



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Vera Filipa Ferreira Gonçalves

PROJETO DE UMA CADEIRA DE VERTICALIZAÇÃO ERGONÓMICA

Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues de Seabra

Professor Doutor Luís Fernando de Sousa Ferreira da Silva

Dezembro de 2018

DECLARAÇÃO

Nome: Vera Filipa Ferreira Gonçalves

Endereço eletrónico: 94.veraffg@gmail.com Telefone: 918917223

Cartão do Cidadão: 14656654

Título da dissertação: Projeto de uma cadeira de verticalização ergonómica

Orientadores:

Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues de Seabra

Professor Doutor Luís Fernando de Sousa Ferreira da Silva

Ano de conclusão: 2018

Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ____/____/____

Assinatura:

O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder o entusiasmo.
Winston Churchill

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação de mestrado é fruto de muitas horas de trabalho, pelo que não poderia deixar de exprimir os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para a realização de mais uma etapa na minha vida.

Como não poderia deixar de ser, em primeiro lugar, agradeço aos meus pais que tudo fizeram para que eu pudesse estudar e alcançar esta etapa. Agradeço pelo apoio incondicional, por nunca terem desistido de mim e por tudo aquilo que sacrificaram em prol da minha formação. Pela enorme paciência que tiveram comigo e pela preocupação e interesse que sempre demonstram.

Ao meu namorado, Miguel, pela enorme paciência, compreensão, companheirismo, tranquilidade e alegria com que me contagia em todos os momentos de maior desânimo. Um obrigada enorme por me ajudar em tudo o que lhe era possível. Pelas horas dedicadas à minha formação e pelas horas roubadas da nossa relação. Por acreditar, com todas as forças, que eu era capaz de fazer tudo aquilo que ambicionasse e, com isso, fazer-me acreditar também. Foi, seguramente, o grande estímulo desta minha caminhada.

Um obrigada às minhas amigas de coração, Diana, Júlia e Beatriz, que desde sempre me acompanharam nesta longa e alucinada viagem, que inclui um percurso permeado por inúmeros desafios, tristezas, incertezas, alegrias e muitos percalços pelo caminho. Só elas sabem por aquilo pelo que passamos. Agradeço, o facto de tornarem um problema numa gargalhada e de me fazer ver que as coisas acabam sempre por ser feitas. Das poucas horas dormidas. Dos momentos de companheirismo. De estarmos todas no mesmo barco e nenhuma o abandonar. É gratificante ter pessoas como elas na minha vida!

Aos meus orientadores, Professor Doutor Eurico Seabra e Professor Doutor Luís Ferreira da Silva, por me terem sugerido este projeto, por todo o conhecimento transmitido, pelo apoio e sabedoria que me transmitiram. Foram, sem dúvida, um pilar essencial para que este trabalho fosse possível.

A todos os colaboradores da *Orthos XXI*, que me receberam de braços abertos, facilitando a minha integração. Um agradecimento especial ao Sr. António Ribeiro, que me acolheu tão bem, além de me incluir em mais projetos na empresa. Graças a ele pude crescer e ter uma formação profissional gratificante. Ao Carlos Ribeiro e ao Carlos Marques, que foram incansáveis com este projeto. Pela disponibilidade imediata e pela paciência. Ao Júlio Por todo o conhecimento que me transmitiu.

Por fim, um enorme obrigada a todos os meus colegas de curso pela amizade, pelo companheirismo, por tornarem esta jornada especial.

RESUMO

O número de pessoas com mobilidade reduzida tem aumentado em Portugal. Isso deve-se à população com deficiência motora, mas essencialmente ao aumento da população idosa. Este grupo populacional tem aumentado significativamente e, o processo de envelhecimento, acarreta uma série de mudanças físicas e funcionais no indivíduo. A Engenharia Biomédica tem aqui um papel muito importante, no sentido de criar equipamentos que propiciem um melhor nível de qualidade de vida a este grupo populacional. Os auxiliares de marcha, por exemplo, têm um papel fundamental no auxílio da locomoção das pessoas com mobilidade reduzida. Entre todos os existentes, são destacadas, as cadeiras de rodas, em particular, a cadeira de rodas com verticalização. Estes equipamentos são os auxiliares de marcha que proporcionam maior independência, qualidade de vida e inclusão social aos seus utilizadores.

Intitulada *Projeto de uma cadeira de verticalização ergonómica*, esta dissertação enfatiza a otimização de um protótipo de uma cadeira de rodas com verticalização, concebido num trabalho de dissertação anterior. Com o intuito de contextualizar o objeto de estudo deste trabalho, estabelece-se uma análise crítica do trabalho anterior, com vista a verificar lacunas existentes bem como possíveis melhorias à solução concebida. Fez-se também um levantamento de informação, que engloba as cadeiras de verticalização existentes no mercado bem como as patentes associadas a este equipamento. Posto isto, desenvolveu-se um protótipo, com recurso ao software *SolidWorks 2013*, com melhorias tanto a nível estético como funcional, devidamente detalhadas e justificadas. Depois do protótipo desenhado, dá-se início ao período de implementação. O protótipo é construído e são realizados testes preliminares ao mesmo. O maior problema das cadeiras de verticalização é o deslocamento que elas promovem do utilizador face à cadeira, aquando da verticalização. Portanto, os testes realizados com o protótipo, no software *Kinovea*, permitirão aferir este mesmo deslocamento.

Os resultados obtidos são adequados aos alcançados num teste feito com duas cadeiras do mercado, que indicavam que o deslocamento aquando da verticalização, era de 47 mm numa cadeira e 59 mm noutra, ao passo que o obtido com este protótipo foi de 42 mm.

Por fim, é apresentada uma breve conclusão de todo o trabalho e algumas considerações sobre o estágio na *Orthos XXI*. Além disso, são apontadas melhorias que podem ser tidas como ponto de partida para um trabalho futuro.

Palavras-Chave: Verticalização, Cadeira de rodas, Mobilidade

ABSTRACT

The number of people with reduced mobility has increased in Portugal. This is due to the population with disabilities, but essentially to the increase of the elderly population. This population group has increased significantly and the aging process, results in a series of physical and functional changes in the individual. Biomedical Engineering has a very important role in order to create equipment that provide a better level of quality of life for this population group. Walking aids, for example, have a key role in the locomotion of people with reduced mobility. Among all existing, are highlighted, wheelchairs, in particular, the stand-up wheelchair. These equipments are walking aids which provide greater independence, quality of life and social inclusion to their users.

*Entitled *Desing an ergonomic stand-up wheelchair*, this dissertation emphasizes the ergonomic optimization of a prototype of a stand-up wheelchair, designed in a previous dissertation work. In order to contextualize the study object of this work, a critical analysis of previous work, with a view to verify existing gaps as well as possible improvements to the solution. There was also a survey of information, wich includes the stand-up wheelchairs on the market as well as the patents associated with this equipment. The next stage involved the development of a prototype, using the SolidWorks software 2013, with improvements both aesthetic as functional, which are all properly detailed and justified throughout the thesis. The prototype was then constructed and preliminary tests have been also carried out. The biggest problem of a stand-up wheelchair is the displacement that they promote between the user and the chair itself.*

The results obtained are adequate with the ones determined while testing two other stand-up wheelchairs on the market, which implied a displacement on both wheelchairs of 47 mm and 59 mm, while those obtained with the constructed prototype was of 42 mm.

Finally, a brief conclusion of all work and some considerations on the internship course on Orthos XXI. In addition, it is pointed to improvements that can be considered as a starting point for future work.

Keywords: *Verticalization, Weelchairs; Mobility*

ÍNDICE

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xvii
1. CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Justificação e Motivação.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Apresentação da empresa.....	5
1.5 Estrutura da dissertação.....	5
2. CAPÍTULO II – DEFICIÊNCIA MOTORA E MOBILIDADE.....	7
2.1 Cadeira de rodas.....	7
2.1 Deficiência motora.....	9
2.2 Mobilidade e Acessibilidade.....	10
2.3 Estudo antropométrico.....	12
2.3.1 Medidas antropométricas.....	12
2.3.2 Requisitos e dimensões de uma cadeira de rodas.....	14
2.4 Ergonomia.....	16
2.5 Problemática das cadeiras de verticalização.....	17
2.6 Pesquisa de campo.....	19
2.6.1 Cadeiras de verticalização manuais.....	20
2.6.2 Cadeiras de verticalização elétrica.....	22
2.7 Patentes.....	26
2.7.1 Mecanismos de verticalização.....	26
2.7.2 Análise comparativa das patentes relativas ao mecanismo de verticalização.....	33
3. CAPÍTULO III – SISTEMATIZAÇÃO DA SOLUÇÃO CRIADA ANTERIORMENTE.....	35
3.1 Apresentação.....	35

3.2	Funcionamento e constituição	41
3.3	Análise crítica.....	45
4.	CAPÍTULO IV – PROJETO DA SOLUÇÃO FINAL	51
4.1	Etapas que possibilitaram chegar à solução final	51
4.2	Apresentação da solução final	61
4.3	Funcionamento da cadeira	66
5.	CAPÍTULO V – CONSTRUÇÃO, MONTAGEM E TESTE DO PROTÓTIPO	69
5.1	Processos e especificações de fabrico	69
5.2	Montagem do protótipo	74
5.3	Protótipo físico	80
5.4	Estabelecimento de testes preliminares	82
5.4.1	Método usado para aquisição de dados para a análise dos testes práticos.....	82
5.4.2	Análise e discussão dos resultados	83
6.	CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	89
6.1	Conclusões	89
6.2	Trabalho futuro	90
	Bibliografia	93
	ANEXO I – DADOS TÉCNICOS DAS CADEIRAS DE VERTICALIZAÇÃO ELÉTRICAS	97
	ANEXO II – PLANEAMENTO DE PROJETO	101
	ANEXO III – DESENHOS TÉCNICOS.....	103
	ANEXO III – ÁRVORE DE OBJETIVOS.....	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico representativo da população com e sem deficiência em Portugal	3
Figura 2 – Tipos de deficiência em Portugal	4
Figura 3 – Exemplos de cadeiras de rodas, (a) cadeira de rodas dobrável, (b) cadeira semi-reclinável, (c) cadeira de verticalização, (d) cadeira com assento de altura ajustável e (e) scooter.....	8
Figura 4 – Componentes constituintes de uma cadeira de rodas padrão.....	9
Figura 5 – A: Cadeira de rodas, B: Canadiana, C: Bengala, D: Bengala de 3 apoios (tripé), E: Andarilho, F: Rollater, (Orthos XXI)	11
Figura 6 – Medidas antropométricas para prescrição de cadeira de rodas	14
Figura 7 – Dimensões de uma cadeira de rodas	15
Figura 8 – Antropometria de pessoas em cadeiras de rodas, vista lateral.....	15
Figura 9 – Antropometria de pessoas em cadeiras de rodas, vista frontal	16
Figura 10 – Espaço criado entre o assento e o encosto, aquando da verticalização.....	18
Figura 11 – Imagem ilustrativa espaço criado aquando da verticalização e o conseqüente desalinhamento do utilizador em relação à cadeira.....	18
Figura 12 - 18.64L.A. <i>HI-LO Activa Verticalizzante</i> da <i>Vassilli</i>	20
Figura 13 - <i>LS-Lifestand</i> da <i>Permobil</i>	21
Figura 14 – <i>LEVO Summit</i> da <i>LEVO</i>	21
Figura 15 - <i>Invacare Dragon Vertic</i> da <i>Invacare</i>	22
Figura 16 – <i>LEVO Combi</i> da <i>LEVO</i>	23
Figura 17 – Várias posições da <i>LEVO Combi</i>	24
Figura 18 – <i>LSC-Lifestand</i> da <i>Permobil</i>	24
Figura 19 – <i>Oceania</i> da <i>Vassilli</i>	25
Figura 20 – Cadeira na posição sentada	27
Figura 21 – Cadeira na posição vertical	27
Figura 22 – Cadeira de rodas patenteada pela <i>Lifestand</i>	28
Figura 23 – Estrutura articulada.....	28
Figura 24 – Delimitação dos quadriláteros representativos do assento (17) e do apoio de pernas (26)	29

Figura 25 – Conjunto de elementos responsável pela verticalização, destacando-se as alavancas (41 e 43) e o manípulo (49).....	30
Figura 26 – Cadeira de verticalização patenteada pela LEVO.....	30
Figura 27 – Componentes da cadeira de verticalização	31
Figura 28 – Conjunto de movimentos desde a posição sentada até à posição verticalizada	32
Figura 29 – Estrutura lateral da cadeira de verticalização	33
Figura 30 – Vista lateral da cadeira de verticalização.....	33
Figura 31 – Vista traseira da cadeira de verticalização.....	33
Figura 32 – Gráfico representativo do deslocamento utilizador face à cadeira	39
Figura 33 – Gráfico do deslocamento do utilizador face à cadeira LSR Lifestand	40
Figura 34 - Gráfico do deslocamento do utilizador face à cadeira	41
Figura 35 – Soluções para descer e subir o apoia-pés: (a) mecanismo de 4 barras e (b) corrediça tubular telescópica	41
Figura 36 – Soluções para a movimentação do encosto: (a) implementação de um atuador linear e (b) encosto livre com mola.....	42
Figura 37 – Cadeira de verticalização com os ajustes definidos pelas setas	43
Figura 38 - Motor motriz roda esquerda e roda direita	44
Figura 39 - Jiecang Linear Motor - JC35D.....	45
Figura 40 -Bateria Gel 12 V 50 Ah	45
Figura 41 – Imagem ilustrativa da posição dos apoios de braços	46
Figura 42 – Representação das chapas de articulação	47
Figura 43 – Oscilação do assento para trás (esquerda) e para a frente (direita) com o assento fixo	48
Figura 44 – Representação do batente na chapa guia	48
Figura 45 – Posição do motor, com a cadeira completamente verticalizada.....	49
Figura 46 – Estrutura do patim.....	50
Figura 47 – Mecanismo de quatro barras, com o assento a: a. 0°, b. 45° e c. 80°.....	52
Figura 48 – Representação das distâncias do ponto de articulação do assento-patim (1) ao ponto de articulação tirante-patim (2) e do ponto de articulação do assento-encosto (3) ao ponto de articulação tirante-encosto (4)	52
Figura 49 – Ponto de articulação do assento-encosto, na cadeira do protótipo já concebido (Figura 49 a.) e no mecanismo 2D (Figura 49 b.)	53
Figura 50 – Representação das distâncias do ponto 1 ao ponto 3 e do ponto 2 ao ponto 4.....	54

Figura 51 – Representação da interferência dos pontos de articulação com a almofada do assento ...	54
Figura 52 – Alinhamento do assento com o encosto, com o ponto de articulação desfasado do eixo vertical do encosto (a.) e de um mecanismo com o ponto de articulação alinhado pelo eixo (b).....	55
Figura 53 – Cadeira de verticalização, assinalada com os pontos de articulação.....	56
Figura 54 – Demonstração da cadeira de verticalização em duas posições, sempre com o encosto vertical	56
Figura 55 – Representação, a azul escuro, das peças que não permitem que o assento regule em largura	57
Figura 56 – Imagem ilustrativa dos apoia braços no protótipo anterior (a.) e no atual (b. e c.).....	58
Figura 57 – Aparência da chapa guia (vermelho) e do batente (rodeado a azul) no protótipo anterior (a.) e no atual (b.).....	58
Figura 58 – Imagem representativa da simulação, em SolidWorks, para determinar a posição correta do motor	59
Figura 59 – Posicionamento do motor no protótipo anterior e no atual, na posição final	60
Figura 60 – Estrutura do patim no protótipo anterior e no protótipo atual	60
Figura 61 – Imagem ilustrativa da regulação do assento em profundidade	61
Figura 62 - Variações angulares do encosto de cabeça	62
Figura 63 – Representação dos apoios de braços rebatíveis (a.) e reguláveis em altura (b.)	62
Figura 64 – Suporte de joelhos, destacável, regulável em altura e em ângulo	63
Figura 65 – Realce dos patins destacáveis e regulação, em altura, do patim e das rodas dianteiras...	63
Figura 66 – Regulação do comprimento do apoia braço	64
Figura 67 – Imagens ilustrativas do protótipo a ser produzido	64
Figura 68 – Representação de alguns estágios da cadeira, desde a posição inicial até à final.....	67
Figura 69 – Localização da caixa de baterias.....	68
Figura 70 – Localização dos motores.....	68
Figura 71 – Corte a laser por CO2, na Orthos XXI	70
Figura 72 – Quinagem de uma chapa, na quinadora da Orthos XXI	71
Figura 73 – Maquinagem de uma peça, em aço	72
Figura 74 – Peças penduradas, prontas a iniciar o processo de pintura	73
Figura 75 – Chassi da cadeira de verticalização elétrica.....	74
Figura 76 – Encosto móvel da cadeira.....	74

Figura 77 – Estrutura soldada, representativa de parte do assento.....	74
Figura 78 – Estrutura fixa do encosto.....	74
Figura 79 – Montagem do chassi ao assento	75
Figura 80 – Montagem das molas de gás e do atuador linear.....	75
Figura 81 – Montagem do tirante e do sistema de regulação do assento inferior.....	76
Figura 82 - Montagem do sistema superior de regulação do assento e a estrutura fixa do encosto	76
Figura 83 – Montagem do encosto móvel e peça plástica para encaixe do apoio de braços.....	77
Figura 84 – Montagem dos apoios de braços.....	77
Figura 85 – Montagem da chapa para fixar o Joystick e do tubo interior do patim	77
Figura 86 – Montagem das rodas dianteiras.....	77
Figura 87 – Montagem da caixa de baterias, os motores motrizes e as rodas traseiras	78
Figura 88 – Montagem do atuador linear do encosto, chapas do assento e joystick	78
Figura 89 – Montagem dos patins e apoio de cabeça	79
Figura 90 – Protótipo físico da cadeira de verticalização elétrica, com o assento na posição inicial (a.), com o assento a 30° (b) e com o assento a 60° (c.).....	80
Figura 91 – Representação do <i>making of</i> dos vídeos para aferir o deslocamento do utilizador face à cadeira.....	83
Figura 92 – Representação do apoio de cabeça	83
Figura 93 – Apoio de braço	84
Figura 94 – Destaque da posição dos patins	84
Figura 95 – Medição do topo da cabeça ao topo da almofada do encosto, com o assento a -3° (a.), 10° (b.), 20° (c.), 30° (d.), 40° (e.), 50° (f.) e 60° (g)	85
Figura 96 - Medição do topo da cabeça ao topo da almofada do encosto, com o assento a 60° (a.), 50° (b.), 40° (c.), 30° (d.), 20° (e.), 10° (f.) e -3° (g)	86
Figura 97 – Gráfico representativo do deslocamento entre o corpo do utilizador e a cadeira, durante o movimento ascendente e descendente da mesma	87
Figura 98 - Esquema genérico da árvore de objetivos - objetivos de nível superior	111
Figura 99 - Sub-objetivos do objetivo "Aparência"	111
Figura 100 - Sub-objetivos do objetivo "Desempenho"	112
Figura 102 - Sub-objetivos do objetivo "Segurança"	113
Figura 101 - Sub-objetivos do objetivo "Valor"	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões antropométricas da população feminina e masculina portuguesa, utilizando um percentil de 95%.....	13
Tabela 2 - Dimensões antropométricas médias de populações de países diferentes.....	13
Tabela 3 - Medidas relativas à Figura 8.....	15
Tabela 4 - Tabela comparativa das cadeiras de verticalização elétricas.....	26
Tabela 5 - Análise de patentes.....	34
Tabela 6 - Lista de objetivos.....	35
Tabela 7 - Lista de requisitos.....	37
Tabela 8 - Características motores motrizes.....	44
Tabela 9 - Especificações Motor de verticalizar.....	45
Tabela 10 - Especificações técnicas da bateria.....	45
Tabela 11 - Dimensões da <i>Cadeira de verticalização</i>	65
Tabela 12 - Especificações do acionamento da cadeira.....	65
Tabela 13 - Requisitos para a quinagem.....	71
Tabela 14 - Raio interno admissível para dobrar tubos na máquina CNC.....	72
Tabela 15 - Soluções implementadas na cadeira, que permitem dar resposta aos requisitos.....	81
Tabela 16 - Características técnicas da <i>Dragon Vertic</i> da <i>Invacare</i>	97
Tabela 17 - Características técnicas da <i>LEVO Combi</i> tamanho S – M.....	98
Tabela 18 - Características técnicas da <i>LSC – Lifestand</i>	98
Tabela 19 - Características técnicas da Oceania.....	99

1. CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

O capítulo I é a base de toda a dissertação. Nesta secção, pretende-se contextualizar a problemática que surge no âmbito da continuidade ao trabalho de dissertação da referência 1, intitulado “Estudo e conceção de uma cadeira de verticalização ergonómica e económica”. Tenciona-se, ainda, explicar os objetivos da presente dissertação bem como a motivação que serviu de base para este projeto. Por fim, apresenta-se a estrutura adotada para a realização desta dissertação.

1.1 Contextualização

Cada vez mais assistimos a uma sociedade envelhecida, causada pela redução da mortalidade e pela redução e/ou retardamento da fecundidade. O processo de envelhecimento acarreta uma série de mudanças, nomeadamente, estados de debilidade física e doenças crónicas que constituem fatores de desequilíbrio no ser humano, não tanto pela sua ação direta mas, sobretudo, pelas suas repercussões sobre as capacidades funcionais e autonomia do indivíduo. Se por um lado, o aumento da esperança média de vida é uma manifestação de progresso e de melhoria da condição humana, por outro lado, é um desafio do ponto de vista da Engenharia Biomédica. Portanto, deve haver por parte destes profissionais, esforços acrescidos para o desenvolvimento de equipamentos, de modo a favorecer o bem-estar da população idosa numa ótica de promoção da saúde [2]. No entanto, não é só a população idosa que apresenta limitações motoras, particularmente na locomoção. Assim, também os indivíduos com deficiências motoras devem ser tidos em consideração.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF), o conceito de deficiência define-se como um problema na função ou estrutura do corpo, assim como um desvio importante ou uma perda. Isto é, engloba a incapacidade física ou mental de um indivíduo que resulta na dificuldade ou limitação da sua capacidade na execução de determinada(s) tarefa(s) e/ou ações, restringindo a sua participação em ações do dia-a-dia. Tal poderá ocorrer de forma temporária ou permanente e ser de carácter congénito ou adquirido. Este tipo de deficiências pode ter diversas causas, destacando-se os vários tipos de acidentes, doenças, demência, Acidente Vascular Cerebral (AVC) e ainda problemas que possam surgir durante a gravidez ou aquando do parto. As diferentes alterações ao nível da funcionalidade podem provocar impactos distintos na participação da pessoa no seu quotidiano e, por isso, é necessário que haja equipamentos

de apoio para contornar as dificuldades do dia-a-dia e, assim, promover o bem-estar destes indivíduos [3].

Uma solução, então, desenvolvida para qualquer destes casos centra-se na utilização de cadeiras de rodas e de verticalização. Estes tipos de equipamentos apresentam-se como auxiliares de marcha e visam a proporcionar maior independência, qualidade de vida e inclusão social, devido ao aumento da acessibilidade e mobilidade.

A cadeira de verticalização permite ao utilizador beneficiar de um conjunto de melhorias funcionais nas atividades do dia-a-dia, tal como a melhoria da capacidade de alcance. Outros benefícios podem ser associados à verticalização, tanto a nível fisiológico como psicológico. A nível fisiológico contribui para a redução de contraturas, melhoria da circulação sanguínea, melhoria da função respiratória (a extensão do tronco permite reduzir a pressão nos pulmões, facilitando a expansão da grade costal e aumentando o volume respiratório), melhoria do funcionamento do sistema gastrointestinal e o fortalecimento dos ossos. A nível psicológico, a cadeira de verticalização não só concede maior liberdade ao utilizador, como também contribui para que este se integre melhor no dia-a-dia, melhorando a sua autoestima e autoconfiança e o acesso à igualdade de oportunidades do ponto de vista social [4].

1.2 Justificação e Motivação

Este projeto tem por base uma dupla motivação, o fator *Orthos XXI*, que pretende comercializar cadeiras de verticalização, e o público alvo destes equipamentos.

A *Orthos XXI*, única fabricante na península ibérica de cadeiras de rodas, está neste momento comprometida no que diz respeito à fabricação de cadeiras de verticalização. Atualmente, a empresa recorre a um fornecedor italiano para comercializar este produto, pelo que o mesmo não gera um valor acrescentado para a empresa. Além disso, a *Orthos XXI*, tem permissão para vender este equipamento apenas em Portugal. Há, portanto, a necessidade de a empresa ter o seu próprio produto para contrariar esta condição e, ao mesmo tempo, ampliar a gama de produtos. Uma vez que na empresa já havia iniciado um trabalho de dissertação sobre este tema, foi proposto dar continuidade ao mesmo. Posto isto, pretende-se desenvolver um produto que seja seguro, ergonómico e que contorne alguns dos problemas que as cadeiras que estão atualmente no mercado têm.

Noutra perspetiva, no que diz respeito ao fator humano, o envelhecimento da população é um dos fenómenos demográficos mais preocupantes nas sociedades modernas. De acordo com os

resultados definitivos dos Censos 2011 em Portugal, os desequilíbrios na estrutura etária da população têm-se acentuado cada vez mais, isto é, desde 2001 o número de jovens tem vindo a diminuir e o número de idosos a aumentar. A percentagem de jovens dos 0 aos 14 anos recuou de 16%, em 2001, para 15% em 2011. O escalão etário dos 30 aos 69 anos representava 51% da população residente em 2001 e passou a representar 54% em 2011. Já a população com 70 e mais anos representava 11% em 2001 e passou a representar 14% em 2011 [5].

Os problemas músculo-esqueléticos e as dificuldades na mobilidade, especialmente andar e subir degraus, constituem o principal problema de saúde da população mais idosa. Surge, então, a necessidade de conceber equipamentos e serviços de forma a garantir qualidade de vida a este grupo populacional [5,6].

No entanto, os problemas de locomoção não afetam só este grupo populacional. De acordo com os resultados provisórios dos Censos 2001, a população com algum tipo de deficiência, nas categorias visual, auditiva, mental, motora, paralisia cerebral ou outras, representa cerca de 6% da população portuguesa (Figura 1).

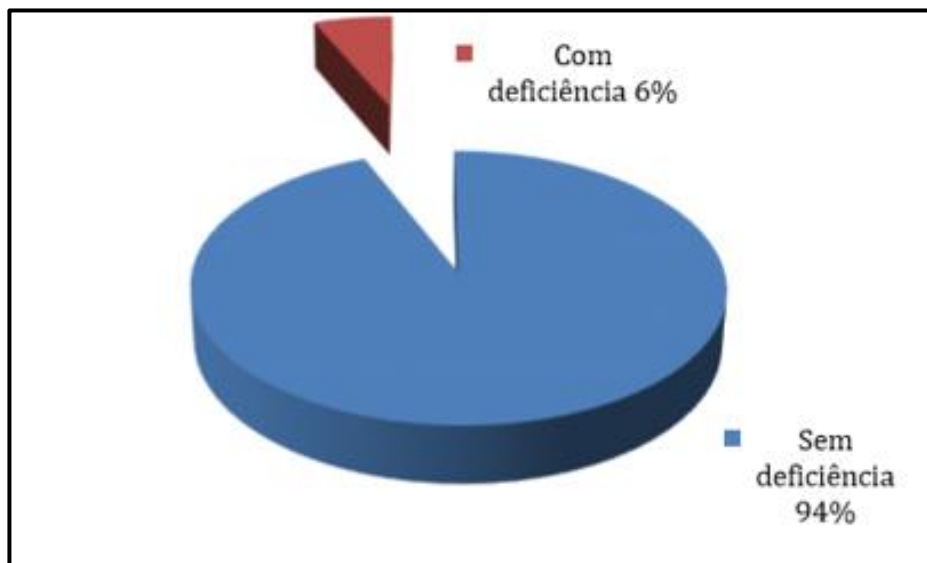


Figura 1 – Gráfico representativo da população com e sem deficiência em Portugal [7]

Tanto a deficiência visual como a motora destacam-se entre a população com deficiência em Portugal, representando 26,2% e 24,6%, respetivamente (Figura 2) [7,8]. Este grupo populacional tem também a sua locomoção limitada e por isso deve ser tido em consideração quando se discutem estratégias para combater esta problemática.

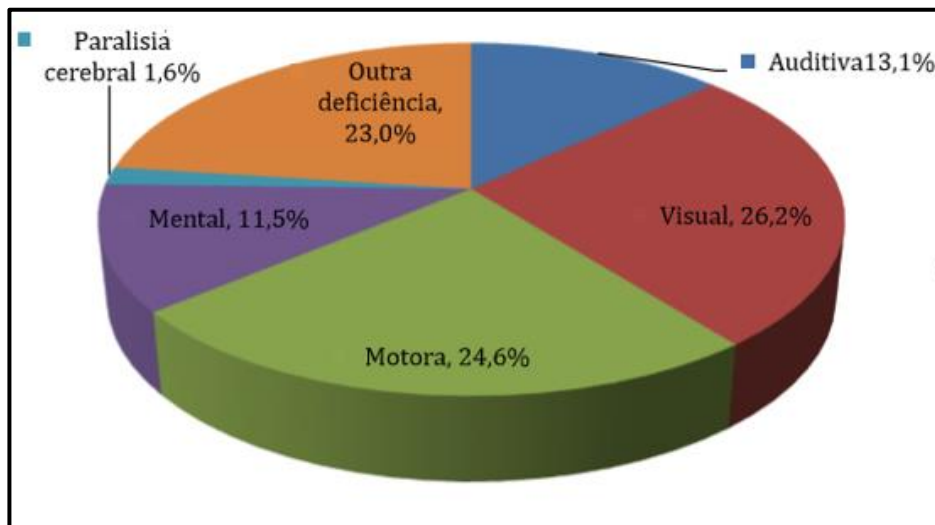


Figura 2 – Tipos de deficiência em Portugal [7]

Considerando a população portadora de deficiências motoras e tendo em conta que a população idosa, em Portugal, tende a aumentar até 2080, segundo dados do INE, uma solução para estes casos centra-se na utilização de cadeiras de rodas e de verticalização, quer manuais quer elétricas. Desta forma, conseguir-se-ia alcançar maior independência, qualidade de vida e inclusão social, devido ao aumento da acessibilidade e mobilidade [9].

1.3 Objetivos

O ponto fulcral desta dissertação assenta na melhoria da qualidade de vida da população mais idosa e de pessoas com deficiência motora. Este grupo populacional tem, de certa forma, a sua mobilidade condicionada pelo que se pretende construir um protótipo com vista a colmatar estas dificuldades.

Como metas mais específicas desta dissertação, estabelecem-se:

- Revisão do estado da arte, com o intuito de conhecer os produtos que atualmente são comercializados e as suas maiores valências;
- Assimilação do projeto anterior para, assim, compreender determinados conceitos e problemáticas, estabelecendo uma análise crítica do mesmo como ponto de partida para a presente dissertação;
- Verificar as lacunas existentes no protótipo bem como possíveis melhorias de forma a poder perspetivar e otimizar a solução concebida;

- Construção e validação de um protótipo;
- Realização de testes preliminares.

1.4 Apresentação da empresa

A *Orthos XXI*, criada em 2007, é uma empresa fabricante nacional, pertencente ao universo do material ortopédico e hospitalar. Esta empresa sucede à Ortomaia, entidade em nome individual José de Almeida Ribeiro, a qual iniciou o negócio 1985, usando o nome comercial Ortomaia. A partir dessa data foi crescendo e consolidando-se, tornando-se numa empresa conhecida, reconhecida e respeitada, sendo mesmo um ponto de referência para muitos. Em 1999, a ORTOMAIA passa a ser uma sociedade, adotando o nome comercial Ortomaia - Material Ortopédico e Hospitalar, Lda.

Ao longo deste percurso de um quarto de século, a *Orthos XXI* tem vindo a alargar os seus horizontes, superando as suas próprias previsões e expectativas. A gama de produtos é cada vez mais vasta e além das parcerias nacionais, esta empresa tem acordos com empresas internacionais conceituadas por forma a distribuir os seus produtos [10].

1.5 Estrutura da dissertação

Capítulo I – Introdução: O capítulo inicial tem como intuito contextualizar este projeto bem como apresentar a motivação para a realização do mesmo. Pretende-se, também, referir os objetivos, a apresentação da empresa na qual a dissertação será realizada e a organização adotada para a presente dissertação.

Capítulo II – Deficiência motora e mobilidade: Este capítulo assume-se como a base teórica para a dissertação. Nele, tenciona-se expor uma revisão da literatura.

Capítulo III – Sistematização da solução criada anteriormente: Pretende-se fazer, neste capítulo, uma apresentação do trabalho “Estudo e conceção de uma cadeira de verticalização ergonómica e económica”, à qual a presente dissertação dá continuidade, exibindo o funcionamento e constituição do modelo criado. Apresenta ainda uma análise crítica deste trabalho de modo a propor melhorias ao mesmo.

Capítulo IV – Projeto para fabrico: Neste capítulo pretende-se elucidar o leitor dos passos necessários e que permitiram chegar à solução final. Além disso, é exposta uma apresentação do produto, mencionando as principais características. Por fim, é mencionado o modo de funcionamento da cadeira.

Capítulo V – Construção, montagem e teste do protótipo: Neste capítulo pretende-se dar a conhecer os processos de fabrico existentes na *Orthos XXI* bem como as especificações associadas a cada um. Além disso, tenciona-se expor os passos da montagem do protótipo tal como o aspeto do protótipo final. Por último, far-se-ão testes preliminares com a cadeira de verticalização elétrica e uma análise e discussão dos resultados obtidos.

Capítulo VI – Conclusões e trabalho futuro. O capítulo final resume as maiores contribuições dadas pela dissertação e aponta caminho para futuras investigações.

2. CAPÍTULO II – DEFICIÊNCIA MOTORA E MOBILIDADE

Este capítulo exhibe conceitos fundamentais sobre o tema da dissertação presente, de forma a criar bases para a elaboração deste trabalho. Tendo como ponto de partida a referência 1 e as demais pertinentes ao tema, apresentam-se, de seguida, sete subcapítulos, de forma a aclarar noções sobre a cadeira de rodas, a deficiência motora e de que forma esta afeta os indivíduos, a mobilidade e acessibilidade, um estudo antropométrico, ergonomia, uma pesquisa de campo onde constam alguns tipos de cadeiras de rodas de verticalização existentes no mercado e ainda um subcapítulo dedicado a patentes sobre cadeiras de verticalização. Para a análise de mercado recorreu-se a vários catálogos de empresas fabricantes de cadeiras de verticalização. Através destes, é possível verificar algumas especificações referentes ao produto. Devido à enorme quantidade de cadeiras existentes no mercado e à semelhança entre muitas delas, fez-se uma filtragem das mesmas com base no interesse do consumidor e do ponto de vista do comercial.

2.1 Cadeira de rodas

Em 2013, os dados estatísticos indicavam que na Europa existiam cerca de 5 milhões de utilizadores de cadeiras de rodas, sendo que, a cada ano verificava-se um aumento de cerca de 20.000 novos utilizadores [11].

A cadeira de rodas é um equipamento utilizado para dar apoio a pessoas que têm sua mobilidade reduzida, proporcionando mais qualidade de vida, independência e segurança aos seus utilizadores. Estas dividem-se em dois grandes grupos, as manuais e as elétricas [12]. As cadeiras manuais movimentam-se através do impulso dado pelo próprio utilizador ou então através de um auxiliar, capaz de orientar a sua condução. Por outro lado, as cadeiras elétricas deslocam-se através de um *joystick* que controla os seus movimentos bem como a verticalização no caso das cadeiras de verticalização.

A cadeira de rodas remonta aos tempos antigos, precisamente no século VI a.C., em que o primeiro veículo sobre rodas a ser criado, para uso em ambientes internos, foi uma cama de criança. Para o uso dentro de residências, foram colocadas pequenas rodas ou rolos em várias peças de mobiliário, nomeadamente cadeiras, que davam um certo conforto a idosos e doentes. Em busca do conforto, as cadeiras começaram a ter alguns contornos adaptados ao corpo humano, passando por melhorias até aos dias de hoje. Atualmente, no mercado, podemos encontrar uma vasta gama de

cadeiras de rodas, destacando-se a cadeira de rodas dobrável, cadeira semi-reclinável, cadeira de verticalização, cadeira com assento de altura ajustável e scooters [7]. Na Figura 3 é possível ver cada uma destas cadeiras.



Figura 3 – Exemplos de cadeiras de rodas, (a) cadeira de rodas dobrável [13], (b) cadeira semi-reclinável [14], (c) cadeira de verticalização [13], (d) cadeira com assento de altura ajustável [15] e (e) scooter [13]

Fatores como o dimensionamento do encosto e do assento, de acordo com as medidas antropométricas são indispensáveis para o bom desenvolvimento de uma cadeira adaptada aos utilizadores.

Esteticamente, as cadeiras de rodas são semelhantes. No entanto, podem variar entre elas quanto aos componentes mecânicos consoante as necessidades de cada paciente. Ou seja, cada utilizador tem necessidades específicas, o que faz com que a definição de conforto seja diferente para cada um deles. Assim, é imprescindível que haja uma vasta gama de produtos de forma a alcançar a

máxima satisfação. De uma maneira geral, os componentes constituintes de uma cadeira de rodas padrão, como se pode observar na Figura 4, são: apoia braços, proteção lateral, apoia-pés, aros de propulsão, travão das rodas, rodas dianteira e traseira, encosto e assento da cadeira e punhos para empurrar a cadeira [7].



Figura 4 – Componentes constituintes de uma cadeira de rodas padrão

2.1 Deficiência motora

A deficiência motora é o segundo tipo de deficiência que predomina em Portugal, por isso, antes de apresentar propostas que visem uma melhoria da qualidade de vida das pessoas afetadas, é importante entender o que é a deficiência motora, como pode ocorrer e que partes do corpo pode afetar.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), deficiência é um conceito muito genérico que compreende deficiência, limitação de atividade e restrição de participação. Uma deficiência pode ainda ser definida como um problema no corpo da função ou estrutura, enquanto uma limitação de atividade é a dificuldade com que o indivíduo se depara face à realização de determinada tarefa, podendo restringir a sua participação em ações do dia-a-dia [3].

A deficiência motora assenta na existência de uma ou mais alterações na estrutura, ou função biológica e coordenativa do corpo humano. Isto é, refere-se à dificuldade ou impossibilidade em mexer, controlar ou coordenar algum tipo de movimento motor. Tal poderá ocorrer de forma temporária ou permanente e ser de caráter congénito ou adquirido. Pessoas com deficiência motora têm a sua mobilidade comprometida devido a limitações ao nível da função, estruturas ósseas e musculares. As mais comuns, associadas a esta doença, consoante os membros afetados são:

Amputação - Inexistência de um ou mais membros do corpo;

Hemiplegia - Paralisia de metade do corpo pelo eixo corporal;

Hemiparesia - Paralisia parcial de metade do corpo pelo eixo corporal;

Monoplegia - Paralisia de um membro do corpo apenas;

Monoparesia - Paralisia parcial de um membro do corpo apenas;

Paraplegia - Paralisia do corpo da cintura para baixo;

Paraparésia - Paralisia parcial do corpo da cintura para baixo;

Tetraplegia - Paralisia do corpo do pescoço para baixo;

Tetraparesia - Paralisia parcial do corpo do pescoço para baixo;

Paralisia geral - Paralisia de todo o corpo;

Paraparésia geral - Paralisia parcial em todo o corpo;

Paralisia Cerebral - Paralisia resultante de uma lesão não progressiva, que pode ocorrer no período pré-natal, perinatal ou pós-natal, podendo afetar a marcha e o controlo motor [7].

Estas doenças podem ter diversas causas, sendo que as mais comuns se devem a acidentes de viação, AVC, acidentes de trabalho, acidentes com armas de fogo, saltos e acidentes de mergulho, doença, demência ou ainda a problemas durante o trabalho de parto. Além destes, os acidentes militares ou de guerra, os acidentes domésticos e de lazer, as doenças provocadas pelo trabalho, fatores hereditários e ainda alterações durante a gravidez, podem também contribuir para a doença motora.

2.2 Mobilidade e Acessibilidade

Num conceito geral, entende-se por mobilidade a possibilidade de liberdade total de movimentos. De forma análoga, diz-se uma pessoa com mobilidade reduzida quando a sua mobilidade está condicionada. Várias são as possíveis causas desta condição, nomeadamente, o envelhecimento, a maternidade, a deficiência motora e/ou cognitiva, congénita ou adquirida, e/ou qualquer outra causa que afete a mobilidade e que exija uma adaptação especial às necessidades da pessoa, quer

pontualmente ou por um período indefinido [3]. Atualmente no mercado existem vários equipamentos para facilitar a locomoção. Destacam-se as cadeiras de rodas, as canadianas, as bengalas, as bengalas com três ou quatro apoios, os andarilhos e os *rollaters*, representados na Figura 5.



Figura 5 – A: Cadeira de rodas, B: Canadiana, C: Bengala, D: Bengala de 3 apoios (tripé), E: Andarilho, F: Rollater, (Orthos XXI) [16]

A promoção e garantia da plena acessibilidade é um aspeto essencial à qualidade de vida dos cidadãos e ao exercício dos seus direitos, como membros participantes de uma comunidade regida pelos seus princípios de uma sociedade democrática, no sentido de garantir a sua real integração e participação cívica [17].

A acessibilidade na via pública e nos edifícios é um aspeto crucial para a qualidade de vida de todos os cidadãos, sendo que a privação da mesma constitui muitas vezes um grave problema e um obstáculo à integração de pessoas com deficiência motora. Neste sentido, torna-se crucial adaptar o ambiente, de forma a facilitar a mobilidade [3].

No sentido de promover a acessibilidade e a qualidade de vida das pessoas com deficiência, estabeleceram-se certas normas técnicas que organizam o espaço público e privado e que determinam, ainda, os espaços que devem ser alvo dessa normalização, nomeadamente, edifícios públicos, via pública e habitações privadas [3]. Devido à lista de normas técnicas ser muito extensa, destacam-se algumas delas. Assim:

- Os percursos pedonais em espaços exteriores e interiores abertos ao público devem ter um canal de circulação contínuo e desimpedido de obstáculos com uma largura não inferior a 1,20m e uma altura livre mínima de 2,40m, em espaços descobertos, e de 2,00m, em espaços cobertos;
- Os ressaltos no pavimento devem ter no máximo 2cm de altura;

- As escadas devem possuir corrimãos firmes de ambos os lados e deve haver em alternativa, rampas, elevadores ou plataformas elevatórias;

- As rampas devem ter a menor inclinação possível (6 a 8% no máximo), consoante o desnível e as características específicas da área a intervir e possuir corrimãos [3].

Portanto, a mobilidade dos utilizadores de cadeiras de rodas está sujeita aos acessos, pelo que se deve cumprir com todas as normas técnicas para que estas pessoas consigam realizar as suas atividades sem dificuldade na execução.

2.3 Estudo antropométrico

Antropometria consiste na medição de características do corpo, tais como alcance, comprimento do segmento corporal e circunferências, larguras e alturas, entre outros. Esta informação pode ser usada para o dimensionamento de ferramentas, equipamentos, roupas, entre outros. O uso apropriado de antropometria no projeto pode melhorar o bem-estar, a saúde, o conforto e a segurança das pessoas [18].

Devido à imensa variabilidade dos utilizadores de cadeiras de rodas, não existem, em grande escala, dados sobre a sua antropometria. Este tipo de estudo seria muito complexo devido aos fatores envolvidos, isto é, os tipos de deficiências, os membros ou segmentos afetados, a extensão da paralisia, o grau de disfunção muscular, o efeito cumulativo na mobilidade global do membro devido ao uso constante da cadeira, entre outros. Todos estes fatores teriam de ser analisados. Portanto, para fins de estudo, considerou-se que a gama de movimentos seria próxima daquela de pessoas normais, em situações em que a mobilidade do membro não tivesse sido afetada.

2.3.1 Medidas antropométricas

Assim, para um correto dimensionamento da cadeira de verticalização e para proporcionar maior conforto aos utilizadores, é necessário conhecer as medidas antropométricas do corpo humano.

Segundo o estudo "*Anthropometric study of Portuguese workers*", publicado em 2004 no *International Journal of Industrial Ergonomics*, adquiriram-se dados de 891 trabalhadores adultos portugueses, 399 mulheres e 492 homens, com idades compreendidas entre os 17 e 65 anos. Na Tabela 1 estão indicadas as medidas do corpo humano mais relevantes para o dimensionamento de uma cadeira de rodas. As medidas indicadas estão de acordo com um percentil de 95%. Isto significa que 95% dos resultados se situam nesse valor ou abaixo dele [18].

Tabela 1 - Dimensões antropométricas da população feminina e masculina portuguesa, utilizando um percentil de 95% [18]

Parâmetro	Sexo	Feminino	Masculino
Altura (cm)		167,4	181,4
Largura dos ombros incluindo o deltoide (cm)		49,6	52,5
Largura do quadril (cm)		44,5	42,0

Na Tabela 2 estão representados os mesmos parâmetros que na tabela acima, no entanto, apresentam-se os valores médios em vez do percentil de 95% e os dados são relativos a populações de países diferentes, de modo a fazer uma comparação com as medidas portuguesas. As abreviaturas R.U, Pol., Hol. e Port., incluídas na tabela, representam o Reino Unido, Polónia, Holanda e Portugal, respetivamente.

Tabela 2 - Dimensões antropométricas médias de populações de países diferentes [18]

Parâmetro	Sexo	Feminino				Masculino			
	País	R.U	Pol.	Hol.	Port.	R. U	Pol.	Hol.	Port.
Altura (cm)		161,0	157,5	165,0	156,5	174,0	169,5	179,5	169,0
Largura dos ombros incluindo o deltoide (cm)		39,5	38,0	40,0	44,5	46,5	44,0	47,5	47,5
Largura do quadril (cm)		37,0	36,0	39,5	40,0	36,0	34,5	37,5	38,0

2.3.2 Requisitos e dimensões de uma cadeira de rodas

Na prescrição de cadeira de rodas pode e deve-se fazer uso do percentil de 95% para a tomada das medidas antropométricas da largura dos quadris, do comprimento da perna e da coxa e da altura do braço. Estas medidas são indispensáveis na prescrição de cadeira de rodas e estão representadas na Figura 6.

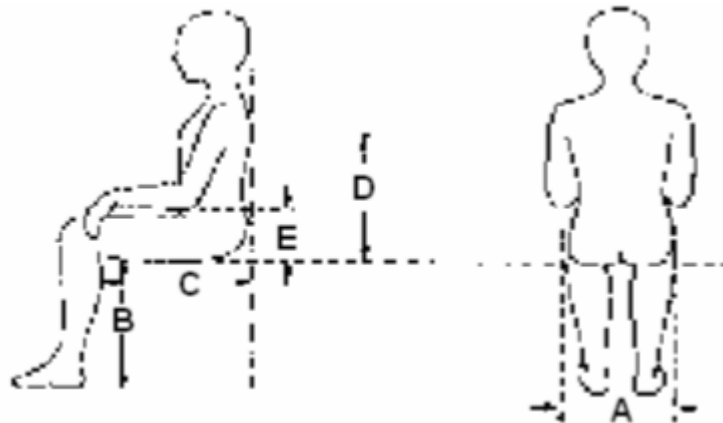


Figura 6 – Medidas antropométricas para prescrição de cadeira de rodas [19]

Em que:

- A)** Largura dos quadris: 2,54 cm a mais do que a medida tomada entre os glúteos;
- B)** Comprimento da perna: 5,08 cm a mais do que a distância da base do calcanhar à região poplíteia;
- C)** Comprimento da coxa - quadril: até 5,08 cm a mais do que a distância da região poplíteia à parte posterior dos glúteos;
- D)** A altura das costas: até 5,08 cm a menos do que a distância do ângulo inferior da escápula à superfície do assento;
- E)** A altura do braço: distância da base dos glúteos ao cotovelo;

Por se tratar de uma cadeira de rodas, todo o estudo de determinação do alcance, espaço livre e outras dimensões, deve considerar que o indivíduo e a cadeira sejam vistos como um todo. Para isso, é necessário conhecer a anatomia da própria cadeira. Na Figura 7 estão representadas as dimensões de uma cadeira de rodas. Segundo a ANSI (*American National Standards Institute*), as medidas representadas por esta cadeira variam de acordo com o modelo e o fabricante. Além disso, cada cadeira deve ser medida individualmente. O Instituto sustenta ainda que o modelo de cadeira dobrável de metal

tubular, com assento e encosto plástico, é a mais utilizada e insere-se dentro das dimensões indicadas [20].

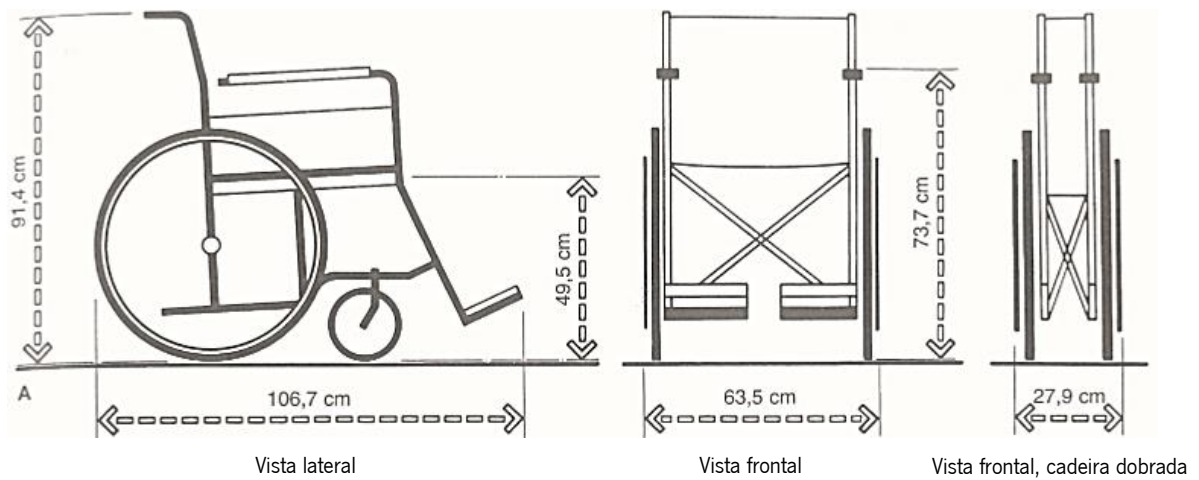


Figura 7 – Dimensões de uma cadeira de rodas [20]

Na Figura 8 está representado, em vista lateral, o utilizador e a cadeira de rodas, indicando algumas das medidas mais importantes, tanto para homens como para mulheres.

Na Tabela 3 estão representadas as medidas relativas à Figura 8. Devido ao corpo feminino ser, no geral, menor que o masculino, são usadas as medidas femininas para todas as situações de alcance e as medidas do corpo masculino no que concerne à necessidade de espaços livres. Assim, todas as dimensões de alcance são baseadas num percentil de 2,5% para atender às necessidades dos utilizadores com menores dimensões corporais e as dimensões que envolvem espaços livres são baseadas num percentil de 97,5% [20].

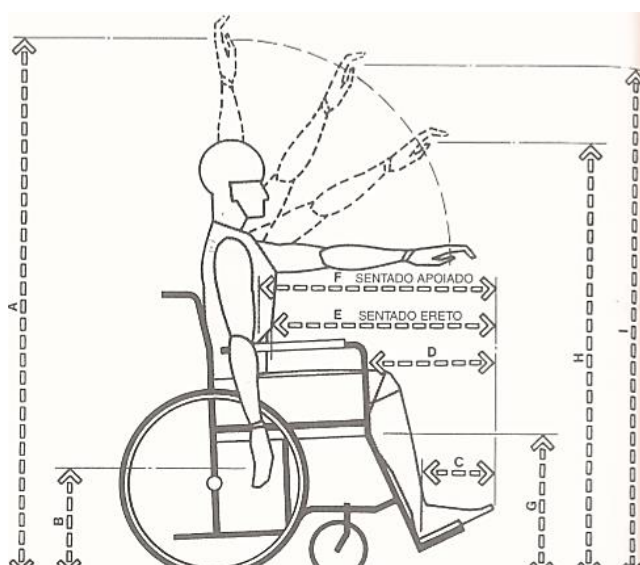


Figura 8 – Antropometria de pessoas em cadeiras de rodas, vista lateral [20]

Tabela 3 - Medidas relativas à Figura 8 [20]

	HOMEM	MULHER
	cm	cm
A	158,1	144,1
B	41,3	44,5
C	22,2	17,8
D	47,0	41,9
E	65,4	58,4
F	73,0	66,0
G	48,3	48,3
H	130,8	119,4
I	148,0	135,2

Na Figura 9 está representado, em vista frontal, o utilizador e a cadeira de rodas, indicando as medidas do alcance lateral com ambos os braços estendidos e o ombro elevado.

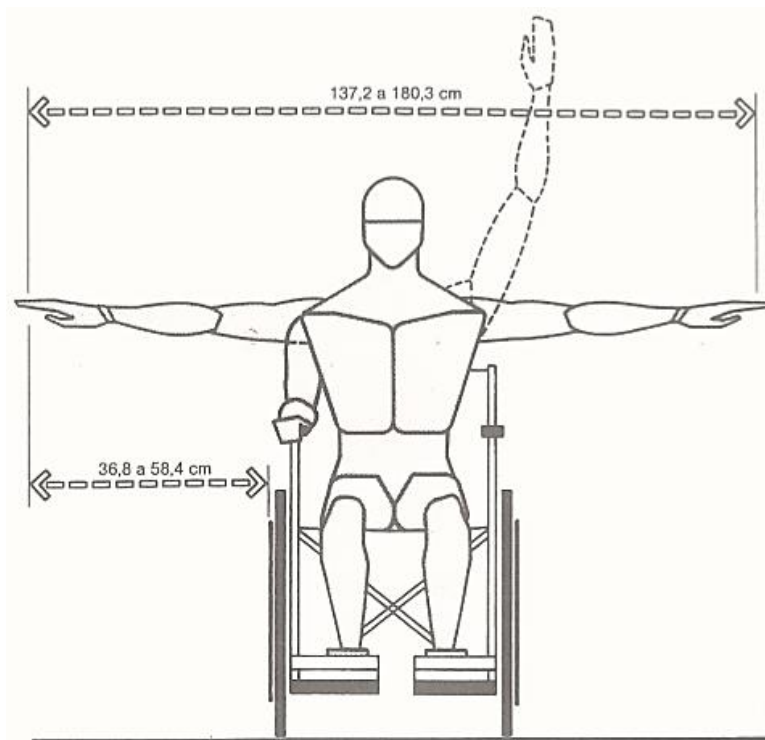


Figura 9 – Antropometria de pessoas em cadeiras de rodas, vista frontal [20]

2.4 Ergonomia

A ergonomia é a aplicação do conhecimento científico sobre os seres humanos no design de objetos, sistemas e tecnologia com o objetivo de lhes proporcionar o máximo de proveito nas atividades realizadas, em condições de saúde e segurança. A Ergonomia encontra aplicação em tudo o que envolve as pessoas, sistemas de trabalho, desporto e lazer, saúde e segurança [8,21]. É com base na ergonomia que este projeto se desenvolve.

A ergonomia abrange domínios ainda mais específicos, abordando características como:

Ergonomia Física: ocupa-se das características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica. Essencialmente os aspetos relacionados com a atividade física.

Ergonomia Cognitiva: ocupa-se dos processos mentais, como a perceção, memória, raciocínio e resposta motora, relacionados com as interações entre as pessoas e outros elementos de um sistema.

Ergonomia Organizacional: ocupa-se da otimização dos sistemas sociotécnicos, abrangendo as estruturas organizacionais, políticas e processos.

O projeto descrito nesta dissertação centrar-se-á mais na ergonomia física, por relacionar a fisiologia, antropometria estática (medidas do corpo sem movimento) e antropometria dinâmica (alcance dos movimentos corporais) [7].

Portanto, para um posicionamento confortável, é necessário que aquando do projeto da cadeira de rodas, todas as medidas fiquem bem tiradas [22].

A largura do assento é muito importante. Se o assento da cadeira for muito estreito, ela vai criar pontos de pressão na anca, pressionando-a nas laterais da cadeira. Isso comprime a pele e pode levar ao desenvolvimento de úlceras por pressão. Além disso, as transferências tornam-se mais difíceis pois fica complicado entrar e sair da cadeira. Por outro lado, se o assento da cadeira de rodas for muito largo vai ter espaço para a anca rodar ou deslizar, propiciando uma má postura. A má postura pode levar a dores nas costas, úlceras por pressão e compressão dos pulmões e órgãos internos. Assim, o assento de uma cadeira de rodas confortável deve ter praticamente a mesma largura que o utilizador, com apenas algum espaço para roupas, crescimento e acesso ao cinto pélvico [22].

A profundidade do assento é também importante. Se o assento for muito pequeno, as coxas e os gêmeos vão ficar sem suporte. Em contrapartida, se for muito grande, as costas não vão conseguir chegar ao encosto e a coluna vai ficar sem suporte. Assim, a profundidade de um assento confortável deverá suportar os gêmeos bem como as costas, mantendo o utilizador com uma boa postura [22].

Um patim bem ajustado também faz a diferença. O pé do utilizador deve estar estável no patim. Se o patim cair, os pés podem ficar magoados ao passar por objetos ou mesmo nas rodas da cadeira. Além disso, se o patim estiver posicionado na altura errada pode fazer os pés ou os oscilarem. Qualquer uma destas posições pode causar pressão nas articulações, tornando-se também desconfortável [22]. Além disso, há a necessidade do apoia-pés se deslocar para baixo à medida que a cadeira verticaliza de forma a aliviar tensões nos músculos das pernas.

2.5 Problemática das cadeiras de verticalização

Apesar dos benefícios que a cadeira de rodas com verticalização oferece, há um problema comum a todas elas. Ao fazer a verticalização, este tipo de cadeiras promove o deslizamento do utilizador face à cadeira, além de que, surge um espaço extra entre o assento e o encosto. Para melhor entendimento desta última situação, fez-se um desenho simples, em *SolidWorks*, ilustrativo da posição inicial e final da cadeira. O desenho está representado na Figura 10, salientando o espaço que se surge entre o assento

e o encosto. As três barras representam os patins, o assento e o encosto de uma cadeira de verticalização e os dois retângulos representam as almofadas da cadeira.

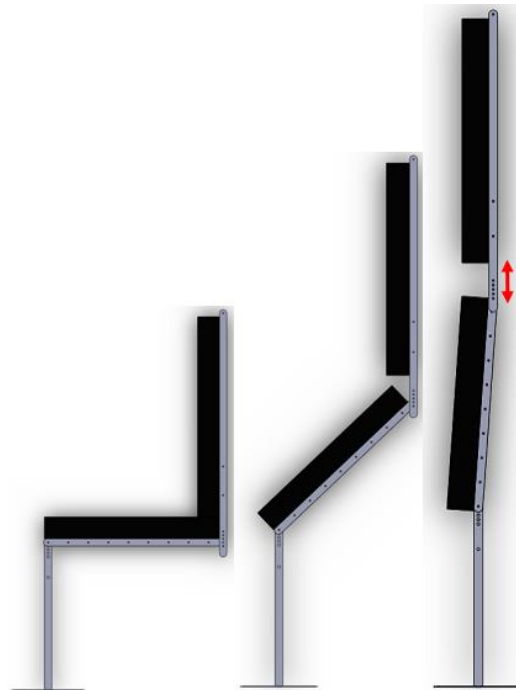


Figura 10 – Espaço criado entre o assento e o encosto, aquando da verticalização

Como surge este espaço a mais, aquando da verticalização, a distância do topo da cabeça do utilizador até à superfície do encosto altera, causando um desalinhamento do corpo face à cadeira (por comparação com a posição inicial) como sugere a Figura 11.

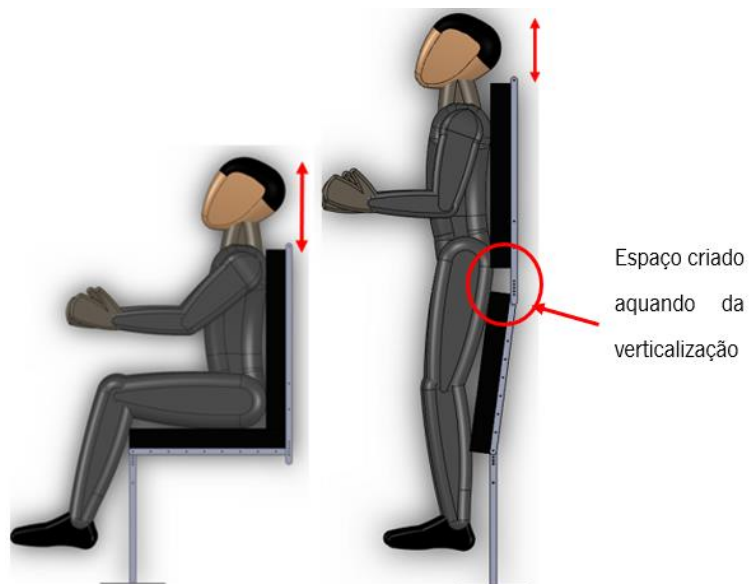


Figura 11 – Imagem ilustrativa do espaço criado aquando da verticalização e o conseqüente desalinhamento do utilizador em relação à cadeira

Esta situação pode, também, ser observada ao fazer reclinção no banco do carro. O corpo do utilizador, à medida que o banco reclina, desliza ao longo deste. Isto porque se gera aquele espaço entre o assento e o encosto, alterando a disposição do utilizador em relação ao banco.

Por estes motivos, o movimento de verticalização poderá ser desconfortável para o utilizador caso não existam mecanismos que minimizem este deslocamento. Mais à frente falar-se-á de mecanismos empregues nas cadeiras de verticalização já existentes, de forma a compensar o espaço que se surge entre o assento e o encosto e diminuir o deslizamento.

2.6 Pesquisa de campo

Uma das maiores limitações da população idosa e de alguns indivíduos com limitações motoras é, sem dúvida, a sua locomoção. As cadeiras de rodas, quer sejam manuais ou elétricas, auxiliam a marcha deste grupo de pessoas. No entanto, há sempre alguma manifestação de insatisfação com a cadeira de rodas que lhe é prescrita. Assim, é imprescindível que haja um esforço acrescido por parte da Engenharia Biomédica no sentido de conceber soluções que colmatem as necessidades de cada utilizador e assim fornecer-lhes qualidade de vida. Por outro lado, é necessário que os utilizadores não se acomodem e sejam cada vez mais exigentes no que diz respeito à sua adaptação à cadeira de rodas. Entre as características das cadeiras de rodas, aquelas que os utilizadores mais evidenciam como relevantes para manter a sua qualidade de vida são a segurança, flexibilidade de utilização, robustez, performance em utilização outdoor e indoor (sem atravancamentos para locais mais estreitos), fácil manutenção, manobrabilidade, travagem, ergonomia, facilidade de encartar e transportar, peso, preço, eficiência energética do acionamento motriz (cadeira manual versus cadeira motorizada), posicionamento corporal perante patologias específicas, velocidade e aceleração. Contudo, os equipamentos existentes ainda carecem de uma adequação e capacidade funcional, sobretudo em casos com necessidades específicas, pelo que ainda não existe nenhuma cadeira que alie todas estas particularidades de forma totalmente vantajosa [11].

Com o intuito de conhecer os modelos que existem atualmente no mercado, fez-se uma pesquisa baseada em catálogos de empresas fabricantes. Estas foram ainda divididas em dois subcapítulos, as cadeiras de verticalização com tração manual e as cadeiras de verticalização com tração elétrica. No Anexo I – Dados Técnicos das Cadeiras de Verticalização encontram-se tabeladas as características técnicas das cadeiras de verticalização do mercado.

2.6.1 Cadeiras de verticalização manuais

✓ **18.64L.A. HI-LO Activa Verticalizzante da marca Vassilli**

Esta cadeira de rodas, representada na Figura 12, de verticalização manual, tem uma estrutura leve em duralumínio com acabamento brilhante. Possui um assento ajustável em profundidade (8 cm), em altura (de 49 a 55 cm) e em ângulo (0° a 12°). Ao rotacionar os apoia braços para a frente e/ou para trás, os mesmos são ativados por alavancas traseiras que permitem a verticalização com a ajuda de uma mola de gás, permitindo ao utilizador reduzir o esforço físico durante a verticalização. Antes de iniciar este movimento é necessário que o utilizador coloque o cinto torácico, acoplado ao encosto, para uma maior segurança. Tanto as rodas dianteiras como as traseiras são ajustáveis em altura do assento e possuem várias posições de ajuste para se otimizar a estabilidade e equilíbrio ideal do utilizador. O assento tem várias faixas tensoras e o encosto possui uma capa almofadada fixa por velcro. O peso máximo recomendado de utilizador é 100 kg [23].



Figura 12 - 18.64L.A. HI-LO Activa Verticalizzante da Vassilli [23]

✓ **LS-Lifestand da marca Permobil**

À semelhança da cadeira anterior, a *LS-LifeStand* da *Permobil*, representada na Figura 13, possui um sistema de verticalização manual realizada através de um sistema de alavancas. É uma cadeira com estrutura rígida em alumínio e aço e proporciona grande segurança, conforto e estabilidade. Por estas razões, é ideal para utilizadores que não conseguem verticalizar-se de forma autónoma. A segurança durante a verticalização é assegurada pelo cinto torácico e pelos suportes de joelhos. O assento tem uma profundidade ajustável e o encosto é reclinável, dobrável para transporte e ajustável em altura. O eixo traseiro é também ajustável. Os suportes para joelhos são seguros e rebatíveis e os suportes de braços

robustos e dobráveis, oferecendo assim estabilidade e facilidade nas transferências. O peso máximo recomendado de utilizador é 120 kg [24]. O preço de venda desta cadeira é de 4949 €.



Figura 13 - *LS-Lifeland* da *Permobil* [24]

✓ *LEVO Summit EL* da *LEVO*

A cadeira de rodas *LEVO Summit EL*, representada na Figura 14, assume-se como uma cadeira ativa, permitindo ao utilizador alcançar a posição perfeita, em qualquer posição do assento que se escolha. Este equipamento combina o menor peso da cadeira com a maior capacidade de utilizador existente no mercado. Com apenas 21 kg, suporta um peso máximo de utilizador de 125 kg. As transferências e o transporte são realizados facilmente. O encosto possui um mecanismo de compensação automática para uma posição correta. Os suportes de joelhos e o cinto torácico oferecem apoio ao corpo aquando da verticalização [25].



Figura 14 – *LEVO Summit* da *LEVO* [25]

2.6.2 Cadeiras de verticalização elétrica

✓ *Invacare Dragon Vertic da marca Invacare*

Ao contrário das cadeiras anteriores, de tração manual, a *Invacare Dragon Vertic* da *Invacare*, representada na Figura 15, permite aos utilizadores deslocarem-se estando na posição sentada ou em pé. Este deslocamento faz-se com recurso ao *joystick*, incorporado no apoio braço, responsável também pelo movimento de verticalização. Assim, as atividades diárias realizam-se com mais facilidade. A cadeira, quando acionada, desloca-se a uma velocidade de 6 km/h e tem autonomia para 25 km. As rodas dianteiras, mais pequenas, garantem segurança e estabilidade em utilização interior. O suporte de joelhos regulável assegura o apoio das pernas aquando da verticalização. Este pode ser rebatido para os lados de modo a facilitar as transferências ou retirado, em caso de não ser necessário. Os apoios de braços e apoios de pés são igualmente rebatíveis, facilitando também as transferências. Os apoios de braços são ainda reguláveis em altura, permitindo uma variação de 260 mm a 360 mm. O encosto permite uma reclinção de 6° a 22°, compensando as forças do deslizamento e minimizando a fricção entre o corpo e o encosto, aumentando assim o conforto do utilizador. Esta cadeira possui ainda um apoio de cabeça e pescoço que pode ser ajustado, na horizontal e em altura. A alimentação de corrente do veículo é realizada por duas baterias de 12V 60 Ah. O peso máximo recomendado de utilizador é 100 kg. O preço de venda desta cadeira é de 5500€ [26].



Figura 15 - *Invacare Dragon Vertic* da *Invacare* [26]

✓ *LEVO Combi*

A cadeira *LEVO Combi*, da marca *LEVO*, representada na Figura 16, oferece uma ampla gama de posições face às demais cadeiras elétricas de verticalização. É projetada especificamente para pessoas com paraplegia/quadruplegia, esclerose múltipla avançada, paralisia cerebral, espinha bífida, distrofia muscular, poliomielite. Pode, no entanto, ser usada por todos aqueles que pretendam usufruir de várias posições e/ou vários locais com a cadeira.



Figura 16 – *LEVO Combi* da *LEVO* [27]

Esta cadeira, com uma estrutura rígida em aço, permite ao utilizador alcançar várias posições (Figura 17), através do *joystick*, como por exemplo, obter a posição deitada, sentada, verticalizada e ainda uma posição de descanso. Além disso, permite passar diretamente da posição reclinada para a posição vertical com toda a segurança e com pouca fricção entre o corpo e a cadeira. Este equipamento é ideal para uma utilização interior e exterior, graças ao seu chassi compacto e à sua condução segura. Quando o utilizador se encontra na posição vertical é possível controlar, através de um programa automático, a velocidade a que a cadeira se move. A mesma permite, ainda, subir ou descer rampas até 12° de inclinação, com o máximo de segurança.

Quanto às suas características destacam-se a possibilidade de ajuste do ângulo do encosto (de 90° a 180°) e da altura do assento (15 cm). Possui ainda um apoio de cabeça, luzes e indicadores e um controlador PGDT R-net. Para maior segurança do utilizador aquando das mudanças de posição, a cadeira possui um cinto torácico e um suporte de joelhos oferecendo suporte ao corpo. Tem uma autonomia até 35 km e pode mover-se a uma velocidade de 6, 8 ou 10 km/h. O peso máximo recomendado de utilizador é de 120 kg. O preço de venda ao público é 11089 € [27].



Figura 17 – Várias posições da *LEVO Combi* [27]

✓ *LSC-Lifestand da marca Permobil*

A cadeira de rodas elétrica *LSC-Lifestand* da *Permobil*, representada na Figura 18, possui um design simples e compacto, ideal para a utilização no interior de habitações. À semelhança da *Invacare Dragon Vertic*, permite que o utilizador controle a verticalização e a movimentação da cadeira, quer esteja sentado ou em pé, através de um joystick junto aos apoios de braços. Estes são rebatíveis e multidirecionais, podendo ser convertidos em suportes torácicos ajustáveis. Esta cadeira possui uma estrutura rígida em alumínio e aço. É constituída por um assento rígido e ajustável em profundidade. Possui também uns patins ajustáveis em altura e os suportes de joelhos são ajustáveis em inclinação e largura. Dispõe de duas baterias de 18 Ah. Este dispositivo tem uma autonomia de 20 a 25 km e poderá atingir uma velocidade máxima de 7 km/h. O peso máximo recomendado de utilizador é 120 kg. O preço de venda desta cadeira é de 10 262,92 € [28].



Figura 18 – *LSC-Lifestand* da *Permobil* [28]

✓ *Oceania da marca Vassilli*

Esta cadeira, representada na Figura 19, tem capacidade de verticalização de acordo com os eixos articulares do utilizador. A verticalização permite prevenir muitos distúrbios relacionados à imobilidade, como o surgimento de feridas de decúbito, má circulação bem como várias doenças do sistema músculo-esquelético. A estrutura da cadeira é em aço e alumínio, combinando a robustez do chassi com a perfeita agilidade e suavidade na condução. A estrutura da cadeira é em aço e alumínio.

Como principais características, esta cadeira permite variar a largura e profundidade do assento e o ângulo de inclinação do encosto, de 90° a 102°. Possui um cinto peitoral que poderá ser ajustado. Os apoios de braços são ajustáveis e inclináveis. Tem, ainda, uns protetores de assento laterais removíveis e um suporte de joelhos que além de ajustável, também pode ser destacável. Selecionando mais que uma opção elétrica, é necessário a colocação de baterias de 65Ah. O peso máximo recomendado de utilizador é 120 kg e o preço de venda ao público é 3500€. Tem uma autonomia de 40 km e permite atingir uma velocidade máxima de 7 km/h [29].



Figura 19 – *Oceania da Vassilli* [29]

A Tabela 4 apresenta uma síntese das cadeiras de verticalização elétricas mencionadas anteriormente, para uma rápida comparação das mesmas. Optou-se por representar apenas uma tabela comparativa, sobre as cadeiras elétricas, uma vez que o protótipo a ser desenvolvido será uma cadeira de verticalização elétrica.

Tabela 4 - Tabela comparativa das cadeiras de verticalização elétricas

ESPECIFICAÇÃO				
Peso máximo de utilizador (kg)	100	120	120	120
Preço (€)	5500	11089	10 263	3500
Velocidade máxima (km/h)	6	6, 8 e 10	7	7
Autonomia (km)	25	35	20 a 25	40
Material	Sem informação	Aço	Aço e alumínio	Aço e alumínio
Destaque da cadeira	<ul style="list-style-type: none"> - Reclinação do encosto de 6° a 22°; - Apoio de cabeça regulável em altura e na horizontal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Permite alcançar várias posições; - Sobe e desce rampas até 12° de inclinação; - Encosto reclinável de 90° a 180°. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apoio de braços rebatíveis e multidirecionais, que se transformam em cinto torácico; - Regulação do assento em profundidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Assento regulável em largura e profundidade; - Reclinação do encosto de 90° a 102°.

2.7 Patentes

Com o propósito de projetar uma cadeira de verticalização diferente das demais existentes no mercado e com um mecanismo que minimize o deslizamento do utilizador aquando da verticalização, procedeu-se a um estudo de patentes com recurso à TecMinho.

2.7.1 Mecanismos de verticalização

De todas as invenções patenteadas sobre os mecanismos de verticalização, foram selecionadas as mais importantes e que de alguma forma, reduzem o deslizamento do utilizador em relação à cadeira.

Patente 1 - *Body support device for a stand-up wheelchair and wheelchair for said device US 6601869 B2*

Esta patente diz respeito a cadeiras de rodas usadas por pessoas deficientes e podem ser usados como cadeiras de rodas desmontáveis ou não desmontáveis. A cadeira de rodas inclui uma estrutura articulada, incluindo um encosto, um assento e um descanso de pé, relacionados com um atuador de modo a controlar e elevação ou descida da estrutura articulada em relação ao chassis de transporte.

Nas Figuras 20 e 21 está representada a cadeira de rodas (1), incluindo um chassi (2) constituído pela parte frontal (3) e pela parte traseira (4), unidas pela barra 5. O chassi (2) está equipado com uma estrutura de elevação (12), permitindo que o utilizador se levante. Esta estrutura (12) inclui um assento (13), um conjunto de descanso de pé (18) e uma parte traseira (16). O conjunto de descanso de pé (18), por sua vez, abarca um suporte de perna (19) e um apoia-pés (21) e a parte traseira (16) é articulada nas barras 14 e 15, através da barra 17 [30].

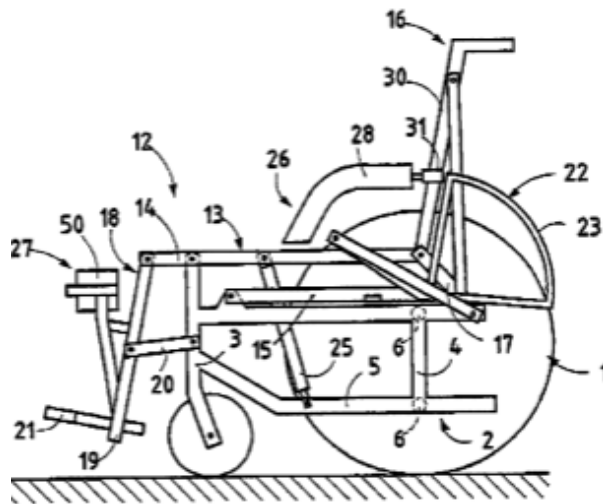


Figura 20 – Cadeira na posição sentada [30]

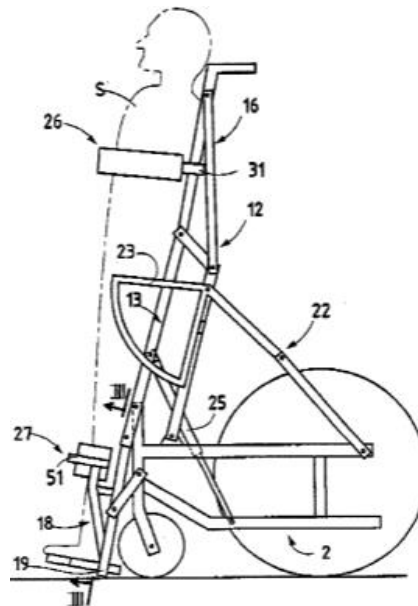


Figura 21 – Cadeira na posição vertical [30]

A estrutura articulada (12) está ligada ao chassi (2) por duas barras (22) para imobilização desta estrutura numa posição sentada, de acordo com a Figura 20, ou numa posição levantada, de acordo

com a Figura 21. A verticalização é efetuada através de um atuador (25), localizado entre o chassi (2) e o assento (13). Durante este movimento, o assento e o encosto mudam a sua configuração, alcançando uma posição mais vertical com o apoio do conjunto 22 e da barra 17. Os suportes (26) e (27) dão apoio ao peito e às pernas, respetivamente, durante a verticalização. À medida que cadeira verticaliza, os apoia-pés descem, por meio da barra 20 [30].

Patente 2 - *Stand-up wheelchair with gearing down of the stand-up operation US 7398989 B2*

Este mecanismo, representado na Figura 22, patenteado pela marca *Lifestand*, diz respeito a cadeiras de rodas usadas por pessoas deficientes, podendo o mecanismo desta cadeira ser aplicado em cadeiras de rodas com propulsão manual ou elétrica, independentemente de a cadeira ser dobrável ou não. A cadeira de rodas de verticalização, inclui um chassi (2) composto por dois chassis laterais (3) e (4), unidos por duas ligações, (5) e (6). O acionamento para o deslocamento é realizado pelas rodas traseiras (10) [31].

Como se pode observar na Figura 23, o chassi (2) é dotado de uma estrutura articulada (12), capaz de realizar a elevação da cadeira.

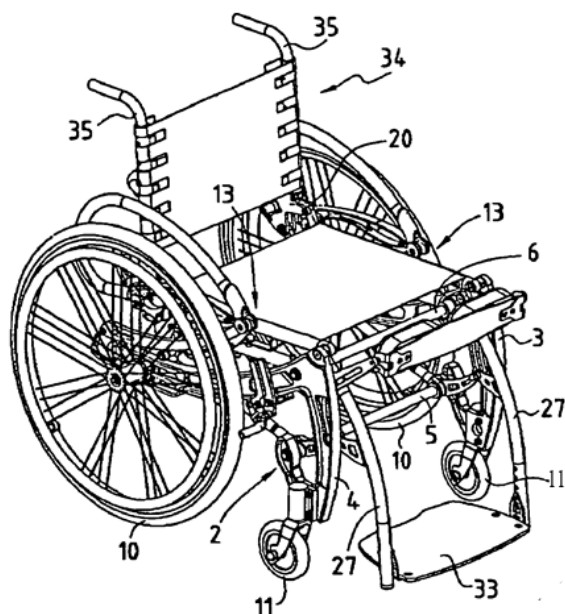


Figura 22 – Cadeira de rodas patenteada pela *Lifestand* [31]

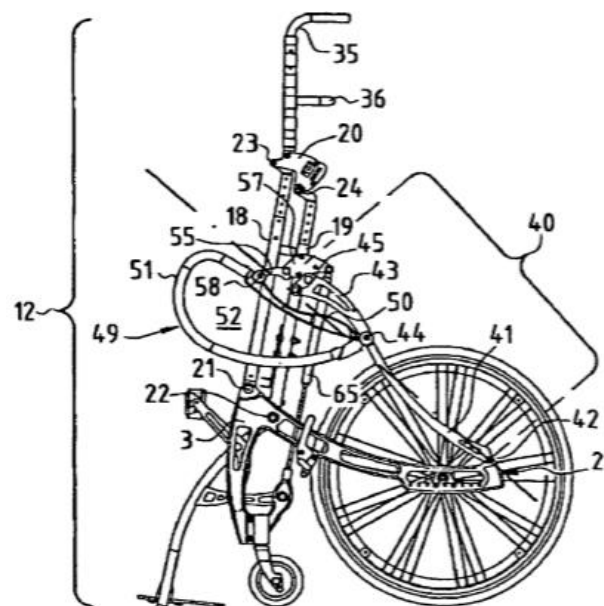


Figura 23 – Estrutura articulada [31]

A cadeira é organizada com dois sistemas articulados (12) nas duas laterais da cadeira, representada na Figura 24. Cada sistema articulado tem duas barras, denominadas barra superior (18) e barra inferior (19). A barra superior (18) articula no ponto 21 e a barra inferior (19) articula no ponto

(22). Cada sistema articulado tem também dois quadriláteros (17) e (26), delimitados a vermelho na Figura 24. Um deles (17) é delimitado pelos pontos 21,22,23 e 24, definindo assim o assento da cadeira, e o outro (26) faz a ligação dos pontos 21 e 22 ao suporte de pernas (27) que é unido ao apoio de pés (33). Os dois punhos da cadeira (35), constituintes dos sistemas articulados (12), auxiliam a pessoa que empurra a cadeira. Cada sistema articulado (12) inclui um conjunto responsável pela verticalização da cadeira (40), posicionado entre o quadrilátero 17 e o chassi (2) [31].

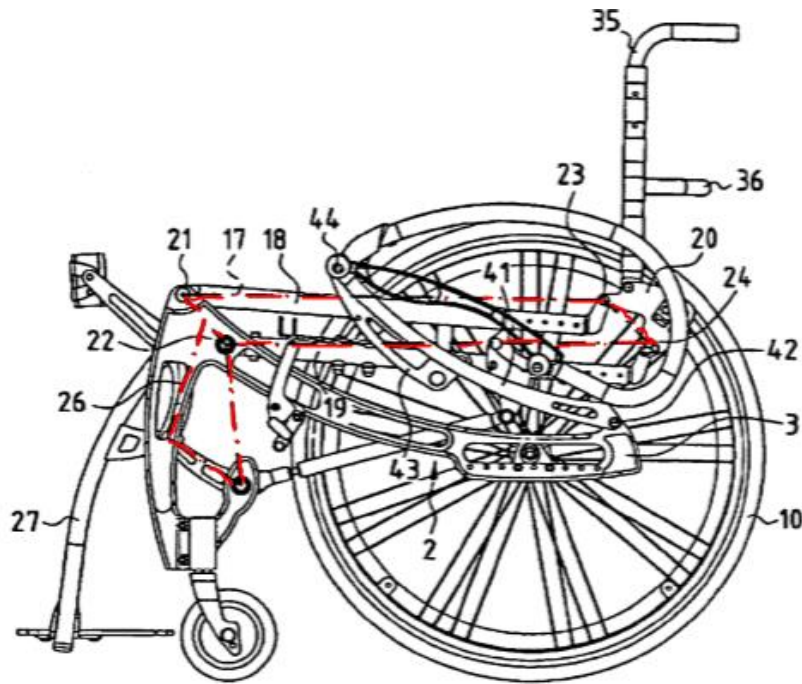


Figura 24 – Delimitação dos quadriláteros representativos do assento (17) e do apoio de pernas (26) [31]

Na Figura 25 é possível ver com mais detalhe este conjunto de elementos responsável pela verticalização (40). Cada conjunto (40) inclui uma primeira alavanca (41), ligada na parte traseira do chassi, através do ponto de articulação 42, e na extremidade de uma segunda alavanca (43), por meio do eixo 44. A outra extremidade, da segunda alavanca (43), é ligada à barra inferior (19) no ponto de articulação 45. O conjunto (40) inclui ainda um manípulo (49) sobre o qual o utilizador aplica uma força que resultará tanto para verticalizar a cadeira como para o processo inverso. Cada manípulo (49) inclui o corpo do manípulo (50) equipado com um arco (51). O corpo do manípulo (50) é articulado no quadrilátero 17, mais precisamente, na barra inferior (19), e no ponto de ligação (44) da primeira e segunda alavanca (41 e 43 respetivamente). A articulação do corpo do manípulo (50) na barra inferior (19) faz-se por meio de uma haste (55) que é ligada ao elemento 57 da barra inferior (19) no ponto 56. Uma mola de gás (65), posicionada entre o elemento 57 e a parte frontal do chassi, permite uma redução

substancial da força necessária para a verticalização e também garante um movimento de descida suave, proporcionando, deste modo, uma sensação de segurança e conforto ao utilizador [31].

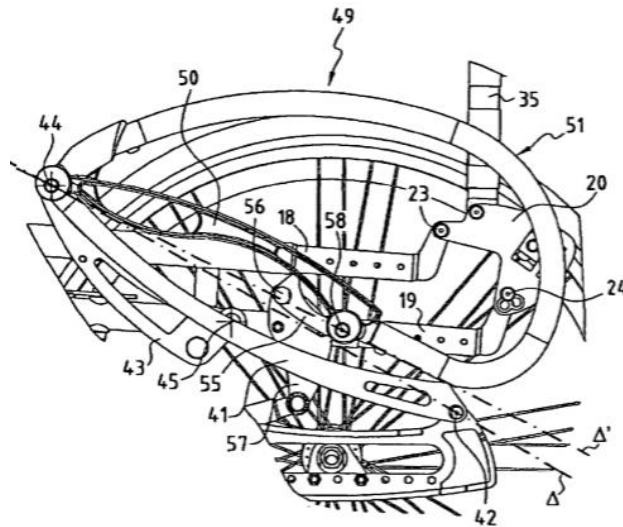


Figura 25 – Conjunto de elementos responsável pela verticalização, destacando-se as alavancas (41 e 43) e o manipulador (49) [31]

Patente 3 - *Stand-up unit for stand-up wheelchairs and chairs, particularly therapy chairs US 9757291 B2*

A cadeira de verticalização (10), patenteada pela marca *LEVO* e ilustrada na Figura 26 tem um suporte (21) e um mecanismo de verticalização (13) articulado ao suporte.

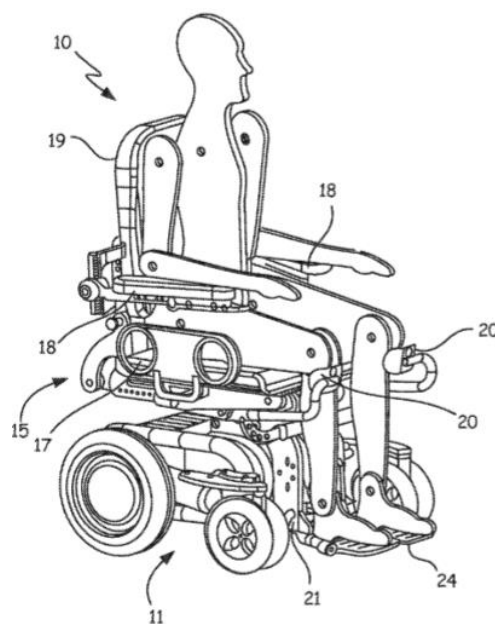


Figura 26 – Cadeira de verticalização patenteada pela LEVO [32]

A cadeira tem dois quadros laterais (15) e entre estes estão incorporados o assento (17) e o respetivo suporte (23), o encosto (19) e o suporte correspondente (25), o apoia-pés (24) e o suporte de joelhos (20), retratados na Figura 27. O mecanismo de verticalização (13) tem dois paralelogramos de alavanca (27 e 29). O primeiro paralelogramo de alavanca (27), constituído pelos pontos 33 a 36, dá suporte ao encosto, permitindo mantê-lo sempre na posição vertical, quer o utilizador esteja sentado ou verticalizado. O segundo paralelogramo de alavanca (29), definido pelos pontos 35, 37, 38 e 39, serve para mover o assento (17) para cima em relação ao apoio de pés (24), durante a verticalização. Apesar dos dois paralelogramos terem funções diferentes, ambos contribuem para que o movimento relativo do corpo do utilizador em relação à cadeira seja minimizado ao máximo. Além disso, a barra (30) tem a funcionalidade de mover o encosto (19) para a extremidade traseira do assento (17) durante a mudança da posição sentado para a posição vertical. Esta mudança de posição é realizada com recurso a um atuador linear (31), localizado entre o suporte (21) e o primeiro paralelogramo (27). O atuador linear (31) é articulado nos pontos 28 e 32, dando impulso para a alavanca 51 [32].

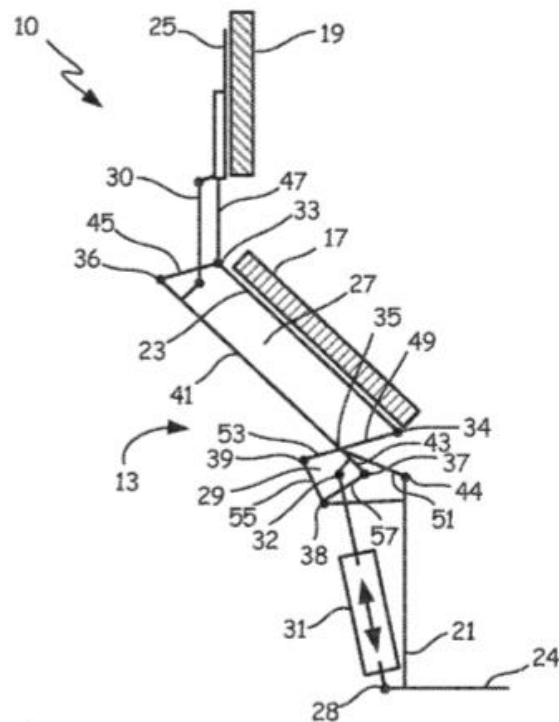


Figura 27 – Componentes da cadeira de verticalização [32]

Na Figura 28 é possível verificar o conjunto de movimentos desde a posição inicial até à posição verticalizada. Aquando da verticalização, o assento (17) move-se para cima e o encosto (19) move-se

para baixo. Verifica-se também que, durante a verticalização, não ocorre deslizamento aparente do corpo do utilizador em relação à cadeira.

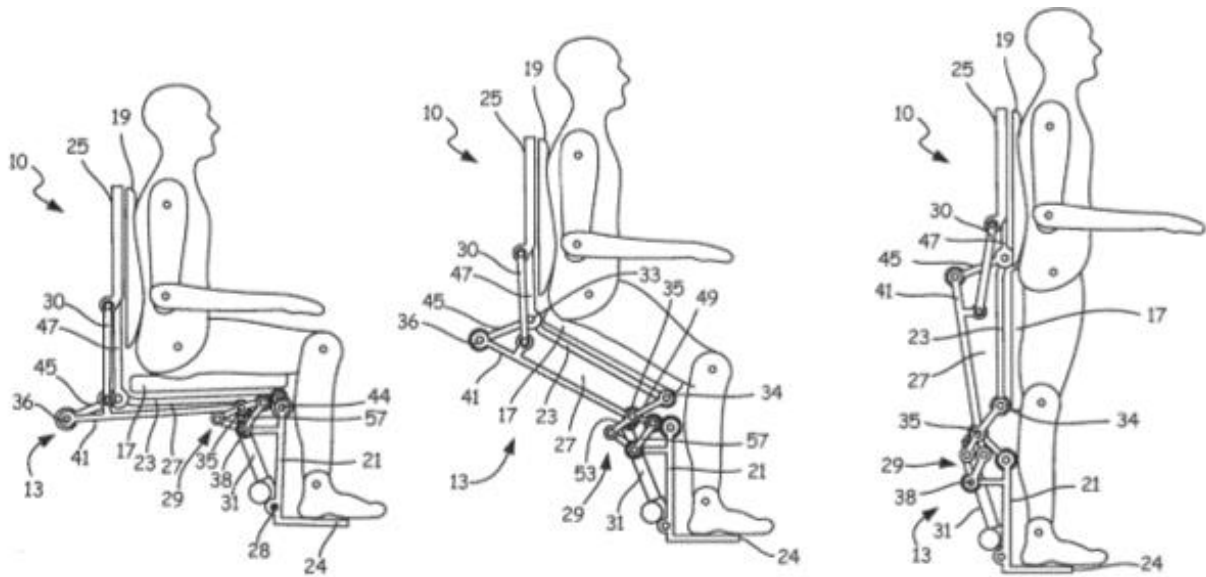


Figura 28 – Conjunto de movimentos desde a posição sentada até à posição verticalizada [32]

Patente 4 – *Stand-up wheelchair EP 0815822 A1*

Esta patente refere-se a uma cadeira de verticalização com um chassi, um assento e um encosto. A estrutura de elevação é articulada ao chassi. Possui ainda um suporte de pés que desce aquando da verticalização. A elevação e descida são efetuados com o auxílio de um motor elétrico.

A cadeira de rodas de verticalização (10) representada na Figura 29, é provida com um chassi (11), um par de rodas dianteiras (13), um par de rodas traseiras (15), um assento (17), uma estrutura de elevação (21) do encosto (19) e um suporte de pés (23) com um apoio para os pés (24). O chassi (11), é uma estrutura estável formado por uma estrutura tubular com dois quadros laterais (25) que estão ligados entre si. Aquando da verticalização, o apoio-pés (23) desce, através de uma corredeira, de forma a aliviar tensões musculares nas pernas [33].

O movimento de elevação é suportado por, pelo menos, uma mola de gás (33). A estrutura de elevação (21) está articulada, através de um elemento de ligação (39) a uma haste (37) do suporte de pé. A haste (37) é guiada telescopicamente, dentro de um elemento tubular (35), de modo a que o suporte de pé seja movido para baixo aquando da verticalização.

A cadeira de rodas é caracterizada pelo chassi (11) que compreende duas armações laterais (25), que estão ligadas entre si por meio de tirantes (27, 28) conforme ilustrado nas Figuras 30 e 31 [33].

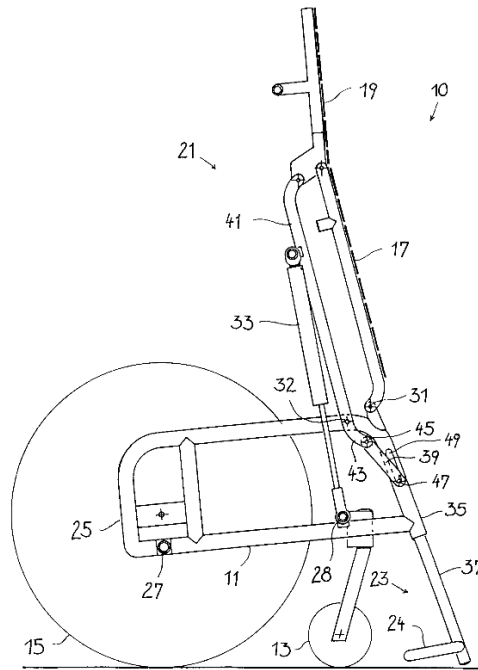


Figura 29 – Estrutura lateral da cadeira de verticalização [33]

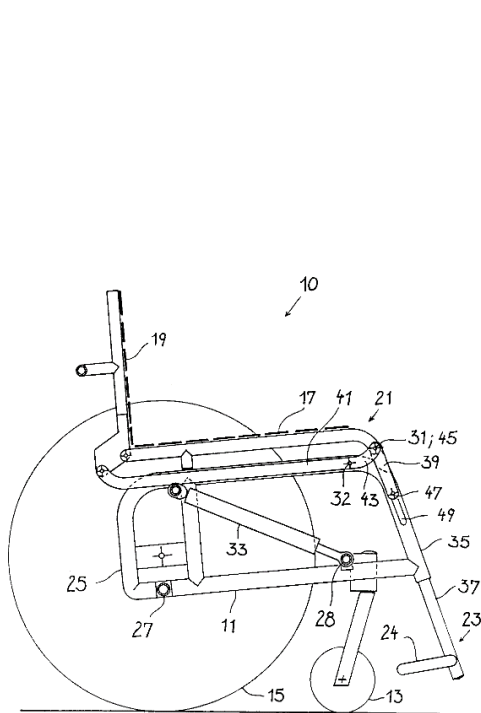


Figura 30 – Vista lateral da cadeira de verticalização [33]

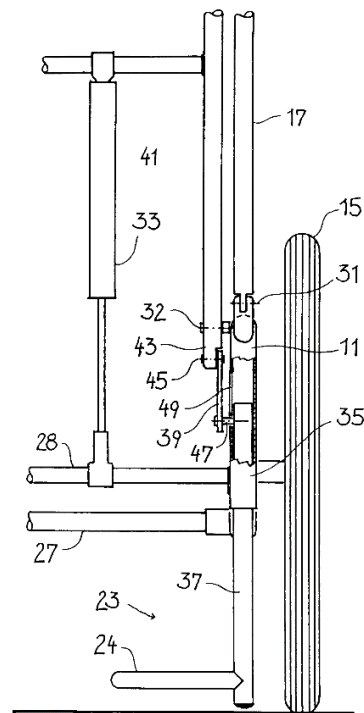
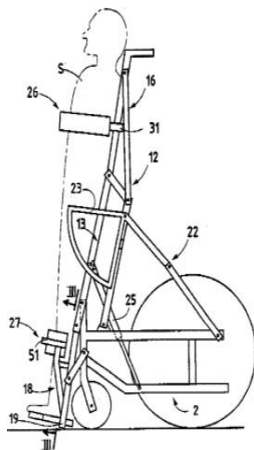
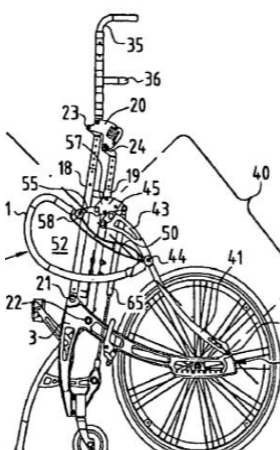
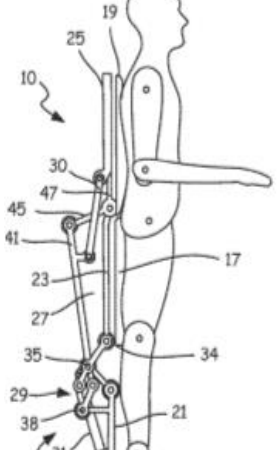
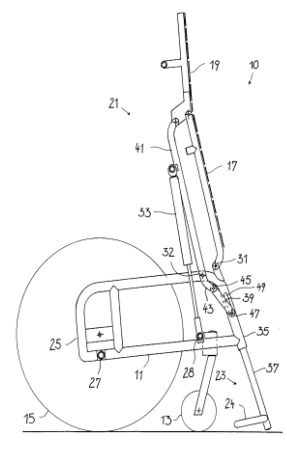


Figura 31 – Vista traseira da cadeira de verticalização [33]

2.7.2 Análise comparativa das patentes relativas ao mecanismo de verticalização

De modo a expor os dados para analisar, de forma simples e clara, as vantagens e desvantagens de cada patente do mecanismo de verticalização, procedeu-se à elaboração da Tabela 5.

Tabela 5 - Análise de patentes

Patente 1	Patente 2	Patente 3	Patente 4
			
<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O apoia-pés desce de forma a aliviar tensões musculares; <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mecanismo de 4 barras para descer o apoia pés; - O encosto está ligado ao assento apenas por uma barra pelo que não tem nenhum mecanismo que compense o deslizamento do corpo do utilizador. 	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mola de gás que permite uma redução substancial da força necessária para a verticalização; - Alavancas que auxiliam na verticalização; - Apoia-pés desce aquando da verticalização <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Não impede o deslizamento ao longo da cadeira. 	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Assegura que não há deslizamento entre o corpo e a cadeira; <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mecanismo de apoia-pés não desce; - Necessidade de um atuador com elevada força para acionar mecanismos a partir do apoia-pés; - Grande número de componentes. 	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O apoia-pés desce aquando da verticalização, através de uma corredeira; - Mola de gás que auxilia a verticalização; <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Não tem nenhum mecanismo que impeça o deslizamento ao longo da cadeira

3. CAPÍTULO III – SISTEMATIZAÇÃO DA SOLUÇÃO CRIADA ANTERIORMENTE

Este capítulo assenta numa revisão de todo o trabalho da referência 1, com a premissa de expor os objetivos do trabalho global, apresentando uma nova estrutura de funções bem como requisitos e critérios funcionais. Estes parâmetros foram, por vezes, alterados, tendo em conta a opinião dos supervisores da *Orthos XXI*. Numa perspetiva de se entender melhor o conceito definido, apresenta-se em subcapítulos seguintes, o funcionamento e a constituição do modelo criado. Posteriormente, exhibe-se uma análise crítica da dissertação, de forma a definir um conjunto de melhorias ao modelo estabelecido anteriormente.

3.1 Apresentação

Este subcapítulo tem a principal função de dar a conhecer o trabalho da referência 1, ao qual a presente dissertação dá seguimento.

Os objetivos do trabalho, têm como finalidade tornar clara a ideia do produto a desenvolver. Assim, apresenta-se na Tabela 6, uma lista dos objetivos do trabalho global. Estes devem ser simples, claros e fáceis de entender ainda que os mesmos possam ser alterados à medida que o problema se torna mais compreendido.

Tabela 6 - Lista de objetivos [1]

- Desempenho	- Sem arestas vivas
- Bom acabamento	- Componentes <i>of the shelf</i>
- Dimensões	- Manutenção fácil
- Baixo ruído	- Paragem fácil e imediata
- Valor	- Conforto
- Fácil de usar	- Atrativo
- Capacidade de ser utilizado em várias superfícies	- Portátil
- Versátil	- Estrutura ergonómica
- Segurança	- Luz verde indica que o mecanismo está
- Fácil de higienizar	operacional

Tabela 6 - Lista de objetivos [1] – Continuação

- Baixo peso	- Luz vermelha indica que o mecanismo não está operacional
- Baixa periodicidade de manutenção	- Funções mecânicas consolidadas
- Compacto	- Motor de elevada eficiência
- Baixo custo de operação	- Número reduzido de componentes
- Seguro de operar	- Materiais adequados
- Controlo automático e manual	- Baixo custo na substituição de componentes
- Controlo simples	- Capacidade de parar o mecanismo durante a transferência
- Eficiência	- Material resistente
- Baixa periodicidade de manutenção	
- Fácil de operar	
- Baixo custo de manutenção	

A lista de objetivos que se começa a obter inicialmente pode ser gerada ao acaso, à medida que se pensa no objetivo, ou como resultado de discussões no âmbito empresarial. À medida que se expande esta lista, toma-se consciência que alguns dos objetivos têm um nível de importância superior a outros, designando-se estes, de menor importância, por sub-objetivos. De modo a tornar claro os objetivos, procedeu-se a elaboração de um método relevante no ponto de vista da Teoria do Projeto Mecânico, a Árvore de objetivos. O método da árvore de objetivos oferece um formato útil e claro para a exposição dos objetivos, permitindo realçar os mesmos e os meios para os atingir e mostrar, numa representação esquemática em forma de diagrama, o modo como os diferentes objetivos se encontram relacionados entre si, bem como a hierarquia entre objetivos e sub-objetivos. A árvore de objetivos deste projeto está representada no Anexo IV – Árvore de objetivos. No sentido descendente, da árvore de objetivos, uma ligação indica como um objetivo de mais alto nível pode ser alcançado, enquanto no sentido ascendente, uma ligação indica o porquê da inclusão de um objetivo de mais baixo nível. Devido à árvore ser demasiado extensa, optou-se por dividir a mesma em módulos.

Estabeleceu-se também, que o dispositivo deveria cumprir determinados requisitos, ainda que alguns sejam mais importantes que outros. Neste sentido listou-se, na Tabela 7, os requisitos atribuídos com um grau de importância (de 1 a 10).

Tabela 7 - Lista de requisitos [1]

Requisitos	Grau de importância (1-10)
Transporte de pessoas com dificuldade de locomoção	10
Adaptável às articulações do corpo humano	10
Ergonómico	10
Atravancamento	8
Número de componentes reduzido	6
Baixo peso	6
Robustez	10
Fácil de higienizar	9
Tempo de transferência reduzido	5
Utilização de materiais adequados ao ambiente hospitalar	8
Baixo ruído	8
Capacidade de paragem durante o processo	10
Movimento contínuo e suave	9
Baixo custo de venda	8
Baixa necessidade de manutenção	7
Fácil manutenção	8
Eficiência energética	7
Velocidade de transferência reduzida	9
Acionamento simples	7
Fácil de utilizar	8
<i>Design</i> apelativo	4
Peso a transportar	8
Inexistência de arestas vivas	9
Utilização de componentes reguláveis	6

Definiu-se ainda que, a carga a transportar não deveria exceder os 140 kg e a altura máxima deveria ser 1,95m uma vez que valores de peso superiores poderão implicar a utilização de componentes com maior resistência à deformação. O ruído não deverá ultrapassar os 50 dB pelo facto deste

equipamento ser usado em lares e hospitais, onde se pretende um ambiente calmo e silencioso. A velocidade a que a cadeira verticaliza deverá estar compreendida entre 3 e 10 km/h inclusive, de forma a assegurar a estabilidade, segurança e conforto ao utilizador. A capacidade de paragem durante o processo, após o acionamento, não deverá ultrapassar os dois segundos de modo a garantir a segurança máxima do sistema. Com o objetivo de tornar o equipamento mais rentável e competitivo, definiu-se que a necessidade de manutenção deverá ser inferior ou igual a duas vezes por ano. Quanto ao custo de venda, tendo em conta os valores atualmente no mercado e para conseguir um conjunto de vendas que se traduza em lucros, definiu-se que o equipamento não deveria exceder os 2950 € [1].

Entre o utilizador com mobilidade nula ou reduzida até ao passo em que o mesmo se encontra com mobilidade na posição sentada ou vertical, há um conjunto de estágios intermédios. Ou seja, para que o utilizador consiga mobilidade, primeiramente o equipamento tem de ser colocado numa posição correta. Posteriormente coloca-se o indivíduo na cadeira com o sistema de segurança. De seguida, o utilizador poderá manter-se na posição sentada ou colocar-se na posição vertical. Em ambas as posições, o utilizador pode movimentar-se, adquirindo assim mobilidade.

Definiu-se, ainda, que este equipamento deveria ser capaz de:

- Providenciar uma posição vertical segura e estável;
- Fornecer ao utilizador diversas posições confortáveis;
- Ter um movimento de mudança de posição sentada para a posição vertical confortável;
- Ser acionada eletricamente, com mecanismos ao alcance do utilizador;
- Permitir que o utilizador entre e saia da cadeira facilmente por conta própria;
- Ser móvel e estável em superfícies em qualquer posição e ser amortecida para proteger a coluna vertebral do indivíduo;
- Ser robusta o suficiente para ser confiável ao utilizador;
- Possuir apoios de braços adequadamente posicionados em qualquer configuração da cadeira;
- Ter um encosto que forneça suporte satisfatório para as costas e os ombros;
- Ter um mecanismo que sirva de suporte dos joelhos e do tronco para a sua segurança e que possa ser aplicado, ajustado e removido de forma rápida e fácil;
- Possuir um sistema de travagem que possa ser usado para parar a cadeira ou reduzir a sua velocidade em descidas;
- Obedecer ao dimensionamento imposto por lei de modo a que a sua acessibilidade seja o mais ampla possível;

- A rotação dos movimentos nos pontos de articulação da cadeira deve ser constituída por mecanismos que imitem tanto quanto possível as articulações dos joelhos e do quadril [1].

O maior problema nas cadeiras de verticalização é o deslizamento que estas promovem entre o corpo do utilizador e o encosto/assento aquando das transições sentado-em pé e vice-versa. O ideal seria que, aquando da verticalização, a cadeira imitasse tanto quanto possível os pontos de articulação do utilizador, nomeadamente, o do joelho e do troncante maior, de modo a diminuir o máximo possível de deslizamento. Neste sentido, no trabalho da referência 1, fez-se um estudo computacional, em *SolidWorks*, de modo a obter o deslocamento entre o utilizador e a cadeira, aquando da verticalização. A simulação foi realizada com uma cadeira com dois mecanismos de rotação simples, um paralelo à rotação dos joelhos e outro paralelo a rotação da anca do modelo humano 100% articulado. A cadeira foi projetada com dimensões aproximadas a uma cadeira de rodas normal (assento com 480 mm e encosto com 500 mm) e o modelo usado tinha 176 cm de altura. Na Figura 32 está representado o deslizamento entre o corpo do indivíduo e o assento/encosto desde a posição sentada até uma posição vertical, a 160° e vice-versa. Na trajetória da parte positiva do eixo dos YY é demonstrado o deslocamento da passagem da posição sentada para a posição vertical. Seguidamente, o indivíduo passa da posição vertical para a posição sentada, como mostra a trajetória na parte negativa do eixo dos YY [1].

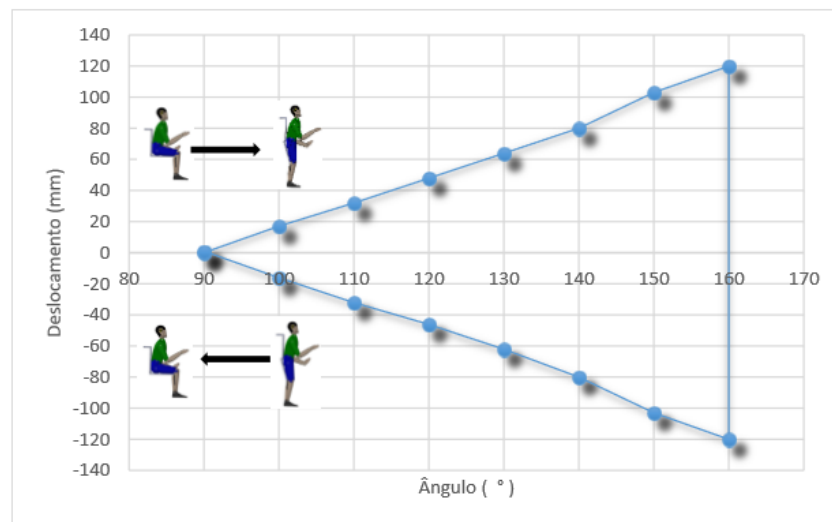


Figura 32 – Gráfico representativo do deslocamento utilizador face à cadeira [1]

O deslocamento máximo obtido foi de 120 mm, quando o utilizador se encontrava verticalizado a 160°. Este valor está muito próximo aos valores encontrados em dois estudos na literatura. Um desses estudos aponta que o deslocamento, em média, durante a reclinção, é de 110 mm enquanto o outro

estudo, feito com indivíduos paraplégicos na cadeira de verticalização *LY-ESB240 Comfort Orthopedic Co. Ltd*, sem mecanismos anti deslizamento, indica que o deslizamento aquando da verticalização é de 90 mm. Fez-se ainda um estudo prático, recorrendo a duas cadeiras de verticalização da empresa *Mobilitec*, a *LSR-Lifestand* e a *Oceania da Vassilli*. Ambas tinham mecanismos de compensação do deslizamento das costas. Foram registados os deslocamentos, entre o utilizador e estas cadeiras, com um intervalo de 10°, desde um ângulo mínimo de 90° até um ângulo máximo de 160°. O valor do deslocamento foi obtido por medições entre o punho da cadeira e topo da cabeça do utilizador, utilizando para isso o software *Kinovea*, reprodutor de vídeo utilizado para analisar, estudar e simular movimentos de atletas. Nas Figuras 33 e 34 estão representados os deslocamentos do utilizador face às cadeiras *LSR-Lifestand* e a *Oceania da Vassilli*, respetivamente [1].

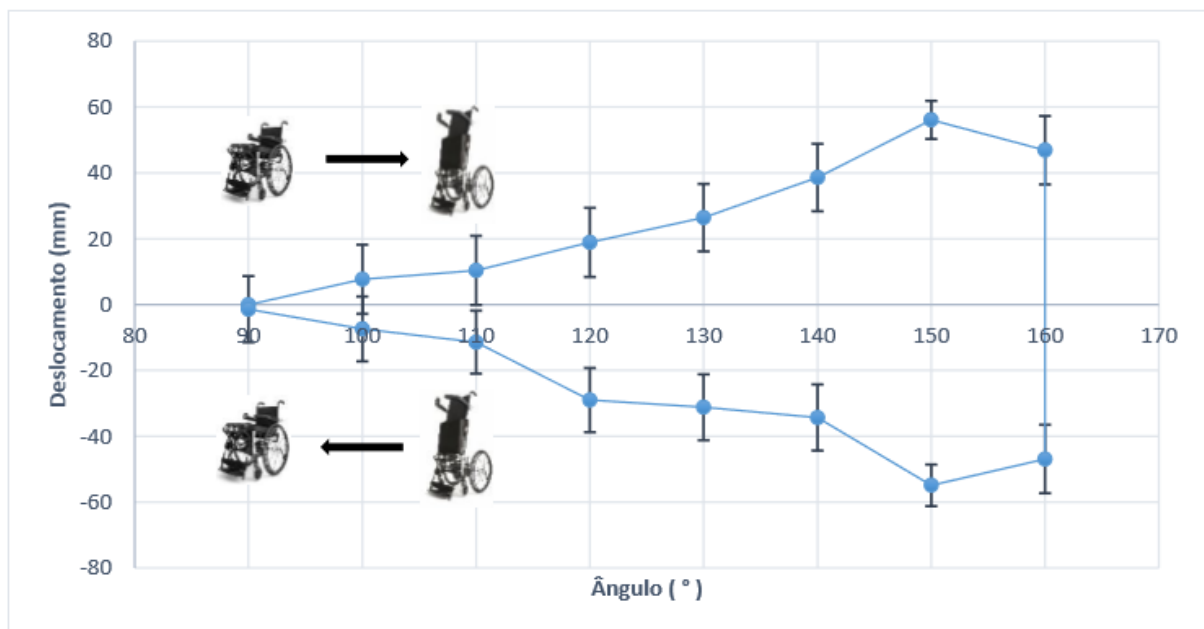


Figura 33 – Gráfico do deslocamento do utilizador face à cadeira LSR Lifestand [1]

Deste jeito, verifica-se um deslocamento de aproximadamente de 47 mm. Além disso, verificou-se, que o nível do apoio pés desceu cerca de 48 mm de modo aliviar tensões musculares nas pernas quando da mudança de posição [1].

Com a cadeira *Oceania*, o deslocamento do utilizador face à cadeira foi de aproximadamente de 59 mm e o apoio pés desceu cerca de 46mm.

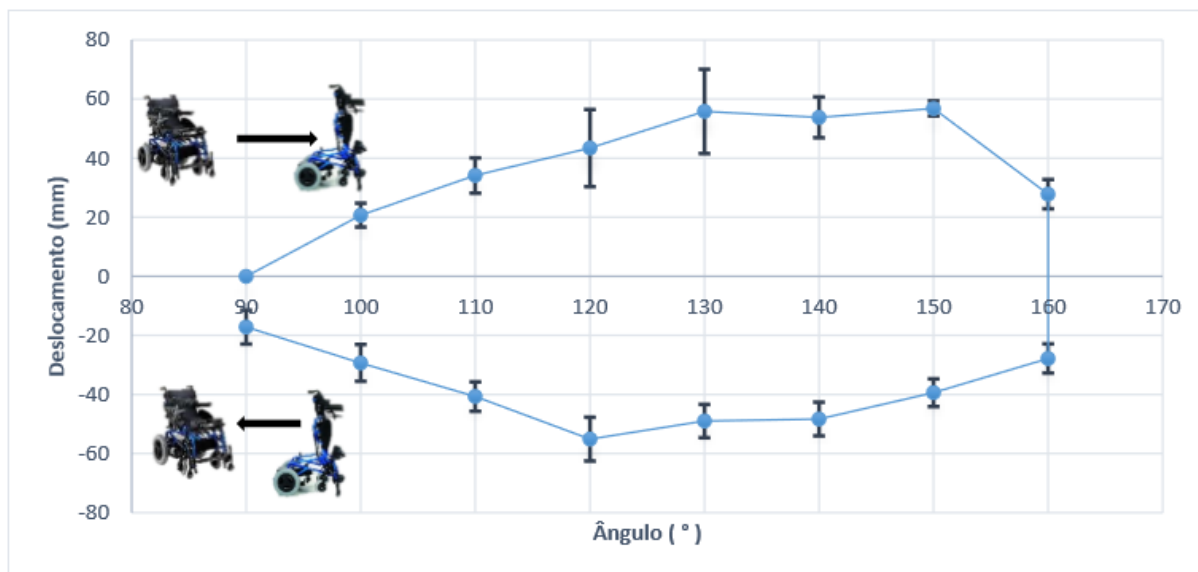


Figura 34 - Gráfico do deslocamento do utilizador face à cadeira [1]

3.2 Funcionamento e constituição

Com a premissa de encontrar uma solução económica, ergonómica e em busca de ideias acerca dos mecanismos ideais de verticalização, procedeu-se a um *brainstorming*. A cadeira de rodas com verticalização terá de imitar tanto quanto possível o movimento de verticalização do corpo humano. Posto isto, concluiu-se que, aquando da verticalização, o apoia-pés deveria descer de forma a aliviar tensões musculares das pernas e o encosto deveria acompanhar as costas do utilizador. Para solucionar a questão do apoia-pés foram apresentadas duas soluções: um mecanismo de quatro barras (Figura 35 (a)) e uma corredeira tubular (Figura 35 (b)).

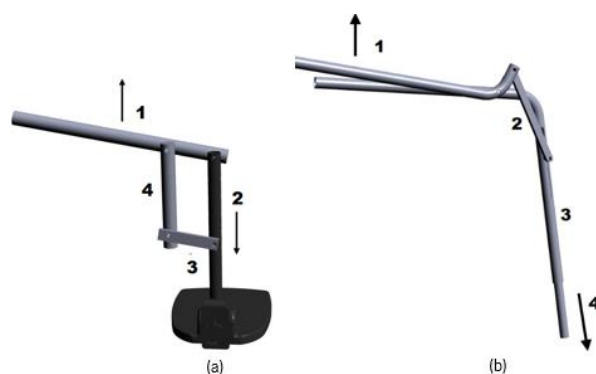


Figura 35 – Soluções para descer e subir o apoia-pés: (a) mecanismo de 4 barras e (b) corredeira tubular telescópica [1]

No mecanismo de quatro barras, a barra 4 está fixa e, por isso, aquando da verticalização, a barra 1 movimenta-se fazendo com que a barra 2 (barra acoplada ao patim) desça com auxílio da barra

3. No caso do mecanismo da corredeira telescópica, haveria um tubo (4) por dentro de outro que estaria fixo (3) e um ligante (2) que conduziria os patins em movimento descendente por ligação ao tubo interior (4) à medida que a barra 1 se verticaliza. Ambos os mecanismos eram simples de montar, com um número reduzido de componentes. Além disso, a corredeira telescópica ainda tinha a vantagem de possibilitar a regulação em altura dos patins. No entanto, ambos os mecanismos apresentavam a desvantagem da prisão do vestuário nas articulações. Posto isto, optou-se pela escolha da corredeira como solução para o apoia-pés. O deslocamento máximo do movimento dos patins, aquando da verticalização, é de 50 mm. Este valor vai de encontro aos testes feitos com as cadeiras *LSR-Lifeland* e a *Oceania da Vassilli*, em que se verificou que o apoia-pés descia cerca de 48 mm e 46 mm, respetivamente, aquando da verticalização [1].

No que diz respeito ao encosto, este deveria acompanhar o corpo do utilizador aquando da transição das posições sentado-verticalizado e verticalizado-sentado. Pensou-se em duas soluções, sendo que a primeira passava pela implementação de um atuador linear, representado na Figura 36 (a), que faria com que o encosto acompanhasse o movimento das costas, minimizando o deslizamento entre o utilizador e a cadeira. A segunda solução seria colocar uma mola na parte traseira do encosto, como representado na Figura 36 (b). Assim, o encosto deslizaria de forma livre em dois guiaamentos tubulares consoante as movimentações do utilizador, evitando, desta forma, que ocorra o deslizamento entre o corpo do utilizador e o encosto [1].

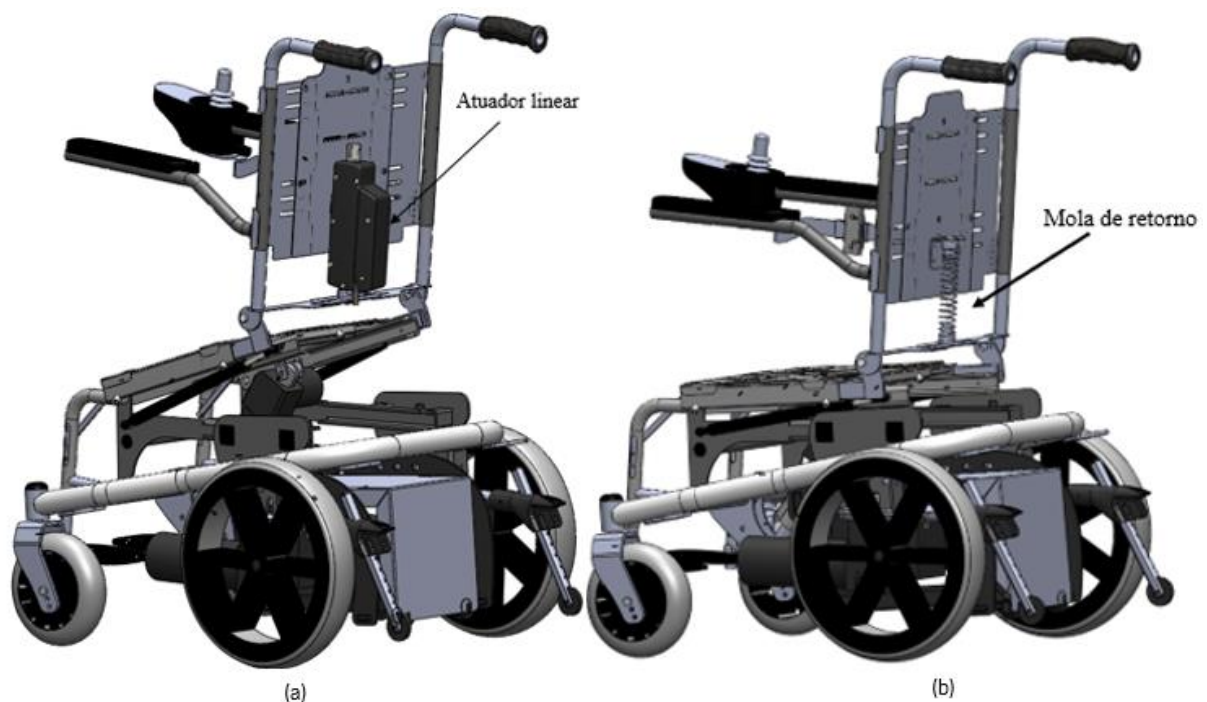


Figura 36 – Soluções para a movimentação do encosto: (a) implementação de um atuador linear e (b) encosto livre com mola [1]

Ambos os mecanismos eram simples de montar e tinham um número reduzido de componentes, além disso, a solução da mola permitia regular a altura na posição inicial. No entanto, esta última não apresentava garantia de funcionamento e a solução do atuador linear acarretava um maior dispêndio e maior consumo de energia das baterias. Como um dos objetivos principais desse projeto era criar um produto económico, optou-se pela solução da mola [1].

A solução adotada passaria então pela escolha de uma corredeira telescópica para descer ou subir o apoia-pés, com um deslocamento máximo de 50 mm. Além disso, o apoia-pés poderá ser regulado em três níveis. O mecanismo adotado para diminuir o deslizamento do utilizador face à cadeira foi a implementação de uma mola na parte traseira do encosto. O encosto possui dois tubos laterais, os quais deslizam sobre outros de menor diâmetro, criando assim o movimento ascendente e descendente do encosto. Aquando da verticalização, o deslocamento do encosto poderá atingir os 110 mm com compressão da mola em movimento descendente [1].

Na Figura 37 está representada a cadeira de verticalização. Esta cadeira poderá ser adaptada a uma gama de utilizadores, uma vez que permite o ajuste em largura do assento e do encosto. A altura das rodas, do apoia-pés, do apoia-braços e do suporte de joelhos também é possível de regular. Este último pode ainda ser regulado em função do ângulo. Em termos de comprimento é possível ajustar o assento e ainda o *joystick*. Na Figura 37 é possível visualizar estes ajustes na cadeira, definidos pelas setas.



Figura 37 – Cadeira de verticalização com os ajustes definidos pelas setas [1]

A cadeira de verticalização apresenta-se como uma cadeira robusta, design simples e compacta. O utilizador pode manobrar a cadeira quer esteja sentado ou verticalizado [1].

Após a modelação da cadeira de verticalização fez-se uma classificação de componentes de forma a perceber os que se tinham de adquirir e os que se tinham de fabricar. Assim, os motores motrizes direito e esquerdo, o motor de verticalização, a bateria, o *joystick*, as rodas, a mola, os amortecedores, os polímeros, os parafusos, as porcas, o cinto de segurança, os almofadados e os apoia-braços são componentes que terão de ser adquiridos enquanto os perfis, as chapas, os casquilhos e os elementos de ligação dos módulos serão componentes possíveis de serem fabricados na *Orthos XXI*. No que diz respeito aos componentes adquiridos, os motores motrizes seleccionados para esta cadeira são motores utilizados na empresa e adquiridos à *Motion Tech Motors CO. LTD*. As principais especificações técnicas do motor escolhido estão representadas na Tabela 8 e a respetiva ilustração na Figura 38. Neste tipo de motor, é de salientar que o mesmo possui um sistema de travagem, ou seja, quando o utilizador para de impulsionar o joystick, as rodas bloqueiam, parando a sua marcha.

Tabela 8 - Características motores motrizes [1]

Relação	1:32
Voltagem	24 V 2.5 A
Potencia de saída	200 W
Velocidade	3900 ± 100 rpm
Torque	20 kgf -cm
Ruído Máximo	62 dB



Figura 38 - Motor motriz roda esquerda e roda direita [1]

As rodas traseiras e dianteiras têm um diâmetro de 300 mm e 200 mm, respetivamente. Através do diâmetro das rodas de acionamento motriz (rodas traseiras) determinou-se que a velocidade que a cadeira poderia alcançar, para se deslocar, seria de 6,9 km/h. O *joystick* e o seu controlador são outros componentes adquiridos pela empresa. Estes já são usados na *Orthos XXI* e será possível adapta-los na cadeira de verticalização. O motor linear para efetuar a verticalização da cadeira é um componente *standard* que também já existe na empresa. Este é utilizado noutras cadeiras para fazer reclinção do encosto. O motor seleccionado para este equipamento é do modelo *JC35D* da marca *Jiechang Linear Motor*. As especificações deste produto são apresentadas na Tabela 9 e a sua ilustração é exibida na Figura 39 [1].

Tabela 9 - Especificações Motor de verticalizar [1]

Carga dinâmica a puxar	3000 N
Carga dinâmica a empurrar	3000 N
Velocidade com carga	6 mm/s
Comprimento do curso	100 a 400 mm (opção > 400)
Posição de montagem	Tipo H, V e 45°
Temperatura de operação	+5 a +40 °C



Figura 39 - Jiechang Linear Motor - JC35D [1]

A bateria adotada é também um componente *standard* na *Orthos XXI*. Esta é adquirida à *Only Batteries* e é utilizada em todas as cadeiras motorizadas na empresa. As características técnicas podem ser consultadas na Tabela 10 e observada a imagem na Figura 40.

Tabela 10 - Especificações técnicas da bateria [1]

Voltagem Nominal	12V
Amperagem	50 Ah
Peso	16,8 kg
Temperatura de funcionamento	- 60 ° C até 60 ° C
Dimensão	228x139x235 mm



Figura 40 -Bateria Gel 12 V 50 Ah

No que diz respeito aos componentes a fabricar, os perfis tubulares podem ser projetados numa das tecnologias mais avançadas para a dobragem destes perfis, pertencente à *Orthos XXI*. Quanto aos perfis em chapa, os mesmos podem ser produzidos recorrendo a uma máquina de corte laser por CO₂ *Bystronic – Bystar 3015* e uma quinadora hidráulica. Quanto aos casquilhos, optou-se pela utilização de casquilhos autolubrificantes [1].

3.3 Análise crítica

O objetivo da dissertação da referência 1 passava essencialmente pela elaboração de uma cadeira de verticalização num modelo 3D em *SolidWorks*. Este produto uma vez criado e aprovado pelos supervisores na *Orthos XXI* seria então construído para posteriormente ser comercializado por esta empresa.

Fez-se um estudo de mercado e de patentes no sentido de verificar que mecanismos já existiam bem como as vantagens/desvantagens dos mesmos e ainda uma pesquisa do preço das cadeiras

atualmente no mercado. Era crucial ter em conta este último fator de forma a objetivar um custo para o equipamento que por um lado fosse aliciente para os utilizadores e, por outro lado, que gerasse lucros para a empresa fabricante.

Como já foi referido, o maior problema deste tipo de cadeiras é o deslizamento do corpo que elas promovem aquando da verticalização. Para pessoas sem qualquer restrição na mobilidade, isto não seria um problema tão grande como para pessoas com alguma deficiência motora.

Em termos mais práticos fez-se um estudo com duas cadeiras atualmente comercializadas, a *LSR-Lifestand* e a *Oceania da Vassilli*. O deslocamento máximo mediu-se quando o utilizador se encontrava verticalizado a 160° e obtiveram-se valores de 47 mm e 59 mm, respetivamente [1].

Relativamente à cadeira de verticalização projetada, apresenta alguns problemas na sua estrutura. Embora no trabalho da referência 1, o tamanho da cadeira seja sempre referido como um tamanho para adulto, o certo é que a mesma está projetada para um assento de 300-400 mm de largura com o resto das medidas proporcionais ao mesmo. Este tamanho é adequado para crianças com cerca de 10/12 anos. Portanto, o tamanho da cadeira será alterado para um tamanho de adulto. Com isto, o assento passará a ter 400-500 mm de largura (reguláveis se for possível), ao invés de 300-400 mm. Posto isto, todos os restantes componentes também serão alterados de forma a terem o tamanho correto de uma cadeira de adulto.

Outro aspeto que sobressai na cadeira projetada é o apoio de braço. Como se pode constatar na Figura 41, os apoios de braços estão fixos na chapa do encosto. Por requisito da parte dos supervisores da *Orthos XXI*, o apoio de braços será alterado, tanto de posição como para uma estrutura mais robusta. O ideal seria, que não estivesse fixado ao encosto.



Figura 41 – Imagem ilustrativa da posição dos apoios de braços [1]

Em conjunto com os supervisores da *Orthos XXI*, discutiram-se outros aspetos que não estariam tão bem conseguidos. Numa primeira análise, no *SolidWorks*, sobressai a fragilidade/simplicidade do sistema de chapas de articulação do assento ao encosto, considerando que a cadeira pode suportar 140kg. As chapas de articulação estão representadas na Figura 42. Uma das chapas tem um pino (sinalizado pela seta preta) que roda sobre o rasgo da outra chapa, fazendo batente quando a cadeira está na posição sentado e na posição verticalizado, impondo assim o grau de inclinação do assento.

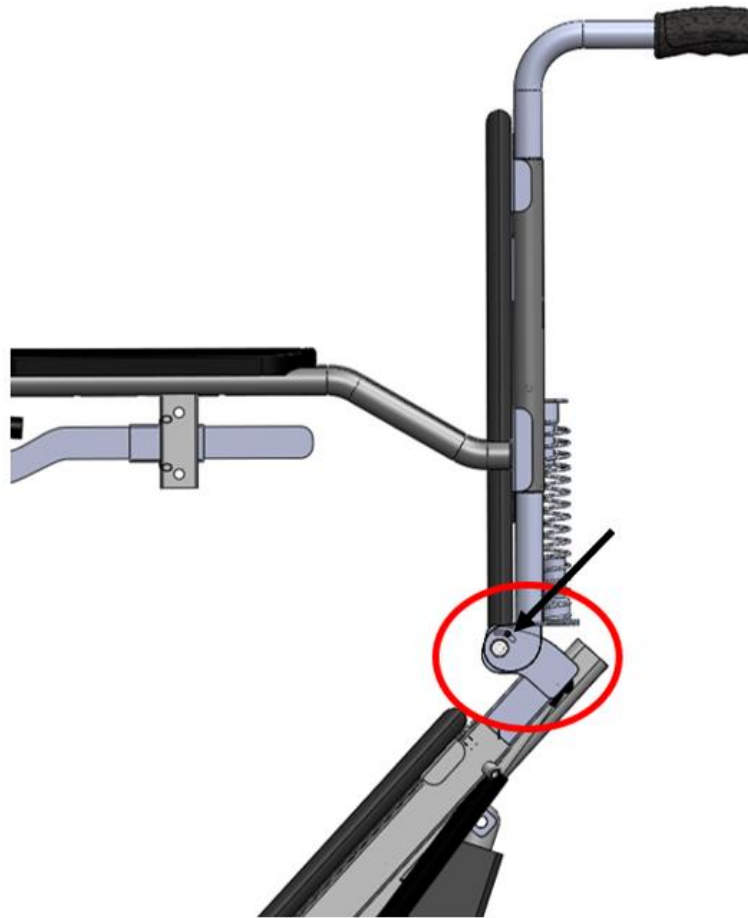


Figura 42 – Representação das chapas de articulação

No entanto, nada impede que o encosto oscile para trás e para a frente numa determinada posição aquando da verticalização. Em *SolidWorks*, impôs-se o assento fixo numa posição durante a verticalização de modo a simular o ato do utilizador ter parado a verticalização, através do *Joystick*, nessa mesma posição. Acontece que se fosse aplicada força no encosto ele oscilava para trás e para a frente, como é possível verificar na Figura 43. Este é, sem dúvida, o aspeto mais crítico na estrutura da cadeira e que merecerá mais atenção para o solucionar.



Figura 43 – Oscilação do assento para trás (esquerda) e para a frente (direita) com o assento fixo

Além disso, a mola, apesar de ser um mecanismo com baixo custo, não é garantia de funcionalidade uma vez que não se consegue programar o deslocamento pretendido do encosto. Após reunir com os supervisores, decidiu-se não considerar a mola como opção para o deslocamento do encosto. Assim, terá de se optar por outro mecanismo, que à medida que a cadeira verticaliza, trabalhe em movimento descendente, acompanhando as costas do utilizador. Idealmente, aplicar-se-ia um motor linear. Apesar de ser uma solução mais dispendiosa para a empresa, é uma solução mais viável.

Além disso, quando a cadeira está na posição inicial, apoia num batente de uma dimensão muito reduzida. O batente, fixo na chapa guia (exibida a vermelho), está representado na Figura 44.

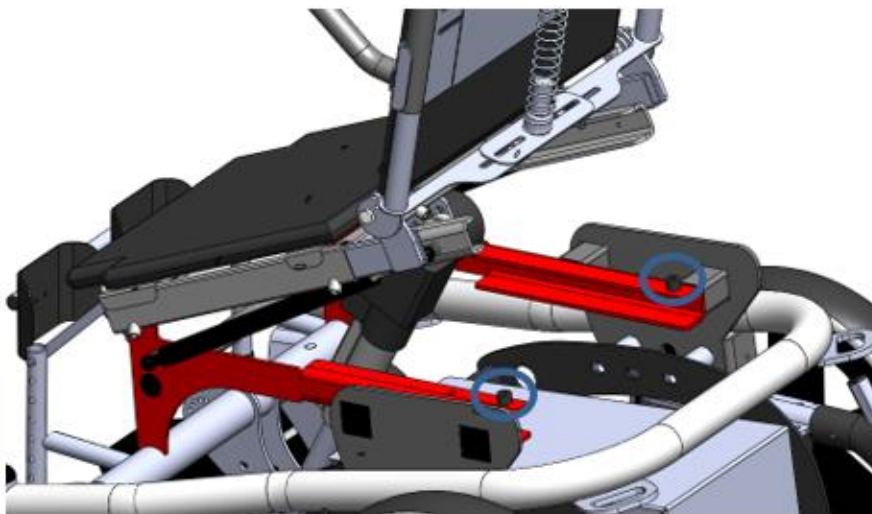


Figura 44 – Representação do batente na chapa guia

Pretende-se, por isso, alterar o batente de forma a ter uma área maior, que sirva de suporte ao assento. A chapa guia também será alterada para uma estrutura mais simplificada.

A posição do motor também não é correta uma vez que quando a cadeira verticaliza, o motor atinge um ponto em que fica completamente vertical (Figura 45). Nesta posição, o motor está sujeito a mais esforços e não tem capacidade para suportar o utilizador. Além disso, o motor a ser usado é um motor com 100 mm de curso, no entanto, no projeto do desenho do motor, o curso não foi desenhado apenas com 100 mm mas sim com 250 mm. A única razão para a cadeira conseguir verticalizar até à posição da Figura 45, é precisamente o motor estar desenhado com um curso de 250 mm. Se o curso do motor fosse de 100 mm, como deveria, e estivesse posicionado de igual forma, a cadeira apenas conseguiria verticalizar até um ângulo de 25° do assento com a horizontal.



Figura 45 – Posição do motor, com a cadeira completamente verticalizada

O patim também deverá ser reforçado, uma vez que a chapa que o compõe é muito frágil. O patim está representado na Figura 46.



Figura 46 – Estrutura do patim

A chapa onde o pé apoia tem uma espessura de apenas 3 mm além dos rasgos, que torna a chapa mais frágil ainda.

Estabeleceu-se que a cadeira deveria verticalizar até um ângulo máximo de 85° relativamente ao eixo dos xx. Além disso, o ângulo mínimo, relativamente ao eixo dos xx, deverá ter 3° negativos de forma a oferecer maior conforto e uma posição mais relaxada ao utilizador, por comparação com um ângulo de 0° .

Outro dos aspetos observados foi o facto de o mecanismo da corrediça tubular usada para descer o apoia pés à medida que a cadeira verticaliza já estar patenteado. No entanto, esta patente, por ser recente, foi encontrada muito tarde pelo que se optou por fabricar o protótipo com esse mecanismo para não atrasar os resultados. Este mecanismo é bastante simples e muito vantajoso no que diz respeito a aliviar tensões nas pernas. Também por esta razão se decidiu produzir a cadeira, mas com o propósito de, posteriormente à montagem conseguir perspetivar uma maneira de contornar a patente mantendo o princípio de fazer descer os apoia pés.

Em suma, as alterações que se pretendem fazer são o tamanho da cadeira para um tamanho de adulto, reforçar todo o sistema que envolve as chapas de articulação do assento e encosto de forma a alcançar uma estrutura robusta, mas, principalmente, garanta que o encosto esteja vertical tanto na posição inicial como durante a verticalização. Alterar-se-á, também, a posição dos apoios de braço e a do motor de forma a que este permaneça com um certo grau de inclinação durante todo o movimento de verticalização e retorno à posição inicial. A mola utilizada para descer as costas aquando do movimento de verticalização também será substituída por outro mecanismo. O batente em que a cadeira apoia também será alterado de forma a garantir mais suporte ao assento. Além disto, pretende-se implementar um apoio de cabeça com o intuito de permitir um suporte adequado da cabeça, durante todo o movimento da cadeira, traduzindo-se num melhor alinhamento corporal

4. CAPÍTULO IV – PROJETO DA SOLUÇÃO FINAL

Inicialmente foi estabelecido um plano de projeto onde foram determinados objetivos para serem realizados num período de tempo estipulado. No entanto, há fatores associados ao estágio na *Orthos XXI* que devem ser considerados, como a gestão dos recursos humanos, a gestão do painel de desenvolvimento dos produtos bem como fatores temporais. O planeamento das tarefas no âmbito do projeto pode ser consultado no Anexo II – Planeamento de Projeto.

Neste capítulo pretende-se elucidar o leitor dos passos necessários e que permitiram chegar à solução final. Além disso, é exposta uma apresentação do produto, mencionando as principais características. Por fim, é mencionado o modo de funcionamento da cadeira.

4.1 Etapas que possibilitaram chegar à solução final

Este subcapítulo expõe o passo a passo da construção do protótipo, com imagens comparativas do protótipo que foi criado anteriormente e do protótipo modificado no âmbito desta dissertação. No Anexo III – Desenhos técnicos, podem ser consultados desenhos técnicos de componentes do protótipo desenvolvido neste projeto. Devido à enorme quantidade de componentes, optou-se por colocar dois desenhos técnicos de cada processo de fabrico.

No subcapítulo 3.3 são indicados vários aspetos da cadeira de verticalização que se pretendiam alterar. De forma a solucionar o ponto mais crítico do protótipo, isto é, encontrar um sistema que garanta que o encosto esteja sempre vertical, em qualquer posição, fez-se um estudo em *SolidWorks* com um mecanismo simples de quatro barras, representado na Figura 47, com o assento a 0° (Figura 47 a.), 45° (Figura 47 b.) e 80° (Figura 47 c.). A barra mais pequena simula os patins. Esta mesma barra está fixa e articula em dois pontos, na barra do assento e numa barra abaixo deste, designada tirante. Esta barra além de articular na barra fixa, articula também no encosto. Este por sua vez articula também em dois pontos: no tirante, como já referido, e na barra do assento. Assim, a verticalidade do encosto será alcançada devido ao tirante, que permite o encosto articular em dois pontos, mantendo sempre a sua posição. No sistema projetado em 2D, o tirante está articulado aos patins apenas por este ser uma barra fixa e não por ser uma imposição estar ligado aos patins. Quer isto dizer que quando se projetar o mecanismo, em 3D, o importante é que aquela extremidade do tirante esteja articulada a uma estrutura

fixa. Além disto, o tirante tem de ter uma determinada distância ao assento que garanta que estas não colidam aquando da verticalização (Figura 47 c.)

Assim, tendo o encosto articulado em dois pontos, é possível garantir que o mesmo não oscilava para trás e para a frente, mantendo sempre a posição vertical durante toda a elevação.

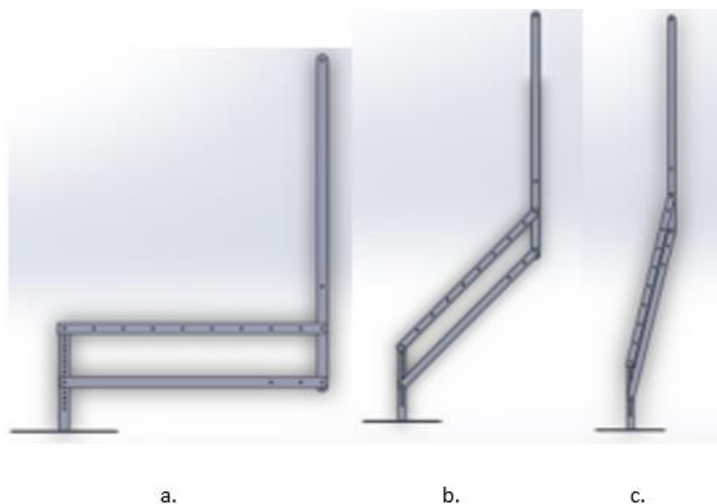


Figura 47 – Mecanismo de quatro barras, com o assento a: a. 0°, b. 45° e c. 80°

Para uma leitura mais facilitada, considerar-se-á como ponto 1 o ponto de articulação do assento-patim, o ponto 2 o ponto de articulação tirante-patim, o ponto 3 o ponto de articulação do assento-encosto e o ponto 4 o ponto de articulação tirante-encosto. Além do que já foi referido, a distância do ponto 1 ao ponto 2 tem de ser rigorosamente igual à distância do ponto 3 ao ponto 4. Os pontos e as distâncias estão representados na Figura 48.

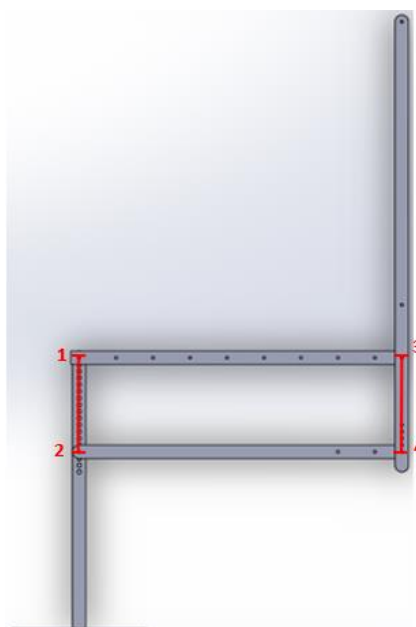


Figura 48 – Representação das distâncias do ponto de articulação do assento-patim (1) ao ponto de articulação tirante-patim (2) e do ponto de articulação do assento-encosto (3) ao ponto de articulação tirante-encosto (4)

No entanto, na cadeira projetada anteriormente o ponto de articulação do assento-encosto não estava no mesmo eixo do encosto, mas sim à frente deste. Reproduziu-se então no mecanismo 2D, já criado, a posição exata do mesmo. O ponto de articulação está representado na Figura 48, na cadeira da referência 1 (Figura 49 a.) e no mecanismo 2D (Figura 49 b.).

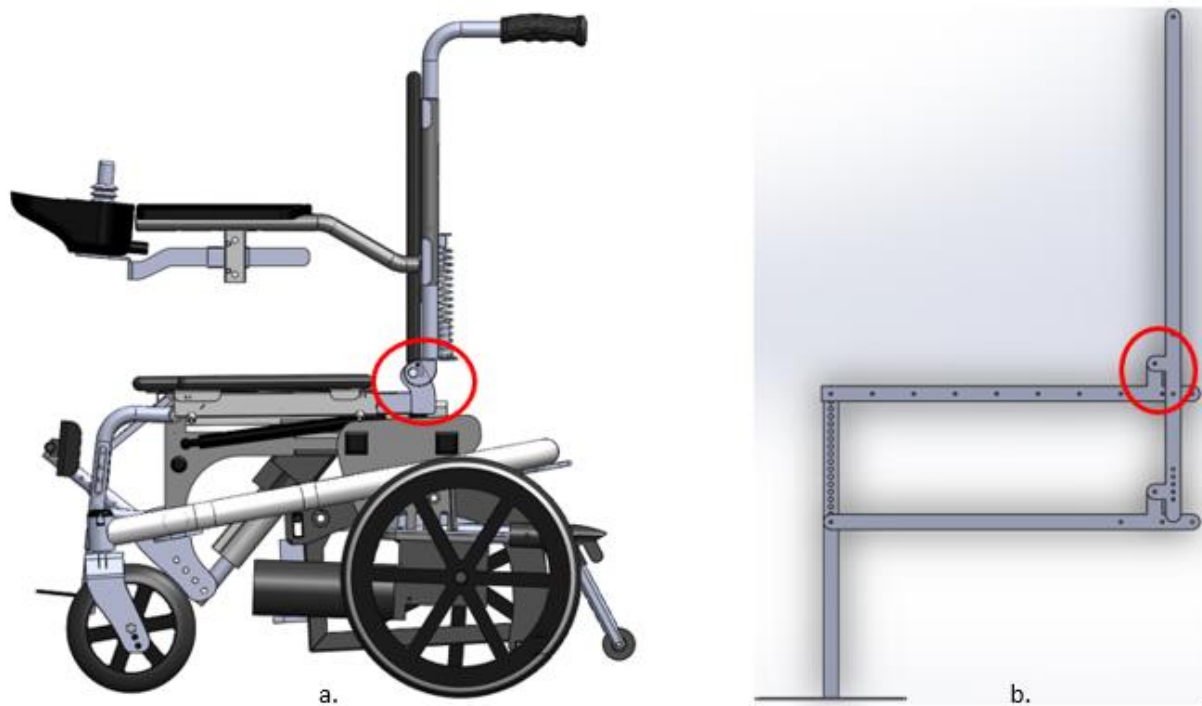


Figura 49 – Ponto de articulação do assento-encosto, na cadeira do protótipo já concebido (Figura 49 a.) [1] e no mecanismo 2D (Figura 49 b.)

Ao colocar o ponto de articulação 3 à frente do eixo do encosto, teve de se colocar, obrigatoriamente, o ponto de articulação 4 alinhado com este para que o encosto se mantenha sempre vertical durante a verticalização. Concluiu-se ainda que a distância do ponto 1 ao ponto 3 e a distância do ponto 2 ao ponto 4 (Figura 50) influenciavam também a verticalidade do encosto aquando da elevação. Isto é, se estas distâncias fossem diferentes, ao elevar a cadeira num determinado ângulo, o encosto não ficava vertical. Assim, também estas distâncias, no eixo dos yy , teriam de ser exatamente iguais. Contudo, ao colocar o ponto de articulação desfasado do eixo do encosto, originava-se outro problema: aquando da elevação da cadeira, o assento e o encosto não estariam perfeitamente alinhados e isso levaria a que a posição do utilizador fosse incorreta durante este processo. Além disso, o facto dos pontos de articulação 3 e 4 estarem mais à frente do eixo do encosto, fará com que estes colidam com a almofada do assento (Figura 51).

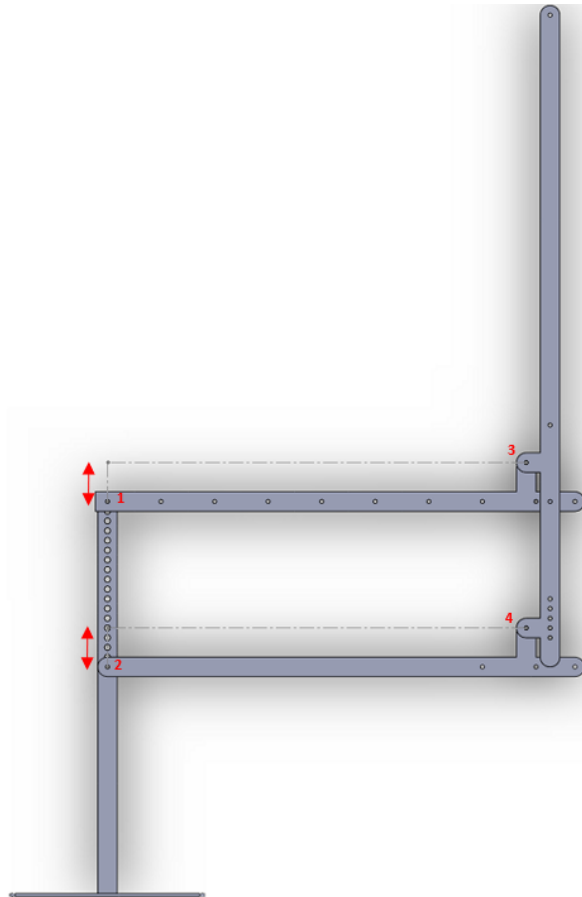


Figura 50 – Representação das distâncias do ponto 1 ao ponto 3 e do ponto 2 ao ponto 4



Figura 51 – Representação da interferência dos pontos de articulação com a almofada do assento

Desta forma, o ponto de articulação deverá estar alinhado pelo eixo do encosto. Na Figura 52 a. e 52 b. é possível verificar este alinhamento por comparação de um mecanismo com o ponto de articulação desfasado do eixo vertical do encosto e de um mecanismo com o ponto de articulação alinhado pelo eixo, respetivamente.

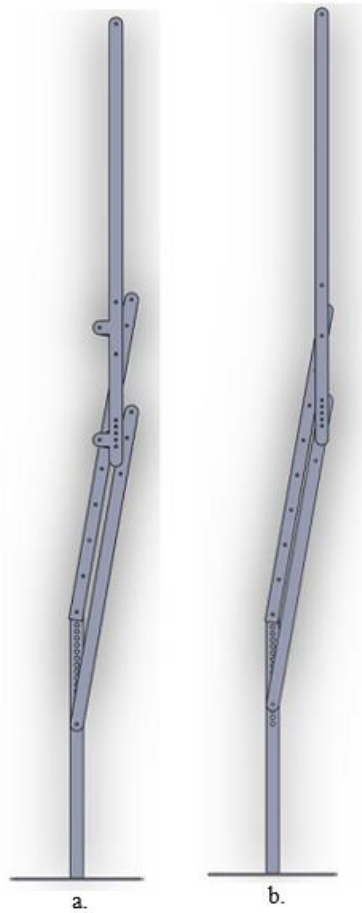


Figura 52 – Alinhamento do assento com o encosto, com o ponto de articulação desfasado do eixo vertical do encosto (a.) e de um mecanismo com o ponto de articulação alinhado pelo eixo (b).

Aplicou-se, então, este mecanismo na cadeira de verticalização, como mostra a Figura 53. Por se tratar de um mecanismo 3D, o tirante não pode ficar no mesmo plano do assento por questões de colisão. Optou-se por colocar o tirante para o interior da cadeira e não para o exterior, por questões estéticas. Na cadeira de verticalização os pontos estão perfeitamente alinhados. A distância do ponto 1 ao ponto 2 é a mesma que a do ponto 3 ao ponto 4. Além disso, como já foi referido, a distância do ponto 1 ao ponto 3 tem de ser a mesma que a do ponto 2 ao ponto 4 para se manter a verticalidade do encosto e isso também foi meticulosamente cumprido no desenho da cadeira, conseguindo, desta forma, alcançar uma posição vertical durante toda a elevação (Figura 54).

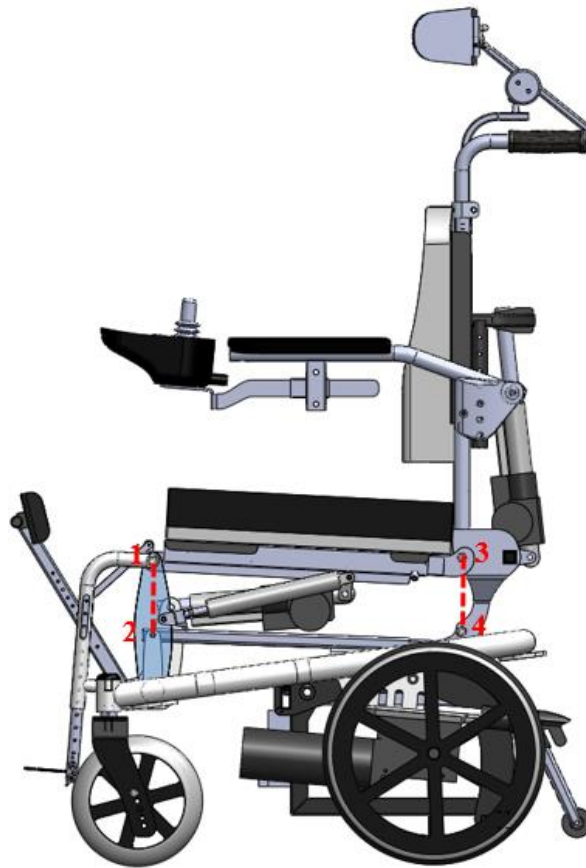


Figura 53 – Cadeira de verticalização, assinalada com os pontos de articulação



Figura 54 – Demonstração da cadeira de verticalização em duas posições, sempre com o encosto vertical

Outro dos aspetos a modificar era o tamanho da cadeira, pelo que o mesmo foi alterado. O assento, projetado anteriormente, era regulável em largura de 300-400 mm. No entanto, com o sistema que se desenvolveu, dos quatro pontos de articulação, não é possível regular a largura do assento. Isto deve-se a estruturas que estão soldadas ao chassi e ligadas de alguma forma ao assento, não permitindo que o mesmo tenha essa regulação. Na Figura 55 é possível constatar esta situação pelas peças representadas a azul escuro. O facto de não permitir regular a largura do assento não é problemático uma vez que as regulações já não são um requisito prioritário. Além disso, quantas mais regulações o sistema teve, mais folgas surgirão na cadeira, pelo que a tornará mais instável.

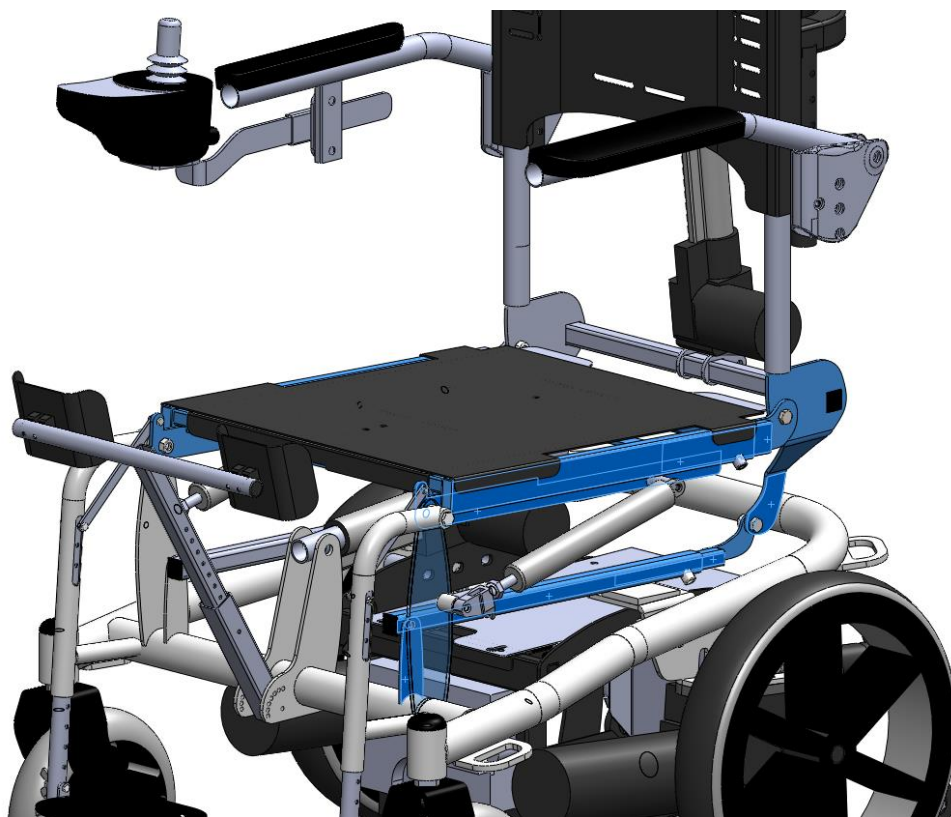


Figura 55 – Representação, a azul escuro, das peças que não permitem que o assento regule em largura

A questão dos apoia braços também foi alterada de forma a que os mesmos estejam mais nas extremidades da cadeira e não tanto no interior. A solução passou por colocar uma peça de plástico ligada a um tubo do encosto. Desta forma, foi possível afastar os apoia braços mantendo a regulação em altura através de furações ao longo do tubo. Além disso, este apoio de braços também é rebatível. Na Figura 56 é possível verificar essas diferenças, entre o protótipo anterior (Figura 56 a.) em relação ao atual (Figura 56 b. e c.).

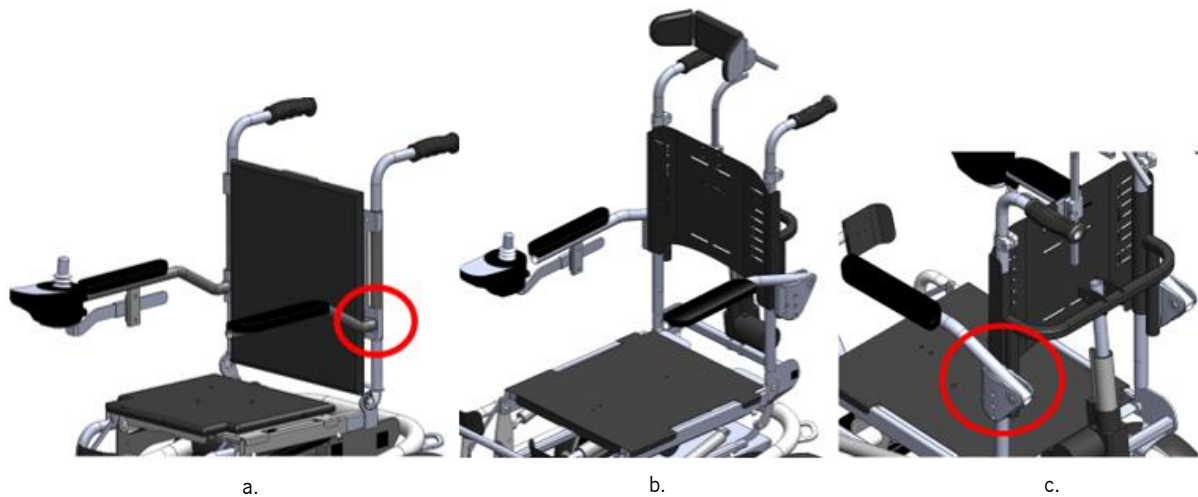


Figura 56 – Imagem ilustrativa dos apoia braços no protótipo anterior (a.) [1] e no atual (b. e c.)

No que diz respeito ao batente e à chapa guia, os mesmos foram alterados. A área do batente foi aumentada e simplificou-se chapa guia numa chapa mais pequena. Estas alterações podem ser observadas nas Figuras 57 a. e 57 b., referentes ao estado anterior e atual do protótipo, respetivamente.

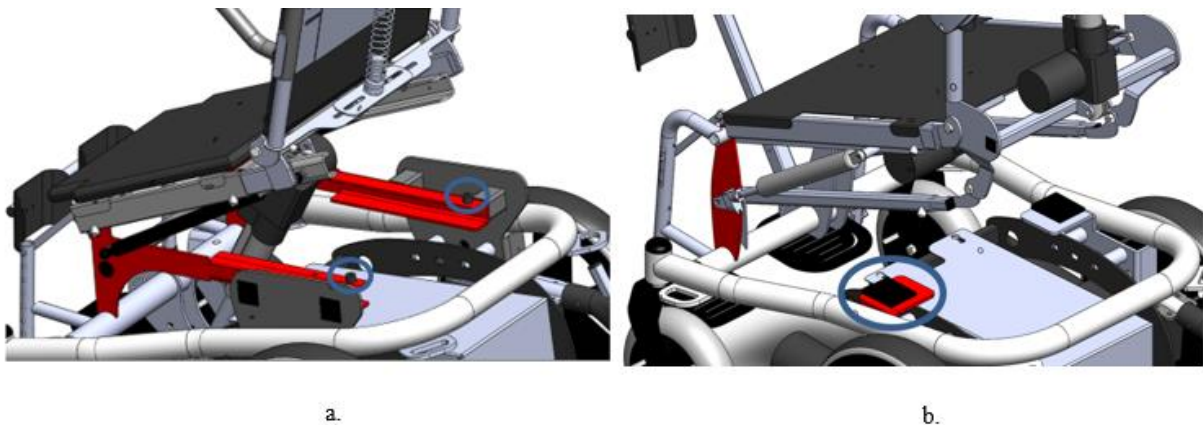


Figura 57 – Aparência da chapa guia (vermelho) e do batente (rodeado a azul) no protótipo anterior (a.) [1] e no atual (b.)

A posição do motor responsável pela elevação da cadeira também foi alterada, para que o mesmo não estivesse sujeito a tantos esforços e conseguisse suportar o peso do utilizador. Além disso, teria de se posicionar minuciosamente o motor de forma a conseguir aproveitar todo o curso desde a posição inicial até à final. Ou seja, na posição inicial, com o assento a 3° negativos relativamente ao chão, o motor teria de estar completamente fechado, e na posição final, com o assento a 85° positivos em relação ao chão, o motor teria de estar completamente aberto. Isto porque, se o motor estiver mal posicionado, no caso de o motor não ter curso suficiente não vai elevar o assento até 85° como

pretendido e, no caso de ter curso a mais, se o utilizador carregar continuamente no *joystick* a cadeira vai continuar a fazer a elevação, ultrapassando os 85°. De forma a determinar a posição correta para o motor fez-se um teste simples em *SolidWorks*. Na Figura 58 é possível visualizar o desenho do mesmo.

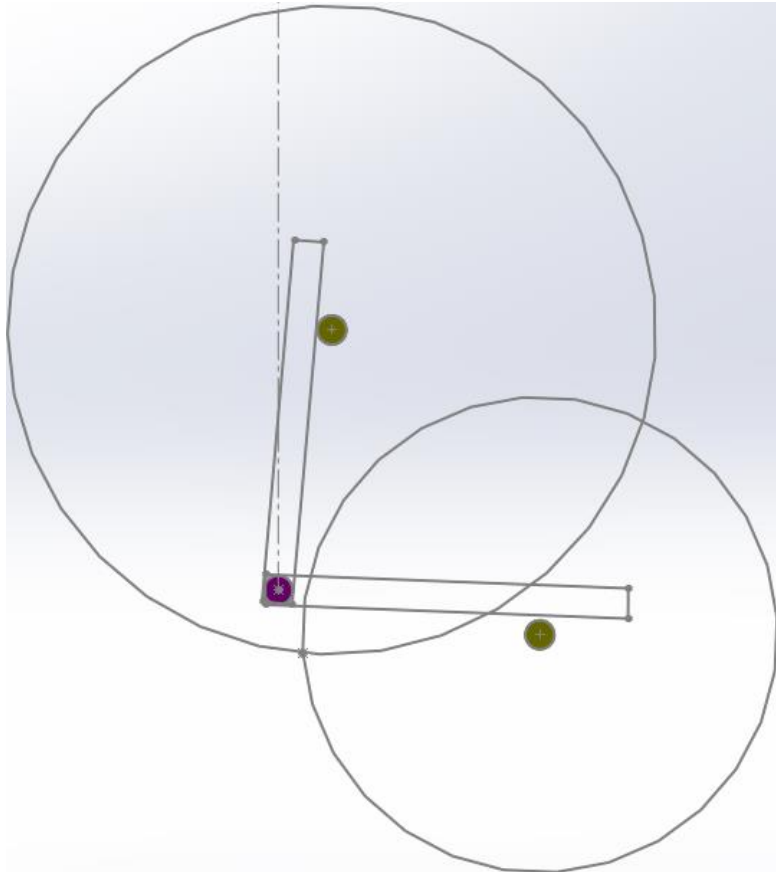


Figura 58 – Imagem representativa da simulação, em *SolidWorks*, para determinar a posição correta do motor

O círculo roxo representa o ponto 1 da Figura 53. Este ponto é fixo na cadeira e é sobre este mesmo ponto que o assento faz rotação aquando da elevação. Os dois retângulos simulam o assento na posição inicial e na posição final. De igual forma, os dois pontos amarelos simulam a posição inicial e a posição final da extremidade do motor que mudaria de posição aquando da verticalização. Para isto, assumiu-se uma posição para essa extremidade. Desta forma, sabendo a posição dessa extremidade do motor, só se teria de calcular a posição da extremidade que está sempre fixa. Sabia-se que a medida do motor fechado era 275 mm e aberto era 375 mm. Então, fez-se duas circunferências com centro no ponto representativo da extremidade móvel do motor. A circunferência mais pequena tem raio de 275 mm porque diz respeito ao motor fechado na posição inicial e, a circunferência maior tinha raio de 375 mm porque diz respeito ao motor aberto na posição final. O ponto de interseção das duas circunferências

seria o ponto para a ligação da extremidade fixa do motor. Como havia dois pontos de interseção, a escolha incidiu pelo ponto assinalado, dado o outro ponto faria com que houvesse colisões entre o motor e o assento.

Aplicou-se, então, no protótipo da cadeira, o ponto de articulação da extremidade fixa do motor. Foi usado o mesmo princípio para o posicionamento da mola de gás. Na Figura 59 é possível verificar a diferença do motor posicionado no protótipo anterior e no protótipo atual. Quando a cadeira está verticalizada a 85° , o motor continua com uma ligeira inclinação.



Figura 59 – Posicionamento do motor no protótipo anterior [1] e no atual, na posição final

O patim também foi reforçado. A chapa onde o pé apoia foi alterada para uma chapa de 6 mm inteiriça, em vez da chapa de 3 mm com rasgos. Além disso foi colocada uma chapa, em forma de triângulo, por baixo da chapa do patim, de forma a conferir mais resistência ao patim. Na Figura 60 é possível verificar o patim do protótipo anterior e no atual.

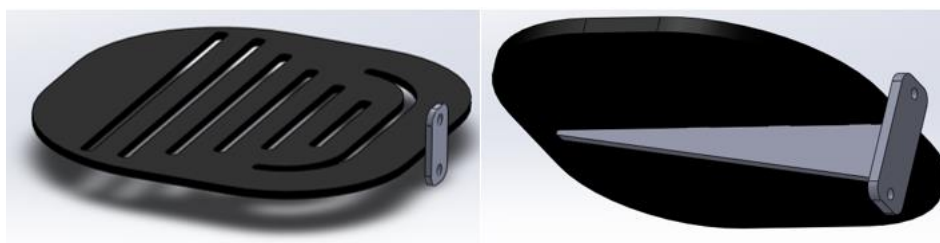


Figura 60 – Estrutura do patim no protótipo anterior [1] e no protótipo atual

A mola usada para descer as costas aquando da verticalização foi alterada para um atuador linear igual ao usado para elevar a cadeira. Este atuador, tem, portanto, 100 mm de curso. Ao verticalizar

a cadeira, o atuador fará com que o encosto desça 100 mm. Note-se que, tal como referido no capítulo 3, um dos estudos da literatura aponta que o deslocamento, em média, durante a reclinção, é de 110 mm enquanto outro estudo, feito com a cadeira de verticalização *LY-ESB240 Comfort Orthopedic Co. Ltd*, indicava que o deslizamento aquando da verticalização era de 90 mm. Portanto, o atuador linear aplicado, à partida, será adequado e irá compensar estes deslocamentos na interface do utilizador/cadeira.

Além das alterações reportadas, implementou-se um apoio de cabeça ergonómico.

4.2 Apresentação da solução final

Ficar em pé com o simples gesto de carregar num botão gera, naturalmente, novas possibilidades na vida diária do utilizador. A cadeira de verticalização é uma cadeira de elevação e tração elétrica com capacidade para verticalização do assento, de acordo com eixos articulares do utilizador. Por se tratar de uma cadeira elétrica, o utilizador pode deslocar-se quer esteja sentado ou verticalizado. Estas características permitem conceder maior independência ao utilizador. É uma cadeira com estrutura de aço de alta resistência, robusta e compacta, cumprindo assim os requisitos estipulados inicialmente. Permite regular o assento em profundidade (450-490 mm) podendo ser adaptada a utilizadores com diferentes alturas. Na Figura 61 é possível verificar a regulação do assento que permite estes ajustes.

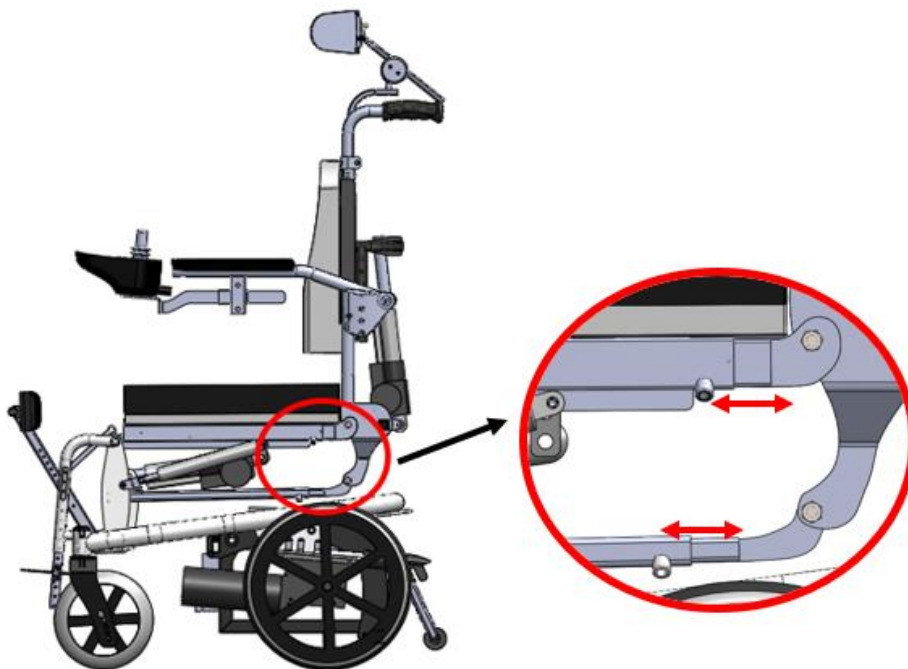


Figura 61 – Imagem ilustrativa da regulação do assento em profundidade

A cadeira de verticalização é devidamente reforçada para oferecer ao utilizador a comodidade de um encosto e apoio de cabeça, que além de ser regulável em altura, permite também regular em profundidade e em rotação, devido a uma esfera. Os dois círculos que prendem o tubo do encosto de cabeça, trabalham sobre a esfera permitindo uma variação rotacional do encosto de cabeça. Na Figura 62 estão representados, exemplos das variações rotacionais do encosto de cabeça, com a seta vermelha a apontar para a esfera.

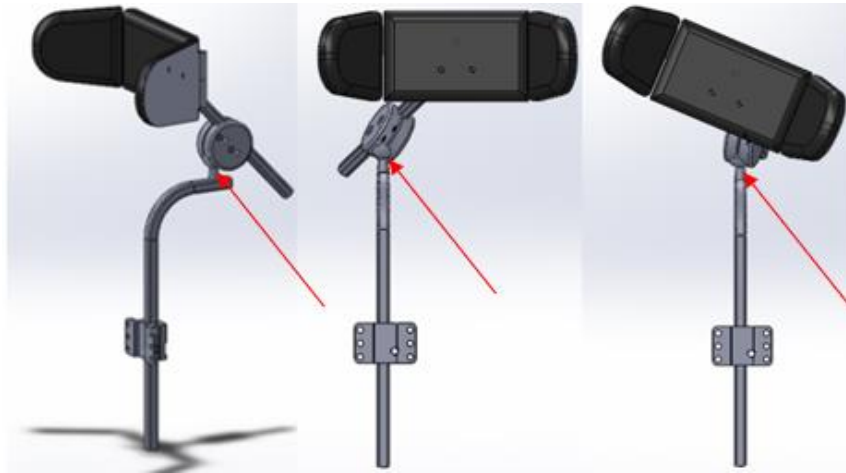


Figura 62 - Variações angulares do encosto de cabeça

Os apoios de braços são rebatíveis, para ajudar nas transferências, e reguláveis em altura (830-905 mm), como mostram as Figuras 63 a. e 63 b, respetivamente.

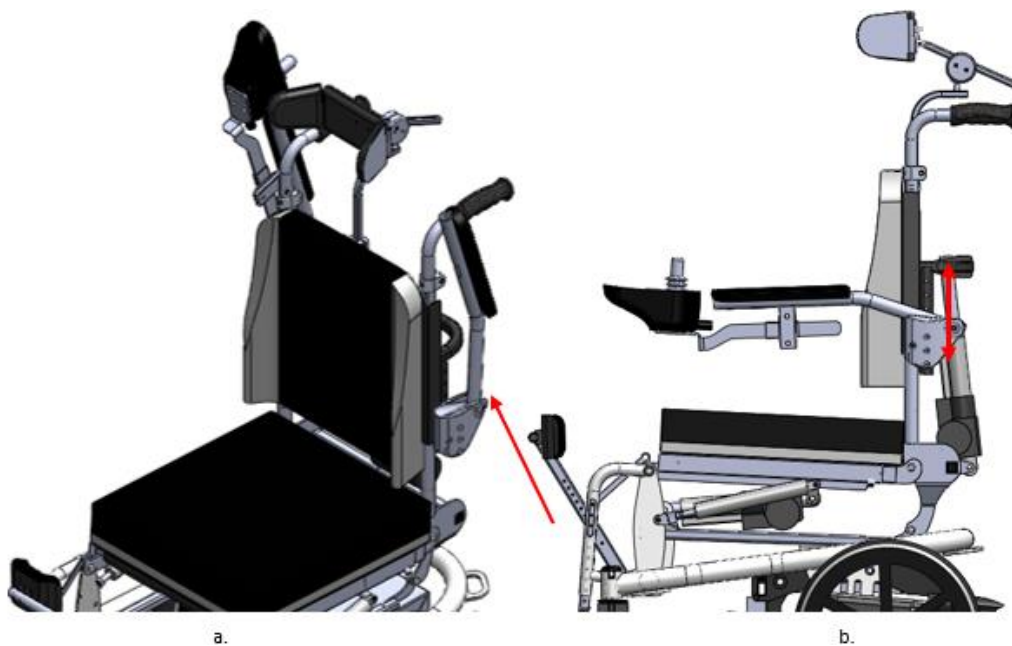


Figura 63 – Representação dos apoios de braços rebatíveis (a.) e reguláveis em altura (b.)

O suporte de joelhos permite ser regulado em altura e em ângulo. Além disso, a parte do suporte de joelhos, circundada na Figura 64, é destacável de forma a facilitar a entrada e saída do utilizador para a cadeira. O que torna o apoio de joelhos destacável é o facto de este ser apertado ao outro tubo através de um manípulo.

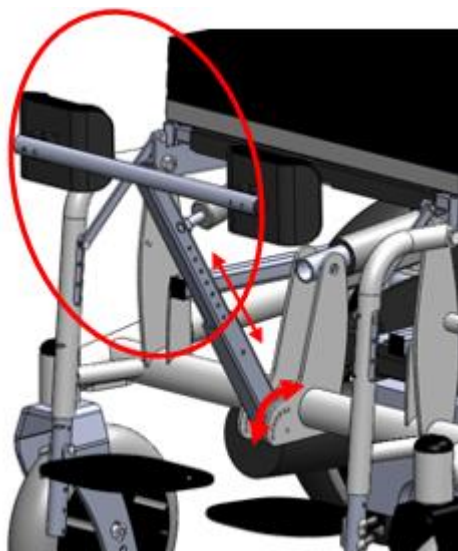


Figura 64 – Suporte de joelhos, destacável, regulável em altura e em ângulo

Tanto o patim como as rodas dianteiras, também permitem a regulação em altura (Figura 65), tornando a posição do utilizador mais confortável.

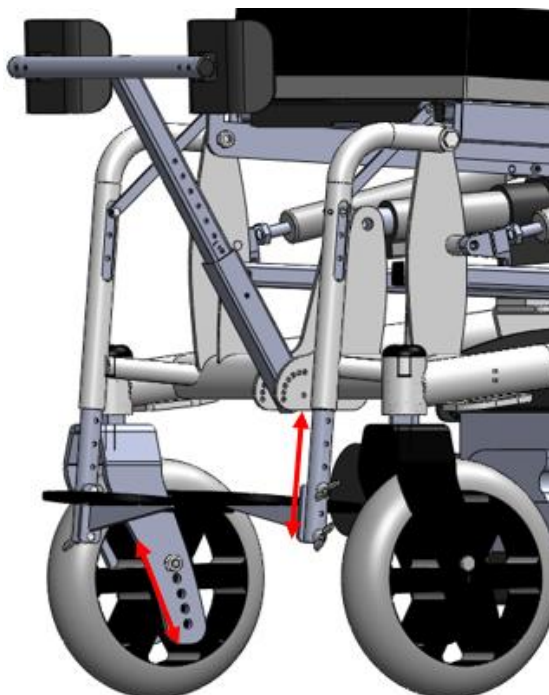


Figura 65 – Realce dos patins destacáveis e regulação, em altura, do patim e das rodas dianteiras

Por último, a posição do joystick também pode ser alterada (Figura 66) de modo a que este fique mais próximo ou mais afastado do apoio de braço.

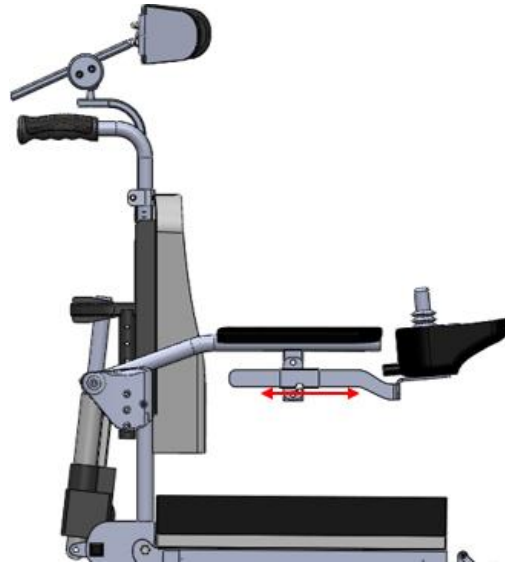


Figura 66 – Regulação do comprimento do apoio braço

Um dos requisitos, avaliado com um nível de importância 10, era a ergonomia da cadeira e todas as particularidades aqui descritas, com regulação angular, em altura, e/ou em profundidade vão de encontro a esse mesmo requisito.

O protótipo da cadeira que será produzida, está representado na Figura 67 em mais detalhe.



Figura 67 – Imagens ilustrativas do protótipo a ser produzido

Os parâmetros técnicos e especificações de um produto devem ser apresentados ao utilizador de forma clara para dar a conhecer o produto. No entanto, apenas os especialistas médicos, com a respetiva formação, devem determinar se o modelo é, ou não, adequado para o utilizador. Na Tabela 11 são apresentados os parâmetros dimensionais da cadeira de verticalização.

Tabela 11 - Dimensões da cadeira de verticalização

Largura total (mm)	609
Profundidade total (mm)	905
Altura total (sem apoio de cabeça) (mm)	1260
Altura assento ao chão (mm)	990
Profundidade do assento (mm)	450-490
Largura do assento (mm)	400
Altura dos apoios de braços (mm)	830-905
Rodas traseiras (mm)	300
Rodas dianteiras (mm)	200
Peso máximo de utilizador (kg)	140

Quanto às especificações do acionamento da cadeira, as mesmas são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Especificações do acionamento da cadeira [1]

Motores motrizes	2 x 180 W
Atuadores lineares	2 x 48 W
Baterias	2 x 12 V/50 Ah
Velocidade	6 km/h
Duração das baterias	5 h

Tanto os motores motrizes, como os atuadores lineares e as baterias aplicados neste protótipo são os mesmos que tinham sido aplicados no protótipo do trabalho da referência 1. O motor aplicado nas costas é um motor linear igual ao aplicado para verticalizar a cadeira. Assim sendo, o

dimensionamento do motor motriz, o cálculo da duração das baterias, bem como outros dimensionamentos pertinentes ao tema foram abordados no trabalho da referência 1.

Este protótipo foi uma melhoria do que já tinha sido criado, com um design simplificado e com o princípio de usar o menor número de componentes possível como especificado nos requisitos. No projeto da cadeira, esteve sempre presente a preocupação de desenhar estruturas arredondadas, sem arestas vivas, de modo a proporcionar maior segurança ao utilizador. Também foi estabelecido que a velocidade a que a cadeira se desloca deveria ser 6 km/h, de forma a cumprir com o estabelecido, de que a velocidade deveria ser reduzida.

4.3 Funcionamento da cadeira

Antes de acionar a cadeira para o deslocamento ou para a verticalização, é importante que o utilizador cumpra uma série de normas de funcionamento para a sua segurança. É importante garantir que o utilizador esteja corretamente sentado e com a cabeça bem apoiada. No caso particular da verticalização, deve-se assegurar que os apoios de joelhos estão regulados corretamente, de forma a dar suporte ao utilizador. O cinto de segurança também é obrigatório aquando da verticalização e deve estar devidamente apertado. Este cria um certo atrito entre o encosto e o utilizador, de forma a minimizar o deslizamento do corpo. A cadeira de verticalização elétrica tem essencialmente duas funções: o movimento da cadeira e a verticalização da mesma. Assim, para cada uma delas, explicar-se-á o princípio de funcionamento.

✓ Verticalização

O movimento de verticalização é alcançado, também, com recurso ao *joystick*. Este, por sua vez, está conectado a um atuador linear que tem a capacidade de realizar um movimento linear, isto é, de empurrar e puxar, através do acionamento do botão do *joystick*. Assim, quando o botão do *joystick*, que permite fazer a verticalização, é ativado, o atuador linear entra em movimento para levantar ou baixar a cadeira. Foram colocadas duas molas de gás nas extremidades do assento para diminuir o esforço do atuador. As molas de gás são amortecedores que graças à sua pressão, impulsionam de forma lenta o assento durante todo o seu movimento. À medida que a cadeira verticaliza, os patins descem de forma a aliviar tensões musculares nas pernas. O encosto das costas, por sua vez, desloca-se para baixo, através dos guiamentos tubulares, com recurso ao atuador linear do encosto, de modo a minimizar o deslizamento do corpo do utilizador face ao encosto. Para funcionarem os dois em simultâneo, os atuadores lineares estão ligados em paralelo. Na Figura 68 é possível verificar os passos, desde a posição

inicial até a cadeira estar totalmente verticalizada, bem como o movimento descendente dos patins. Destaca-se também a posição vertical do encosto em todo o movimento da cadeira. Da mesma forma é possível verificar que o atuador linear do encosto vai fechando à medida que a cadeira verticaliza, permitindo que o encosto se desloque para baixo, como pretendido.

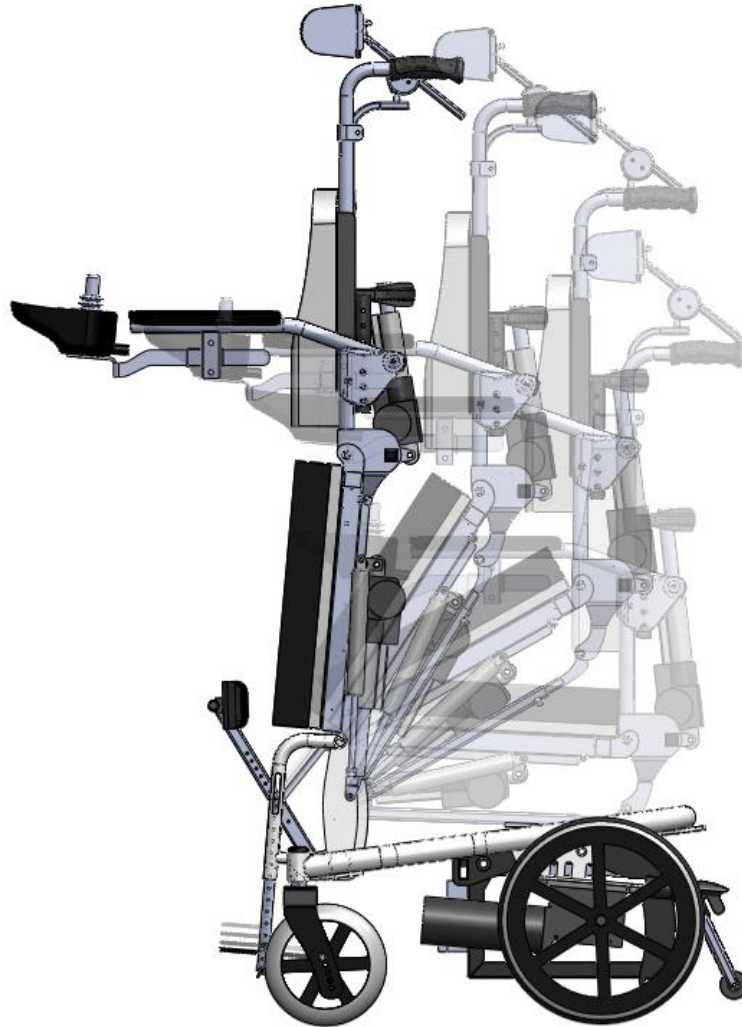


Figura 68 – Representação de alguns estágios da cadeira, desde a posição inicial até à final

✓ Deslocamento da cadeira

Para efetuar a motorização da cadeira, existe um botão no joystick que quando é acionado permite que a cadeira se comece a deslocar. O deslocamento é efetuado nas rodas traseiras através de dois motores alimentados, cada um, por uma bateria de 50 Ah. As Figuras 69 e 70 evidenciam a localização das baterias e dos motores, respetivamente.



Figura 69 – Localização da caixa de baterias

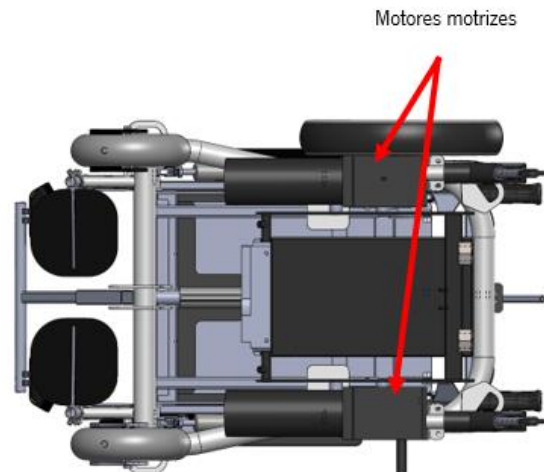


Figura 70 – Localização dos motores

Em suma, as alterações feitas à modelação 3D anterior foram o tamanho da cadeira, a implementação de um mecanismo que permitiu manter o encosto vertical durante todo o movimento da cadeira, a posição e a peça onde o apoio de braço assenta, o batente onde o assento apoia, a chapa guia, a posição do motor e o patim.

5. CAPÍTULO V – CONSTRUÇÃO, MONTAGEM E TESTE DO PROTÓTIPO

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer os processos de fabrico existentes na *Orthos XXI* bem como as especificações associadas a cada um. Além disso, tenciona-se expor os passos da montagem do protótipo tal como o aspeto do protótipo final. Por último, far-se-ão testes preliminares com a cadeira de verticalização elétrica e uma análise e discussão dos resultados obtidos.

5.1 Processos e especificações de fabrico

Depois de modelado o produto em *SolidWorks*, procede-se à criação dos desenhos técnicos para fabricar o produto. Tanto as chapas, com espessura até 6 mm de espessura, como os tubos como as peças torneadas, são produzidas na *Orthos XXI* e o seu fabrico tem especificações que devem ser cumpridas. As peças em chapa são cortadas por corte de laser e posteriormente quinadas, se for o caso. Os tubos são cortados e dobrados conforme as instruções dos desenhos técnicos. As peças torneadas também são maquinadas conforme as especificações do desenho. Quando todos os componentes estão produzidos, procede-se à soldadura das estruturas soldadas. Posteriormente as estruturas são pintadas ou são sujeitas a um tratamento de superfície, que por norma é zincagem ou cromagem. As peças sujeitas a tratamento de superfície são, por norma, peças de aço que não são pintadas e por isso levam um tratamento para não oxidarem. Este tratamento de superfície é feito em fornecedores. No que diz respeito a peças de plástico, como por exemplo tapa tubos, são pedidas também a fornecedores.

Corte a laser

Quando recebido o desenho da peça, o programa no computador, específico para corte a laser, lê as trajetórias de corte. Posteriormente definem-se alguns parâmetros como a espessura e o tipo de gás que vai ser usado para o corte. Depois de acertados os parâmetros no computador, estes dados são passados para a máquina, onde se ajustam apenas os parâmetros numéricos e as trajetórias de corte. O sistema de corte a laser é constituído por uma fonte laser e por um mecanismo que permita deslocamentos relativos do feixe e da peça a cortar. Além disso, é necessário ter uma mesa, sobre a qual o material vai ser cortado. As coordenadas de deslocamento geralmente são comandadas por um sistema CAM (*Computer Aided Manufacturing*), acoplado à mesa de corte.

O corte a laser passa então por colocar uma chapa, do material pretendido, sobre a mesa de corte. Posteriormente, a cabeça de corte, de onde provém o feixe de laser, movimenta-se sobre a mesa segundo as diretrizes de corte, anteriormente delineadas na máquina. Quando o corte é terminado, as peças ficam separadas da chapa original e podem ser retiradas da mesa de corte. Na Figura 71 é possível observar um exemplo de corte a laser por CO₂ na *Orthos XXI*.

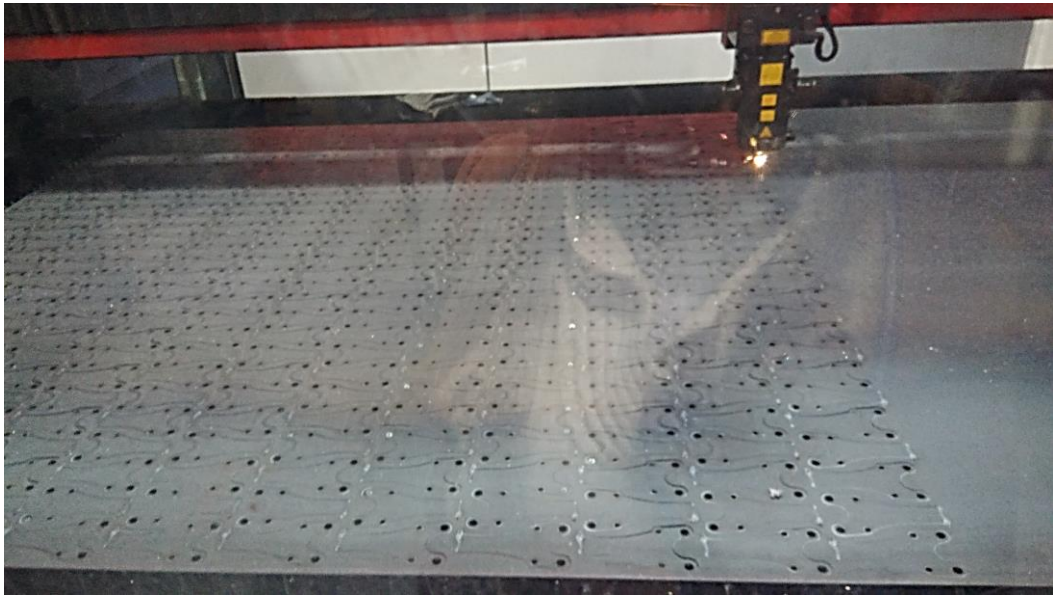


Figura 71 – Corte a laser por CO₂, na Orthos XXI

Quinagem

A quinagem é um processo que consiste na deformação plástica da chapa. Para o processo de quinagem são usados um cunho e uma matriz montados em máquinas designadas quinadoras. Na máquina de quinagem inserem-se parâmetros como o ângulo de quinagem, a matriz e a espessura da chapa e, em função disso, é calculada a profundidade da quinagem. A máquina da *Orthos XXI* é uma quinadora hidráulica. Para a quinagem é preciso cumprir determinados requisitos, nomeadamente o raio de quinagem e o comprimento mínimo da aba. Isto é, para cada espessura de chapa deve-se garantir uma dimensão mínima da aba para que a quinadora consiga fazer a dobragem. Consoante a espessura e a dimensão da aba da chapa é aplicada uma força para a quinagem. Na Tabela 13 estão representados parâmetros, que se tem de respeitar, como a força necessária para a quinagem (representada a amarelo), o raio de quinagem (r_i) e a dimensão mínima da aba consoante (b) a espessura da chapa (e).

Tabela 13 - Requisitos para a quinagem

		b																											
		4	5,5	7	8,5	11	14	15,5	17,5	22	28	35	44	56	63	70	78	88	98	112	140	175	224	280	350				
ri		1	1,3	1,6	2	2,5	3	3,5	4	5	6,5	8	10	13	14	16	17	20	22	25	31	35	50	63	78				
e	0,8	8	6	4																									
	1,0	14	9	7	5																								
	1,25		19	12	9	6																							
	1,5			18	14	10	7																						
	2,0				28	19	14	12	11																				
	2,5					32	23	21	18	13																			
	3,0						36	32	27	19	15																		
	4,0								52	38	28	21																	
5,0										63	47	35	26																
6,0											72	53	39	29															

F - tons/m

Na Figura 72 está representado o processo de quinagem, utilizado na *Orthos XXI*.

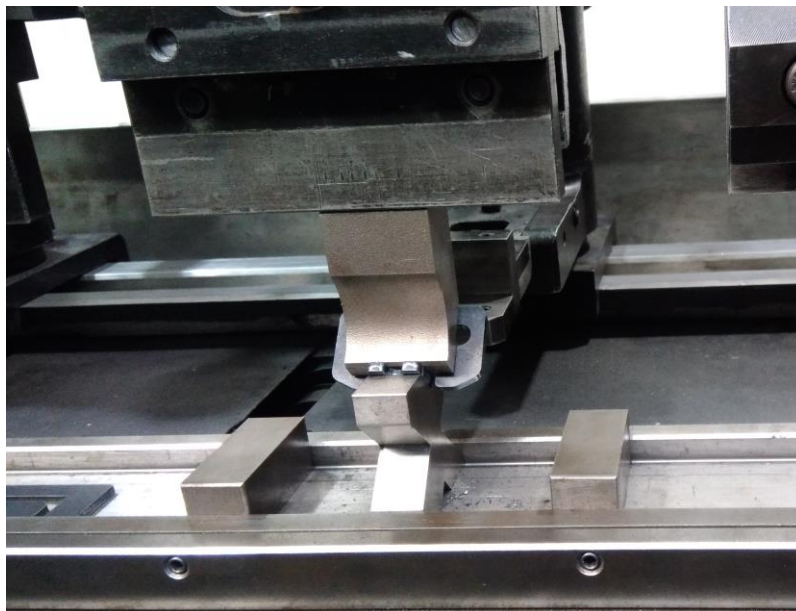


Figura 72 – Quinagem de uma chapa, na quinadora da Orthos XXI

Corte e dobragem de tubos

O processo de corte de tubos é dos mais simples. Existem tubos quadrados, redondos e retangulares e todos eles chegam à *Orthos XXI* em forma de viga para serem posteriormente cortados. Depois de cortados, caso seja o caso, os tubos são dobrados com as especificações do desenho. Consoante a dimensão e o material do tubo, há um raio de curvatura admissível para a máquina que o irá dobrar. Portanto, o desenho do tubo terá de cumprir esses requisitos. Na Tabela 14 está representado um exemplo do raio interno admissível, na máquina CNC, para alguns tubos.

Tabela 14 - Raio interno admissível para dobrar tubos na máquina CNC

	Material	Raio Interno Admissível Máquina CNC								
		R 28,5mm	R 34mm	R 38,5mm	R 50mm	R 52mm	R 66mm	R 86mm	R 70mm	R 80mm
Tubo Redondo 18x1,2	Aço	OK								
Tubo Redondo 18x1,2	Inox	QOK								
Tubo Redondo 19x1,2	Aluminio					OK				
Tubo Redondo 20x1,2			OK			OK				
Tubo Redondo 22x1,2 /22x1,5	Aço		OK				OK			
Tubo Redondo 22x1,2 /22x1,5	Inox		OK				OK			
Tubo Redondo 22x1,2	Aluminio						OK			
Tubo Redondo 22x2	Aluminio		OK				OK			
Tubo Redondo 25x1,2 /25x1,5	Aço			OK			OK	OK		
Tubo Redondo 25x1,2 /25x1,5	Inox						OK	OK		
Tubo Redondo 25x1,25	Aluminio			OK			QOK	OK		
Tubo Redondo 30x1,25	Aço								OK	OK
Tubo Redondo 30x1,25	Inox								OK	OK
Tubo Redondo 30x2	Aluminio									OK

Depois de dobrados, fazem-se os furos se for o caso, consoante as dimensões especificadas no desenho.

Maquinagem

Os processos de maquiagem alteram a geometria do material através de forças aplicadas por ferramentas adequadas. Um dos processos de maquiagem é, por exemplo, a tornearia em que a ferramenta corta, de forma regular e contínua, o material que tem movimento rotativo. Isto permite obter a forma e dimensão desejada nas peças, quer sejam em aço, alumínio, nylon, aço inoxidável, com exatidão dimensional.

A fresagem permite que o material seja removido pelo movimento rotativo da ferramenta cortante, permitindo obter geometrias com furos ou rebaixos. Na Figura 73 está representada a maquiagem de uma peça na máquina CNC.



Figura 73 – Maquinagem de uma peça, em aço

Soldadura

Depois de fabricadas todas as peças, procede-se à soldadura das peças destinadas a esse fim. Na *Orthos XXI* soldam materiais como aços, aços inoxidáveis e alumínio. A soldadura é um processo de junção das peças, podendo unir peças maquinadas a chapas ou tubos, formando assim estruturas. Na soldadura ocorre um processo de fusão de materiais metálicos, por meio de uma chama. Os gases utilizados normalmente para a solda são a mistura de oxigênio com acetileno, ou seja, um gás alimentador da chama e um gás combustível. No processo de soldadura é usado, também, um material de adição capaz de preencher as folgas entre as superfícies a unir. As superfícies dos metais e o material de adição fundirão em conjunto formando uma poça de fusão que, após o resfriamento, comportar-se-á como um único material.

Quando se trata de estruturas muito complexas ou produtos que vão ser produzidos em série, estas têm de ser soldadas com recurso a gabaris de soldadura. Os gabaris são ferramentas que permitem colocar as peças na posição exata para soldar, tornando este trabalho muito mais prático para estruturas em grande quantidade.

Depois de soldadas as peças, tiram-se os salpicos resultantes deste processo e as estruturas seguem, posteriormente, para a pintura.

Pintura

Quando as peças chegam à pintura, são penduradas (Figura 74) para passar pelos processos que a pintura engloba. O processo total de pintura, isto é, desde o momento em que as peças são penduradas até estarem, efetivamente, pintadas, demora cerca de 1.30h.



Figura 74 – Peças penduradas, prontas a iniciar o processo de pintura

Primeiramente, as peças passam por um processo de limpeza de superfície. A limpeza de superfície engloba três procedimentos. Inicialmente, as peças são lavadas com químicos de forma a

retirar algum tipo de gordura/óleos das peças. De seguida, as peças são limpas apenas com água e por fim, são submetidas a um tratamento de superfície para não oxidarem. Depois da limpeza de superfície, as peças passam pela estufa para secarem. Em seguida, são transportadas para a cabine de pintura, na qual um pó (com a cor da tinta pretendida) vai ser projetado sobre as peças. Por fim, as peças entram no forno para que a tinta em pó possa ser cozida. No fim de todo este processo as peças saem do forno já pintadas.

5.2 Montagem do protótipo

Normalmente, as estruturas depois de soldadas são enviadas para a pintura. No entanto, por se tratar do primeiro protótipo físico deste tipo de cadeira, optou-se por fazer a montagem da mesma sem estar pintada. Nas Figuras 75, 76, 77 e 78 estão representadas as estruturas soldadas, nomeadamente, o chassi da cadeira, o encosto móvel, o assento e a estrutura fixa do encosto, respetivamente. Por se tratar de um ambiente industrial, onde há inúmeros componentes e material em toda a parte, as imagens foram tratadas, no programa *Adobe Photoshop*, de forma a destacar apenas a peça pretendida.



Figura 75 – Chassi da cadeira de verticalização elétrica

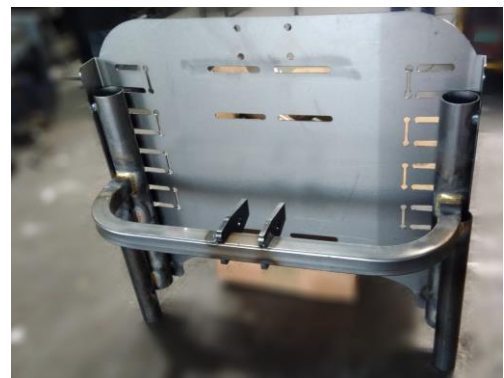


Figura 76 – Encosto móvel da cadeira

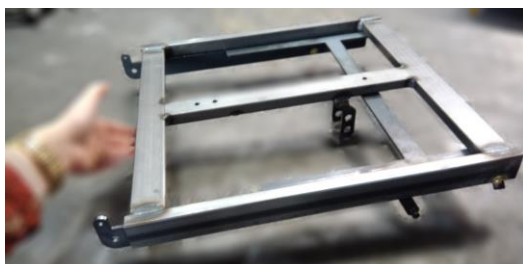


Figura 77 – Estrutura soldada, representativa de parte do assento



Figura 78 – Estrutura fixa do encosto

A montagem da cadeira iniciou-se com a junção do chassi e do assento (Figura 79). Nos pontos de rotação foram colocadas anilhas para evitar o contacto de chapa com chapa.

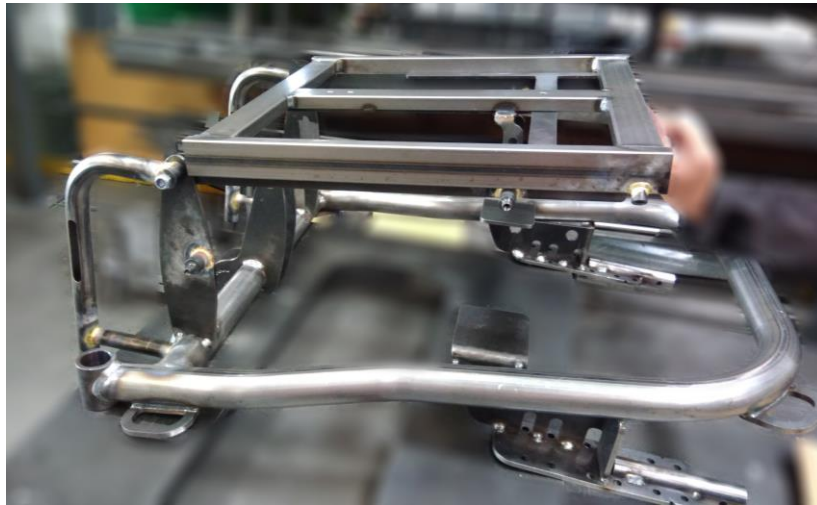


Figura 79 – Montagem do chassi ao assento

Posteriormente foram colocados as molas de gás e o atuador linear responsável pela elevação da cadeira (Figura 80). Ao serem montados, as molas de gás e o atuador, estabilizaram o assento numa determinada posição, facilitando a montagem de tudo o resto.

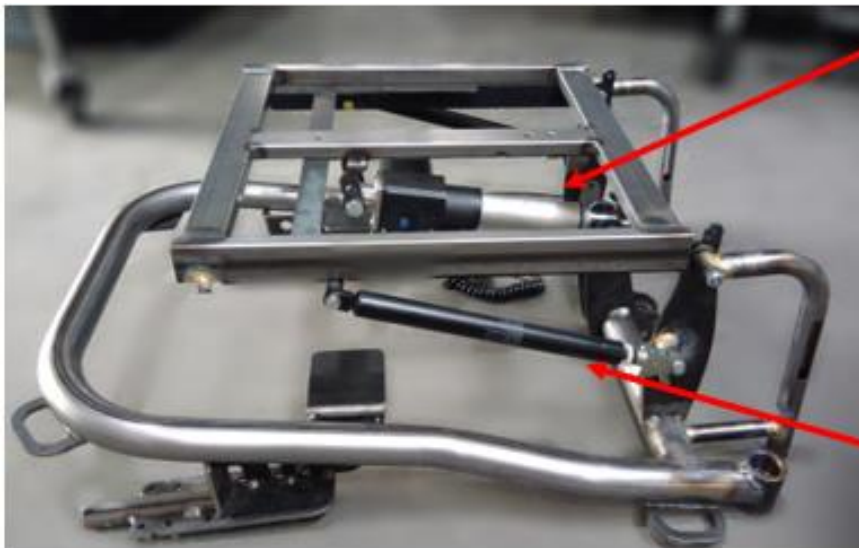


Figura 80 – Montagem das molas de gás e do atuador linear

De seguida, foram montados o tirante (tubo quadrado maior) e um dos componentes de regulação do assento, que encaixa dentro do tirante. Os mesmos estão evidenciados na Figura 81.

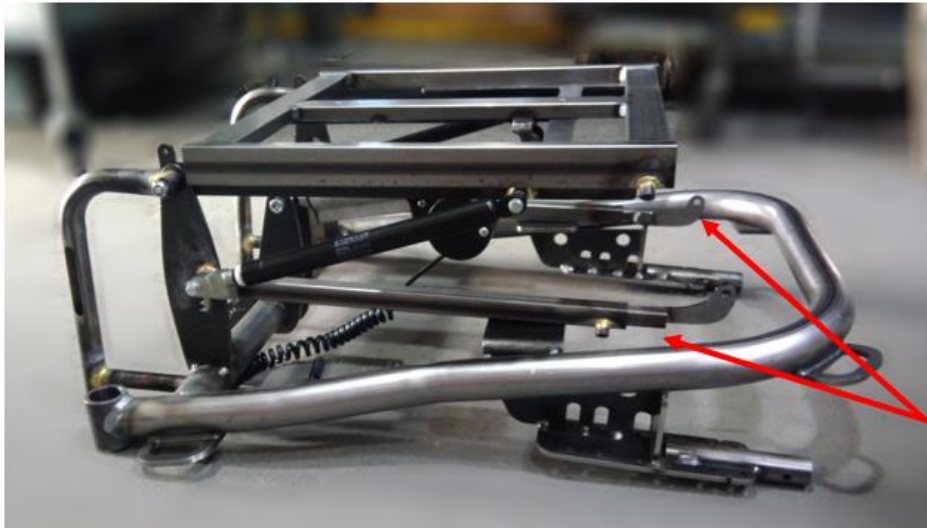


Figura 81 – Montagem do tirante e do sistema de regulação do assento inferior

O tubo que encaixa dentro do tirante é fixado numa determinada posição pela aplicação de um perno dentro do casquilho de entalhe.

Posteriormente, foram montados o sistema superior de regulação do assento e a estrutura fixa do encosto (Figura 82). Foram colocadas anilhas entre a estrutura fixa e as regulações do assento.



Figura 82 - Montagem do sistema superior de regulação do assento e a estrutura fixa do encosto

Em seguida montaram-se o encosto móvel e a peça de plástico onde irá encaixar o apoio de braço, representados na Figura 83, bem como os apoios de braços, representados na Figura 84.

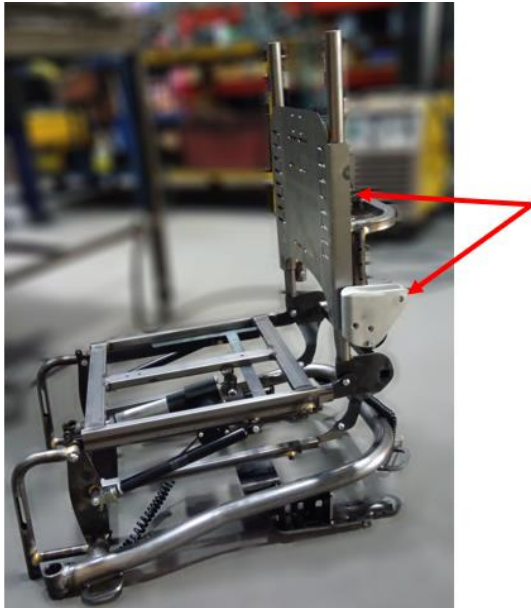


Figura 83 – Montagem do encosto móvel e peça plástica para encaixe do apoio de braços



Figura 84 – Montagem dos apoios de braços

Posteriormente montou-se a chapa para fixar o Joystick e o tubo interior do patim, representados na Figura 85 bem como as rodas dianteiras representadas na Figura 86.



Figura 85 – Montagem da chapa para fixar o Joystick e o tubo interior do patim.



Figura 86 – Montagem das rodas dianteiras.

Para montar a caixa de baterias, os motores motrizes e as rodas traseiras, inverteu-se a cadeira para facilitar o processo. A montagem destes componentes pode ser observada na Figura 87.

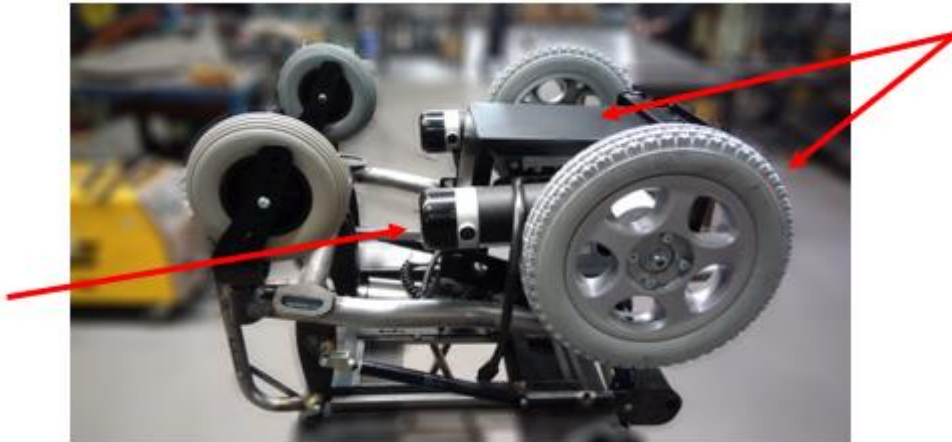


Figura 87 – Montagem da caixa de baterias, os motores motrizes e as rodas traseiras

Posteriormente foram montados o atuador linear do encosto, as chapas do assento e o *joystick* (Figura 88).



Figura 88 – Montagem do atuador linear do encosto, chapas do assento e joystick

Por último, foram montados os patins e apoio de cabeça (Figura 89).



Figura 89 – Montagem dos patins e apoio de cabeça

Depois de tudo montado, colocaram-se as baterias e fizeram-se as ligações necessárias aos motores e *joystick*. Posteriormente, reparou-se que o atuador linear do encosto apresentava um movimento muito mais rápido que o atuador linear responsável pela elevação da cadeira. Isto faria com que o atuador das costas da cadeira, baixasse totalmente o encosto quando a cadeira se encontrava apenas a 35°. O pretendido não era isto. Tencionava-se que o encosto da cadeira se fosse deslocando gradualmente para baixo enquanto a cadeira fazia a elevação. Para isso, a tensão do atuador linear do encosto teria de ser menor. Como enuncia a primeira Lei de Ohm, a resistência é inversamente proporcional à tensão, assim, pensou-se em colocar uma resistência ligada, em série, ao atuador das costas de forma a diminuir a tensão do mesmo. Porém, se a tensão for reduzida demais, o atuador não irá trabalhar. Testaram-se algumas resistências, com 10 Ω 5 W, 20 Ω 40 W e 22 Ω 10 W. Verificou-se que as resistências de 20 Ω e 22 Ω diminuíam demasiado a tensão do atuador, não permitindo que o curso do motor fosse usado na totalidade. Por outro lado, a resistência de 10 Ω permitia usar todo o curso do atuador, além de reduzir na perfeição a tensão do mesmo. No entanto, como esta resistência tinha apenas 5 W, aquecia demasiado durante a verticalização, havendo o risco de a mesma queimar. Optou-se, então, por aplicar uma resistência de 10 Ω com 50 W.

5.3 Protótipo físico

A *Cadeira de verticalização* é uma cadeira elétrica com verticalização. A sua estrutura é de aço, com o assento ajustável 40 mm em profundidade. Possui dois motores, de 200 W, de baixo consumo e travão eletromagnético. Garante o correto posicionamento e segurança do utilizador, durante a verticalização, graças ao cinto peitoral no encosto e almofada *Comfort Back*. Esta almofada é constituída por duas espumas de poliuretano, uma central com massa específica de 40 kg/m³ e outra, nas extremidades, com massa específica 35 kg/m³. O assento é rígido, com almofada *Comfort Seat*. Esta almofada é composta por duas partes, uma porção mais pequena, em viscoelástico (espuma de memória com massa específica 50 kg/m³), e uma porção maior em espuma de poliuretano (massa específica 40 kg/m³). Equipada com rodas traseiras maciças de Ø300 mm e rodas dianteiras maciças de Ø200 mm. Apoio de braços destacáveis e ajustáveis em altura. Apoio de joelhos removível e com ajuste em altura e ângulo. Tanto o apoio de joelhos como o apoio de cabeça são revestidos com almofada de massa específica 40 kg/m³. Na Figura 90 é possível ver fotos do primeiro protótipo físico da cadeira de verticalização elétrica da *Orthos XXI*.



Figura 90 – Protótipo físico da cadeira de verticalização elétrica, com o assento na posição inicial (a.), com o assento a 30° (b) e com o assento a 60° (c.)

A cadeira de verticalização elétrica, através da sua estrutura, componentes usados e acessórios, atende aos requisitos impostos inicialmente. Na Tabela 15 são enumeradas as várias

soluções implementadas na cadeira, que permitem dar resposta aos requisitos com grau de importância maior.

Tabela 15 - Soluções implementadas na cadeira, que permitem dar resposta aos requisitos

Requisitos (Grau de importância)	Solução implementada
Transporte de pessoas com dificuldade de locomoção (10)	O acionamento para o deslocamento é realizado pelas rodas traseiras, através da ativação do botão do <i>joystick</i> .
Adaptável às articulações do corpo humano (10)	Aplicação de mecanismos, como encosto deslizante e o sistema de baixar o patim, que acompanham o movimento dos pontos de articulação do utilizador, diminuindo o deslocamento.
Ergonómico (10)	Aplicação de estruturas reguláveis em altura, profundidade e ângulo. Almofadas com propriedades viscoelásticas, aconselhadas para quem passa muito tempo sentado numa cadeira de rodas.
Robustez (10)	Cadeira com estrutura em aço.
Fácil de higienizar (9)	Almofadas em poliuretano que além de serem fáceis de lavar, impedem que os líquidos sejam absorvidos pela espuma. As almofadas podem ser limpas com toalhetes ou sprays antibacterianos.
Capacidade de paragem durante o processo (9)	Quando o utilizador deixa de impulsionar o joystick, as rodas bloqueiam, parando a sua marcha.
Movimento contínuo e suave (9)	Ambos os atuadores lineares apresentam uma velocidade baixa, permitindo um movimento delicado durante as transferências.
Velocidade de transferência reduzida (9)	Aplicação de um atuador linear no assento com capacidade para elevar a cadeira de forma lenta e progressiva
Inexistência de arestas vivas (9)	Todas as peças da cadeira foram desenhadas com as arestas arredondadas de forma a proporcionar maior segurança ao utilizador

Por se tratar de um protótipo, o cálculo do valor de aquisição da cadeira de verticalização, é um pouco incerto. Ainda assim, pela análise do Gestor de Produto das cadeiras de rodas da *Orthos XXI*, estima-se que o valor de venda deste equipamento aos clientes seja próximo de 2600 € e o preço de venda ao público esteja compreendido entre 3000-3200 €. Os cálculos foram realizados, tendo em conta

o custo associado à compra e fabrico de componentes, à mão de obra e ao lucro que possa advir da comercialização deste produto. Não é descrita informação mais detalhada deste assunto pelo sigilo de custos de produção e de materiais da *Orthos XXI*.

5.4 Estabelecimento de testes preliminares

O protótipo é a forma mais simples, rápida e económica de se definir e experimentar um projeto. Apesar de se estabelecerem requisitos que o produto deverá obedecer, é durante a interação real do utilizador com o sistema que os detalhes são realmente percebidos. Além disso, as maiores melhorias num produto final são obtidas através da recolha de dados sobre o uso desse produto nas fases iniciais do seu desenvolvimento. Neste sentido, procedeu-se à realização de testes preliminares com o protótipo. Inicialmente pensou-se em realizar os testes com uma pessoa que tivesse patologia(s) que a compromettesse a usar uma cadeira de rodas e que pudesse fazer verticalização. No entanto, este equipamento é o primeiro protótipo desta cadeira, que por si só, é complexa. Para fazer testes com pessoas com patologia(s) teria de se fazer, no mínimo, uma análise de risco e uma análise de protótipo à cadeira. Na análise de risco é determinado, para cada perigo identificado, o nível de gravidade de risco associado e posteriormente são mencionadas medidas a adotar para os combater. Na análise de protótipo são discutidas as funcionalidades e a estética do equipamento. Em resultado disto, surgem melhorias que podem ser aplicadas num trabalho futuro. De forma a agilizar este processo, realizaram-se os testes preliminares com um utilizador sem qualquer tipo de patologia; no futuro, quando feitas as análises de risco e do protótipo, será pertinente testar a cadeira com pessoas com diversas patologias.

5.4.1 Método usado para aquisição de dados para a análise dos testes práticos

Os testes foram realizados num estúdio, na *Orthos XXI*, onde se colocou a cadeira de verticalização. Com recurso a um tripé e a uma câmara, procedeu-se à realização de vídeos, de modo a aferir o deslocamento que o utilizador terá face à cadeira de verticalização. O *making of* deste processo está representado na Figura 91.

Para a análise dos vídeos, recorreu-se ao software *Kinovea*. Este programa é um reprodutor de vídeo muito usado para análise desportiva. Permite capturar, desacelerar, estudar, comparar, anotar e medir desempenhos técnicos. Assim, este recurso permitiu medir o ângulo que o assento forma em relação ao chão. Além disso, permitiu, também, obter medições do topo da cabeça do utilizador ao topo

da almofada do encosto. Portanto, poderá ser realizado um gráfico para estudar a alteração dessa medida em função do ângulo obtendo, desta maneira, o deslocamento do utilizador em relação à cadeira.



Figura 91 – Representação do *making of* dos vídeos para aferir o deslocamento do utilizador face à cadeira

5.4.2 Análise e discussão dos resultados

O processo de montagem da cadeira correu muito bem, no sentido de se conseguir fazer tudo em conformidade com o desenho 3D em *SolidWorks*. Contudo, depois do protótipo estar montado, imediatamente surgem sugestões de melhoria de alguns aspetos. Por exemplo, o tubo do apoio de cabeça que permite a regulação em profundidade deveria ser mais comprido. Na Figura 92 está representado, em destaque o apoio de cabeça. O apoio de cabeça, apesar disto, estava bem regulado em profundidade, no entanto, quem estiver na parte traseira da cadeira e pretender regular o apoio de cabeça em rotação tem pouca margem para agarrar o tubo.



Figura 92 – Representação do apoio de cabeça

Outro aspeto a melhorar será o apoio de braços. Este deverá ser mais comprido de forma a garantir um maior suporte do braço. Na Figura 93 está salientado o apoio de braço.



Figura 93 – Apoio de braço

Para o utilizador da Figura, cuja altura é 155 cm, o apoio de braços deveria ser um pouco mais comprido de forma a abranger, não só o antebraço, mas também a mão. Portanto, para utilizadores com uma altura maior, o apoio de braços estaria mais desproporcional.

Os patins também deverão ser mais compridos para dar maior suporte aos pés. Os mesmos estão destacados na Figura 94.

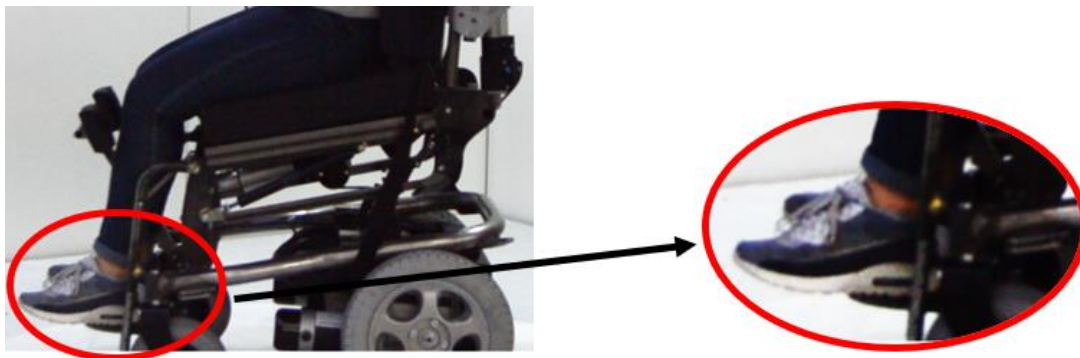


Figura 94 – Destaque da posição dos patins

Quanto aos testes, foram registadas dimensões na posição inicial (quando o ângulo do assento com o chão era -3°), aos 10° , e depois de 10° em 10° até 60° . Os valores foram registados até 60° para ter bases de comparação com o estudo feito com as cadeiras *LSR-Lifestand* e a *Oceania da Vassilli*. A sequência de imagens que retrata a passagem da posição sentada para a posição vertical está ilustrada na Figura 95 e a passagem da posição vertical para a posição sentada está retratada na Figura 96.

- Passagem da posição sentada para a posição vertical.

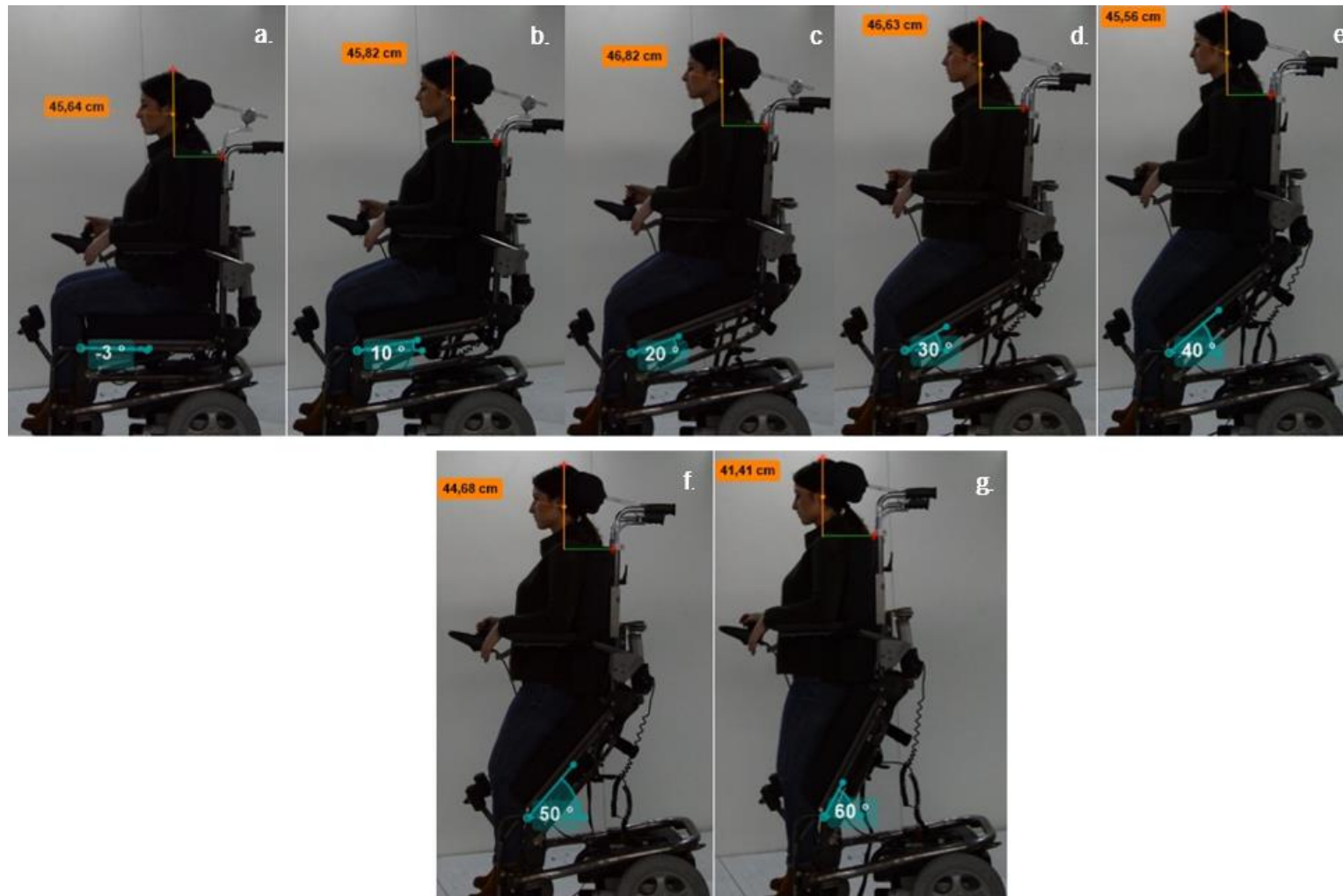


Figura 95 – Medição do topo da cabeça ao topo da almofada do encosto, com o assento a -3° (a.), 10° (b.), 20° (c.), 30° (d.), 40° (e.), 50° (f.) e 60° (g)

- Passagem da posição vertical para a posição sentada.

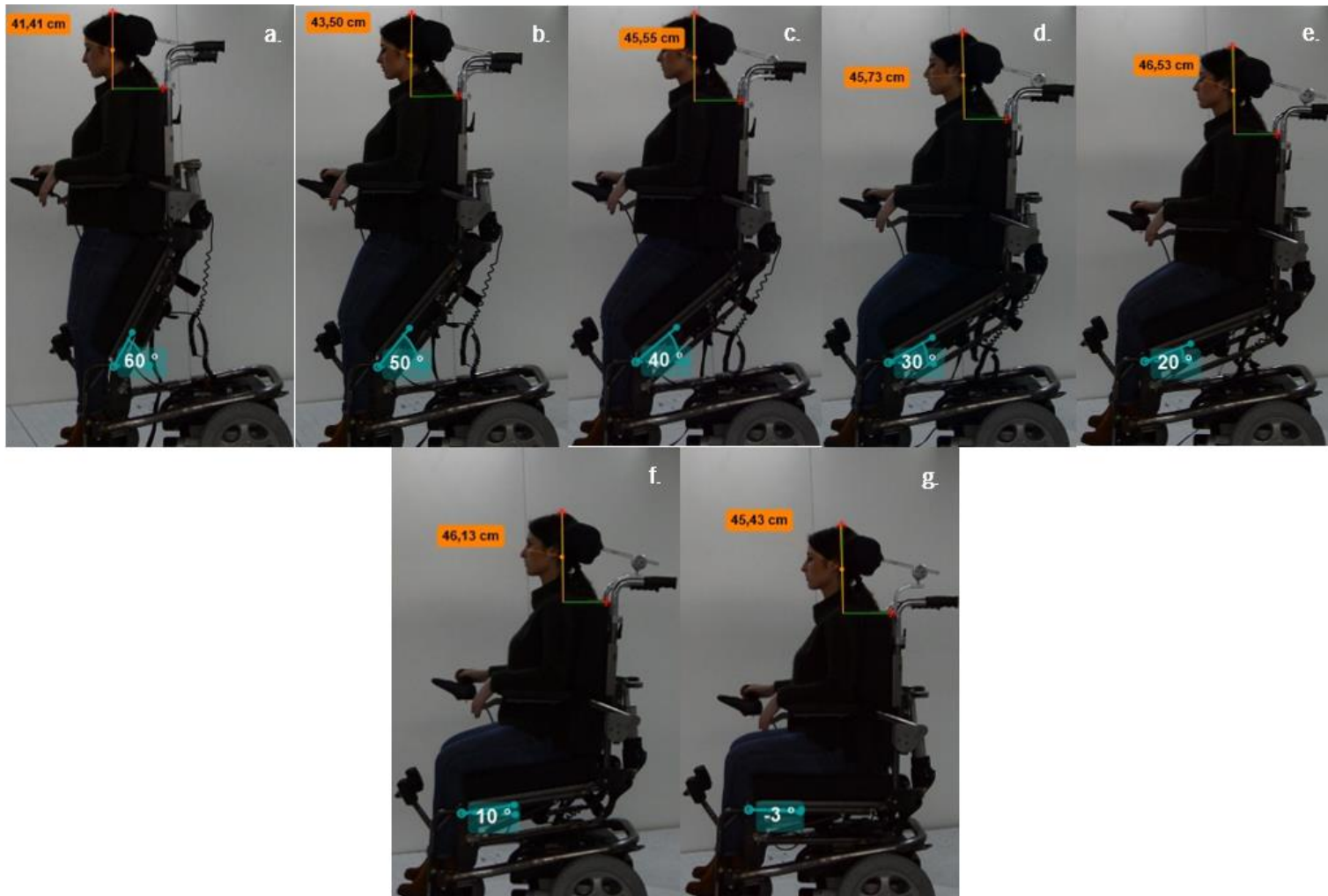


Figura 96 - Medição do topo da cabeça ao topo da almofada do encosto, com o assento a 60° (a.), 50° (b.), 40° (c.), 30° (d.), 20° (e.), 10° (f.) e -3° (g)

Após obter as dimensões e ângulos pretendidos, procedeu-se à elaboração de um gráfico, para uma leitura mais rápida dos valores. O mesmo está representado na Figura 97, evidenciando o comportamento do deslocamento, entre o corpo do indivíduo e a cadeira, durante o movimento ascendente e descendente da mesma. O deslocamento no ponto inicial é zero. Os cálculos da passagem da posição sentado para a posição vertical, fizeram-se com recurso à equação 1.

$$\Delta y = y_0 - y_x \quad (1)$$

Em que Δy representa o deslocamento, y_0 é a distância do topo da cabeça ao topo da almofada do encosto na posição inicial e y_x é a distância do topo da cabeça ao topo da almofada do encosto, nos ângulos registados posteriormente. Considerou-se que a posição inicial, na elevação e na descida, era com o assento a fazer -3° e 60° com o chão, respetivamente.

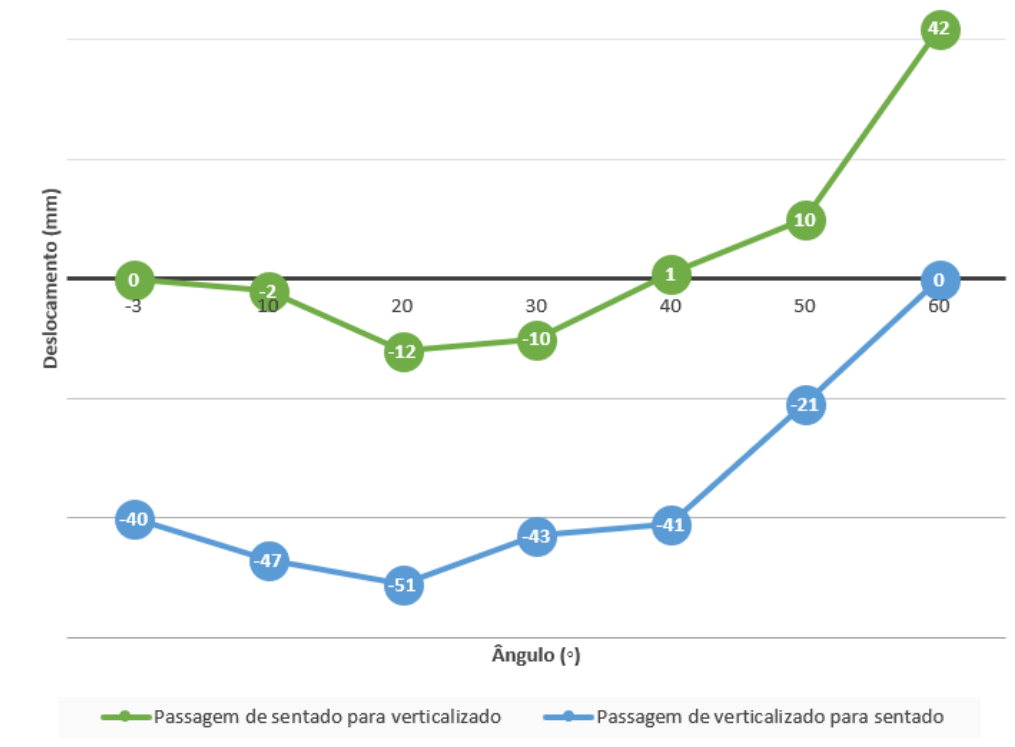


Figura 97 – Gráfico representativo do deslocamento entre o corpo do utilizador e a cadeira, durante o movimento ascendente e descendente da mesma

Pela análise das figuras 95 e 96, pode-se verificar que o encosto se mantém sempre vertical durante todo o movimento da cadeira. Isto vem corroborar a eficácia do mecanismo aplicado, em *SolidWorks*, para este efeito.

Dos resultados obtidos constata-se que, aquando da verticalização, entre os -3° e os 20° , a distância entre o topo da cabeça e o topo da almofada do encosto aumenta. Isto deve-se ao facto de o

atuador linear do encosto, por estar sujeito a menos carga, começar o seu movimento mais cedo que o atuador responsável pela elevação da cadeira. Como resultado disto, o valor do deslocamento no gráfico aparece a decrescer. Na realidade, o deslocamento até aos 20° é praticamente nulo. O valor decrescente não se traduz, portanto, numa medida do deslocamento, mas sim no facto de o encosto se encontrar em movimento descendente, com o corpo do utilizador sensivelmente na mesma posição, fazendo com que a distância do topo da cabeça ao topo da almofada do encosto aumente.

Similarmente, na passagem da posição vertical para a sentada, verifica-se um aumento (em valor absoluto) do deslocamento. Este atinge um valor máximo de 51 mm aos 20°. Depois desta posição, o valor absoluto do deslocamento diminui. Isto é explicado, à semelhança do que foi descrito acima, devido a já não existir deslocamento a partir desta posição. No entanto como o atuador linear do encosto continua o seu movimento, a distância do topo da cabeça ao topo da almofada do encosto diminui.

Pela análise do gráfico verifica-se, também, que para os mesmos valores de ângulo, o deslocamento na descida não corresponde ao deslocamento na elevação e, por isso, o utilizador quando regressa à posição inicial não está, geralmente, na posição correta.

Os testes realizados com este protótipo, permitiram aferir que os deslocamentos máximos verificados, aquando da elevação e da descida da cadeira, foram de 42 mm e 51 mm, respetivamente. No teste, realizado com as cadeiras *LSR-Lifestand* e a *Oceania da Vassilli*, verificou-se que estas proporcionavam um deslocamento, do utilizador em relação à cadeira, de 47 mm e 59 mm, respetivamente, durante a verticalização. Posto isto, o protótipo da cadeira de verticalização, apesar de algumas melhorias a introduzir, permitiu obter um valor de deslocamento adequado em comparação com estas duas cadeiras. Constatou-se, também, que os patins descem cerca de 45 mm aquando da verticalização, diminuindo, deste modo, as tensões musculares nas pernas.

Além disto, aquando dos testes com o utilizador, verificou-se que o ângulo máximo do assento em relação ao chão (85°), estabelecido inicialmente, era demasiado elevado. Se o utilizador verticalizasse mais de 60° tinha a sensação de perda de equilíbrio. Assim, para uma posição confortável e para a segurança do utilizador, o ângulo máximo de verticalização deverá ser 60°. O ângulo mínimo de -3°, por outro lado, proporcionava uma posição estável e relaxada ao utilizador, pelo que deverá ser mantido.

6. CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O estágio na *Orthos XXI* foi de extrema importância para adquirir competências pessoais e profissionais. Foi, sem dúvida, uma excelente oportunidade para entender como funciona o mundo empresarial. O estágio foi também bastante proveitoso, no sentido em que permitiu a participação em diversos projetos salientando a atualização de desenhos técnicos, melhoria contínua do produto bem como desenvolvimento de um novo produto, acompanhamento da supervisão da produção e participação na Feira Orto MedicalCare 2018, em Madrid.

Neste capítulo pretende-se apresentar conclusões de todo o projeto da dissertação e referir orientações para o trabalho futuro bem como propostas de melhoria de alguns aspetos da cadeira de verticalização.

6.1 Conclusões

Este projeto teve como principal objetivo a construção de uma cadeira de verticalização ergonómica, com o intuito de proporcionar qualidade de vida e, sobretudo, independência aos utilizadores.

Um dos maiores problemas do protótipo concebido anteriormente era não garantir a verticalidade do encosto. Com o mecanismo desenvolvido neste projeto, que consistia em ligar uma barra, numa das extremidades a um ponto fixo, e a outra extremidade ao encosto, alcançou-se uma posição vertical do encosto, durante todo o movimento da cadeira. Desta forma, proporcionou-se uma posição estável e confortável ao utilizador. Através dos casos de estudo observou-se que a existência de mecanismos anti deslizamento minimizam o deslocamento, proporcionando maior conforto ao utilizador durante as transições de posição. Com os princípios aplicados neste protótipo obteve-se uma solução que, através de um encosto deslizante, permite que durante essas transições, acompanhe as costas do utilizador, minimizando o deslizamento.

A posição do motor responsável pela elevação da cadeira também foi alterada para que o mesmo não estivesse sujeito a tantos esforços, posição esta que se comprovou, através dos testes, ser viável. Além disso, através dos testes, verificou-se que o ângulo máximo do assento em relação ao chão (85°), estabelecido inicialmente, era demasiado elevado pelo que deverá ser alterado para 60°.

Obteve-se um valor de deslocamento de 42 mm, do utilizador relativamente à cadeira, aquando da verticalização. Tendo em conta que, para o mesmo teste, se obteve um deslocamento de 47 mm e 59 mm, nas cadeiras *LSR-Lifestand* e *Oceania da Vassilli*, respetivamente, o valor obtido com este protótipo é próximo destes valores. Porém, o teste foi realizado com um utilizador sem patologias, pelo que o valor do deslocamento obtido pode não se verificar em utilizadores com patologias.

O protótipo da cadeira de verticalização, de uma forma geral, assume-se como um projeto viável, no sentido em que cumpre com os requisitos estabelecidos inicialmente.

6.2 Trabalho futuro

Estando ciente da complexidade deste projeto e das melhorias que ainda podem ser implementadas, será pertinente proceder a uma análise de risco baseada no método FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) que é um método de Análise dos Modos de Falha e dos seus Efeitos bem como uma análise do protótipo. Depois disto, e não havendo riscos graves associados ao equipamento, será pertinente proceder à realização de testes com pessoas com patologia(s) que as comprometam ao uso de cadeira de rodas, mas permita usar, em particular, as de verticalização.

O comprimento do tubo do apoio de cabeça, dos apoios de braço e do patim deve ser alterado para um melhor conforto do utilizador.

Como se verificou que entre os -3° e os 20° (do assento em relação ao chão) não havia deslocamento significativo do utilizador face à cadeira de verticalização, seria interessante que o atuador linear do encosto iniciasse e acabasse o seu movimento aos 20° . Desta forma, todo o curso do motor seria aproveitado para os momentos em que o deslocamento se faz sentir. Uma vez que os dois motores estão interligados, poderá ser aplicado um *switch* no sistema. O *switch* é um componente eletromecânico e o seu papel, neste caso particular, será não deixar passar corrente para o atuador linear do encosto até aos 20° . Para isso, terá de ser implementado num sítio estratégico, de forma a conseguir detetar quando o assento se encontra a 20° . Identificada esta posição, o *switch* permite que a corrente passe para o atuador linear do encosto para que este inicie o seu movimento linear.

Tendo concluído que o ângulo máximo do assento deverá ser 60° para garantir a segurança e conforto do utilizador, será necessário dimensionar, à semelhança do que já se fez, uma nova posição para o atuador e para as molas de gás.

Por fim, terá de se contornar a patente do mecanismo da corrediça tubular, usada para descer o apoio pés. Uma solução pensada foi usar o atuador responsável pela elevação da cadeira. Como uma

das extremidades do atuador apresenta movimento, aquando da verticalização, a ideia seria ligar o tubo do patim a essa extremidade do motor e, através disto, aplicar um mecanismo que aquando do movimento ascendente do motor, conduzisse os patins em movimento descendente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Santos, L.D.R.dos. Estudo e conceção de uma cadeira de verticalização ergonómica e económica. Guimarães. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade do Minho, 2018.
- [2] Oliveira, C. R. de, Rosa, M. santos, Anabela Mota Pinto, M. A., Botelho, S., Morais, A., & Veríssimo, M. T. *Estudo do Perfil do Envelhecimento da População Portuguesa*. (2010).
- [3] Salvador, A. Manual para pessoas com deficiência motora: 2ª edição. Lisboa, setembro 2017.
- [4] Mobilitec. Lifestand: especialistas em verticalização. Maia, Portugal. Disponível em: https://www.loja.mobilitec.pt/imgs/downloads/122449_1_9601_MonofolhaLIFESTAND.pdf. Último acesso: 16.02.2018
- [5] I. N. de Estatística, “Censos 2011 – Resultados Definitivos,” 2011, vol. 2011, p.1-21.
- [6] INE. “Saúde e Incapacidade em Portugal – 2011”, Ine, (2012).
- [7] Souza, J. B. B. de. Conceção da Estrutura do Sistema Tecnológico de uma Cadeira de Rodas Inteligente Adaptada ao Utilizador. Porto. 99f. Tese (Mestrado em Multimédia) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011.
- [8] Portugal. “Análise de População com Deficiência - Censos 2001”. Instituto Nacional de Estatística, p.10, (2002).
- [9] Instituto Nacional de Estatística (INE), “Projeções de População Residente 2015-2080”. INE, (2017).
- [10] *Orthos XXI*. Página Institucional. Disponível em: <<http://www.orthosxxi.com/empresa/historia>>
- [11] Lacerda, J., Marques, T., Seabra, E., & Silva, L. F. (2015). Desenvolvimento e Conceção de um Novo Sistema Universal para Conversão “Plug and Play” de Cadeira de Rodas Manuais em Elétricas.
- [12] R. S. SCATOLIM, J. E. G. dos SANTOS, P. da C. LANDIM, and O. CASARI, “Design e tecnologia assistiva: contribuições para o desenvolvimento de cadeiras de rodas inteligentes”, *Ergodesign*, vol. 15, no. 1, 2014.
- [13] *Orthos XXI*. Produtos de mobilidade. Disponível em: <http://www.orthosxxi.com/product/celta-transit-40-ny-300-pn-mc-200>. Último acesso: 18.01.18.
- [14] *Orthos XXI*. Catálogo de mobilidade. Disponível em: <http://www.orthosxxi.com/lmgs/pages/page_1/1_ORTHOS_Mobilidade_PT.pdf>. Último acesso: 18.01.18.
- [15] *Vassilli*. Produtos de mobilidade. Disponível em: <http://vassilli.it/catalogo-prodotti/mobility/18-82n-elettronica/>. Último acesso: 18.01.18.

- [16] *Orthos XXI*. Produtos de mobilidade. Disponível em: <<http://www.orthosxxi.com/produtos/mobilidade>>. Último acesso: 19.01.18.
- [17] Cossio, M. L. T., Giesen, L. F., Araya, G., & Pérez-Cotapos, “Acessibilidade e Mobilidade para Todos”, Vol. XXXIII, no. 2, 2012.
- [18] Barroso, M. P., Arezes, P. M., Da Costa, L. G., & Miguel, A. S. *Anthropometric study of Portuguese workers. International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 35, p. 401–410, dezembro de 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2004.10.005>>. Último acesso: 16.02.2018.
- [19] C. W. BRITELL, *Tratado de Medicina Física e Reabilitação de Krusen*, 4ª ed, v.1. São Paulo, 1994.
- [20] M. Panero, Julius; Zelnik, *Dimensionamento humano para espaços interiores*. 2015.
- [21] APSEI (Associação Portuguesa de Segurança). Áreas de atuação. Disponível em: <<https://www.apsei.org.pt/areas-de-atuacao/seguranca-no-trabalho/ergonomia/>>. Último acesso em 19.01.2018.
- [22] Vassilli. “Porque é que é tão importante ter uma cadeira de rodas confortável?”. 2017. Disponível em: <<http://passionatepeople.invacare.pt/2017/08/08/tao-importante-ter-cadeira-rodas-confortavel/>>. Último acesso em: 23.01.2018.
- [23] Vassilli. “18.64L.A. HI-LO Activa Verticalizzante”. Disponível em: < <http://vassilli.it/catalogo-prodotti/mobility/18-64-l-a-hi-lo-carrozzella-attiva-verticalizzante/>>. Último acesso em 04.10.2017.
- [24] Mobilitec, “Mobilitec – Mobilidade – Cadeiras manuais com verticalização”. Disponível em: <http://www.loja.mobilitec.pt/imgs/pdf/produtos/1_221_46_32_pt.pdf>. Último acesso em: 04.10.2017.
- [25] LEVO AG and Switzerland, “LEVO Summit EL”. Disponível em: <<https://www.levo.ch/217-summit-el-brochure-inch/file.html>>. Último acesso 04.10.2017.
- [26] Invacare, “Invacare - Dragon Vertic”. Disponível em: <<http://www.invacare.pt/pt/invacare-dragon-verticalizer-ma-83dravpt>>. Último acesso a 02.10.2017.
- [27] LEVO AG and Switzerland, “LEVO Combi”. Disponível em: < <http://www.levousa.com/images/stories/combi/combi-product-brochure-metric.pdf> >. Último acesso em 02.10.2017.
- [28] Mobilitec, “Mobilitec – Mobilidade – Cadeiras elétricas com verticalização”. Disponível em: <<http://www.loja.mobilitec.pt/mobilidade-caadeiras-rodas-electricas-lsc-lifestand#prettyPhoto>>. Último acesso a 02.10.2017.
- [29] Vassilli. “Oceania”. Disponível em: <<http://www.orthosxxi.com/product/cd-vert-elet-tracciao-elet-186867-36-oceania>>. Último acesso em 03.10.2017.

- [30] Porcheron Francois. Body support device for a stand-up wheelchair and wheelchair for said device. US Patent No. *6601869 B2*. 2002.
- [31] Suisse, François Xavier Laffin. Stand-up wheelchair with gearing down of the stand-up operation. US Patent No. 7398989 B2. 2008
- [32] Steffisburg, Kurt Hunziker. Stand-up unit for stand-up wheelchairs and chairs, particularly therapy chairs. US Patent No. 9757291 B2. 2017.
- [33] Meyer, Bruno. Stand-up wheelchair. EP 0815822 A1.1996.
- [34] Invacare. Invacare Dragon Verticalizer [Online]. Disponível em: <<http://www.invacare.pt/pt/invacare-dragon-verticalizer-ma-83dravpt>>. Último acesso em 28.10.2018.
- [35] LEVO. LEVO Combi. Disponível em: <<http://www.levousa.com/images/stories/combi/combi-product-brochure-metric.pdf>>. Último acesso: 28.10.2018.
- [36] Mobilitec. Lifestand Mobilitec. Disponível em: <<http://www.loja.mobilitec.pt/mobilidade-cadeiras-rodas-electricas-lsc-lifestand#prettyPhoto>>. Último acesso em 28.10.2018.
- [37] Vassilli. <http://vassilli.it/catalogo-prodotti/mobility/18-68e-hi-lo-elettrica/>.

ANEXO I – DADOS TÉCNICOS DAS CADEIRAS DE VERTICALIZAÇÃO ELÉTRICAS

Tabela 16 - Características técnicas da *Dragon Vertic* da *Invacare* [34]

Largura do assento (mm)	450
Profundidade do assento (mm)	380 - 460
Altura do assento (mm)	500/550
Altura do encosto (mm)	600 / 650
Altura do apoio de braços (mm)	260 - 350
Comprimento dos apoios de pernas (mm)	330 - 450
Altura total (mm)	1670 / 1720
Ângulo do encosto (°)	6 - 22
Largura total (mm)	610
Altura total (mm)	1160 / 1210
Comprimento total incluindo o apoio de pernas (mm)	1050
Comprimento total sem apoios de pernas (mm)	850
Peso total (kg)	131
Peso máximo de utilizador (kg)	100
Capacidade da bateria	2 x 12V 60 Ah
Diâmetro de viragem (mm)	1660
Altura máxima para ultrapassar obstáculos (mm)	40
Inclinação máxima (%)	17,6
Capacidade do motor (W)	2 x 180
Autonomia (km)	25
Velocidade (km/h)	6

Tabela 17 - Características técnicas da *LEVO Combi* tamanho S – M [35]

Largura do assento (mm)	380/440/500
Altura do assento (mm)	500 - 650
Profundidade do assento (mm)	290 - 420
Largura total (mm)	660
Comprimento total (mm)	1100
Altura total (mm)	890 - 1040
Altura do apoio de braços (mm)	170 - 250
Altura do encosto (mm)	430
Altura do apoio de pés (mm)	370 - 580
Raio de curvatura (mm)	1100
Velocidade (Km/h)	6/8/10
Autonomia (Km)	35
Inclinação máxima (°)	12
Curb climbing ability	8
Peso máximo da cadeira (kg)	170
Peso máximo de utilizador (kg)	120

Tabela 18 - Características técnicas da *LSC – Lifestand* [36]

Altura assento fixo (mm)	510
Altura do encosto (mm)	400 - 480
Autonomia (km)	20 - 25
Capacidade baterias	2 x 18 Ah
Comprimento total incluindo assento (mm)	1120
Eletrónica	R-Net/VR2
Garantia (anos)	2
Largura do assento (mm)	360 - 480
Largura total (mm)	670
Peso máximo utilizador (kg)	120
Peso total incluindo baterias (kg)	90
Profundidade do assento (mm)	410 – 530
Raio de viragem (mm)	850
Velocidade máxima (km/h)	7

Tabela 19 - Características técnicas da Oceania [37]

Altura (mm)	900 - 1020
Comprimento (mm)	1050
Largura (mm)	600 - 640
Altura do apoio de braços	700 - 800
Altura do assento	500
Largura do assento	420 - 460
Comprimento do assento (mm)	400 - 520
Peso máximo de utilizador (kg)	120
Declive máximo de rampas (°)	10
Raio de curvatura (mm)	1000
Passo (mm)	750
Altura do encosto (mm)	400 - 550
Inclinação do encosto (°)	90 - 102
Peso cadeira (kg)	84
Velocidade (Km/h)	7

ANEXO II – PLANEAMENTO DE PROJETO

Tendo em vista a realização deste trabalho, foram definidas as seguintes tarefas:

Tarefa 1: Análise crítica da dissertação “Desenvolvimento e projeto de cadeira de verticalização ergonómica e económica”, a qual servirá como ponto de partida para o desenvolvimento do projeto de dissertação que aqui se propõe;

Tarefa 2: Pesquisa de mercado e de patentes tendo como propósito o estabelecimento da relação com o estado da arte;

Tarefa 3: Investigação das vantagens/desvantagens das cadeiras de verticalização existentes no mercado;

Tarefa 4: Otimização do projeto concebido anteriormente;

Tarefa 5: Construção e validação de um protótipo;

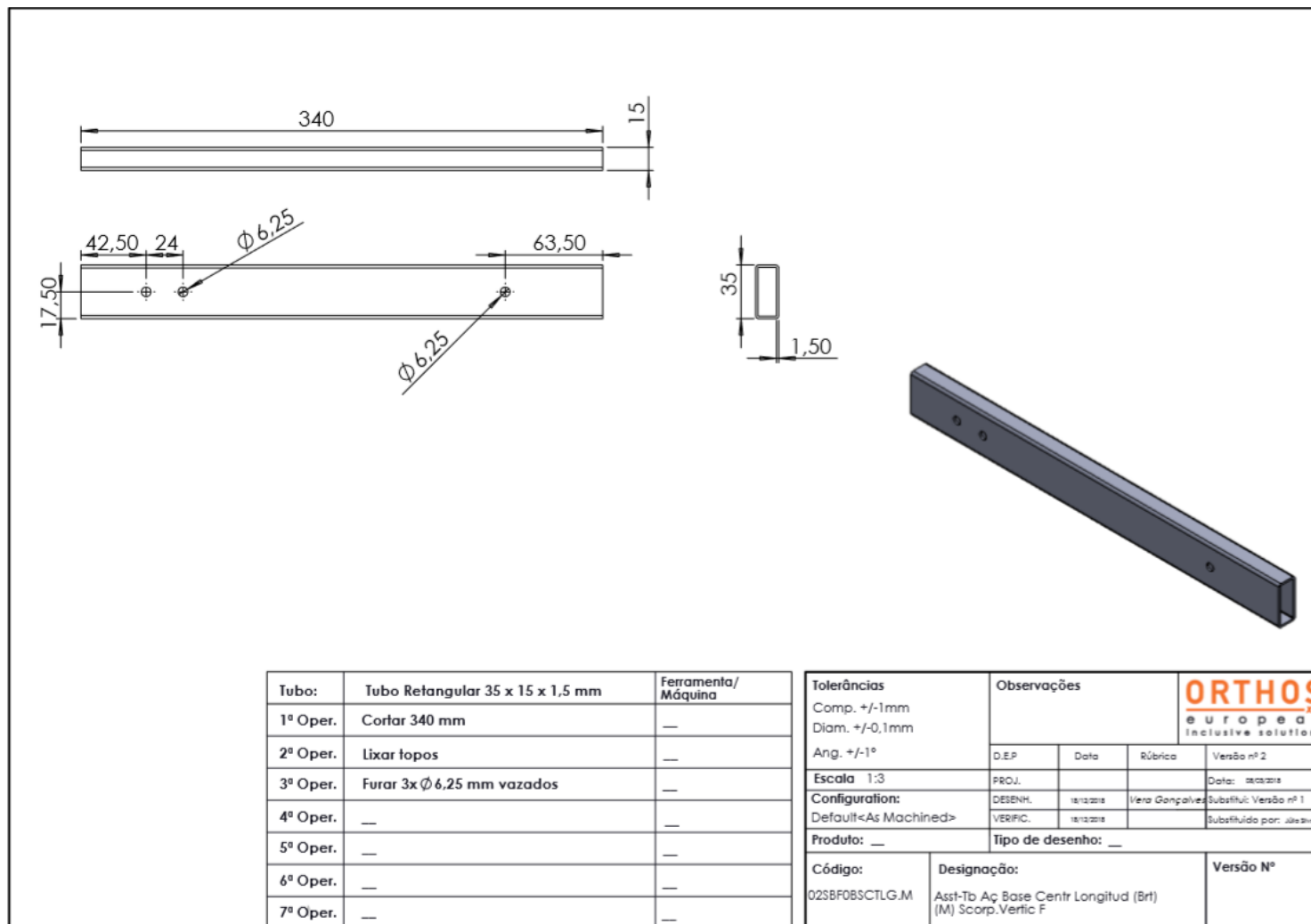
Tarefa 6: Escrita da dissertação para posterior apresentação às provas de Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

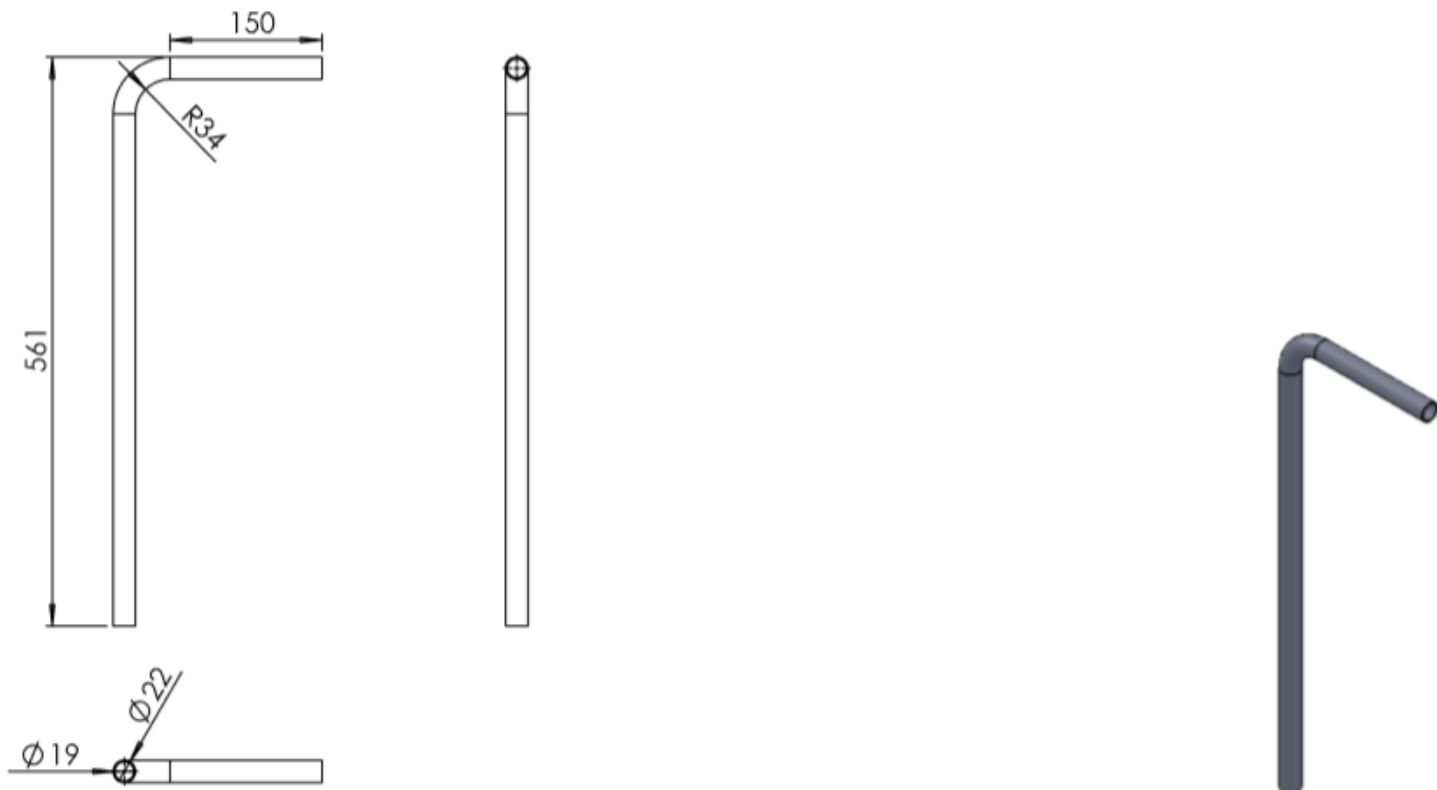
Estas tarefas estão calendarizadas de acordo com o cronograma que se apresenta de seguida:

	outubr o	novemb ro	dezemb ro	janeiro	fevereir o	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembr o
Tarefa 1	■	■	■									
Tarefa 2		■	■	■								
Tarefa 3				■	■							
Tarefa 4					■	■	■					
Tarefa 5							■	■	■	■		
Tarefa 6								■	■	■	■	■

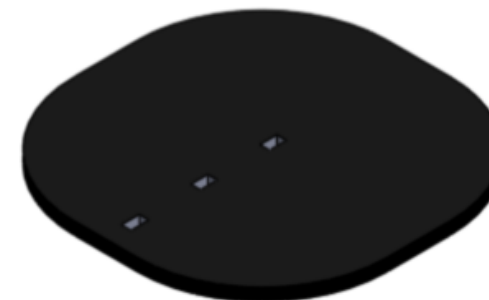
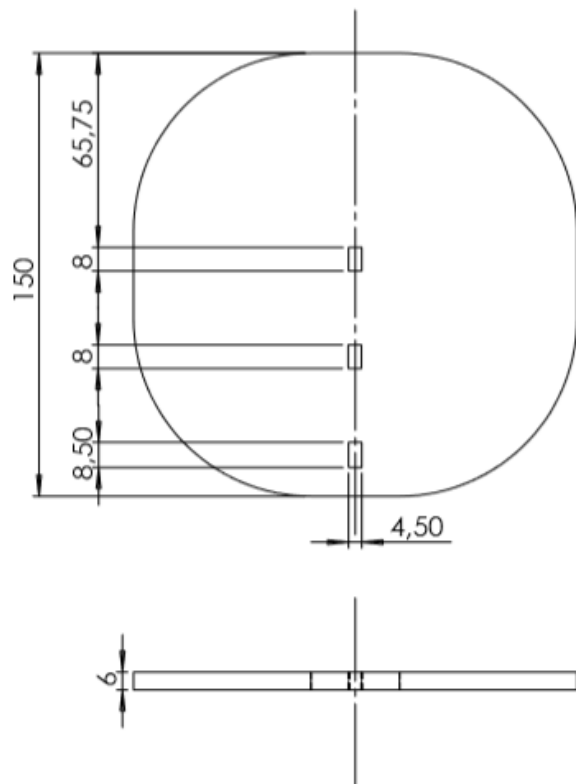
Guimarães, 21 de novembro de 2017


ANEXO III – DESENHOS TÉCNICOS

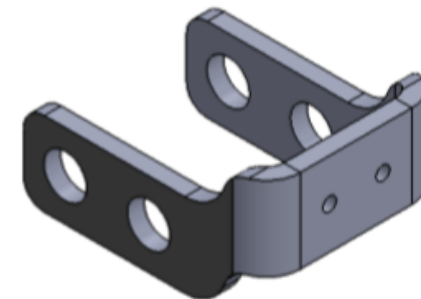
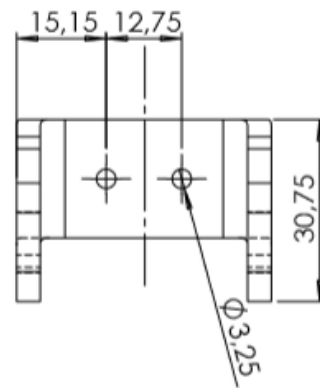
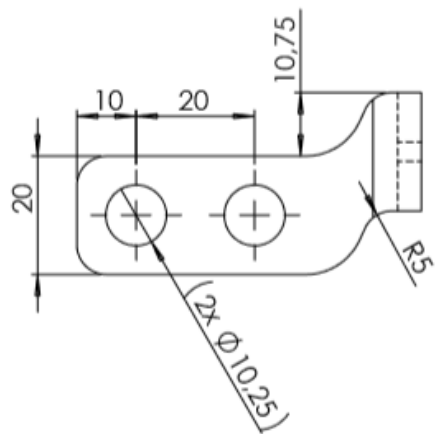
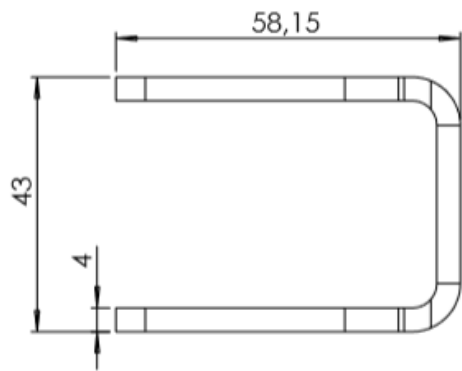




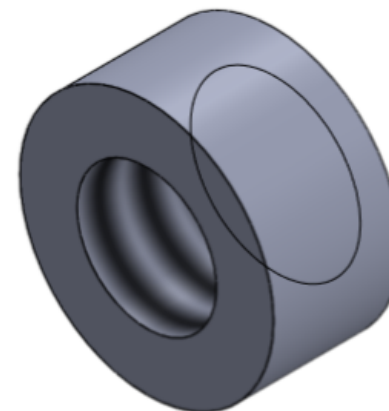
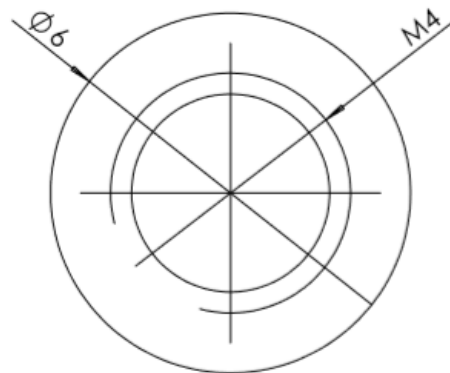
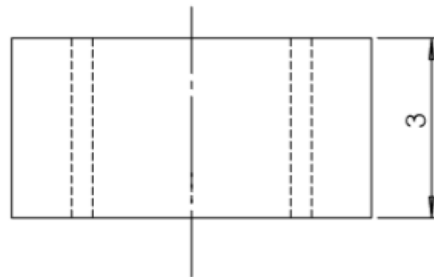
Dobragem Tubos					Tubo:	Tubo de Aço 22x1,5 mm	Ferramenta/ Máquina	Tolerâncias	Observações				
	Comprim.	Ângulo	Rotação	Ralo	1ª Oper.	Cortar 726 mm	—	Comp. +/-1mm					
1ª Dobra					2ª Oper.	Lixar topos	—	Ang. +/-0,1º					
2ª Dobra					3ª Oper.	Dobrar conforme o desenho	—	Escala 1:6	D.E.P.	Data	Rôbrica	Versão nº 2	
3ª Dobra					4ª Oper.	—	—	Configuração:	PROJ.			Data: 04/05/2014	
4ª Dobra					5ª Oper.	—	—	Default<As Machined>	DESENH.	14/12/2014	Vera Gonçalves	Substitui: Versão nº 1	
5ª Dobra					6ª Oper.	—	—	Produto: —	VERIFIC.			Substituído por: Jéssica	
6ª Dobra					7ª Oper.	—	—		Tipo de desenho: —				
								Código:	Designação:				Versão Nº
								02SCF0PUPR	feste Sist.Costas - T Aço Punho Principal F				



Tolerâncias Comp. +/-1mm Diam. +/-0,1mm Ang. +/-1°	Observações			
	D.E.P.	Data	Rúbrica	
Escala 1:2	PROJ.			Data: 06/09/2014
Configuration:	DESENH.	14/12/2014	Vera Gonçalves	Substituído: Versão nº 1
	VERIFIC.	14/12/2014		Substituído por: 2014/2014
Produto: __	Tipo de desenho: __			
Código:	Designação: chapa patim F			Versão N°

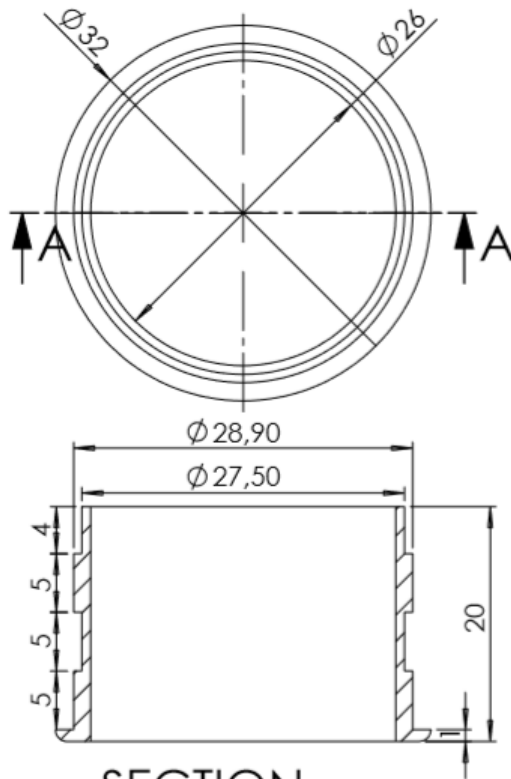


Tolerâncias Comp. +/-1mm Diam. +/-0,1mm Ang. +/-1°	Observações			
	D.E.P.	Data	Rúbrica	
Escala 1:1	PROJ.			Data: 06/02/2014
Configuration:	DESENH.	14/12/2014	Vera Gonçalves	Substitui: Versão nº 1
	VERIFIC.	14/12/2014		Substituído por: Jota Silva
Produto: _	Tipo de desenho: _			
Código:	Designação: Chp alheta motor 4mm S235JR F			Versão N°



Tubo:	—	Aut.	Man.
Material	Aço ST37,CK45	—	—
Tratamento Térmico	—	—	—
Tratamento Superfície	Não	—	—
Programa de Maquinagem	—	—	—
		—	—
		—	—
		—	—

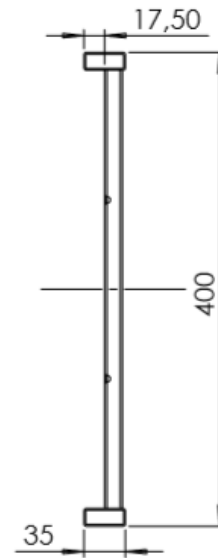
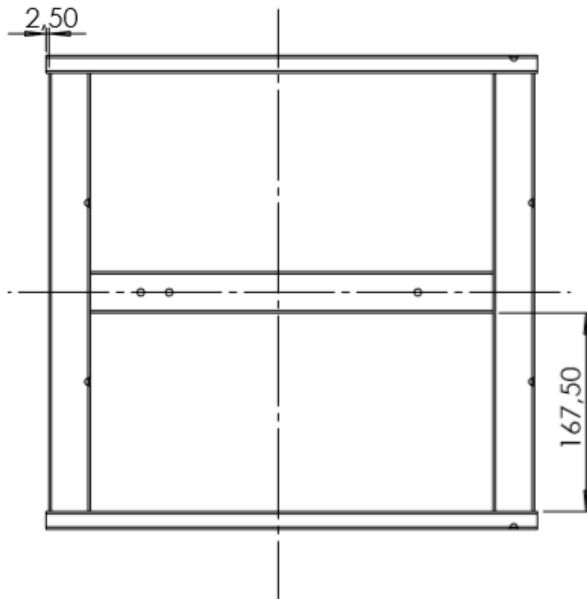
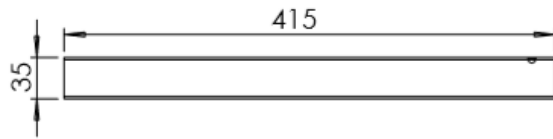
Tolerâncias		Observações		ORTHOS <small>XXI</small> european inclusive solutions
Comp. +/-1mm Diam. +/-0,1mm Ang. +/-1°		D.E.P	Data	
Escala 10:1		PROJ.		Versão nº 2 Data: 18/12/2018
Configuration: Default		DESENH.	18/12/2018	Vera Gonçalves
		VERIFIC.	18/12/2018	Substituído por: Júlia Silva
Produto: —		Tipo de desenho: —		
Código:	Designação:	Nº		
	Casquilho elev patim F			



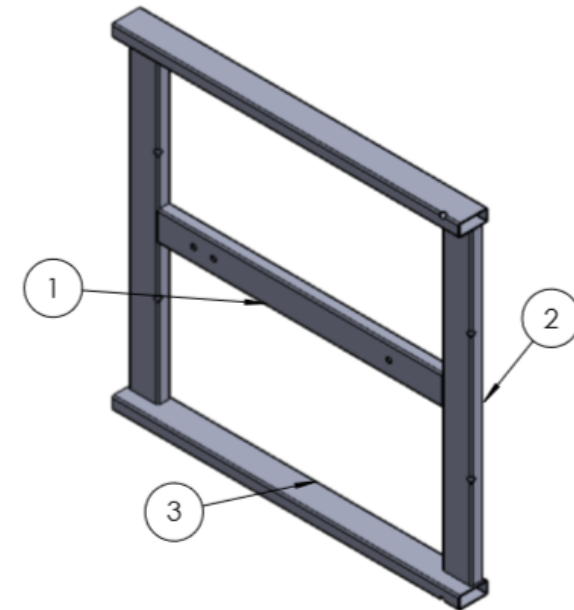
SECTION A-A

Tubo:	—	Aut.	Man.
Material	Nylon	—	—
Tratamento Térmico	—	—	—
Tratamento Superfície	Não	—	—
Programa de Maquinagem	—	—	—
		—	—
		—	—
		—	—


Tolerâncias Comp. +/-1mm Diam. +/-0,1mm Ang. +/-1°		Observações		
		D.E.P.	Data	
Escala 2:1		PROJ.		Data: 02/02/2018
Configuration: Default		DESENH.	18/12/2018	Vera Gonçalves
		VERIFIC.	18/12/2018	Substituído por: Jile Silva
Produto: —		Tipo de desenho: —		
Código:	Designação: Casquilho desliz costas F	Nº		

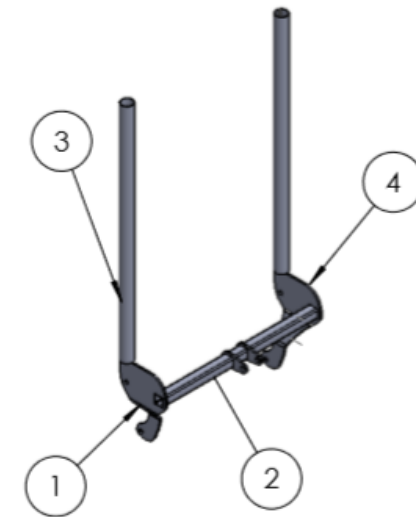
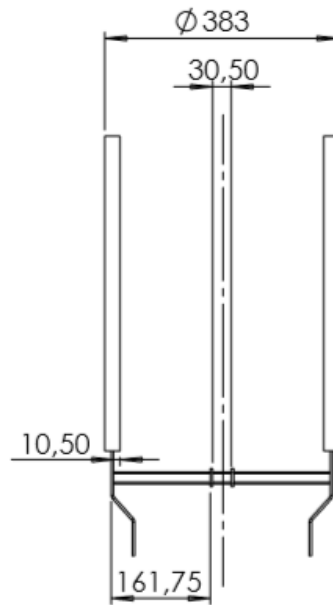
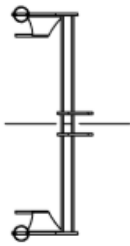


ITEM NO.	Descrição	QTY.
1	Assf-Tb Aç Base Centr Longitud (Br) (M) Scorp.Vertic F	1
2	Assf-Tb Aç Base Centr Transv (Br) (XL)	2
3	Assf-Base Later Longitudinal Aç (Br) (M) Scorp.Vertic F	2




Soldadura:	Peça	Ferramenta/Máquina
1ª Oper.	Soldar conforme desenho	—
2ª Oper.	Limpar salpicos	—
3ª Oper.	Desempenar	—
4ª Oper.	Listar quantidades	—
5ª Oper.	Listar cor de pintura	—
6ª Oper.	—	—
7ª Oper.	—	—

Tolerâncias		Observações			
Comp. +/-1mm					
Diam. +/-0,1mm					
Ang. +/-1°		D.E.P.	Data	Rúbrica	Versão nº 2
Escala 1:5		PROJ.			Data: 18/12/2018
Configuration:		DESENH.	18/12/2018	Vera Gonçalves	Substituído: Versão nº 1
Default		VERIFIC.			Substituído por: J. Jesus
Produto: —		Tipo de desenho: —			
Código:	Designação:	Nº			
	Ass -Base Cen r Aç (Br) (M) Scorp.Ver ic F				



ITEM NO.	Descrição	QTY.
1	chp art quinada esp.4mm F	1
2	Sist.Costas Regulável - S Aço Gaveta Pn(M) F	1
3	tubo do meio costas	2
4	chp art quinada esp.4mm esq F	1
5	Cd Cr Vk-Chapa Alheta Rec Costas Al S235JR Esp.4mm F	2

Soldadura:	Peça	Ferramenta/Máquina
1ª Oper.	Soldar conforme desenho	—
2ª Oper.	Limpar salpicos	—
3ª Oper.	Desempenar	—
4ª Oper.	Listar quantidades	—
5ª Oper.	Listar cor de pintura	—
6ª Oper.	—	—
7ª Oper.	—	—

Tolerâncias		Observações			
Comp. +/-1mm					
Diam. +/-0,1mm					
Ang. +/-1°		D.E.P.	Data	Rúbrica	Versão nº 2
Escala 1:10		PROJ.			Data: 18/12/2018
Configuration:		DESENH.	18/12/2018	Vera Gonçalves	Substitui: Versão nº 1
Default		VERIFIC.			Substituída por: Jleste
Produto: —		Tipo de desenho: —			
Código:	Designação:	Nº			
	tb costas+chp quinada F				

ANEXO III – ÁRVORE DE OBJETIVOS

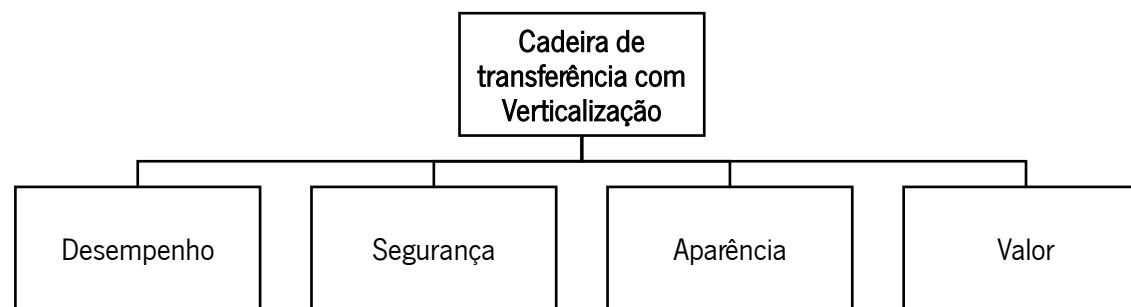


Figura 98 - Esquema genérico da árvore de objetivos - objetivos de nível superior



Figura 99 - Sub-objetivos do objetivo "Aparência"

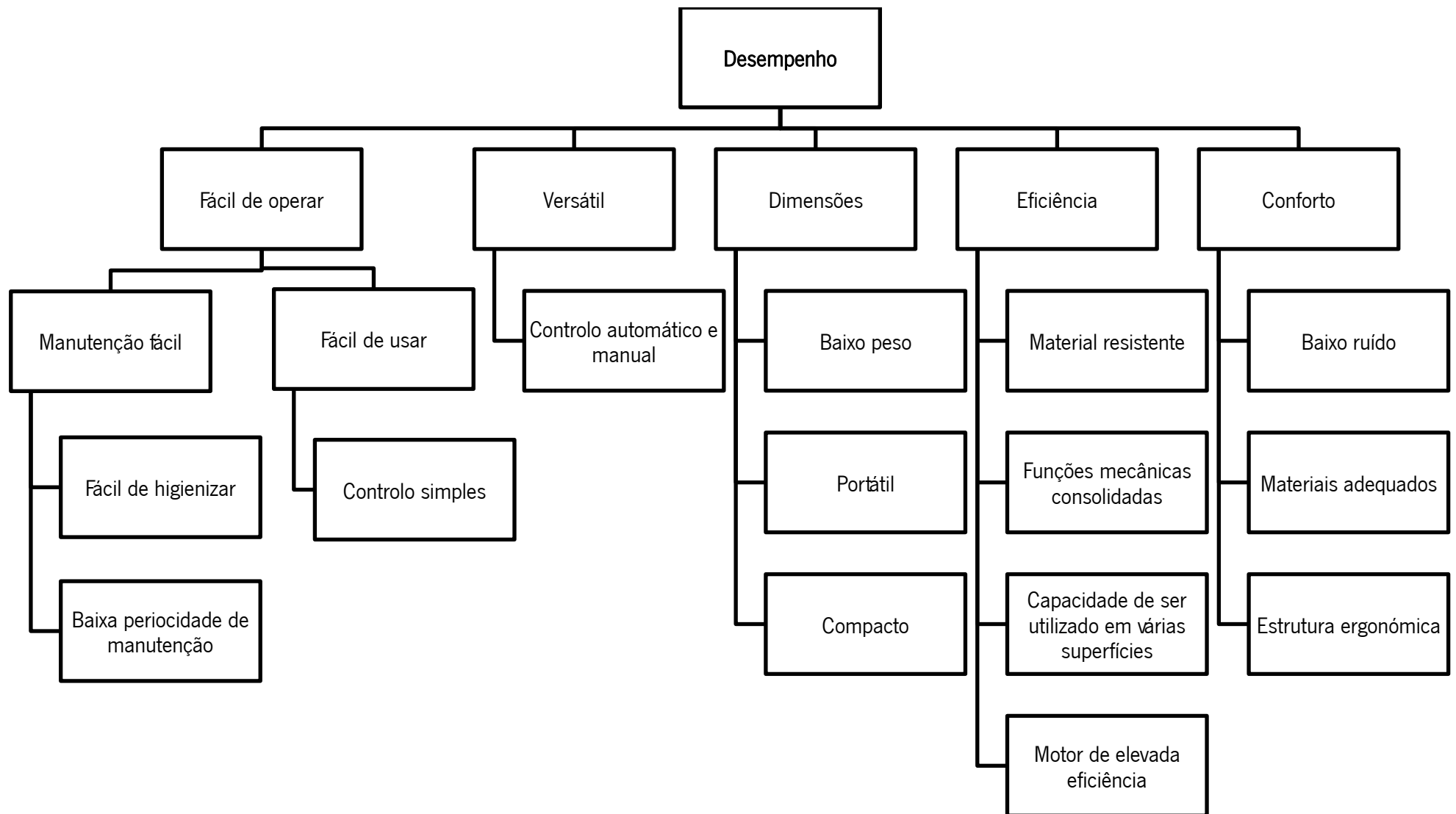


Figura 100 - Sub-objetivos do objetivo "Desempenho"

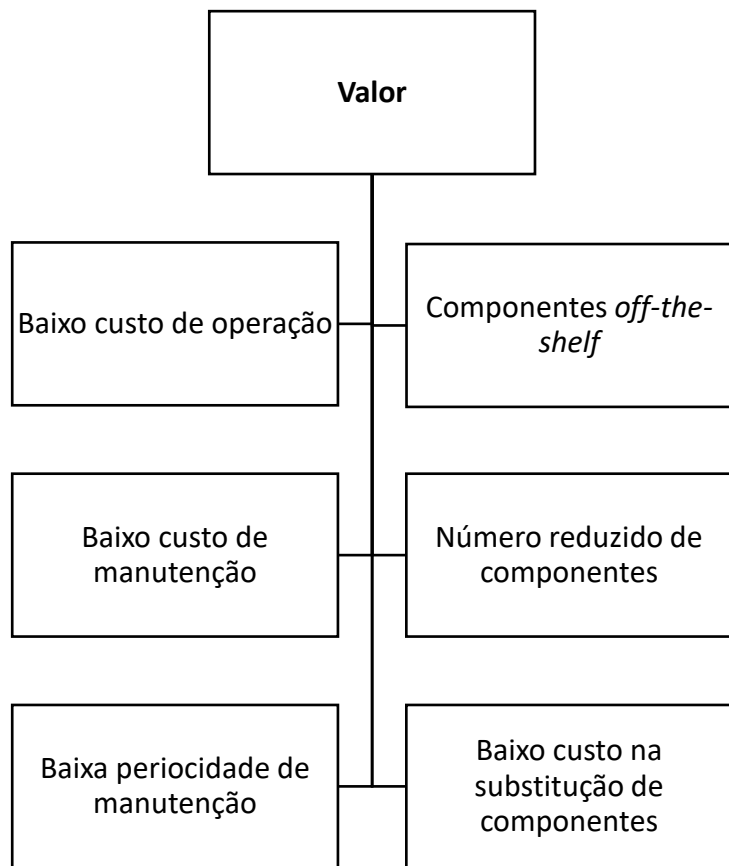


Figura 101 - Sub-objetivos do objetivo "Valor"

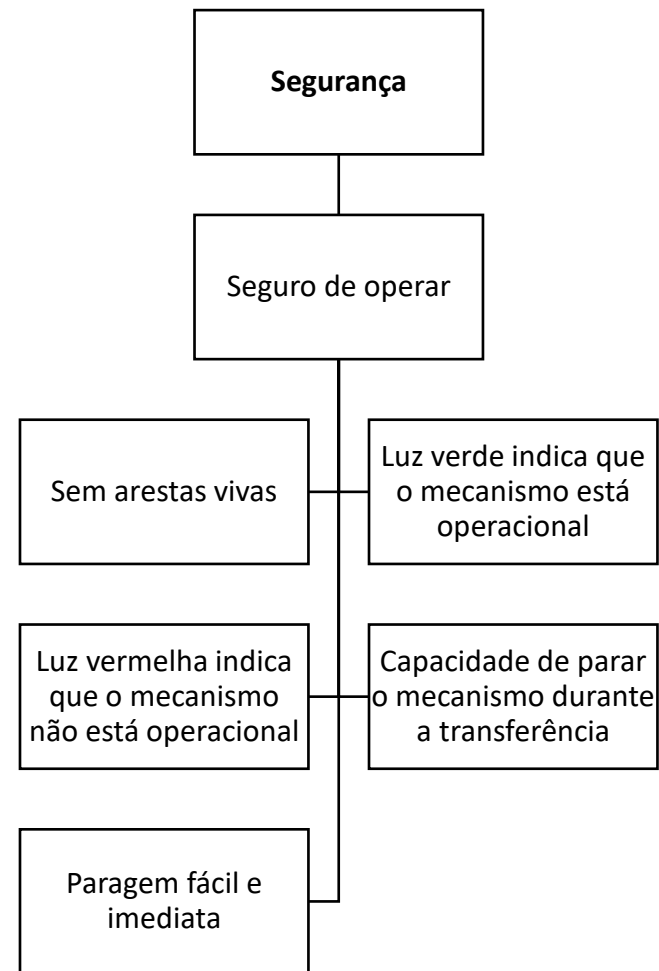


Figura 102 - Sub-objetivos do objetivo "Segurança"