcardiologia.pt/saude-do-coracao/factores-de-risco/hipertensao/>
- [38] Site: <http://conceito.de/frequencia-cardiaca>

- [39] Site: <https://www.significados.com.br/gps/>
- [40] Site: <https://www.melexis.com/en/product/mlx90614/digital-plug-play-infrared-thermometer-to-can>
- [41] Site: <http://www.hipperquimica.com.br/equipamentos-para-laboratorio/phmetro>
- [42] Site: <http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Sensores-Industriais/Sensores-Capacitivos>
- [43] Site: <http://www.filipeflop.com/pd-225600-sensor-de-luminosidade-ldr-5mm.html>
- [44] Site: <https://www.significados.com.br/gps/>
- [45] Site: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/diferenca-entre-pilhas-baterias.htm>
- [46] Site: https://www.sparkfun.com/datasheets/DevTools/Arduino/W5100_Datasheet_v1_1_6.pdf
- [47] Site: <http://www.starlux.com.br/produtos/led/fitas-led/fita-led-ip20-smd3528>
- [48] Zhihao Chen, Xiufeng Yang, Ju Teng Teo, Soon Huat Ng; "Noninvasive Monitoring of Blood Pressure Using Optical Ballistocardiography and Photoplethysmograph Approaches", 2016
- [49] Hyunjae Lee, Tae Kyu Choi, Young Bum Lee, Hye Rim Cho, Roozbeh Ghaffari, Liu Wang, Hyung Jin Choi, Taek Dong Chung, Nanshu Lu, Taeghwan Hyeon, Seung Hong Choi, and Dae-Hyeong Kim; "A graphene-based electrochemical device with thermoresponsive microneedles for diabetes monitoring and therapy"; 2016
- [50] Site: <https://www.solidworks.com/sw/products/simulation/finite-element-analysis.htm>
- [51] George B. Benedek, Felix M.H. Villars; "Physics With Illustrative Examples From Medicine and Biology: Mechanics", 2000
- [52] Ana Rita Cardoso Nogueira; "Referências antropométricas para a população adulta e idosa Portuguesa", 2016
- [53] Ministério Português da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do território; "ESPÉCIES ARBÓREAS INDÍGENAS EM PORTUGAL CONTINENTAL", 2013
- [54] Site: <http://portaldamadeira.blogspot.pt/2010/05/especies-de-madeira-freixo.html>
- [55] Site: <https://rishivadher.blogspot.pt/2013/10/tornos-mecanicos-e-torneamento-e-as.html>
- [56] SETAC, Brussels, "SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice'", 1993.
- [57] Site: <http://www.tafibra.com/index.php?id=22&tbl=noticias>
- [58] Site: <https://www.dicionariodenomesproprios.com.br/beatriz/>
- [59] Site: <http://followthecolours.com.br/style-freak/pantone-tendencia-cores-moda-primavera-verao-2017/>
- [60] Jorge Falcato Simões; Renato Bispo; "DESIGN INCLUSIVO Acessibilidade e Usabilidade em Produtos, Serviços e Ambientes", 2006

Lista de imagens

- Fig.1:** Capitão Gabriel Maturin - John Singleton Copley (American, 1737–1815); <http://www.artnet.com/artists/john-singleton-copley/portrait-of-captain-gabriel-maturin-i0wQGEIuYu8ulzw2SYIcZg2>
- Fig.2:** Tutankhamun; https://www.google.pt/search?q=IndianJEndocrMetab_2012_16_3_429_95696_u1&espv=2&biw=1366&bih=662&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiNhdXzsdXQAhWHtxQKHVrKKBKqQ_AUICCGB
- Fig.3:** Mahatma Gandhi; https://www.google.pt/search?q=mahatma+gandhi&espv=2&biw=1366&bih=662&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwij3-TQstXQAhVJPRQKH_a_NCp4Q_AUICCGB#tbm=isch&q=mahatma+gandhi+walking&imgsrc=FrpAv82oP56lMM%3A
- Fig.4:** Charlie Chaplin; <http://macroscopio.blogspot.pt/2015/01/evocacao-de-charlie-chaplin.html>
- Fig.5:** Moisés – Imagem bíblica da separação das águas; <http://hypescience.com/o-mar-vermelho-poder-ser-dividido-pelo-vento/>
- Fig.6:** Técnicas de defesa com bengala; http://ejmas.com/jnc/jncart_barton-wright_0400.htm
- Fig.7:** Winston Churchill

- Fig.8:** Cartaz publicitário de bengala com arma; <http://www.guns.com/2013/03/27/cane-guns/>
- Fig.9:** Bengala com arma incorporada da Remington; <http://www.katetattersall.com/cane-guns-victorian-concealed-firearms-of-gentlemen-cads/>
- Fig.10:** Bengala com arma incorporada; <https://pt.pinterest.com/pin/387520742912878370/>
- Fig.11:** Bengala com telescópio incorporado; http://www.polyvore.com/walking_stick_with_built-in_telescope/thing?context_id=3142090&context_type=lookbook&id=3014179
- Fig.12:** Bengala com recipiente incorporado; <https://www.popscreen.com/prod/MTU5MzE4NzUy/Vintage-Brass-Duck-Walking-Wooden-Cane-Hidden-Compartment-Corked-Flask>
- Fig.13:** Bengalas em madeira trabalhada; <https://lousadarunners2012.files.wordpress.com/2012/09/bengalas11.jpg>
- Fig.14:** Bengala em marfim; https://www.google.pt/search?q=8d84d14aacddf90ab0c87465c034819&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiDluzovdXQAhVFkRQKHbb-A5wQ_AUICCGB&biw=1366&bih=662#imgrc=FfRE-pzqVZqZfM%3A
- Fig.15:** Bengala em metal; <https://pt.pinterest.com/pin/181762534940852679/>
- Fig.16:** Bengala em osso <https://pt.pinterest.com/pin/452752568773159377/>
- Fig.17:** Bengala com metais preciosos incrustados Swarovski
- Fig.18:** Diagrama de tipologias segundo a retórica
- Fig.19:** Gráfico com previsão global de progressão de DMA por produto, em milhões de dólares americanos, de 2012 -2020; Grand View Research, Inc.
- Fig.20:** Logo da Drive; <http://www.drivedevilbiss.co.uk/>
- Fig.21:** Bengala “todo-o-terreno” da Drive; <http://www.drivedevilbiss.co.uk/>
- Fig.22:** Bengala guarda-chuva da Drive; <http://www.drivedevilbiss.co.uk/>
- Fig.23:** Bengala Palm Grip da Drive; <http://www.drivedevilbiss.co.uk/>
- Fig.24:** Bengala com saco da Drive; <http://www.drivedevilbiss.co.uk/>
- Fig.25:** Bengala dobrável da Drive; <http://www.drivedevilbiss.co.uk/>
- Fig.26:** Logo da Briggs Healthcare; <http://www.briggscorp.com/>
- Fig.27:** Bengala clássica de madeira da Briggs Healthcare; <http://www.briggscorp.com/>
- Fig.28:** Bengala HealthSmart da Briggs Healthcare; <http://www.briggscorp.com/>
- Fig.29:** Bengala de quarto apoios da Briggs Healthcare; <http://www.briggscorp.com/>
- Fig.30:** Bengala Deluxe da Briggs Healthcare; <http://www.briggscorp.com/>
- Fig.31:** Bengala acrílica da Briggs Healthcare; <http://www.briggscorp.com/>
- Fig.32:** Logo da Patterson Medical; http://www.pattersonmedical.com/app.aspx?cmd=get_subsections&id=57850
- Fig.33:** Bengala Confort Grip da Patterson Medical; http://www.pattersonmedical.com/app.aspx?cmd=get_subsections&id=57850
- Fig.34:** Bengala Standard da Patterson Medical; http://www.pattersonmedical.com/app.aspx?cmd=get_subsections&id=57850
- Fig.35:** Bengala Brazos da Patterson Medical; http://www.pattersonmedical.com/app.aspx?cmd=get_subsections&id=57850
- Fig.36:** Logo da NOVA; <http://www.novajoy.com/our-products/canes-crutches/>
- Fig.37:** Bengala Palm Handle da NOVA; <http://www.novajoy.com/our-products/canes-crutches/>
- Fig.38:** Bengala com assento da NOVA; <http://www.novajoy.com/our-products/canes-crutches/>
- Fig.39:** Bengala Curva da NOVA; <http://www.novajoy.com/our-products/canes-crutches/>
- Fig.40:** Bengala T-Handle da NOVA; <http://www.novajoy.com/our-products/canes-crutches/>
- Fig.41:** Diagrama do processo de resolução do dilema dos seniores de M. Nihei; M.nihei 2008 - Proposal for a New Development Methodology for Assistive Technology Based on a Psychological Model of Elderly People Misato Nihei and Masakatsu G. Fujie The University of Tokyo, Waseda University of Japan
- Fig.42:** Actor Matt bomer; <http://www.justjared.com/photo-gallery/2434334/matt-bomer-next-fall-glasses-06/>
- Fig.43:** David Beckham; <https://pt.pinterest.com/pin/98164466853067862/>

- Fig.44:** Modelo Kendall Jenner; <https://br.pinterest.com/pin/634374297481173850/>
- Fig.45:** Modelo Gigi Hadid; <http://www.dailymail.co.uk/tvshowbiz/article-3231123/Gigi-Hadid-jumps-geek-chic-trend-steps-oversize-spectacles-ripped-denim.html>
- Fig.46:** Ator Kevin Spacey;
http://www.etonline.com/awards/150352_house_of_cards_kevin_spacey_brings_a_cane_to_the_emmys/
- Fig.47:** Atriz Kelly Osbourne; <http://www.dailymail.co.uk/tvshowbiz/article-3522254/Kelly-Osbourne-walks-cane-stuns-plunging-zippered-dress-iHeart-Radio-Music-Awards.html>
- Fig.48:** Walkman antichoque da Sony; <http://www.brandingstrategyinsider.com/brand-insistence>
- Fig.49:** Fases da marcha; Arthur T. Johnson – “Biomechanics and exercise physiology, Quantitative Modeling”, 2007
- Fig.50:** Seis Determinantes da Marcha; [21] Medved, V. – “Measurement of Human Locomotion”, 2001
- Fig.51:** ED Walker; Artigo "Leg Muscle Activity During Walking With Assistive Devices at Varying Levels of Weight Bearing", 2004, autores: Brian C. Clark, MS, Todd M. Manini, MS, Nathaniel R. Ordway, MS, Lori L. Ploutz-Snyder, PhD
- Fig. 52:** Exemplos de bengalas; <http://www.citymetric.com/skylines/michael-graves-set-himself-apart-through-his-joyful-colourful-designs-897>
- Fig.53:** Exemplos moletas axilares; <http://www.fibracirurgica.com.br/muleta-axilar-aluminio-mercur/p>
- Fig.54:** Exemplos de moletas canadianas; http://www.amerj.com.br/produtos_muleta_canadense_fixa.html
- Fig.55:** Exemplo de andarilho tradicional; <http://lojasenior.com/web/loja/andarilho-fixo-ou-articulado/>
- Fig.56:** Exemplo de andarilho com rodas à frente; <http://matura.pt/produto/andarilho-com-duas-rodas-e-assentocadeira-de-rodas-action-1-transito-copiar/>
- Fig.57:** Exemplo de andarilho de 4 rodas; <http://vilsad.pt/produtos/221/andarilho-estreito-para-pessoas-baixas-ad185>
- Fig.58:** Músculos da mão – dissecação profunda; <http://m.megacurioso.com.br/corpo-humano/45492-confira-alguns-fatos-interessantes-sobre-os-polegares.htm>
- Fig.59:** Fisiologia da mão em várias posições; <http://www.lojaroster.com.br/modelos-anatomicos/maos/444/2714>
- Fig.60:** Ossos do Carpo; <http://www.auladeanatomia.com/novosite/sistemas/sistema-esqueletico/membro-superior/ossos-da-mao/>
- Fig.61:** Ossos do Metacarpo e falanges; <http://www.auladeanatomia.com/novosite/sistemas/sistema-esqueletico/membro-superior/ossos-da-mao/>
- Fig.62:** Antropometria Estática; <http://www.ebah.com.br/content/ABAAfgDUAL/trab-antropometria?part=2>
- Fig.63:** Antropometria Dinâmica; <https://finessedesign.wordpress.com/2013/04/09/how-to-hold/>
- Fig.64:** antropometria muletas vista lateral e frontal; Panero, J; Zelnik, M. – “Dimensionamento Humano para espaços interiores”,
- Fig.65:** antropometria andarilho vista frontal; Panero, J; Zelnik, M. – “Dimensionamento Humano para espaços interiores”,
- Fig.66:** antropometria bengala vista lateral e frontal; Panero, J; Zelnik, M. – “Dimensionamento Humano para espaços interiores”,
- Fig.67:** antropometria bengala – altura correta VS alturas incorretas;
<http://www.irishwalkingsticks.com/how-to-size-a-walking-stick.aspx>
- Fig.68:** antropometria bengala – angulo com o cotovelo; <http://www.lennyscans.com/fit/>
- Fig.69:** antropometria bengala – altura da bengala VS altura do utilizador;
<https://www.topandderby.com/pages/sizing>
- Fig.70:** Maquete vista superior
- Fig.71:** Gaio azul; <http://ultrdownloads.com.br/papel-de-parede/Passaro-Azul/> Fig.72: Maquete vista lateral
- Fig.73:** Segundo exercício de moldagem, nuvem de pontos e modelação
- Fig.74:** Desenho conceptual de forma
- Fig.75:** Desenho conceptual de maquetagem e detalhes

- Fig.76:** Maquete fase inicial
- Fig.77:** Maquete final para digitalização
- Fig.78:** Digitalização 3D, nuvem de pontos e mesh
- Fig.79:** Modelação 3D – Solidworks 2015
- Fig.80:** Diagrama de componentes e funcionalidades
- Fig.81:** Dipositivo de monitorização Nike+; http://support-en-us.nikeplus.com/app/answers/detail/a_id/20944/p/3169,3171
- Fig.82:** Dipositivo de monitorização Spree; <https://lottevanbeers.wordpress.com/2014/05/12/working-out-in-the-future/>
- Fig.83:** Dipositivo de monitorização Jawbone; <https://vulcanpost.com/229931/singaporeans-fitness-tracker-fanatics/>
- Fig.84:** Dipositivo de monitorização Sensoria; <http://www.themalaymailonline.com/features/article/are-we-really-ready-for-smart-socks>
- Fig.85:** Smartwatch Xiaomi Band 2; <http://www.banggood.com/pt/Original-Xiaomi-Miband-2-Heart-Rate-Monitor-Bluetooth-Smart-Bracelet-p-1057324.html>
- Fig.86:** Batimento cardíaco padrão; <http://www.todayifoundout.com/index.php/2011/10/how-to-read-an-ekg-electrocardiograph/>
- Fig.87:** Diagrama de fluxo de sinais
- Fig.88:** Sensor de humidade; Lancet-free and label-free diagnostics of glucose in sweat using Zinc Oxide based flexible bioelectronics; Rujuta D. Munjea, Sriram Muthukumar b, Shalini Prasada,
- Fig.89:** Sensor de temperatura IV - MLX90614; <https://multilogica-shop.com/sensor-de-temperatura-infravermelho-mlx90614-3v-descontinuado>
- Fig.90:** sensor ótico -TCRT5000; <http://www.eletronite.com.br/explore/como-utilizar-o-sensor-optico-tcrt5000-no-arduino-uno.html>
- Fig.91:** Sensor ótico de luminosidade – LDR; <http://www.te1.com.br/2011/03/circuito-sensor-luz-ldr/>
- Fig.92:** Bateria Varta 5511920012; <http://pt.farnell.com/varta/55119201012/battery-nimh-aa-vh1600-sto/dp/1543300>
- Fig.93:** microcontrolador w5100; http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-771665102-arduino-ethernet-shield-w5100-com-slot-para-sd-card-_JM
- Fig.94:** Fita de LED; <http://www.starlux.com.br/produtos/led/fitas-led/fita-led-ip20-smd3528>
- Fig.95:** Exemplo de jack para carregador; <https://pt.aliexpress.com/item/3-5mm-Jack-Plug-to-USB-2-0-charger-Data-Cable-M-Audio-Headphone-Adapter-Cord/32465155990.html?spm=2114.42010708.4.15.OiMn3T>
- Fig.96:** Ligação das duas partes do punho
- Fig.97:** Punho vista com detalhe da lanterna e botão SOS
- Fig.98:** Ligação por rosca do punho a vara superior
- Fig.99:** Ligação por rosca da vara superior à vara inferior e da vara inferior à borracha
- Fig.100:** Comparação da sola comum com aresta e sola completamente curva
- Fig.101:** Vista de corte com exemplo de localização de componentes
- Fig.102:** Vista de topo – demonstração de sensores óticos e de luminosidade
- Fig.103:** Modelo de elementos finitos – Solidworks Simulation
- Fig.104:** Gráfico de comparação do modulo de Young e a densidade de vários materiais – CES Edupack2014
- Fig.105:** Freixo português - Fraxinus angustifolia; ESPÉCIES ARBÓREAS INDÍGENAS EM PORTUGAL CONTINENTAL Ministério Português da agricultura, mar, ambiente e ordenamento do território 2013
- Fig.106:** Resultado do teste tensão – Solidworks Simulation
- Fig.107:** Madeira de freixo; <http://www.urbanara.co.uk/journal/buying-guide/ash-wood/>
- Fig.108:** Diagrama de ciclo de vida - Solidworks Simulation
- Fig.109:** Alusão a mudança de material entre as duas partes
- Fig.110:** Gráfico de comparação da condutividade elétrica e a densidade de vários silicões – CES Edupack2014

Fig.111: Gráfico de comparação do preço e da densidade de várias borrachas – CES Edupack2014

Fig.112: Apresentação tridimensional da proposta final em detalhe do punho, vista frontal, lateral e traseira.

Fig.113: Apresentação tridimensional da proposta final, vista frontal, lateral e traseira.

Fig.114: Logo da marca Bea

Fig.115: Embalagem exterior do produto e produto embalado

Fig.116: Produto embalado

Fig.117: Vista de topo – Led indicador de bateria fraca aceso

Fig.118: Vista em perspetiva – Lanterna acesa

Fig.119: Vista em perspetiva

Fig.120: Vista em perspetiva – varias cores - tendência *Pantone 2016/2017*.

Fig.121: Vista lateral com carregador

Fig.122: Vista em perspetiva

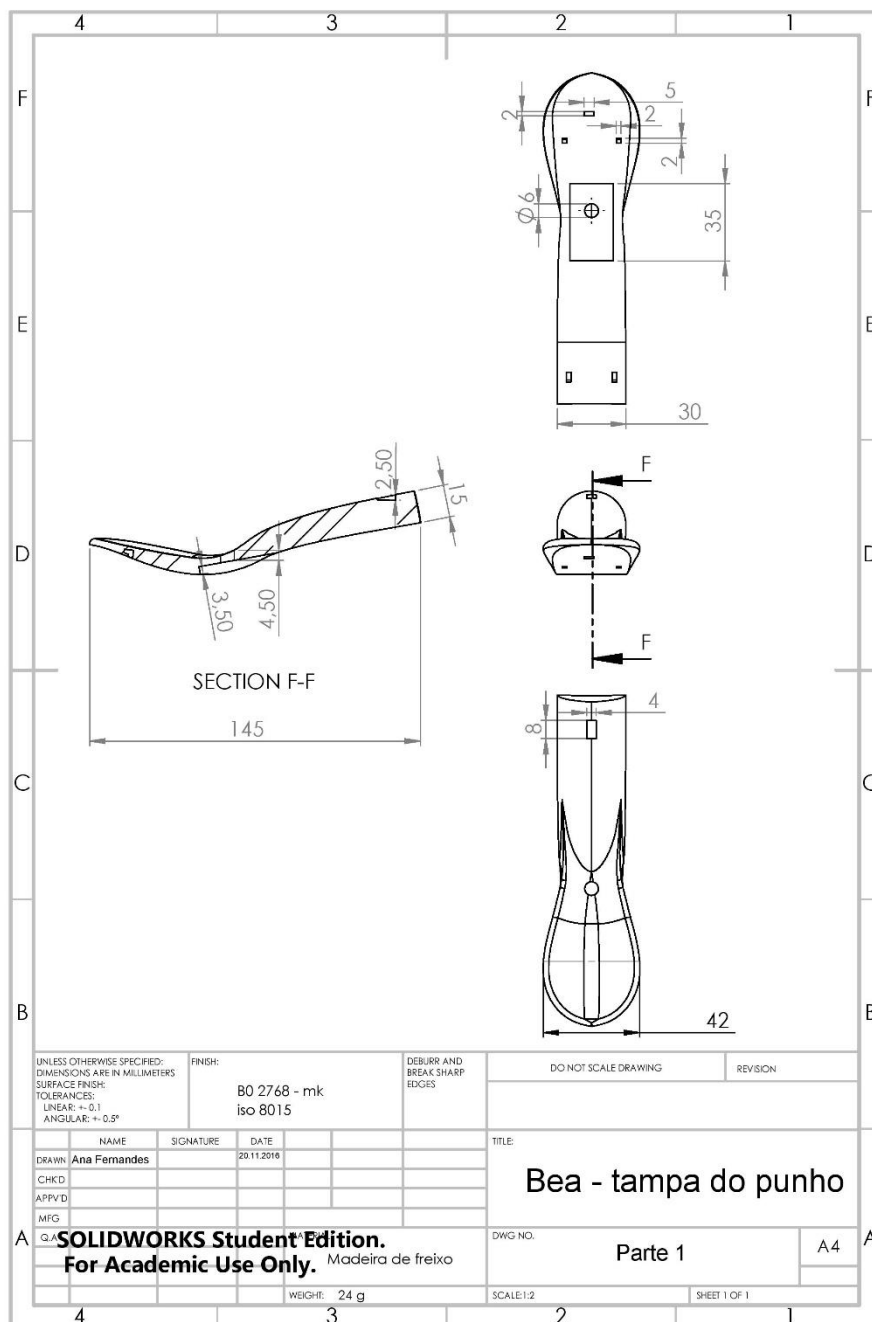
Fig.123: Aplicação usabilidade

Fig.124: Aplicação usabilidade

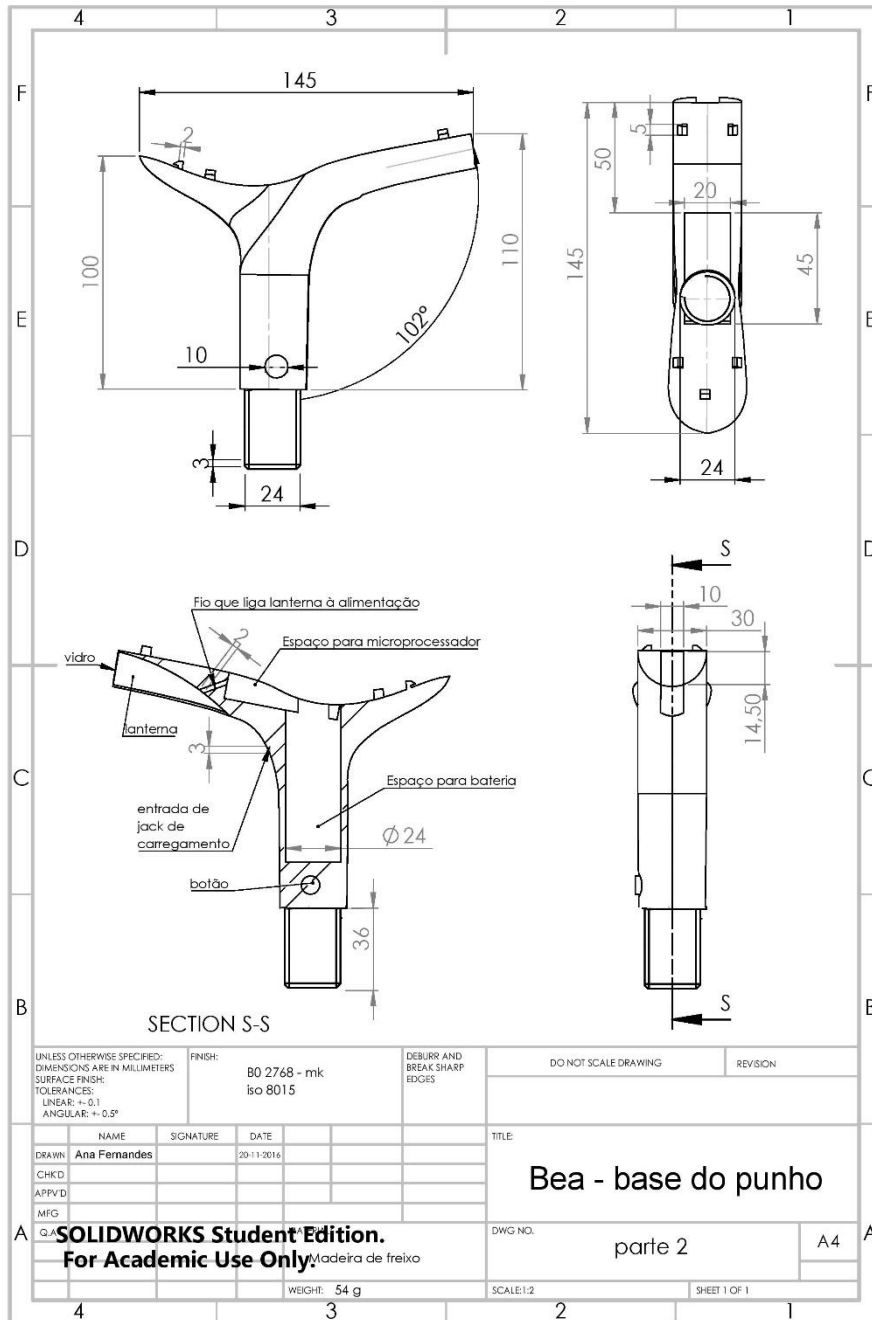
Fig.125: Aplicação usabilidade

Anexos

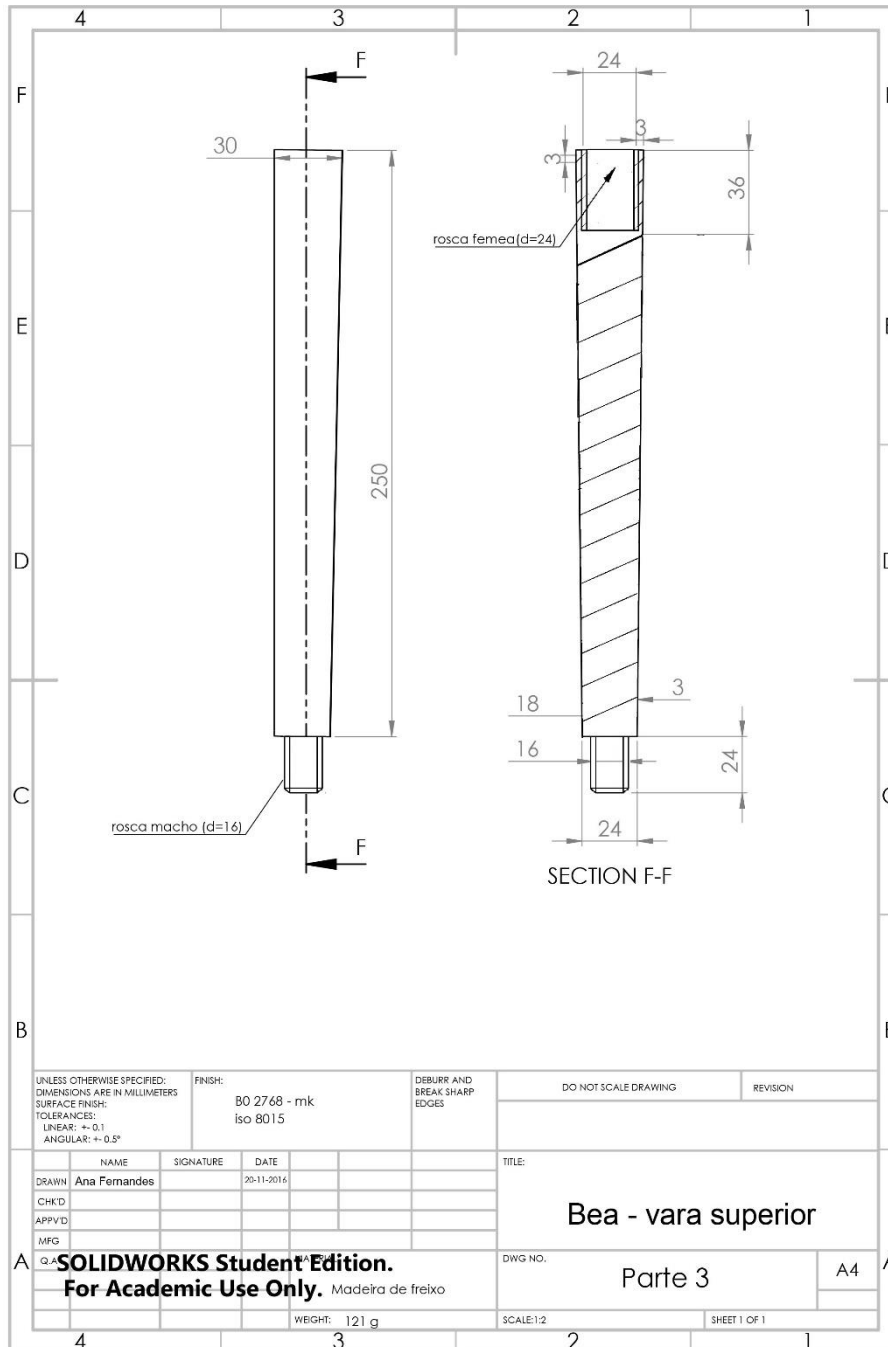
1



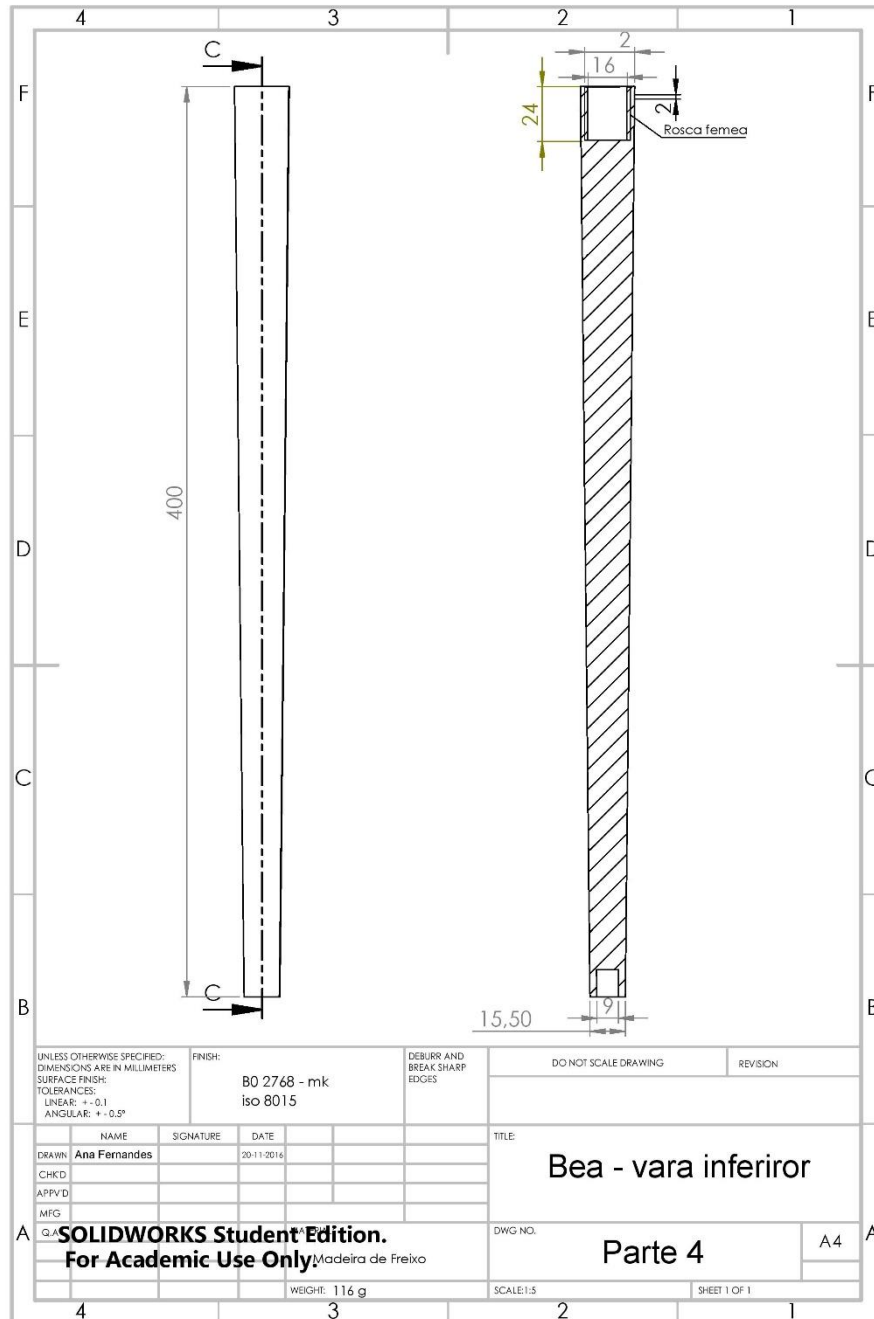
2



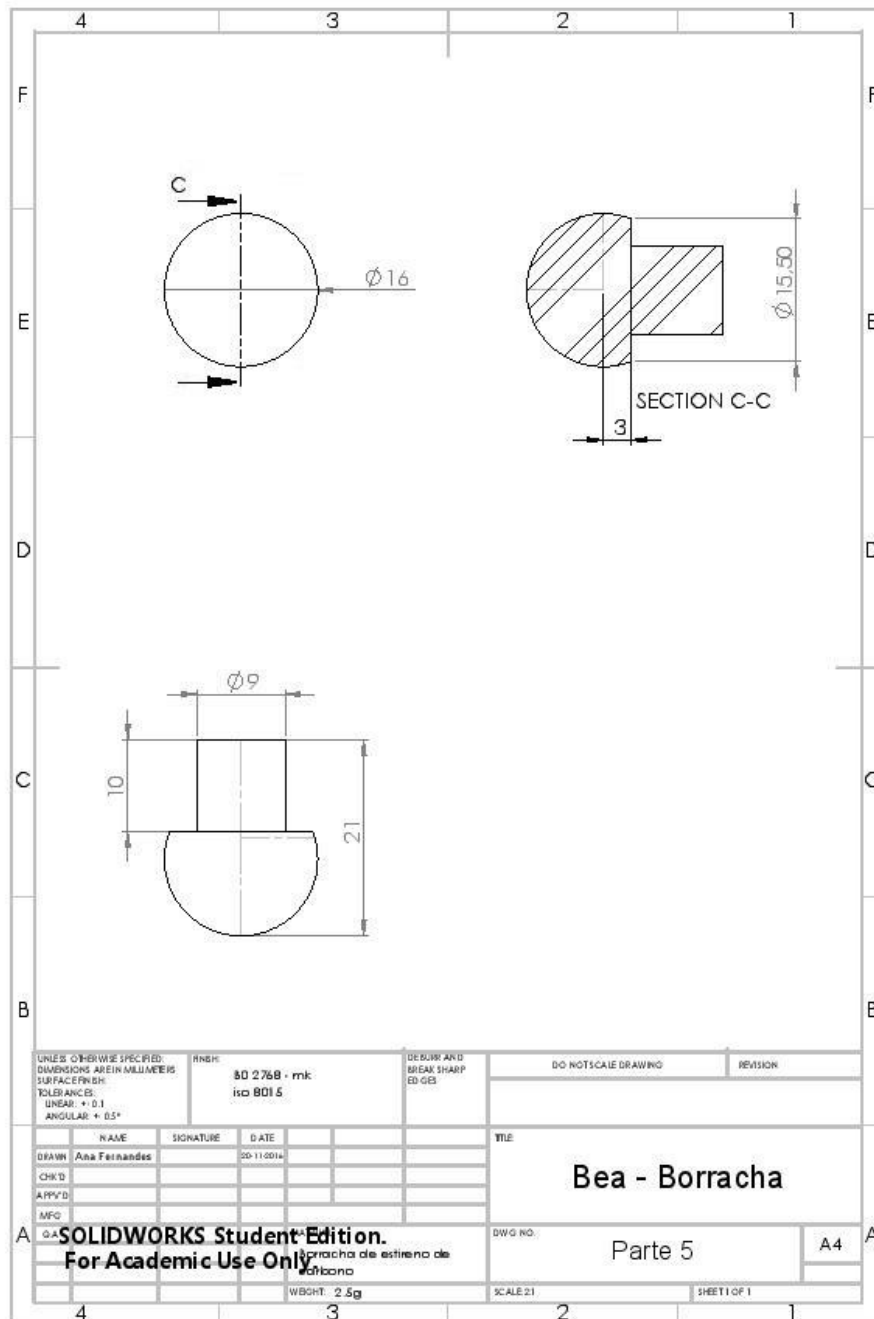
3



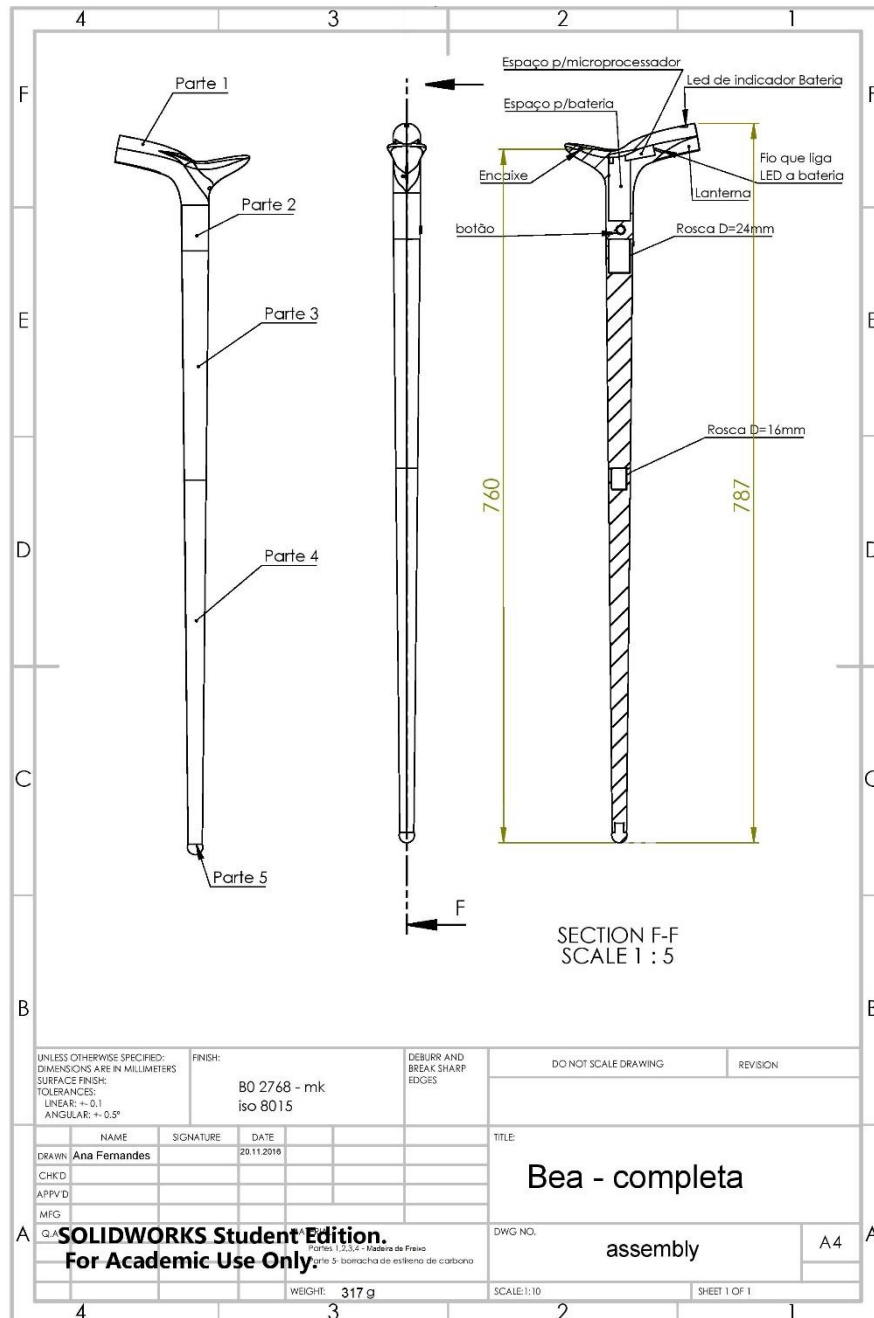
4



5



6



7

