



**Nuno Filipe
Ribeiro Oliveira**

**Desenvolvimento de uma Solução Adaptativa Na
Cozinha**



**Nuno Filipe
Ribeiro Oliveira**

Desenvolvimento de uma Solução Adaptativa Na Cozinha

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica do Doutor António Manuel de Amaral Monteiro Ramos, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e do Doutor Carlos Alberto Moura Relvas, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

Esta dissertação teve o apoio dos projetos UID/EMS/00481/2019-FCT e pelo projeto POCI-01-0145-FEDER-032486, financiado pelo FEDER, através do COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI), and by national funds (OE), through FCT/MCTES;

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutor Victor Fernando Santos Neto

Professor Auxiliar em Regime Laboral da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Doutor Pedro Miguel Soares Ferreira

Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Prof. Doutor António Manuel de Amaral Monteiro Ramos

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (Orientador)

**agradecimentos /
acknowledgements**

Aos meus pais, não só por me permitirem chegar até aqui, mas também pelo apoio incondicional ao longo de todo o meu percurso académico. Ao meu irmão, aos meus avós e restantes familiares, pelo apoio e inspiração durante toda esta aventura. Aos meus amigos e colegas que estiveram sempre dispostos a ajudar, quer nas alturas de mais trabalho, quer nas alturas de maior descontração. À Alexandra, pelo apoio e paciência ao longo de todo este percurso. Ao Professor António Ramos e ao Professor Carlos Relvas, pela orientação e auxílio, que foram fundamentais para a concretização desta dissertação. Um Grande Obrigado a Todos!

keywords

Ergonomy; Anthropometry; Confort; Modularity; Kitchen

abstract

This thesis deals with the development of a domestic adaptative solution in the context of the kitchen, more concretely a carousel rotary storage sistem, with the goal of turning the kitchen into a more ergonomic and confortable environment. On an initial stage, in order to contextualize this dissertation, a state of the art analysis was done, which consisted on the revision of various studys concerning the diferent tasks that take place in the kitchen and the revision of various ergonomic solutions already present in the market. From the state of the arte, and resorting to tools such as Kano analyzis and QFD matrices, it was possible to determine the priority of the requirements, specifications and components of the product. This analysis was made for three diferent user profiles in order to evaluate which one would benefit the most with the introduction of this product. The selected profile was of the frequent user, which prioritizes utility space, accessibility and storage space. After defining the user profile, a series of concepts were developed using tools like brainstorming and morfological analysis. From the obtained concepts, the one that was selected was the carousel rotary storage system, as it is the one that better suits the previously defined requirements and the one that differs most from the currently available solutions. The selected concept was subjected to a failure mode effect analysis, FMEA, and a new morfologycal analysis in order to correctly define the diferent kind of mechanisms that must be implemented in the product. Based on the decisions previously taken, the modeling process was started. This process has a iterative nature, being composed of a total of four iterations, including the initial draft and the final model. Besides the final model, various alternative models were developed which mantained the final model's architecture, but which atribute a slightly different function or that take advantage of the modularity of the system. The final model has various advantages that are exclusive to it, namely, the harnessing of storage space up to the ceiling and the facilitated access to higher storage spaces. These features are indicative of the fullfilement of the original objectives, as seen that the final product is a groundbreaking model that meets the needed ergonomic requirements and that facilitates the kitchen usage. The final model also presents the potential to be developed in future works, as seen that the configuration is easily adaptable to an automated solution.

palavras-chave

Ergonomia; Antropometria; Conforto; Modularidade; Cozinha

resumo

Esta dissertação trata o desenvolvimento de uma solução adaptativa doméstica no contexto da cozinha, mais concretamente um armazém rotativo em carrossel, com o objetivo de tornar a cozinha num espaço mais ergonómico e confortável para o utilizador trabalhar. Numa fase inicial e de forma a melhor contextualizar esta dissertação, foi realizada uma análise do estado de arte, relativamente às tarefas da cozinha e diversas soluções ergonómicas já existentes no mercado. A partir do estado de arte, e recorrendo a ferramentas como o diagrama de Kano e Matrizes QFD foi possível definir a prioridade dos requisitos, especificações e componentes do produto. Esta análise foi realizada para três perfis de utilizador diferentes de forma a avaliar qual o tipo de utilizador que mais iria beneficiar com a introdução deste produto. O perfil selecionado foi de um utilizador frequente que dá prioridade ao espaço de utilização, à acessibilidade e ao espaço de arrumo. Estando definido o perfil de utilizador, iniciou-se a geração de vários conceitos utilizando ferramentas como *brainstorming* e análise morfológica. De entre os vários conceitos obtidos, foi selecionado o armazém rotativo visto ser aquele que melhor cumpre os requisitos definidos anteriormente e que mais se diferencia das soluções já existentes no mercado. O conceito selecionado foi sujeito a uma análise de modo de falha, FMEA, e a uma nova análise morfológica de forma a definir corretamente os diferentes tipos de mecanismo do mesmo. Com base nas decisões tomadas anteriormente, procedeu-se ao processo de modelação. Este processo apresentou um cariz iterativo, sendo constituído num total de quatro iterações, incluindo um esboço inicial e o modelo final. Para além do modelo final, foram desenvolvidos ainda alguns modelos alternativos que mantêm a mesma arquitetura, mas que lhe atribuem uma função ligeiramente diferente ou que tiram partido da modularidade associada ao mesmo. O modelo final tem associadas várias vantagens que lhe são exclusivas, nomeadamente, o aproveitamento do espaço de arrumação até ao teto e a facilidade no acesso a espaços de arrumação mais elevados. Estas características são indicativas do cumprimento dos objetivos definidos inicialmente, visto que o produto final é um modelo inovador que cumpre os requisitos de ergonomia necessários e que facilita a utilização da cozinha. O modelo final apresenta ainda o potencial para desenvolvimento em trabalhos futuros, visto que a sua configuração é facilmente adaptável a uma solução automatizada.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Contextualização	1
1.1.1	Contexto Histórico	1
1.1.2	Definição de Ergonomia e Antropometria	2
1.1.3	Desafios de Ergonomia na Cozinha	2
1.2	Objetivos do Trabalho	3
1.3	Contributo da Dissertação	3
1.4	Organização do Documento	4
2	Estado da Arte	5
2.1	Estudos Ergonómicos e Antropométricos	5
2.1.1	Altura das Bancadas	5
2.1.2	Acesso a Arrumos	7
2.1.3	Configuração da Cozinha	11
2.1.4	Movimentos na Cozinha	13
2.1.5	Iluminação na Cozinha	14
2.2	Tecnologias Já Existentes	14
2.2.1	Altura das Superfícies de Trabalho	14
2.2.2	Acesso a Armários de Altura Elevada	15
2.2.3	Acesso a Armários Junto ao Chão	17
2.2.4	Acesso a Armários em Unidades de Canto	19
3	Desenvolvimento do Produto	23
3.1	Definição e Priorização Inicial dos Requisitos	23
3.2	Definição dos Perfis de Utilizador	24
3.2.1	Utilizador Frequente	25
3.2.2	Utilizador Esporádico	25
3.2.3	Utilizador Idoso	26
3.3	Especificações da Cozinha	27
3.4	Componentes da Cozinha	28
3.5	Priorização Final	28
3.5.1	Utilizador Frequente	28
3.5.2	Utilizador Esporádico	29
3.5.3	Utilizador Idoso	30
3.6	Conclusões e Seleção do Público Alvo	30

4	Desenvolvimento Conceptual	33
4.1	Análise Funcional	33
4.2	Geração de Ideias	33
4.2.1	Cozinha de Nova Geração	34
4.2.2	Cozinha Adaptada	35
4.3	Seleção do Conceito Final	38
4.4	Desenvolvimento do Conceito Seleccionado	40
4.4.1	Análise do Modo de Falha do Conceito - FMEA	40
4.4.2	Análise Morfológica do Conceito Seleccionado	41
4.4.3	Esboço Inicial	42
5	Modelação e Desenvolvimento do Modelo Final	45
5.1	Modelação do Conceito Seleccionado	45
5.1.1	Segunda Iteração	45
5.1.2	Terceira Iteração	49
5.1.3	Modelo Final	53
5.2	Análise do Modo de Falha do Produto - FMEA	57
5.3	Versões Alternativas do Conceito Seleccionado	58
5.3.1	Solução Automatizada	58
5.3.2	Solução Para Unidade Chão	58
5.3.3	Solução de Quatro Módulos	60
5.3.4	Módulos Especializados	60
6	Dimensionamento e Seleção de Componentes	63
6.1	Desenho Para Fabrico	63
6.1.1	Espessura e Ligação entre Componentes	63
6.1.2	<i>Design</i> dos <i>Snap-Fits</i>	64
6.2	Pega do Módulo de Arrumo	65
6.2.1	Módulo de Arrumo Regular	66
6.2.2	Módulo de Arrumo de Unidade Inferior	68
6.3	Suporte dos Módulos de Arrumo	68
6.3.1	Suporte Utilizando Dois Braços	69
6.3.2	Suporte Utilizando Um Braço	70
6.3.3	Seleção do Suporte do Módulo de Arrumo	72
6.4	Corrente e Respetivos Acessórios	73
6.4.1	Corrente	73
6.4.2	Engrenagens	76
6.5	Travão	77
6.6	Ligações Aparafusadas	78
6.7	Avaliação de Risco para o Utilizador	80
7	Proposta Final	83
8	Conclusão e Propostas para Trabalhos Futuros	85
8.1	Conclusão	85
8.2	Propostas para Trabalhos Futuros	86

Bibliografia	86
A Gráficos Resultantes das Matrizes QFD	93
B Tabelas da Análise do Modo de Falha	99
C Projeto de Detalhe	103
D Reações e Apoios Relativos às Simulações Estruturais dos Componentes	105
E Documentação Técnica	107

Intentionally blank page.

Lista de Tabelas

2.1	Alturas Ideais para a Bancada e a Pia da Cozinha [6]	6
2.2	Peso dos Objetos Relativamente à Altura Adequada Segundo <i>Pheasant</i> [6]	9
2.3	Pesos (Kg) Recomendados Máximos Recomendados para Operações de Levantamento [18]	10
3.1	Requisitos e Respetiva Priorização	23
3.2	Priorização dos Requisitos para o Utilizador Frequente	25
3.3	Priorização dos Requisitos para o Utilizador Esporádico	26
3.4	Priorização dos Requisitos para o Utilizador Idoso	27
3.5	Especificações da Cozinha	27
3.6	Componentes da Cozinha	28
4.1	Resumo dos Conceitos Desenvolvidos e respetivas vantagens e desvantagens	39
4.2	Análise Morfológica para um Sistema de Circular de Carrossel	42
B.1	Termos Críticos de Falha e Respetivos Critérios	99

Intentionally blank page.

Lista de Figuras

2.1	Alturas Ideais para Arrumos segundo <i>Pheasant</i> [6]: (a) - para uma Unidade Superior e de Chão; (b) - para uma Unidade Alta; (c) - qualificadas de forma qualitativa	8
2.2	Representação Visual da Largura de Trabalho e da Largura de Circulação, adaptado de [17]	13
2.3	<i>Granberg Baselift</i> [29]	15
2.4	<i>Kesseböhmer ergoAgent Base</i> [31]	15
2.5	Parteleira Moveel Inventada por <i>Wyant</i> [32]	15
2.6	Parteleira Moveel Inventada por <i>Vogelsegang et Al.</i> [34]	15
2.7	Parteleira Móvel Inventada por D'Agostino [36]	16
2.8	<i>Kesseböhmer iMove</i> [38]	17
2.9	<i>Peka Pegasus Shelf Lift</i> [40]	17
2.10	Prateleira Deslizante Inventada por <i>Walburn</i> [44]	18
2.11	Sistema de Calhas Inventado por <i>Compagnussi</i> [45]	18
2.12	Prateleira Ascendente Inventada por <i>Bond et Al.</i> [47]	18
2.13	<i>S-box Pop-up Spice-Box</i> [52]	19
2.14	<i>StorageMotion AutoPantry</i> [58]	19
2.15	<i>Lazy Susan</i> do catalogo da produtora <i>Rev-a-Shelf</i> [62]	20
2.16	<i>Kesseböhmer LeMans II</i> [31]	21
2.17	<i>Ninkplast magna PowerSlide</i> [67]	21
2.18	Representação de <i>Magic Corner</i> , retirado de [69]	21
2.19	<i>Kesseböhmer Magic Corner</i> [31]	21
3.1	Modelo de Kano	24
4.1	Análise Funcional de uma Unidade de Arrumo	33
4.2	Desenho Conceptual de Armazém Rotativo Cilíndrico	34
4.3	Desenho Conceptual de Armazém Vertical de Prateleiras Móveis	35
4.4	Desenho Conceptual de Sistema de Prateleiras com Calhas Diagonais	36
4.5	Desenho Conceptual de Sistema de Carrossel Rotativo Vertical	36
4.6	Desenho Conceptual de <i>Magic Corner</i> Vertical	37
4.7	Desenho Conceptual de Sistema de Cestos Deslizantes	37
4.8	Desenho Conceptual de Prateleira Rotativa em Fuso	38
4.9	Esboço Inicial	43
5.1	Pormenor do Sistema de Calhas para Suporte do Módulo	46
5.2	Segunda Iteração do Módulo de Arrumo	47
5.3	Pormenor da Parte Posterior do Módulo de Arrumo	47

5.4	Sistema de Equilíbrio dos Módulos de Arrumo: (a)- Calhas de Equilíbrio; (b) - Pormenor das Roldanas no Interior das Calhas de Equilíbrio;	47
5.5	Representação do Sistema de Travagem. (a) - Sistema Destravado; (b) - Sistema Travado	48
5.6	Segunda Iteração do Sistema de Arrumação Rotativo	49
5.7	Módulo de Arrumo com Persianas: (a) - Abertas; (b) - Fechadas	50
5.8	<i>Design</i> Alternativo do Módulo de Arrumo	50
5.9	Pormenor dos Braços do Suporte para Equilíbrio do Módulo de Apoio	51
5.10	Pormenor do Sistema de Equilíbrio dos Módulos de Arrumo	51
5.11	Pormenor do Disco de Travagem: (a) - livre; (b) - No Contexto da Estrutura	52
5.12	Terceira Iteração do Sistema de Arrumação Rotativo	53
5.13	Pedal do Sistema de Travagem Hidráulico: (a) - vista interior; (b) - vista exterior	54
5.14	Braço de Apoio com Patim Polimérico	54
5.15	Pormenor da Fixação do Suporte ao Braço de Apoio	55
5.16	<i>Design</i> Final do Módulo de Arrumo	55
5.17	Exemplo de Posições dos Módulos de Arrumo	56
5.18	Sistema de Armazém Rotativo Final	56
5.19	Interação Entre um Indivíduo do Percentil 95 Masculino [79] e o Modelo Final	57
5.20	Interação Entre um Indivíduo do Percentil 5 Feminino [79] e o Modelo Final	57
5.21	Módulo de Arrumo da Unidade de Chão	59
5.22	Unidade de Chão do Sistema de Armazém Rotativo	59
5.23	Armazém Rotativo com Quatro Módulos de Arrumo	60
5.24	Armazém Rotativo com Vários Módulos Especializados	61
6.1	Vista Explodida do Módulo de Arrumo	63
6.2	(a) - Pormenor de um <i>Snap-Fit</i> ; (b) - Vista frontal de um <i>Snap-Fit</i> ; (c) Vista vertical de um <i>Snap-Fit</i>	64
6.3	Dimensões da Pega do Módulo de Arrumo. (a) - Pormenor da Vista Frontal; (b) - Pormenor em Corte da Vista Lateral;	66
6.4	Diagrama de Cargas e Apoios no Módulo de Arrumo	67
6.5	Tensão de <i>Von Mises</i> na Pega do Módulo de Arrumo	67
6.6	Deslocamento na Pega do Módulo de Arrumo	67
6.7	Tensão de <i>Von Mises</i> na Pega do Módulo de Arrumo da Unidade de Chão	68
6.8	Deslocamento na Pega do Módulo de Arrumo da Unidade de Chão	68
6.9	Cargas e Apoios no Suporte do Módulo de Arrumo com Dois Braços	69
6.10	Dimensões Relevantes para a Simulação do Suporte com Dois Braços do Módulo de Arrumo	70
6.11	Tensão de <i>Von Mises</i> dos Elementos de Suporte com Dois Braços	70
6.12	Deslocamento nos Elementos de Suporte Com Dois Braços	70
6.13	Cargas e Apoios no Suporte do Módulo de Arrumo com Um Braço	71
6.14	Dimensões Relevantes para a Simulação do Suporte com Um Braço	71
6.15	Tensão de <i>Von Mises</i> nos Elementos de Suporte com Um Braço	72
6.16	Deslocamento nos Elementos de Suporte com Um Braço	72
6.17	Tensão de <i>Von Mises</i> nos Elementos de Suporte da Solução Final	73

6.18	Deslocamento nos Elementos de Suporte da Solução Final	73
6.19	Tensão de <i>Von Mises</i> no Acessório da Corrente	76
6.20	Deslocamento no Acessório da Corrente	76
6.21	Tensão de <i>Von Mises</i> num Elo Normal da Corrente	76
6.22	Deslocamento num Elo Normal da Corrente	76
6.23	Dimensões da Engrenagem	77
6.24	Pormenor da Fixação da Engrenagem à Estrutura	77
6.25	Pormenor do Sistema de Travagem	78
6.26	Simplificação do Sistema Utilizando a Máquina de <i>Atwood</i>	80
7.1	Armazém Rotativo Vertical	83
A.1	Priorização Corrigida dos Requisitos para um Utilizador Frequente	93
A.2	Priorização Corrigida das Especificações para um Utilizador Frequente . .	94
A.3	Priorização Corrigida dos Componentes para um Utilizador Frequente . .	94
A.4	Priorização Corrigida dos Requisitos para um Utilizador Esporádico . . .	95
A.5	Priorização Corrigida das Especificações para um Utilizador Esporádico .	95
A.6	Priorização Corrigida dos Componentes para um Utilizador Esporádico .	96
A.7	Priorização Corrigida dos Requisitos para um Utilizador Idoso	96
A.8	Priorização Corrigida das Especificações para um Utilizador Idoso	97
A.9	Priorização Corrigida dos Componentes para um Utilizador Idoso	97
B.1	Análise do Modo de Falha do Conceito	100
B.2	Análise do Modo de Falha do Produto	101
C.1	Pormenor dos <i>Snap-Fits</i> para Encaixe ao Suporte	103
C.2	Módulos de Arrumo com Conteúdo Diverso	103
C.3	Estrutura Metálica Interior com Engrenagens	104
C.4	Pedal Embutido na Bancada	104
C.5	Pormenor em Corte da Ligação entre o Suporte e o Módulo de Arrumo da Unidade de Chão	104
D.1	Reação nos Apoios na Simulação da Terceira Iteração da Pega do Módulo de Arrumo	105
D.2	Reação nos Apoios na Simulação Final da Pega do Módulo de Arrumo . .	106
D.3	Reações na Ligação entre o Braço de Apoio e o Acessório da Corrente no caso do Módulo Suportar a Carga Máxima	106

Intentionally blank page.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização

1.1.1 Contexto Histórico

Desde os primórdios da humanidade que existe necessidade de confeccionar os produtos alimentares que o ser humano consome. Na pré-história, a cozinha como hoje é conhecida era inexistente, os alimentos eram confeccionados no fogo, em fogueiras que, para além de aquecimento, serviam também como espaço social do agregado familiar. Com o avançar da civilização, o espaço para a preparação de alimentos foi evoluindo, sendo que os lares mais abastados da Antiguidade Clássica já apresentavam algum grau de separação entre as diferentes divisões da casa, incluindo um espaço específico para a preparação de alimentos. Visto que a utilização de escravos, na Antiguidade Clássica, era bastante comum, estes eram utilizados como cozinheiros, o que levou também à separação da cozinha do resto da habitação.

A partir da Idade Média, as habitações começaram a apresentar cozinhas rudimentares com requisitos puramente funcionais, sem preocupações a nível ergonómico. Nesta época, a cozinha era posicionada na parte mais central da habitação servindo assim também como fonte de calor. Nas casas mais ricas, a cozinha era colocada numa posição mais afastada do resto da habitação para evitar o risco de incêndio e a propagação de fumos para o resto da casa, sendo apenas utilizada pelos escravos ou serventes. A Idade Média marca ainda o aparecimento de novos utensílios tais como tachos e grelhas.

Com o êxodo para as cidades, a cozinha começou cada vez mais a aproximar-se da cozinha moderna. O aparecimento de carvão e de novas estratégias de ventilação permitiu que a cozinha voltasse a ser inserida no interior das casas de indivíduos com um nível social mais elevado. Com a revolução industrial coincidiu o aparecimento das primeiras cozinhas modernas, devido à redução dos serventes, passando assim a cozinha a ser utilizada principalmente pela dona de casa. Até este ponto não tinham sido realizados qualquer tipo de estudos ergonómicos, sendo que a ergonomia era aplicada na cozinha de forma intuitiva, ou seja, a única preocupação era que as ferramentas se adaptassem às dimensões humanas.

Apesar de alguns avanços de um ponto de vista tecnológico, apenas na década de 20 do século XX é que se começou a enfatizar os detalhes ergonómicos da cozinha. Visto que as donas de casa se tornaram no principal utilizador desse espaço, começando a passar muito mais horas na mesma, aumentou também a preocupação sobre o conforto

neste espaço da habitação. Esta nova perspectiva sobre a cozinha, assim como a redução do espaço, devido ao aparecimento de instalações de gás, água e electricidade, levou a que na década de 20 fosse criado o conceito de “cozinha laboratório”. Este conceito assentava na crença de que ao sistematizar e reduzir o espaço de trabalho na cozinha, o trabalho ali realizado se tornaria mais simples e eficiente [1]. Um outro conceito que surge também associado à cozinha laboratório é o Modelo de Frankfurt. Na década de 40, conceitos como o triângulo do trabalho começaram a aparecer com vista a otimizar o funcionamento das cozinhas. O aparecimento de novos materiais como o aço e o alumínio, assim como a comercialização de produtos de limpeza permitiram que a cozinha se transformasse num local muito mais higiénico, reduzindo também o tempo que as donas de casa tinham que passar na mesma [2].

A cozinha laboratório foi eventualmente descartada visto ser demasiado pequena e escura, sendo desenhada para acomodar apenas um utilizador de cada vez. O espaço reduzido das cozinhas laboratório e o isolamento que os utilizadores sentiam provaram ser prejudiciais para a saúde mental dos mesmos. A resolução deste problema passou inicialmente pela criação de janelas entre a cozinha e a sala de estar, o que eventualmente levou à eliminação da parede entre estes dois espaços, criando assim a cozinha aberta. Este aumento do espaço, associado à redução do tempo que as famílias têm para passar juntas levou a que o tempo passado nas refeições e na preparação das mesmas se tornasse de grande importância para a socialização entre os diferentes elementos do agregado familiar. Com o passar do tempo, a cozinha assumiu cada vez mais o epicentro das interações sociais da casa, o que levou a que os equipamentos da mesma, assim como a configuração dos seus diferentes componentes, fossem pensados de forma a tornar a cozinha num espaço cada vez mais confortável para o maior numero de indivíduos possíveis. A ilha da cozinha é um exemplo de um desenvolvimento que veio facilitar as interações sociais na cozinha. Nas últimas décadas, a evolução na cozinha tem tido como objetivo o desenvolvimento de cozinhas mais fáceis de utilizar, independentemente do tamanho, saúde ou destreza do utilizador, sendo que a ergonomia é cada vez mais relevante na cozinha [1].

1.1.2 Definição de Ergonomia e Antropometria

Etimologicamente, o termo ergonomia provem do grego “Ergos” que significa trabalho e “Nomos” que significa lei natural. A Associação Internacional da Ergonomia [3] define esta como sendo a área científica que estuda a interação entre humanos e outros elementos de um sistema. É também a disciplina que aplica teoria, princípios e estratégias de design com o objetivo de otimizar o bem-estar do ser humano e a performance do sistema no geral.

Um outro termo que aparece muitas vezes relacionado com ergonomia é o termo antropometria. Segundo o *website Online Etymology Dictionary*, o termo antropometria é um termo derivado da palavra grega para humano, “Anthropos”, e da palavra “metria”, que significa medir a partir de [4]. Como a origem etimológica da palavra indica, antropometria é a disciplina que estuda as medidas do corpo humano.

1.1.3 Desafios de Ergonomia na Cozinha

A conciliação da ergonomia e da antropometria é de extrema importância durante o desenvolvimento de qualquer produto que eventualmente esteja em contacto com um

ser humano. O estudo ergonómico é importante pois permite definir qual a melhor maneira de o utilizador interagir com o produto. A antropometria apresenta também uma grande importância durante o desenvolvimento de um determinado produto, visto que é necessário conhecer as dimensões corretas do utilizador para que este consiga utilizar o produto. A conciliação destes dois conceitos durante a concepção e desenvolvimento de um determinado produto é fundamental para que este seja utilizado confortavelmente e de forma eficiente pelos utilizadores.

Sendo a cozinha um dos espaços da casa onde os utilizadores passam mais tempo [5], é expectável que seja este também um dos espaços da casa onde os requisitos ergonómicos são mais apertados. O elevado número de repetições de movimentos que acontece em algumas das tarefas realça ainda a importância da ergonomia, muitas vezes no sentido de reduzir o número de movimentos ou, quando isso é impossível, facilitar ao máximo a realização dos mesmos. Como na cozinha existem vários equipamentos e utensílios de cariz perigoso e frágil, é relevante que seja garantida a segurança do utilizador durante a utilização dos mesmos.

No Capítulo 2 é explorado em maior detalhe os requisitos ergonómicos que a cozinha deve ter para garantir o bem estar do utilizador. Devido à grande variedade de tarefas e movimentos que podem ser realizados na cozinha, os parâmetros a ter em conta para o desenvolvimento da mesma de um ponto de vista ergonómico são extremamente variados. Já foi provado que a altura das bancadas e das zonas de arrumo se encontra directamente relacionada com problemas nas costas do utilizador [6], sendo este um dos vários exemplos de como a ergonomia pode melhorar o bem estar do utilizador na cozinha. Apesar da enorme variedade de problemas existentes na cozinha, existe também já uma série de soluções para os mesmos, sendo por isso também desafiante encontrar soluções que ainda não tenham sido exploradas.

1.2 Objetivos do Trabalho

Continuando o raciocínio do sub-capítulo anterior e compreendendo agora melhor os desafios que a cozinha apresenta do ponto de vista ergonómico, é possível definir melhor o objetivo principal desta dissertação. Utilizando as várias ferramentas de desenvolvimento de produto, pretende-se nesta dissertação desenvolver uma solução ergonómica para a cozinha. A solução a desenvolver deverá cumprir os vários requisitos ergonómicos a definir e apresentar também um conceito original que se foque em particular num aspecto da ergonomia da cozinha que ainda não tenha sido explorado.

De forma a atingir o objectivo principal, é necessário que sejam também alcançadas algumas metas intermédias fulcrais no desenvolvimento de qualquer produto. Dentro destes objectivos intermédios destacam-se a escolha do público alvo, a definição e posterior priorização dos requisitos da solução, a obtenção de vários conceitos originais e eventual selecção de apenas um, que será desenvolvido e modelado.

1.3 Contributo da Dissertação

Este projecto consiste no desenvolvimento de um novo produto, tratando-se de uma solução doméstica adaptativa, mais especificamente, um armário rotativo para a cozinha. O novo produto tem como principal função permitir que o utilizador consiga aceder ao

interior do armário sempre a uma altura ergonómica, sendo por isso um conceito singular e de elevada modularidade.

1.4 Organização do Documento

O documento encontra-se organizado de forma a retratar as várias etapas do desenvolvimento do produto. Cada capítulo representa uma fase do desenvolvimento do produto, começando pela análise do estado da arte, seguindo-se a definição e priorização dos requisitos a cumprir, passando depois para o desenvolvimento conceptual e finalizando o projeto com um processo iterativo de modelação até à obtenção do modelo final. O único capítulo que não segue a ordem cronológica do projeto é o Capítulo 6 onde são justificadas as diferentes decisões tomadas a nível dimensional e estrutural.

Capítulo 2

Estado da Arte

2.1 Estudos Ergonômicos e Antropométricos

Como já foi referido, a ergonomia e antropometria são aspetos de extrema importância aquando do desenvolvimento de uma cozinha. Desde que apareceu a cozinha moderna, foram realizados diversos estudos a nível ergonómico e antropométrico de modo a tornar as atividades da cozinha mais acessíveis. Dentro dos estudos realizados, encontram-se estudos sobre a iluminação da cozinha [7], a altura das superfícies de trabalho [6, 8, 9], o acesso aos espaços de arrumo [6] e a disposição das diferentes estações de trabalho da cozinha [8, 10]. Para além dos vários artigos publicados sobre o assunto, existem ainda diversas normas referentes às dimensões dos diferentes componentes da cozinha, tais como a norma EN 1116 [11] e a norma ISO 3055 [12].

Quando se fala de ergonomia na cozinha, muitas vezes fala-se também na utilização desse espaço por idosos, o que se deve a dois fatores, visto que ao desenvolver um determinado produto para idosos, as faixas etárias mais jovens também poderão usufruir desse mesmo produto [13], o que não se verifica ao contrário, e porque nos países desenvolvidos a população é cada vez mais envelhecida. Os vários trabalhos publicados relativamente à relação entre os idosos e a cozinha permitem tirar várias conclusões relativamente à ergonomia e à antropometria das diferentes tarefas realizadas na cozinha.

Através da revisão do estado da arte é possível abordar o problema de uma forma mais concreta e concisa para além de ajudar a compreender os produtos já existentes.

2.1.1 Altura das Bancadas

Um dos primeiros estudos a ser realizado relativamente à ergonomia e antropometria da cozinha, foi concretizado por *Joan S. Ward* em 1970 [9], com o objetivo de aferir qual a altura ideal para a bancada da cozinha, dependendo da tarefa a realizar. Este estudo foi realizado devido à existência de várias recomendações que se encontravam em conflito umas com as outras. Para perceber melhor os resultados obtidos neste estudo, é necessário entender a metodologia aplicada. Foram realizadas três tipos de tarefas, tarefas a cima da superfície de trabalho, como por exemplo descascar vegetais, tarefas na superfície de trabalho, como por exemplo cortar vegetais e tarefas em que o utilizador tinha que fazer pressão na superfície de trabalho, como por exemplo amassar um bolo. Os resultados obtidos dizem respeito à altura média que os utilizadores testados disseram ser mais adequada para determinado tipo de tarefa. As alturas indicadas para cada

tipo de tarefa são então 878,1 mm para tarefas a cima da superfície de trabalho, 909,1 mm para tarefas na superfície de trabalho e 875 mm para tarefas em que o utilizador exerce força sobre a superfície de trabalho. Os resultados de *Ward* foram importantes no desenvolvimento da norma britânica BS 3705 publicada em 1972, que recomendava uma subida das alturas dos lavatórios para uma gama entre 900 e 1050 mm e das bancadas para uma gama entre 850 e 1050 mm [6]. Outra conclusão relevante deste estudo foi que os utilizadores preferem ter a superfície de trabalho a uma altura inferior à dos seus cotovelos. As distâncias médias de preferência entre os cotovelos e a superfície de trabalho para as diferentes atividades são 119 mm para tarefas a cima da superfície de trabalho, 88 mm para tarefas na superfície de trabalho e 122 mm para tarefas em que o utilizador exerce pressão na superfície de trabalho.

Stephen Pheasant é um dos autores que explorou a problemática das superfícies de trabalho na cozinha mais a fundo, sendo que no livro *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work* são apresentadas várias sugestões para a altura de trabalho ideal para as diferentes tarefas. Os valores obtidos para três percentis diferentes para homens e mulheres ingleses encontram-se na tabela 2.1:

Tabela 2.1: Alturas Ideais para a Bancada e a Pia da Cozinha [6]

	Homens			Mulheres		
	5º Percentil	50º Percentil	95º Percentil	5º Percentil	50º Percentil	95º Percentil
Bancada	930	1015	1105	855	930	1005
Lavatório	1005	1090	1180	930	1005	1080

A norma ISO 3055 de 1985 refere que a altura standard para as bancadas deverá ser 850 ou 900 mm, sendo que alturas entre 850 e 1000 mm para a preparação de alimentos e alturas entre 900 e 1050 mm para a pia são também alturas adequadas. Como é possível observar pela comparação entre os valores da tabela e os valores standard propostos, estes valores não são adequados para a grande maioria da população. *Pheasant* refere ainda que os efeitos de trabalhar numa superfície demasiado baixa vão depender de vários fatores, nomeadamente do tempo que o utilizador se encontra na posição de trabalho e também da saúde do utilizador, visto que a propensão a dor nas costas varia de individuo para individuo [6].

A relação entre a altura das superfícies de trabalho e o conforto dos idosos na cozinha foi explorado num estudo publicado por *Heli Kirvesoja et al.* [14]. Neste estudo, foi pedido a vários indivíduos idosos que realizassem várias tarefas a diferentes alturas de trabalho. As alturas analisadas foram 800 e 900 mm. As conclusões retiradas relativamente ao nível de adequação da altura da bancada, foram que 800 mm é uma altura demasiado baixa para a maior parte dos utilizadores e que 900 mm é uma altura adequada, até para os utilizadores de estatura mais reduzida. É importante notar que os resultados deste estudo não podem ser extrapolados para faixas etárias mais baixas, visto que com o avançar da idade ocorre uma redução de algumas dimensões do corpo humano. Posto isto, algumas das regras utilizadas na avaliação da posição dos utilizadores podem ser aproveitadas para avaliar se a altura de trabalho é adequada para qualquer faixa etária. Estas regras são:

- A superfície de trabalho encontra-se muito alta se:
 - O indivíduo tem que elevar os seus cotovelos para a frente ou para o lado de

- forma exagerada;
- O indivíduo tem que elevar os seus ombros mais que o normal;
- A superfície de trabalho encontra-se muito baixa se:
 - O indivíduo tem que se dobrar mais que o normal enquanto trabalha;
 - O indivíduo tem que estender o seu antebraço menos que 70^o ou dobrar o mesmo mais que 120^o com os braços junto ao corpo e os ombros numa posição neutra;
 - O indivíduo tem que se apoiar na superfície de trabalho com uma mão para se equilibrar;

Em 2007, foi publicado no *Journal of Human Ecology* um estudo realizado por *Jatinder Kishtwaria* [15], que tinha como objetivo avaliar a adequação da altura de diferentes superfícies de trabalho. Ao contrário de estudos anteriores, a avaliação das alturas de trabalho foi feita com base nos batimentos cardíacos e no consumo energético dos utilizadores ao trabalharem em determinada superfície. Este estudo abordou o corte de vegetais, o amassar da massa, a lavagem da louça e a confecção de vegetais. Os resultados deste estudo apontam para que as alturas mais confortáveis para cada uma das atividades mencionadas sejam [15]:

- 790 mm para amassar massa;
- 840 mm para cortar vegetais;
- 790 mm para lavar a louça;
- 960 mm para cozinhar refeições;

Apesar de algumas pequenas discrepâncias entre autores, os valores que cada um propõe encontram-se dentro da mesma gama, ou seja entre 800 e 1100 mm, dependendo das dimensões do utilizador e também da tarefa a realizar. A norma EN 1116:2018 [11] refere que a altura das bancadas deve ser de 850 mm, 900 mm ou 950 mm. A norma apresenta ainda os valores recomendados para o espaço da bancada junto ao chão que deve ficar livre de modo a acomodar os pés do utilizador quando este se encontra a trabalhar na bancada, sendo que esses valores são 100 mm de altura e 50 mm de profundidade. Apesar de os valores se encontrarem normalizados, alguns autores ainda defendem que as alturas especificadas nas normas não são adequadas para a grande maioria da população [16].

2.1.2 Acesso a Arrumos

Como já foi referido, a cozinha é uma área onde é realizada uma enorme variedade de atividades. Esta enorme variedade de atividades pressupõe também uma enorme variedade de utensílios e ferramentas para as concretizar. Para além dos utensílios, que geralmente são armazenados na cozinha para ser mais rápido o seu acesso, também os alimentos são armazenados na cozinha, pelo mesmo motivo. Se se considerar ainda os utensílios utilizados durante as refeições, como por exemplo pratos e talheres, que são também muitas vezes armazenados na cozinha, é fácil compreender o ênfase que se dá

ao espaço destinado a arrumação aquando do desenvolvimento de uma cozinha. Este foco no espaço de arrumo pode muitas vezes levar à criação de espaços difíceis de aceder para determinados utilizadores, como é o caso dos idosos e de utilizadores de estatura mais baixa [10]. Este problema foi analisado por vários autores [17] [6] [19], visto que uma acessibilidade deficiente pode levar a lesões e outros problemas de saúde.

No livro "Dimensões Humanas para Espaços Interiores" publicado por *Julius Panero* em 1979 [17], o autor apresenta várias dimensões relativamente às alturas e profundidades adequadas para armários de cozinha. *Panero* recomenda então uma altura de 1371 mm para altura mais baixa das prateleiras, sendo que para o percentil 5 feminino a altura máxima de acesso é de 1800 mm [17]. A altura mínima das prateleiras inferiores sem ser necessário esforços desconfortáveis é de cerca de 650 mm. A profundidade das prateleiras inferiores, de acordo com *Panero*, é de 600 mm e a das prateleiras superiores é de 400 mm, sendo que estes valores estão de acordo com a norma EN 1116 [11]. A norma referida é omissa relativamente à profundidade das unidades dos cantos da cozinha, sendo que os valores apresentados podem levar a zonas de difícil acesso nas unidades do canto.

Stephen Pheasant apresenta várias medidas recomendadas relativamente à altura dos espaços de arrumo, não só para a cozinha mas também para armazéns. De acordo com *Pheasant*, a altura ideal para a arrumação de objetos encontra-se entre 800 e 1100 mm [6]. Na figura 2.1, é possível observar a facilidade de acesso para unidade vertical de cozinha, segundo *Pheasant*.

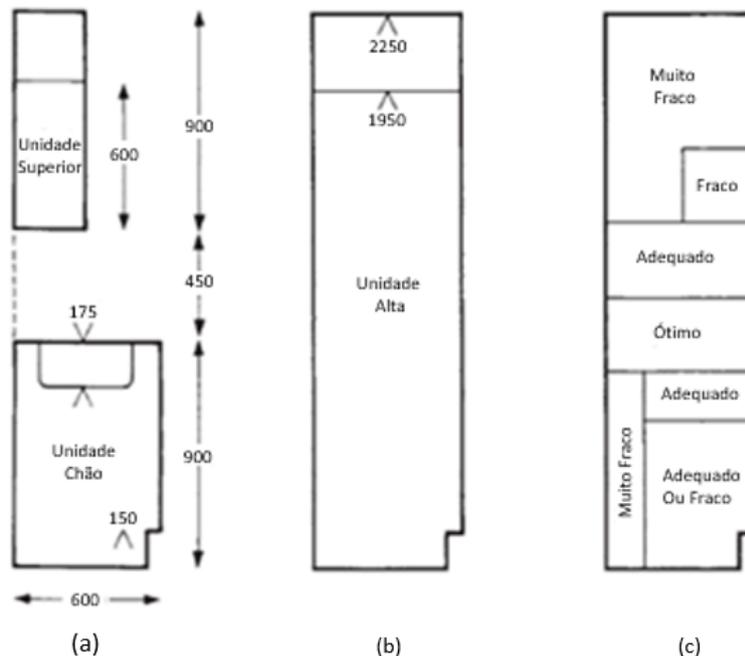


Figura 2.1: Alturas Ideais para Arrumos segundo *Pheasant* [6]: (a) - para uma Unidade Superior e de Chão; (b) - para uma Unidade Alta; (c) - qualificadas de forma qualitativa

Pheasant fez uma análise geral relativamente à altura ideal para arrumação de objetos. Esta análise pode ser extrapolada para a cozinha, permitindo obter uma ideia das alturas indicadas para o armazenamento de utensílios ou de alimentos. Na tabela 2.2 é possível observar diferentes gamas de alturas assim como diretivas relativamente às

mesmas.

Tabela 2.2: Peso dos Objetos Relativamente à Altura Adequada Segundo *Pheasant* [6]

Altura (mm)	Aplicação e Comentários
2200	Fora de alcance para toda a população
1700-2200	Acesso muito limitado; Demasiado alto para ser utilizado pela maioria das pessoas
1400-1700	Visibilidade e Acesso limitados; A maioria dos utilizadores será capaz de colocar e retirar itens leves
1100-1400	Acesso Adequado para objetos leves; Acesso Pobre para objetos pesados;
800-1100	Zona Ótima para Arrumação
600-800	Acesso Adequado para objetos pesados; Acesso Bom para objetos leves
600	Utilizar apenas para itens raramente usados; Acesso adequado para objetos leves; Acesso Pobre para objetos pesados

Como já foi referido, a altura ótima para arrumo de objetos é entre 800-1100 mm [6], o que coincide com a altura habitual das diversas superfícies de trabalho, o que gera um desafio logístico e de *design*.

De notar ainda que o autor considera como objetos pesados todos aqueles com massa superior a 10 kg. O autor deixa ainda várias recomendações relativamente à profundidade das prateleiras e ao espaço sem obstruções mínimo necessário dependendo da altura a que estas se encontram. As prateleiras não devem exceder a profundidade de 450 mm a alturas inferiores a 800 mm, 600 mm a alturas compreendidas na gama 800-1400 mm e 300 mm a alturas superiores a 1400 mm [6]. Relativamente ao espaço mínimo sem obstáculos, este deve ser de 680 mm para objetos leves a alturas superiores a 600 mm e 1000 mm para alturas inferiores a 600 mm ou para objetos pesados a qualquer altura [6].

Para além da análise relativamente às alturas, *Pheasant* analisou ainda a relação entre o peso e a altura que uma pessoa pode levantar sem correr riscos relativamente à sua saúde. Esta questão é bastante difícil de analisar, visto que o movimento pode causar lesões no individuo independentemente da massa do objeto que este pretende levantar. Uma das poucas certezas que se tem relativamente a este assunto é que com o aumento do peso do objeto a levantar, o risco de lesão aumenta também [6]. Este fator levou a que não existam normas ou legislação relativamente à relação altura/peso de armazenamento, no entanto, existe alguma documentação com sugestões relativamente a alturas e pesos máximos que o utilizador deve levantar, como é o caso de um documento britânico do HSE, *Health and Service Executive* [18]. Os valores apresentados no documento encontram-se compilados na tabela 2.3.

Tabela 2.3: Pesos (Kg) Recomendados Máximos Recomendados para Operações de Levantamento [18]

		Homem	Mulher
Ombros	Estendido	5	3
	Fletido	10	7
Cotovelo	Estendido	10	7
	Fletido	20	13
Mão	Estendido	15	10
	Fletido	25	16
Meio da Canela	Estendido	10	7
	Fletido	20	13
Chão	Estendido	5	3
	Fletido	10	9

Visto que as alturas ideais variam de utilizador para utilizador, as dimensões referidas no documento têm como referência a altura das diferentes partes do corpo do utilizador. Uma distinção interessante no documento é a diferença entre o peso que é adequado levantar com os braços esticados e com os braços fletidos, sendo que com os braços estendidos o peso deve ser menor.

Num artigo publicado em 1999, *Kirvesoja* apresenta uma série de diretivas que permitem avaliar se a altura de determinado espaço é adequada para arrumação [14]. O espaço de arrumo encontra-se:

- Muito alto se:
 - O indivíduo tem que se apoiar em algum lado;
 - O indivíduo não consegue alcançar o item de forma adequada à primeira tentativa;
 - O indivíduo tem que esticar os tornozelos ao máximo;
 - O indivíduo tem que esticar os dedos dos pés;
- Muito baixo se:
 - O indivíduo tem que dobrar os joelhos ou agachar-se;
 - O indivíduo tem que dobrar o seu corpo consideravelmente;
 - O indivíduo tem que apoiar o seu corpo ou as suas mãos em algum lado;
 - O indivíduo tem que fazer esforços ao levantar-se;

Em 2012, *Jasna Hrovatin et al.* [19], realizou um estudo sobre a acessibilidade das cozinhas produzidas na Eslovénia. Este estudo veio comprovar algumas das conclusões anteriores, nomeadamente que a acessibilidade a alturas superiores a 1400 mm se torna consideravelmente difícil para uma grande percentagem da população, o que é um problema visto que a grande maioria das prateleiras superiores da cozinha se encontram a uma altura superior ao valor referido. Uma das soluções propostas pelos autores do

estudo para este problema seria a utilização de espaços de arrumo a seguir às bancadas da cozinha, requerendo uma inclinação do utilizador para aceder a estes espaços. Esta solução apresenta algumas falhas, nomeadamente no que toca à utilização por idosos, visto que requer uma inclinação entre 30° a 55° , o que é difícil para a maior parte da população idosa.

2.1.3 Configuração da Cozinha

A configuração e a disposição dos vários componentes da cozinha é uma das questões mais importantes no que toca à otimização das atividades da cozinha. Uma das primeiras pessoas a pensar na otimização da cozinha com vista a reduzir a fadiga dos seus utilizadores foi *Lillian Gilbreth* [20]. *Gilbreth* foi pioneira nesta área ao estudar os movimentos das donas de casa na cozinha, alterando depois a configuração da mesma com vista a reduzir o número de movimentos realizados. Estes estudos e também o desenvolvimento de algumas cozinhas otimizadas tornaram *Gilbreth* numa referência do design de cozinhas nas décadas 20 e 30 do século XX [20]. Apesar de os estudos de *Gilbreth* não poderem ser extrapolados para a atualidade, em grande parte devido ao aumento do tamanho das cozinhas, os seus progressos foram fundamentais para o aparecimento de novos conceitos como é o caso do triângulo de trabalho. Segundo alguns autores, o conceito de triângulo de trabalho, é o culminar de vários estudos realizados na Universidade do Illinois nos Estados Unidos durante a década de 40 [8], tendo como base as observações realizadas por *Gilbreth*.

O conceito de triângulo do trabalho consiste em separar a cozinha em três áreas de trabalho diferentes: o frigorífico ou zona de armazenamento, a pia ou zona de preparação e o fogão. Estes três espaços devem-se encontrar dispostos de forma a originar um triângulo com as estações de trabalho em cada um dos seus vértices. A distância entre cada estação de trabalho deve ser otimizada de forma a conseguir uma configuração que minimize os deslocamentos do utilizador. O perímetro do triângulo de trabalho não deve exceder 7 metros [10], sendo que as distâncias entre as diferentes estações de trabalho se devem encontrar entre 1120 mm e 2740 mm [21]. *Baden-Powell* no seu livro “Livro de Bolso do Arquiteto” afirma que a distância máxima entre pia e fogão não deve exceder 1800 mm [22]. *Stephen Pheasant* apresenta um valor igual para esta distância, referindo ainda que a distância mínima entre estas duas estações de trabalho deve ser superior a 1200 mm [6].

Agata Bonenberg [8] apresenta várias gamas de valores para as diferentes distâncias para pessoas com e sem cadeiras de rodas. Para pessoas que se desloquem na cozinha em pé as distâncias entre as diferentes estações de trabalho devem-se inserir nas seguintes gamas:

- Frigorífico-Pia: 1200-2100 mm;
- Frigorífico-Fogão: 1200-2700 mm;
- Fogão-Pia: 1200-2100 mm;

Para pessoas que se desloquem em cadeira de rodas, as distâncias entre as diferentes estações de trabalho deve encontrar-se entre os seguintes valores:

- Frigorífico-Pia: 1200-2400 mm;

- Frigorífico-Fogão: 1200-3100 mm;
- Fogão-Pia: 1200-2400 mm;

Os valores apresentados pelos diferentes autores encontram-se relativamente dentro da mesma gama, sendo que a única diferença considerável é na distância máxima proposta entre estações de trabalho. No entanto, um dos fatores que a maior parte dos autores salienta é que os lados do triângulo não devem ser intersetados por obstáculos, sendo que *Pheasant* dá especial ênfase à via entre a pia e o fogão [6], visto que se trata do itinerário onde são realizados mais movimentos.

A aplicação do conceito de triângulo de trabalho encontra-se dependente de vários fatores, nomeadamente do tamanho da cozinha e da configuração da mesma. Este conceito foi desenvolvido há mais de 60 anos, quando as cozinhas eram consideravelmente mais pequenas, sendo por isso necessária uma certa adaptação às cozinhas atuais. A configuração da cozinha pode também apresentar um desafio para a sua otimização, apesar deste fator se encontrar dependente do espaço disponível para a construção da mesma. Atualmente existem cerca de 6 tipos de diferentes de configuração para uma cozinha, de acordo com o fabricante *Renowed Renovation* [23]:

- Cozinha em "U" – consiste numa cozinha que ocupa 3 paredes com armários e bancadas. Este tipo de cozinha é bastante espaçoso e permite implementar um triângulo de trabalho bastante eficiente;
- Cozinha em "L" – consiste numa cozinha que ocupa apenas 2 paredes, que fazem um ângulo de 90º entre si;
- Cozinha corredor – consiste em duas paredes paralelas opostas uma à outra com uma passagem no meio. É uma configuração bastante eficiente, sendo que tem ainda o bônus de não existirem armários em cantos;
- Cozinha com ilha – consiste numa cozinha com uma bancada ou uma pia separada do resto das bancadas da cozinha, sem se encontrar em contacto com qualquer parede o que permite o acesso à mesma por qualquer lado;
- Cozinha com península – consiste numa cozinha semelhante à cozinha em ilha, mas neste caso a ilha encontra-se ligada a uma das bancadas, sendo que o seu acesso apenas pode ser feito apenas por 3 lados;
- Cozinha em parede – consiste numa cozinha em que os armários, as bancadas e o fogão se encontram todos em linha ao longo de uma só parede. Ao implementar este tipo de cozinha é necessário ter em conta o espaço deixado entre as estações de trabalho, visto que não é recomendado que estas fiquem juntas;

Como já foi referido, a escolha da configuração do tipo de cozinha é fortemente influenciada pelo espaço disponível para a mesma. Algumas das configurações referidas são mais adequadas para espaços mais pequenos como é o caso da cozinha corredor, da cozinha em "L" e da cozinha parede, enquanto que outras são mais indicadas para espaços maiores como a cozinha com ilha, a cozinha em "U" e a cozinha com península [23].

Atualmente, as cozinhas são projetadas e configuradas com vista a otimizar o seu espaço ao máximo, implementando o triângulo de trabalho de modo a reduzir o número de movimentos necessários garantindo assim o conforto do utilizador.

2.1.4 Movimentos na Cozinha

Apesar da configuração da cozinha ser um dos aspetos mais relevantes no que toca às movimentações na mesma, existem alguns aspetos antropométricos relativos aos movimentos entre estações de trabalho que é importante ter em conta. Vários autores [17] [22] estudaram os movimentos na cozinha de modo a obter as dimensões necessárias para que um ou mais indivíduos se possam deslocar dentro da cozinha e transportar objetos de forma confortável sem ser necessário esquivar-se de obstáculos ou alterar a sua postura.

Julius Panero recomenda uma distância total entre uma bancada e um obstáculo à sua frente numa gama entre 1780 e 1930 mm [17]. Esta distância é a soma da largura de trabalho, ou seja, a distância que o utilizador necessita quando se encontra a trabalhar na bancada ou no fogão, e a largura de circulação, que é a largura necessária para que um indivíduo se movimente confortavelmente mesmo que esteja a transportar objetos mais pesados. Na Figura 2.2 encontram-se representadas as diferentes medidas a ter em conta para um trânsito correto na cozinha. A largura de trabalho recomendada é de 1016 mm e a largura de circulação encontra-se numa gama entre 762 mm e 914 mm.

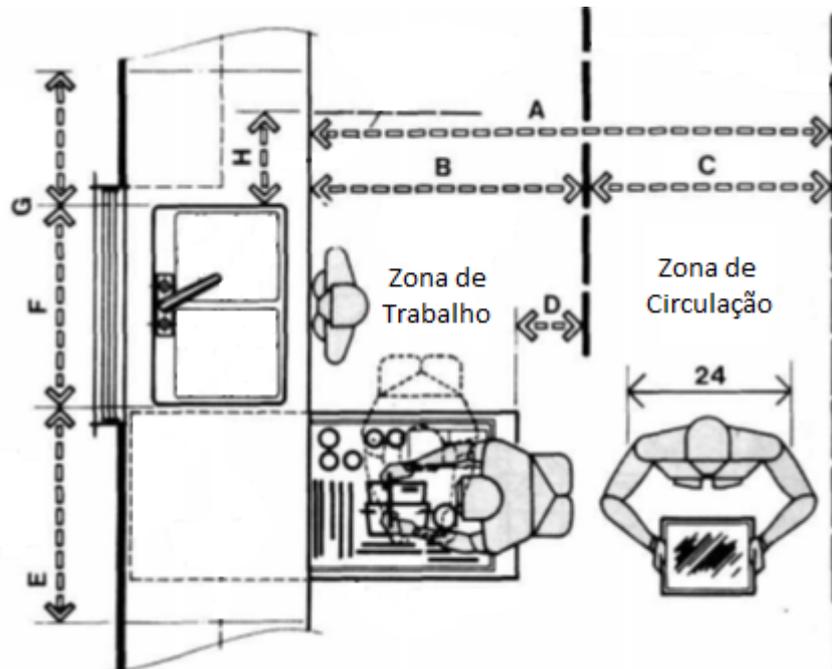


Figura 2.2: Representação Visual da Largura de Trabalho e da Largura de Circulação, adaptado de [17]

No livro “Livro de Bolso de Um Arquiteto”, *Baden-Powell* apresenta também várias propostas para as distâncias necessárias para um trânsito confortável na cozinha. *Baden-Powell* afirma que um indivíduo que transporte um objeto longo, como por exemplo, um tabuleiro, necessita de 900 mm para transitar confortavelmente e que um indivíduo que transite sem carga necessita de 650 mm de largura [22]. Neste caso, a medida que deve servir de referência é a maior das duas. *Baden-Powell* define ainda outras dimensões, nomeadamente a largura e o comprimento do retângulo que deve estar desimpedido a partir da bancada para que seja possível aceder a um forno e a uma máquina de lavar louça, sendo, respetivamente, 1100 e 800 mm para o forno e 700 e 1150 mm para a

máquina. O valor proposto para a distância mínima entre bancadas é de 1200 mm [22].

Atualmente, as cozinhas não costumam apresentar problemas relativamente ao trânsito entre locais de trabalho, visto que a cozinha é projetada para albergar vários indivíduos ao mesmo tempo devido à sua função social.

2.1.5 Iluminação na Cozinha

A iluminação da cozinha é também um aspeto muito importante devido à elevada precisão de algumas tarefas realizadas na mesma e devido ao cansaço que trabalhar com pouca luminosidade pode causar. A iluminação na cozinha é um fator de especial importância, principalmente quando o utilizador é de idade avançada, pois é comum a acuidade visual diminuir com o avançar dos anos [10]. A iluminação na habitação é uma assunto que foi analisado em detalhe por *Chris Adams* que determinou que na cozinha a iluminação deve ser de 300 lux e que sobre as bancadas a iluminação deve ser de 750 lux [7]. A solução para atingir níveis adequados de iluminação passa por colocar luzes sobre as bancadas da cozinha e por colocar as janelas de forma estratégica de modo a que a luz seja suficiente e não incomode o utilizador.

2.2 Tecnologias Já Existentes

Analisados os problemas da cozinha de um ponto de vista ergonómico e antropométrico, é pertinente analisar agora as soluções encontradas para a resolução dos mesmos. Apresentam-se agora as soluções já existentes para os problemas expostos, quer sobre a forma de patente quer sobre a forma de produto comercializado no mercado.

2.2.1 Altura das Superfícies de Trabalho

Apesar das alturas para as superfícies de trabalho na cozinha se encontrarem normalizadas, alguns autores defendem que os valores estipulados se encontram desatualizados [16] ou que as dimensões humanas variam demasiado para que seja definida uma altura adequada para todos os tipos de utilizadores.

Nesse sentido, foram desenvolvidas várias soluções para resolver este problema. Em 1970, *Ethel L. Gipson* desenvolveu um lavatório com duas posições ajustáveis para garantir espaço para que o utilizador conseguisse realizar as diferentes tarefas sentado ou em pé [24]. Para tornar possível a alteração para diferentes alturas, foram apresentadas várias soluções com motores elétricos e sistemas de controlo à distância tal como o sistema desenvolvido por *Jeffrey C. Keene et al.* em 1999 [25]. Uma das zonas da cozinha onde é mais fácil aplicar sistemas de altura ajustável é nas ilhas de cozinha, visto que se encontram isoladas do resto das bancadas. *George G. Brin Jr.* desenvolveu, em 2001, uma ilha de cozinha com várias bancadas de alturas ajustáveis independentes entre si, permitindo assim que vários utilizadores de diferentes estaturas trabalhem em simultâneo na mesma cozinha [26]. Em 2005, *Nache D. Shekarri* registou uma patente para o controlo da altura de uma ilha de cozinha com um sistema de ventilação incluído, sendo que o sistema de ventilação é também de altura adaptável [27].

Atualmente no mercado existem vários sistemas que permitem regular a altura das superfícies de trabalho. A empresa sueca *Granberg* comercializa vários modelos que permitem regular as alturas das bancadas e da pia. Os modelos produzidos por esta

empresa são de dois tipos, o *Manulift* [28] que permite alterações manuais na altura da bancada, sendo recomendado para ambientes onde não sejam necessárias alterações constantes da altura da bancada. A série de modelos *Baselift*, representada na figura 2.3, que utiliza um sistema de controlo à distância para regular a altura das bancadas [29]. Este último sistema foi desenvolvido com o objetivo de melhorar a acessibilidade dos utilizadores em cadeira de rodas. A *Kesseböhmer* possui também no seu catálogo três produtos que permitem regular a altura das superfícies de trabalho [30], o *ergoAgent Twin*, o *ergoAgent Base* e o *ergoAgent Mono*. O *ergoAgent Twin* permite regular a altura da mesa da cozinha, permitindo que esta se transforme numa secretária, por exemplo, enquanto que o *ergoAgent Base*, representado na Figura 2.4, permite regular a altura da ilha de cozinha ao critério do utilizador [31]. O *ergoAgent Mono* é o mais pequeno dos três e requer a sua fixação a uma parede para garantir estabilidade [31].



Figura 2.3: *Granberg Baselift* [29]



Figura 2.4: *Kesseböhmer ergoAgent Base* [31]

2.2.2 Acesso a Armários de Altura Elevada

Um dos problemas já referidos relativamente ao armazenamento na cozinha é o acesso aos armários, o que é muitas vezes extremamente difícil ou até impossível para uma percentagem considerável da população. Uma das soluções pensadas para este tipo de problema são as prateleiras móveis, que se deslocam para uma posição mais próxima da zona óptima de arrumo [6].

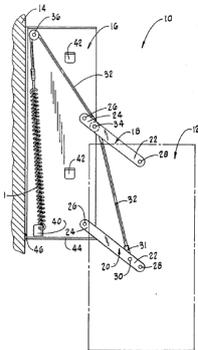


Figura 2.5: Parteira Movel Inventada por *Wyant* [32]

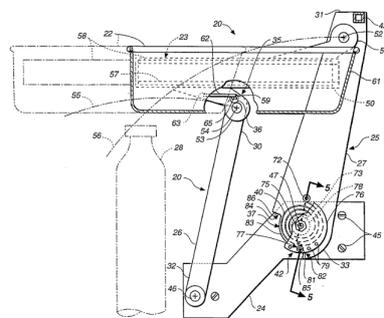


Figura 2.6: Parteira Movel Inventada por *Vogelsegang et Al.* [34]

Um dos primeiros inventores a focar-se nesta problemática foi *Horbert Daley Wyant*, que em 1978 registou a patente de um armário capaz de subir e descer de forma a facilitar o acesso aos utilizadores, estando o mecanismo representado na Figura 2.5 [32]. Mais tarde, em 1990, *Michael R. Kingsborough* registou uma patente para um armário capaz de descer de forma automática para facilitar o acesso aos indivíduos de cadeiras de rodas ou de estatura mais baixa [33]. Segundo *Doug Vogelsegang et al.* estes sistemas eram demasiado complexos, pelo que em 1994 foi registada uma patente em seu nome para um sistema de acesso e instalação mais fáceis [34], sendo esta patente posteriormente desenvolvida com mais detalhe em 1995 [35], encontrando-se o resultado final representado na Figura 2.6.

Em 2005, *James D'Agostino* desenvolveu um conceito novo para o acesso a prateleiras verticais que ao contrário das patentes já referidas, fazia uso de um sistema articulado de cabos e molas que garantia a descida vertical da prateleira [36], como representado na Figura 2.7. Outro conceito diferente foi desenvolvido por *Vaidotas Joseph Simatis* em 2010, que tinha como objetivo fazer o uso da parte mais alta dos armários da cozinha que estão fora do alcance da grande maioria da população [37]. Este sistema consistia numa gaveta que ao ser puxada na sua totalidade desceria por ação de um sistema de braços e pivôs, deixando o seu conteúdo ao alcance do utilizador.

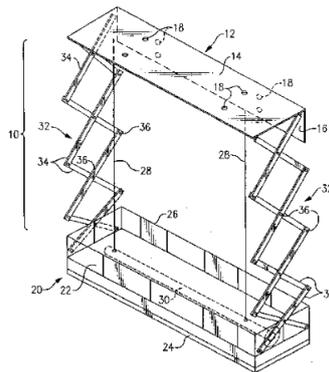


Figura 2.7: Prateleira Móvel Inventada por D'Agostino [36]

Atualmente no mercado existe já uma série de prateleiras rebatíveis que facilitam o acesso à parte superior dos armários da cozinha. A empresa alemã *Kesseböhmer* possui um modelo chamado *iMove* em que a prateleira é puxada pelo utilizador ficando assim ao seu alcance [38], podendo este mecanismo ser observado na Figura 2.8. A patente deste produto foi registada pela mesma empresa em 2015 [39]. Outra empresa que comercializa um sistema que cumpre a mesma função que o *iMove* é a *Peka*, empresa suíça que tem no seu catálogo um sistema de prateleiras rebatíveis chamado *Pegasus Shelf Lift* [40], que se encontra representado na Figura 2.9. A empresa *Panasonic* produz também várias soluções domésticas que facilitam o acesso a arrumações mais elevadas, nomeadamente o modelo *Soft Down Cabinet System* que funciona de forma semelhante aos modelos já referidos e o *Pull Down Cabinet System* no qual a parte anterior da prateleira desce de forma paralela à parede até a uma altura que esteja ao alcance do utilizador [41].

No que toca a sistemas eletrónicos, mais adequados para indivíduos em cadeira de rodas ou de estatura mais baixa, a empresa *Granberg* tem no seu catálogo dois sistemas para a descida das prateleiras, o *Verti* e o *Diago*. No sistema *Verti*, as prateleiras



Figura 2.8: *Kesseböhmer iMove* [38]



Figura 2.9: *Peka Pegasus Shelf Lift* [40]

descem verticalmente até à altura ótima de acesso [42], enquanto que no *Diago* [43] todo o armário desce, num movimento semelhante ao do modelo patenteado por *Wyant* [32]. Em ambos os casos, o controlo do movimento dos armários é realizado à distância pelo utilizador.

2.2.3 Acesso a Armários Junto ao Chão

O acesso aos armários das unidades base da cozinha sempre apresentou um problema, visto que o utilizador é obrigado a dobrar-se ou acocorar-se para aceder ao interior do armário [10]. Para resolver este problema que se deve à profundidade dos armários, foram desenvolvidas várias soluções em que as prateleiras deslizam para fora do armário quando as portas do mesmo são abertas. Alguns exemplos deste tipo de soluções incluem as patentes registadas por *William L. Walburn* em 2007 [44], representado na Figura 2.10, e por *Rossano Compagnucci* em 2010 [45], representado na Figura 2.11. No primeiro caso, as prateleiras deslizavam para o exterior sobre um sistema de carris aquando da abertura da porta do armário [44]. No segundo caso, trata-se de um sistema de estabilização para as prateleiras rotativas que saem do armário com a abertura da porta, sendo que as prateleiras são suportadas por uma estrutura telescópica [45].

Um outro tipo de conceito que foi desenvolvido para melhorar o acesso aos espaços de arrumo mais baixos, é o de prateleiras que sobem até uma altura mais acessível para o utilizador. *Stanley H. Carlson* registou em 1958 um prateleira que subia até uma altura acessível recorrendo a um sistema de molas [46]. Em 2006 foi desenvolvido por *Steve Bond et Al.*, um sistema de cestos que subiam por ação de dois braços mecânicos, podendo ser utilizados em unidades base de cozinha e máquinas de lavar [47]. O movimento dos cestos podia ser manual ou realizado por ação de um motor. Este mesmo conceito continuou a ser desenvolvido pelos mesmos inventores numa patente de 2012 [48], sendo que o resultado final pode ser observado na Figura 2.12.

A empresa *Kesseböhmer* tem no seu catálogo uma série de soluções para o acesso facilitado não só aos arrumos junto ao chão, mas também a grandes armários verticais. O modelo *DISPENSA* faz com que uma série de prateleiras deslizem para fora do armário eliminando assim a dificuldade do acesso às zonas de maior profundidade [31]. Outros

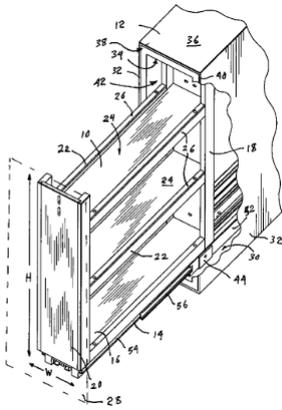


Figura 2.10: Prateleira Deslizante Inventada por *Walburn* [44]

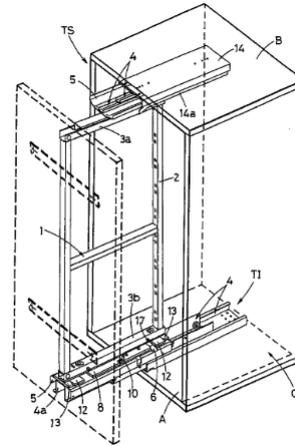


Figura 2.11: Sistema de Calhas Inventado por *Compagnussi* [45]

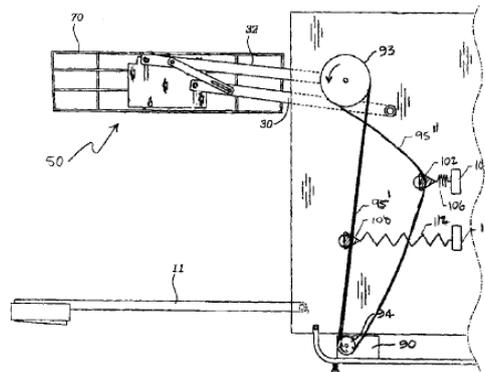


Figura 2.12: Prateleira Ascendente Inventada por *Bond et Al.* [47]

modelos como a serie *TANDEM* e a serie *CONVOY* permitem também realizar esta mesma função, apesar de utilizarem mecanismos diferente [31]. A *Kesseböhmer* possui ainda uma grande variedade de prateleiras deslizantes para unidades de base, sendo estas especializadas para os diferentes produtos que irão acomodar, tais como especiarias ou produtos de limpeza. A empresa *Granberg* tem no seu catálogo um mecanismo chamado *UNILIFT* que permite erguer pequenos aparelhos de cozinha, sendo o movimento realizado por ação de um motor elétrico [49].

A utilização de arrumos *pop-up*, ou que sobem e descem a partir de uma superfície lisa, também começa a ganhar alguma dimensão sendo uma das soluções mais inovadoras para unidades de chão. Neste tipo de conceito, o espaço de arrumo encontra-se oculto por baixo da bancada, sendo que para lhe aceder o utilizador deve accionar um interruptor ou premir o topo do espaço de arrumo. *Kathleen Jackson et Al.* desenvolveram em 2009 um sistema para uma ilha de cozinha que põe em prática este conceito [50]. Atualmente no mercado é possível encontrar vários produtos que põem em prática este conceito, nomeadamente aqueles comercializados pela empresa *S-Box*. O modelo *S-Box Pop-Up Spice-Box* é um exemplo de sistema de armazenamento *pop-up* [51], sendo que se encontra

patenteado pela própria empresa [52]. Este produto encontra-se representado na Figura 2.13.



Figura 2.13: *S-box Pop-up Spice-Box* [52]

Para além dos conceitos já explorados nas duas secções anteriores existe ainda um conceito que pode ser aplicado tanto em unidades de chão como em unidades superiores. Esta ideia consiste em inserir na unidade de arrumo um sistema rotativo com várias prateleiras que rodam de forma a ficarem a uma altura de acesso adequada para o utilizador. *Paul T. Shupert* inventou em 1996 um sistema com este tipo de características [53]. Este método é já utilizado em contexto industrial, principalmente na indústria farmacêutica. Um exemplo deste sistema em contexto industrial é o *Eurot* do *Ferretto Group* [54]. No contexto doméstico, este tipo de tecnologia não possui uma utilização muito comum, no entanto existem algumas patentes [55] e dissertações [56] sobre sistemas semelhantes. No mercado atual, umas das empresas que comercializa mais produtos que utilizam este conceito é a *StorageMotion Inc.*, sendo o *AutoPantry* [57], representado na Figura 2.14, um dos seus produtos mais notáveis.

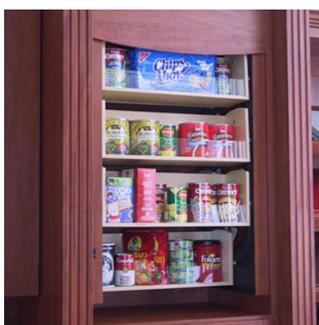


Figura 2.14: *StorageMotion AutoPantry* [58]

2.2.4 Acesso a Armários em Unidades de Canto

Como foi referido, as dimensões estipuladas pelas normas EN 1116 [11] podem resultar em cantos de difícil acesso, quer seja por possuírem uma elevada profundidade, ou por gerarem um espaço morto ao qual é praticamente impossível aceder. De modo a permitir o aproveitamento do espaço de forma eficiente foram adotadas três tipos de estratégia diferentes para esse mesmo efeito. Essas estratégias são então a aplicação de sistemas

de pratos rotativos, também conhecidos no estrangeiro como *lazy susan*, a aplicação de gavetas que deslizam num sentido diagonal ao resto da bancada e a aplicação de sistemas de prateleiras que saem para fora do próprio canto.

A utilização de prateleiras rotativas no canto da cozinha é uma estratégia quase tão antiga como a própria cozinha, apesar de esta solução não ser encontrada numa quantidade considerável de cozinhas. Nos últimos anos, as alterações realizadas neste tipo de tecnologia focaram-se na maximização do espaço horizontal, como proposto por *Hilton B. Murray* em 1965 [59] e na maximização do espaço vertical, por meio de mecanismos adaptativos como proposto por *Daniel A. Boon et al.* [60], em 1980 e por *Clayton C. Baker* em 1984 [61]. As prateleiras rotativas aparecem normalmente em duas variantes separadas, uma com pratos completamente circulares e outra com pratos com 315° , de forma a encaixar na perfeição nos cantos do armário, evitando assim a instalação de portas diagonais relativamente ao resto da cozinha. Apesar de não se encontrar esta tecnologia em todas as cozinhas, a grande maioria dos construtores de cozinhas tem este componente no seu catálogo. Na Figura 2.15 encontra-se representado um exemplo de *lazy susan*.



Figura 2.15: *Lazy Susan* do catalogo da produtora *Rev-a-Shelf* [62]

A instalação de gavetas junto aos cantos da cozinha sempre representou um problema, visto que quando a gaveta se encontra no exterior da bancada, esta bloqueia o acesso a outras portas ou gavetas que se encontrem dispostas perpendicularmente à mesma. A solução para este problema, sem prescindir da utilização das gavetas é a implementação de gavetas na diagonal relativamente a ambos os lados da bancada. Esta solução é relativamente fácil de implementar, visto que os mecanismos utilizados são iguais aos de uma gaveta normal.

Relativamente aos mecanismos em que as prateleiras deslizam para fora do armário da cozinha existem várias estratégias diferentes para atingir este efeito desde a utilização de sistemas com vários eixos, sistemas de carris e mecanismos telescópicos ou até uma mistura dos três. Em 1986, *William E. Cooper* desenvolveu uma prateleira biaxial com guias retrateis e um sistema de apoio telescópico que permitia que a prateleira saísse de dentro do armário facilitando o acesso ao seu interior [63]. Outros sistemas semelhantes foram desenvolvidos, tal como aquele desenvolvido por *Reiner Kreyenkamp* em 2008, onde uma prateleira rodava sobre um sistema de 4 eixos, saindo na sua totalidade

do interior do armário [64]. A empresa alemã *Kesseböhmer* comercializa um produto baseado na patente de *Kreyenkamp*, ao qual é dado o nome de *LeMans II* [31], estando este representado na Figura 2.16.

Gunter Twellmann [65] em 2007 e *Axel Uffman* [66] em 2009 desenvolveram um sistema capaz de realizar a mesma função dos anteriores. O trabalho de ambos os inventores é propriedade da empresa alemã *Ninkaplast GmbH*, sendo que esta comercializa um sistema baseado nesta tecnologia, ao qual é dado o nome de *magnia PowerSlide* [67], podendo este produto ser observado na Figura 2.17. Outras patentes que podem ser relevantes relativamente a este tipo de mecanismo incluem uma patente registada por *Paolo Balducci et al.* em 2011 [68] e uma patente sul-coreana registada em 2007 [69].



Figura 2.16: *Kesseböhmer LeMans II* [31]



Figura 2.17: *Ninkaplast magnia PowerSlide* [67]

Uma outra estratégia utilizada para lidar com cantos mortos consiste na utilização de um sistema de vários carris com um sistema de rotação que faz com que sejam várias prateleiras a mover-se em simultâneo. Em 2006, no Japão, foi registada uma patente por *Yoshiro Sakurai et al.* [70], que descrevia um mecanismo deste género, em que uma prateleira rodava para fora do armário enquanto outra deslizava para o lugar da primeira prateleira.

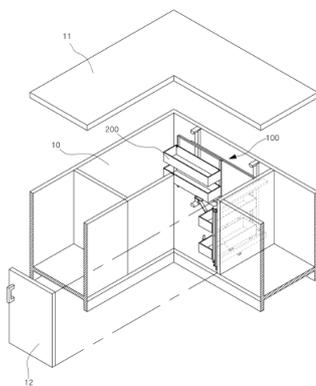


Figura 2.18: Representação de *Magic Corner*, retirado de [69]



Figura 2.19: *Kesseböhmer Magic Corner* [31]

Em 2009 na Coreia do Sul foi registada também uma patente semelhante, onde era detalhado mais ao pormenor o sistema utilizado, como representado na Figura 2.18 [71]. Esta tecnologia aparece associada ao *Magic Corner*, representado na Figura 2.19, produto comercializado pela *Kesseböhmer* [31] que utiliza um sistema de carris que puxa para a frente a parte oculta da prateleira enquanto a parte exterior roda para fora do armário.

Capítulo 3

Desenvolvimento do Produto

3.1 Definição e Priorização Inicial dos Requisitos

Um dos primeiros passos no desenvolvimento de qualquer produto, é a definição dos requisitos do mesmo. A definição dos requisitos do produto e a sua posterior priorização permitem obter uma perspectiva melhor sobre os aspetos do produto aos quais se deve dar ênfase. Estes requisitos podem ser definidos com base na análise do estado da arte, na experiência do autor ou na entrevista a utilizadores de produtos semelhantes. Neste caso, e na impossibilidade de realizar entrevistas, a selecção dos requisitos da cozinha é baseada apenas na análise do estado de arte e na experiência do autor.

Após a definição dos requisitos, estes foram agrupados de acordo com as três categorias que compõem o modelo de *Kano* [72]. Os requisitos definidos, assim como a sua distribuição pelas várias categorias, podem ser consultados na Tabela 3.1. Os números que aparecem associados aos diferentes requisitos servem exclusivamente para auxiliar na representação dos mesmos no modelo de *Kano*.

Tabela 3.1: Requisitos e Respetiva Priorização

Obrigatórios	Uni dimensionais	Atrativos
1 - Antropometria Correta	9 - Modularidade	17 - Estilos
2 - Ventilação	10 - Boa Iluminação	18 - Conetividade
3 - Canalização Adequada	11 - Eficiência	19 - Automatização
4 - Durabilidade	12 - Espaço para Arrumo	
5 - Facilidade de Limpeza	13 - Topologia	
6 - Atividades Sociais	14 - Variedade de Equipamentos	
7 - Espaço de Utilização	15 - Custo	
8 - Acessibilidade	16 - Manutenção	

Como é possível observar, os requisitos obrigatórios prendem-se todos com aspetos que o utilizador toma como garantidos, sendo que não é expresso o interesse nos mesmos. No que toca a requisitos unidimensionais, foram incluídos nesta categoria os requisitos que o cliente usa como termo de comparação com outros produtos. O espaço de arrumação é um exemplo disso, visto que uma cozinha com maior espaço de arrumação tem maiores probabilidades de ser escolhida por um cliente, do que uma cozinha com pouco espaço para arrumação. Nos requisitos atrativos, foram incluídos os requisitos que

o cliente não espera encontrar, sendo por isso mais atrativos para o mesmo. Na Figura 3.1 é possível visualizar o modelo de *Kano*.

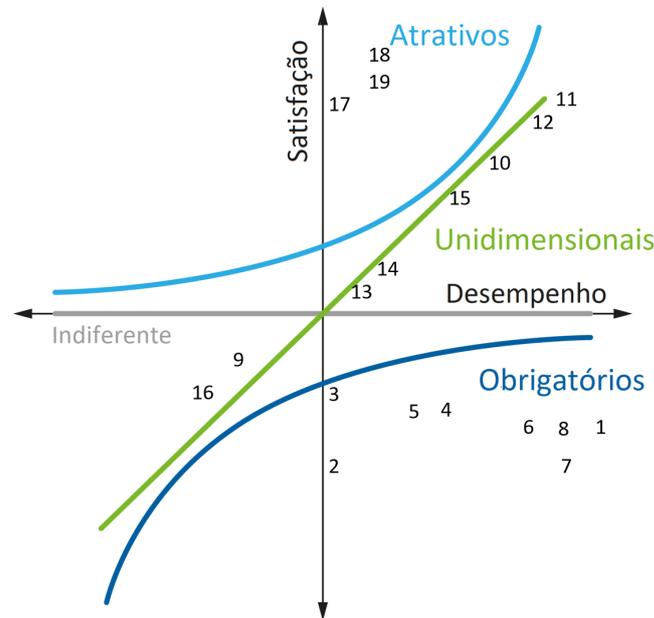


Figura 3.1: Modelo de Kano

3.2 Definição dos Perfis de Utilizador

Antes de iniciar o desenvolvimento do conceito do produto, é necessário priorizar não só os requisitos definidos no modelo de *Kano*, mas também os diferentes componentes e especificações do mesmo de forma a definir quais merecem maior atenção. As ferramentas utilizadas para completar essa tarefa foram as matrizes de relação da qualidade e do produto, também conhecidas como matrizes QFD, *Quality Function Deployment* [73], que estabelecem a relação entre os requisitos, as especificações e os componentes, gerando no final os gráficos correspondentes ao peso de cada parâmetro no contexto do projeto. O preenchimento das matrizes de qualidade e do produto tem em conta a priorização estabelecida inicialmente para os requisitos, os possíveis concorrentes e a relação entre os diferentes parâmetros. A relação quantitativa estabelecida entre os diferentes parâmetros na matriz de relações é o que permite obter o peso que cada parâmetro deverá ter no desenvolvimento do produto final.

As matrizes QFD foram preenchidas três vezes, correspondendo aos três perfis de utilizador que utilizam a cozinha, definidos neste sub-capítulo. Os três perfis de utilizador correspondem a um utilizador frequente, um utilizador esporádico e um utilizador idoso. A definição de três perfis de utilizador distintos tem como objetivo a obtenção de três priorizações diferentes, de forma a facilitar a seleção do público alvo deste produto, com base nos resultados das matrizes de correlações.

Os requisitos definidos no modelo de *Kano* correspondem ao nível secundário de requisitos, sendo que estes são englobados dentro de um dos requisitos primários. Os

requisitos primários definidos são Ergonomia, Segurança, Usabilidade, Estética, Versatilidade e Custo. A distinção entre Ergonomia e Usabilidade é pertinente, visto que a Ergonomia se prende com fatores ergonômicos e de conforto, como a acessibilidade ou antropometria, enquanto que a Usabilidade se prende com fatores técnicos e de eficiência, como espaço de arrumo e o espaço de utilização.

3.2.1 Utilizador Frequente

O utilizador frequente é caracterizado por utilizar a cozinha diariamente, mais do que uma vez por dia. Este nível de utilização leva a que seja necessária uma grande atenção no que toca às dimensões dos diferentes componentes da cozinha, sendo imperativo que estes sejam adequadas ao utilizador para evitar problemas de saúde no mesmo. Para evitar o desgaste no utilizador devido ao tempo passado a trabalhar na cozinha, esta deve ser concebida de forma a ser eficiente, podendo realizar todas as operações da forma mais fácil possível. Mantendo essa linha de pensamento, a acessibilidade às diferentes unidades de arrumo é o requisito mais importante, visto que a grande maioria das operações realizadas na cozinha envolvem aceder a utensílios ou produtos que se encontram armazenados na mesma.

Visto que o utilizador passa muito tempo na cozinha, a variedade de tarefas realizadas é bastante elevada, sendo por isso necessário bastante espaço para que o utilizador possa armazenar os vários utensílios e produtos que utiliza. Devido ao elevado tempo de utilização, os diferentes componentes da cozinha, assim como os materiais da mesma devem apresentar uma elevada durabilidade, sendo que o preço da manutenção deve também ser reduzido. O tempo passado em atividades na cozinha, implica menos tempo para outro tipo de atividades, nomeadamente atividades de cariz social e familiar. Para resolver este problema, é importante que a cozinha tenha espaço suficiente para garantir a sua utilização por vários indivíduos em simultâneo, sendo também necessária a existência de equipamentos de entretenimento, como por exemplo uma televisão. A priorização dos requisitos associada ao utilizador frequente pode ser consultada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Priorização dos Requisitos para o Utilizador Frequente

Canalização Adequada	1	Facilidade de Limpeza	11
Modularidade	2	Eficiência	12
Conetividade	3	Propensão a Atividades Sociais	13
Topologia	4	Antropometria Correta	14
Variedade de Equipamentos	5	Durabilidade	15
Ventilação	6	Automatização	16
Boa Iluminação	7	Espaço de Utilização	17
Estilos	8	Espaço para Arrumo	18
Custo	9	Acessibilidade	19
Manutenção	10		

3.2.2 Utilizador Esporádico

O utilizador esporádico é caracterizado por utilizar a cozinha com pouca regularidade, por exemplo uma ou duas vezes por semana. Este tipo de utilizador tem menos preocupações

com a antropometria e a acessibilidade visto que o tempo passado na cozinha é reduzido. Os motivos para a pouca da utilização da cozinha são vários, salientando-se o pouco tempo durante a semana restringindo assim a utilização aos fins-de-semana ou podendo ser devido à existência de empregados, limitando a utilização da cozinha apenas de uma perspectiva lúdica e de lazer. A variedade de motivos para a utilização esporádica da cozinha levam a alguma dificuldade na definição correta deste perfil de utilizador.

A estratégia para a definição deste perfil de utilizador consistiu em encontrar um meio-termo entre as motivações referidas, em que as tarefas da cozinha são realizadas de forma tranquila e sem necessidade de grande eficiência. Nesse sentido, foi dada maior importância ao espaço de utilização e às atividades sociais de forma a proporcionar uma experiência de lazer ainda melhor. Os requisitos técnicos como a topologia e os estilos apresentam também bastante importância visto que a cozinha não é tida apenas como uma estação de trabalho. A antropometria e a acessibilidade mantêm bastante importância visto que são fundamentais para evitar problemas de saúde e acidentes de trabalho. A durabilidade é menos importante do que no caso do utilizador frequente visto que menos utilização implica menos desgaste dos utensílios e dos materiais. O espaço para arrumo é também menos importante, visto que menos tempo passado na cozinha implica menos atividades realizadas na mesma, o que consequentemente implica menos utensílios para arrumar. Na Tabela 3.3 encontra-se exposta a priorização inicial dos requisitos para um perfil de utilizador esporádico.

Tabela 3.3: Priorização dos Requisitos para o Utilizador Esporádico

Canalização Adequada	1	Durabilidade	11
Ventilação	2	Modularidade	12
Manutenção	3	Custo	13
Espaço para Arrumo	4	Acessibilidade	14
Variedade de Equipamentos	5	Antropometria Correta	15
Boa Iluminação	6	Topologia	16
Eficiência	7	Estilos	17
Facilidade de Limpeza	8	Propensão a Atividades Sociais	18
Automatização	9	Espaço de Utilização	19
Conetividade	10		

3.2.3 Utilizador Idoso

O utilizador idoso é caracterizado por apresentar uma mobilidade reduzida, o que o diferencia bastante dos outros perfis apresentados anteriormente, visto que estes eram caracterizados pelo tempo passado na cozinha. No que toca ao tempo passado na cozinha, o utilizador idoso poderá passar muito ou pouco tempo dependendo da sua saúde. A antropometria e a acessibilidade são os requisitos mais importantes para este utilizador, visto que a sua mobilidade reduzida e a sua maior fragilidade dificultam a realização das tarefas normais. Muitos idosos utilizam objetos auxiliares para se movimentarem, o que leva a que o espaço de utilização apresente uma prioridade acrescida, sendo que muitas vezes os idosos são acompanhados também por alguém que os auxilie nas diferentes tarefas domésticas. A presença de vários indivíduos na cozinha para auxílio do utilizador idoso levam a que a propensão a atividades sociais seja também de grande relevância.

A iluminação apresenta também uma maior importância, visto que os idosos possuem muitas vezes problemas de visão necessitando por isso que exista uma boa iluminação. A Tabela 3.4 consiste na priorização dos requisitos da cozinha para um utilizador idoso.

Tabela 3.4: Priorização dos Requisitos para o Utilizador Idoso

Conetividade	1	Custo	11
Canalização Adequada	2	Durabilidade	12
Estilos	3	Espaço para Arrumo	13
Modularidade	4	Boa Iluminação	14
Ventilação	5	Facilidade de Limpeza	15
Topologia	6	Propensão a Atividades Sociais	16
Variedade de Equipamentos	7	Espaço de Utilização	17
Automatização	8	Antropometria Correta	18
Manutenção	9	Acessibilidade	19
Eficiência	10		

3.3 Especificações da Cozinha

A seleção das especificações da cozinha foi realizada tendo em conta os requisitos definidos, de forma a que seja possível conciliar as duas categorias. A grande maioria das especificações definidas são dimensões da cozinha, relacionadas com aspetos antropométricos e com o espaço de arrumação da mesma. Existem ainda algumas especificações relacionadas com o triângulo de trabalho como é o caso da área de trabalho e das distâncias entre estações de trabalho. A luminosidade, ruído e conforto térmico têm também a ver com a ergonomia na cozinha, mas não estão relacionados com a antropometria.

A existência de mecanismos adaptativos e de acessibilidade relacionam-se principalmente com os diferentes aspetos de ergonomia na cozinha. É importante realizar uma distinção entre estas duas especificações visto parecerem bastante semelhantes à primeira vista. Mecanismos adaptativos são mecanismos com dimensões reguláveis que se adaptam às dimensões do utilizador. Mecanismos de acessibilidade são mecanismos que existem para facilitar o acesso a unidades de chão ou unidades superiores, não possuindo necessariamente dimensões adaptáveis.

Tabela 3.5: Especificações da Cozinha

Ruído	Altura das Bancadas
Conforto Térmico	Mecanismos Adaptativos
Luminosidade	Profundidade do Armário
Qualidade dos Materiais	Distância Entre Estações de Trabalho
Personalização	Altura das Prateleiras
Distância Banda/Obstáculo	Área das Bancadas
Altura Entre Armário	Mecanismo de Acessibilidade
Volume de Armazenamento	Área de Transito

Para além das especificações referidas, existe ainda a qualidade dos materiais e a ca-

pacidade da cozinha para personalização, que apesar de não serem especificações quantitativas, encontram-se relacionadas com alguns dos requisitos definidos anteriormente, como é o caso da durabilidade e dos estilos, respectivamente. As especificações da cozinha encontram-se discriminadas na Tabela 3.5.

3.4 Componentes da Cozinha

A cozinha pode ser dividida em centenas de componentes devido ao seu tamanho e à variedade de funções da mesma. Para efeitos de simplificação e também para facilitar o preenchimento da matriz do produto, a cozinha foi dividida em componentes de grande dimensão. Estes componentes poderiam eventualmente ser sub-divididos em componentes de menor dimensão, no entanto, tal divisão não se justifica no contexto desta análise.

Apesar de a maioria dos componentes selecionados serem bem definidos, é importante explicar algumas designações utilizadas. Entende-se como unidade superior, um armário, prateleira ou espaço de arrumo que se encontre numa posição superior às bancadas. Uma unidade de chão é um armário ou espaço de arrumo que se encontra junto ao chão ao longo de uma parede, enquanto que uma unidade de canto é um armário ou espaço de arrumo que se encontra sob a bancada no ponto de união entre duas paredes. Os componentes da cozinha podem ser consultados na Tabela 3.6.

Tabela 3.6: Componentes da Cozinha

Canalização	Frigorífico
Sistema de Iluminação	Pia
Exaustor	Bancadas
Fogão	Unidade Superior
Mesa	Unidade de Canto
Máquina de Lavar	Unidade de Chão

3.5 Priorização Final

Estando introduzidos os requisitos, especificações e componentes nas matrizes de qualidade e do produto e estando preenchida a matriz de relações, foi possível obter as priorizações para cada um dos perfis de utilizador.

A priorização obtida a partir da matriz de relações é fruto de uma análise bastante completa, mas que não tem em conta fatores externos como é o caso da concorrência. Para completar a análise, é realizada uma correção à priorização obtida, comparando os requisitos e especificações dos possíveis concorrentes com os do produto que se pretende desenvolver. Os possíveis concorrentes selecionados para a análise foram as cozinhas da IKEA [74, 75], *Leroy Merlin* [76] e *Kesseböhmer* [31].

3.5.1 Utilizador Frequente

Os resultados da matriz QFD revelaram algumas alterações no que toca aos requisitos mais importantes, visto que agora o requisito mais importante é o espaço de utilização e

não a acessibilidade, que passou para segundo lugar, estando a priorização corrigida dos requisitos representada no Anexo A.1. O espaço para arrumo desceu também um lugar. A propensão a atividades sociais é o requisito que subiu mais a nível de prioridade. A grande maioria dos restantes requisitos manteve a posição original ou trocou apenas um lugar, com a exceção da automatização que desceu vários lugares na lista.

A priorização das especificações corrigida foi obtida a partir da matriz de correlações sendo depois tido em conta também a forma como a concorrência implementa cada uma das especificações. A existência de mecanismos de acessibilidade é a especificação à qual se deve dar maior prioridade como se pode consultar no Anexo A.2. As especificações a seguir à acessibilidade prendem-se todas elas com medidas antropométricas e a existência de mecanismos adaptativos que tornam o ambiente da cozinha mais adequada de um ponto de vista antropométrico. Seguem-se depois algumas especificações relacionadas com a eficiência do trânsito na cozinha, como a distância entre estações de trabalho e a área de trabalho. Como seria de esperar, as especificações que não estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento do produto, como o ruído, a luminosidade e as canalizações aparecem no fundo da lista de priorizações.

Os componentes aos quais se deve dar mais ênfase para o desenvolvimento de uma cozinha para um utilizador frequente são as unidades de arrumação, com mais ênfase na unidade de chão e na unidade superior. As bancadas também apresentam uma importância considerável. Os restantes componentes são demasiado complexos, podendo ser desenvolvidos noutra projeto, daí a sua importância reduzida no contexto deste projeto, como se pode constatar no Anexo A.3.

3.5.2 Utilizador Esporádico

A priorização corrigida dos requisitos, Anexo A.4, não alterou os três primeiros requisitos da priorização original. A acessibilidade e o custo apresentam uma priorização aumentada relativamente à original, enquanto que a antropometria e a topologia desceram alguns lugares. No geral não ocorreram alterações consideráveis relativamente à priorização original, com a exceção da automatização e a conectividade que desceram várias posições.

As especificações que aparecem como sendo as mais importantes encontram-se todas relacionadas com o espaço que o utilizador tem para trabalhar, sendo que a área de trabalho apresenta-se como sendo a especificação mais importante. À semelhança do utilizador frequente, as especificações que apresentam um menor coeficiente de priorização são aquelas que não se encontram diretamente relacionadas com o desenvolvimento do produto. Especificações relacionadas com antropometria aparecem no meio da lista sendo que devido à pouca utilização da cozinha não necessitam de tanto ênfase. A priorização corrigida das especificações da cozinha para um utilizador esporádico pode ser consultada no Anexo A.5.

A priorização corrigida obtida para os componentes, Anexo A.6 foi muito semelhante àquela obtida para o utilizador frequente, sendo que as poucas diferenças que existem se encontram em componentes a meio da lista, tratando-se de componentes externos ao projeto e cujas posições alteram apenas um ou dois lugares.

3.5.3 Utilizador Idoso

O espaço de utilização assume o primeiro lugar na priorização de requisitos, como é possível comprovar no Anexo A.7, algo que também acontece com os outros perfis de utilizador. No entanto, o espaço de utilização apresenta um paradigma diferente visto que o utilizador idoso precisa de mais espaço para se movimentar devido à utilização de muletas ou bengalas. A acessibilidade desce uma posição relativamente à priorização original, enquanto a antropometria desceu três. A propensão a atividades sociais também subiu o seu nível de priorização, o que se justifica visto que os idosos precisam muitas vezes de alguém que os auxilie nas tarefas domésticas. No fundo da lista de requisitos, aparece a conectividade visto que atualmente os idosos não se apresentam muito interessados nas novas tecnologias, o que justifica também a posição baixa da automatização. Os requisitos relacionados com a estética, ou seja os estilos e a topologia, também apresentam uma priorização pouco elevada.

Coincidindo com a priorização do espaço de utilização, a área de trânsito apresenta-se como sendo a especificação mais importante, o que se justifica visto estar diretamente relacionado com o espaço de utilização, assim como a área das bancadas e a distância entre estações de trabalho. A altura das prateleiras e os mecanismos de acessibilidade apresentam-se também com grande importância estando diretamente relacionados com a acessibilidade. As especificações relacionadas com a antropometria apresentam-se numa posição mais a baixo na lista de priorização. A existência de mecanismos adaptativos aparece na sexta posição o que pode tornar outras preocupações com antropometria desnecessárias. Mais uma vez, as especificações que aparecem na parte inferior do gráfico são as mesmas que nos restantes perfis, e encontram-se nessa posição pelo mesmo motivo que no caso dos outros utilizadores. A priorização corrigida das especificações da cozinha para um utilizador idoso pode ser consultada no Anexo A.8.

A priorização dos componentes, Anexo A.9, apresenta resultados muito semelhantes à que foi definida para os outros perfis de utilizador, o que indica que independentemente do público alvo escolhido, os quatro componentes a dar mais importância são a unidade de chão, a unidade de canto, a unidade superior e as bancadas.

3.6 Conclusões e Seleção do Público Alvo

A partir dos resultados das matrizes de qualidade e do produto preenchidas para os três perfis diferentes de utilizador, foi possível decidir de forma mais concreta qual o público alvo. Os resultados obtidos apontam para que os utilizadores que mais beneficiariam de uma inovação na sua cozinha seriam os utilizadores frequentes e os utilizadores idosos, pois, pela sua própria definição, um utilizador esporádico não necessita de uma cozinha tão otimizada e ergonómica como os outros dois.

Como já foi referido no Capítulo 2, já foram realizados vários estudos e várias inovações nas cozinhas dos utilizadores idosos, sendo que estas se prendem na sua maioria com a antropometria na cozinha e com o desenvolvimento de mecanismos adaptativos que facilitem a utilização da mesma.

Devido à grande variedade de mecanismos adaptativos já existentes para idosos, o público-alvo escolhido são os utilizadores frequentes, pois apresentam um maior potencial do ponto de vista do mercado e do ponto de vista criativo. Visto que os resultados da matriz do produto do utilizador frequente apontam para um maior ênfase nas unidade de

arrumo, a escolha do produto a desenvolver cai então sobre uma unidade de arrumo que permita um acesso adequado ao seu interior. As especificações que apresentam maior importância para o utilizador frequente são a existência de mecanismos de acessibilidade e as dimensões do armário, obrigando assim a que não se descurem estes parâmetros ao longo do desenvolvimento do produto.

Intentionally blank page.

Capítulo 4

Desenvolvimento Conceptual

4.1 Análise Funcional

No contexto deste projeto, e tendo em conta que ainda nada foi decidido relativamente ao conceito a desenvolver, é pertinente realizar uma análise funcional de uma unidade de arrumo de forma a entender melhor as funções da mesma. Este tipo de produto não permite uma análise funcional particularmente elaborada visto que apenas possui duas funções que são armazenar objetos e garantir um aspecto estético agradável. Das duas funções referidas apenas o armazenamento de objetos pode ser subdividido em funções inferiores. A análise funcional realizada é válida tanto para unidades superiores como para unidades de chão, visto que ambas cumprem a mesma função. A análise funcional pode ser consultada na Figura 4.1.

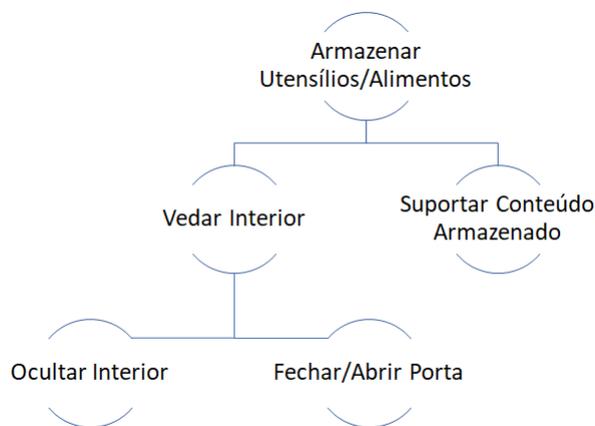


Figura 4.1: Análise Funcional de uma Unidade de Arrumo

4.2 Geração de Ideias

Finalizada a definição dos requisitos, especificações e componentes prioritários procedeu-se ao desenvolvimento de vários conceitos de acordo com os resultados das matrizes de qualidade e do produto. Apesar de simplista, a análise funcional permite obter uma perspetiva melhor das funções que o conceito deve cumprir. Para o desenvolvimento dos

diferentes conceitos foram utilizadas várias ferramentas de geração de ideias, nomeadamente *Brainstorming* e Análise Morfológica.

O *Brainstorming* prendeu-se fundamentalmente com a geração de conceitos completos, sem enfoque nas limitações tecnológicas que poderão existir. A análise morfológica foi realizada após a selecção do conceito de forma a explorar as diferentes alternativas funcionais que poderiam ser implementadas no mesmo.

Os conceitos obtidos podem ser divididos em duas categorias, soluções novas de cozinhas adaptadas e conceitos revolucionários ou de nova geração. As soluções adaptadas são conceitos inovadores, mas que mantêm a topologia da cozinha, alterando apenas as unidades de arrumo existentes. Os conceitos de nova geração alteram consideravelmente a topologia da cozinha, podendo até eliminar os conceitos de triângulo do trabalho e de dispensa.

4.2.1 Cozinha de Nova Geração

No que toca a conceitos de cozinha de nova geração, foram desenvolvidos dois conceitos de armazém que alterariam consideravelmente a topologia da cozinha tradicional. Em ambos os conceitos, a dispensa e as diferentes unidades de arrumo seriam reformuladas de forma a constituírem uma única unidade de arrumo inserida atrás da bancada. Os pontos de acesso encontram-se dispostos ao longo da bancada e localizados à altura ótima de acesso. Em ambos os conceitos, a automação desempenha um papel fundamental visto que as movimentações dos diferentes módulos de arrumo é controlada à distância pelo utilizador através de uma interface digital. O que diferencia estes dois conceitos entre si é a forma como os objetos se movem até ao ponto de acesso.

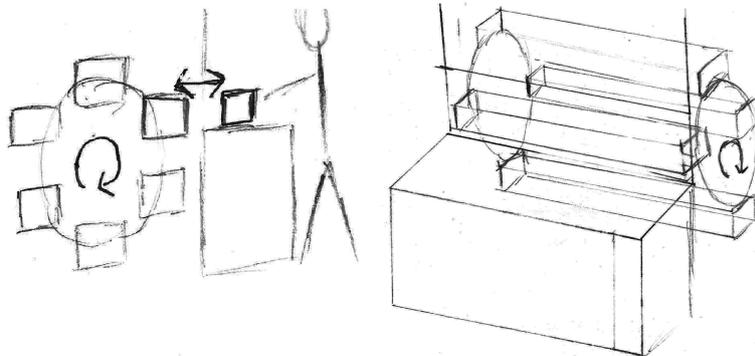


Figura 4.2: Desenho Conceptual de Armazém Rotativo Cilíndrico

O primeiro conceito, representado na Figura 4.2, consiste numa estrutura cilíndrica de grande dimensão inserida ao longo da bancada. Encaixadas na estrutura encontram-se várias prateleiras, espaçadas de forma igual entre si. A rotação do cilindro asseguraria a deslocação das prateleiras até ao ponto de acesso junto à bancada. A rotação da estrutura seria gerada através de um motor eléctrico ligado à mesma. Como já foi referido, o utilizador controlaria a movimentação do cilindro a partir de uma interface digital, podendo seleccionar qual a posição do cilindro à qual quer aceder. Numa abordagem mais simplista, o controlo dos movimentos do sistema poderia ser controlado a partir de um único botão que ligava e desligava o motor eléctrico. A maior dificuldade da

implementação deste conceito consiste no espaço que seria necessário atrás da bancada para a sua instalação, o que implicaria que a cozinha fosse desenhada desde o início já com este sistema em mente. Nas cozinhas de menor dimensão, um sistema destes seria pouco viável pois retiraria muito espaço à área de transito. A existência de conceitos semelhantes a este em ambiente doméstico [57] e em ambiente industrial [54] tiram alguma viabilidade a este conceito no contexto deste projeto.

O outro conceito de cozinha de nova geração, representado na Figura 4.3 consiste no desenvolvimento de um armazém com várias prateleiras moveis inseridas com o mesmo espaçamento ao longo de um elemento móvel. Os movimentos da correia seriam assegurados pela ação de um motor eléctrico. A trajetória das prateleiras seria adaptada consoante as dimensões da cozinha e as preferências do utilizador. Este conceito apresenta várias vantagens relativamente ao anterior na medida em que necessita de menos espaço atrás da bancada e permite um maior grau de personalização, no entanto é um sistema mais complexo e implicaria um maior tempo de espera para o utilizador.

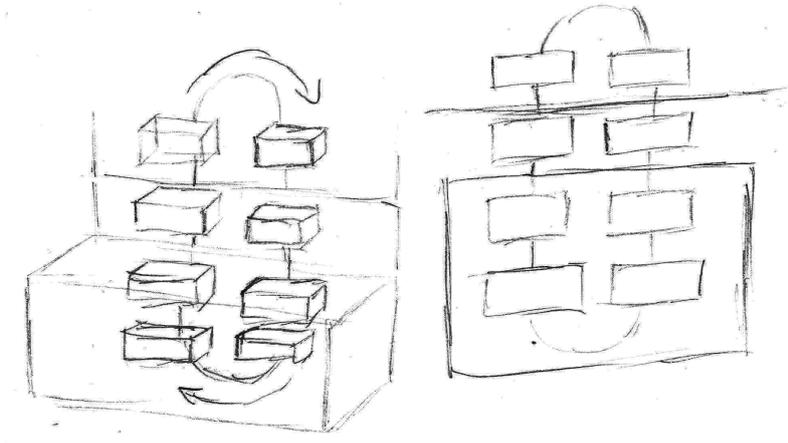


Figura 4.3: Desenho Conceptual de Armazém Vertical de Prateleiras Móveis

4.2.2 Cozinha Adaptada

Como já foi referido, os conceitos adaptados consistem em alterações nas unidades de arrumo já existentes na cozinha. A grande vantagem dos conceitos adaptados relativamente aos conceitos de nova geração é a maior facilidade com que estes podem ser implementados numa cozinha já construída.

O primeiro conceito adaptado a ser desenvolvido consiste numa unidade de arrumo superior de aparência normal, sendo que a única diferença é a existência de duas calhas diagonais que se prolongam desde a base da unidade de arrumo até à superfície da bancada. A unidade de arrumo encontra-se dividida em módulos móveis capazes de deslizar ao longo das calhas diagonais até à superfície da bancada, apresentando assim uma disposição em escada. O movimento dos módulos pode ser realizado manualmente ou por atuação de um motor eléctrico. Este conceito apresenta várias desvantagens que o tornam pouco viável, nomeadamente a existência de calhas sobre a bancada, o que diminui a área de trabalho disponível e dificulta as movimentações sobre a mesma. O facto de os módulos deslizarem até à superfície da bancada obriga ainda a que a bancada

se encontre sempre livre para que as prateleiras deslizem de forma correta. Este conceito encontra-se representado na Figura 4.4.

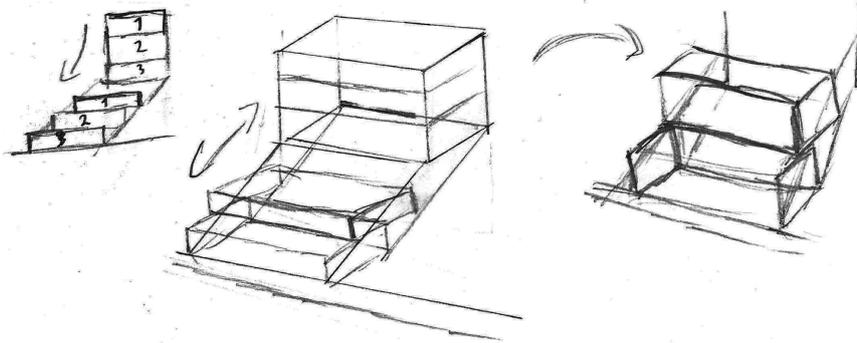


Figura 4.4: Desenho Conceptual de Sistema de Prateleiras com Calhas Diagonais

Um outro conceito que foi desenvolvido foi o de um carrossel com vários módulos acoplados a um elemento comum, elemento esse que deslizaria de forma a deixar o módulo desejado a uma altura acessível ao utilizador, como representado na Figura 4.5. Ao contrário do conceito anterior, este sistema não retiraria qualquer espaço às bancadas, mantendo a vantagem de poder ser atuado manualmente ou através de um motor elétrico. As desvantagens deste conceito são a necessidade de algum esforço por parte do utilizador de forma a movimentar os cestos e também a perda de espaço de arrumo quando comparado com um armário normal de dimensões semelhantes.

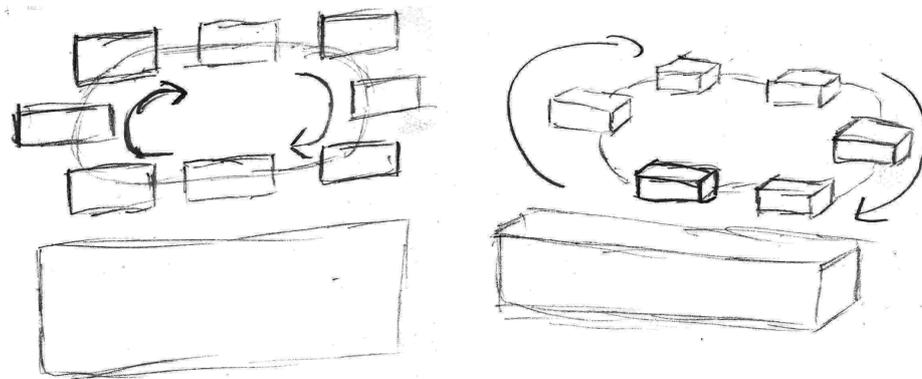


Figura 4.5: Desenho Conceptual de Sistema de Carrossel Rotativo Vertical

Aproveitando o conceito já existente do *Magic Corner*, foi desenvolvido um conceito semelhante mas com uma trajetória vertical em vez de horizontal, como representado na Figura 4.6. Este mecanismo seria semelhante ao *magic corner* na medida em que o conteúdo da unidade de arrumo seria projetado para o exterior da mesma, por ação de um mecanismo de braços e pivôs, aquando da abertura da porta. A grande desvantagem deste conceito é a necessidade de espaço livre à frente da bancada para que este possa deslizar para fora, o perigo que o movimento vertical do interior da unidade de arrumo pode apresentar para o utilizador e a perda de espaço de arrumo quando comparado com um espaço de arrumo normal. Existe ainda outro problema que impede que o mecanismo de um *Magic Corner* possa ser extrapolado na íntegra para um funcionamento

no plano vertical. Esse problema prende-se com as forças em ação durante o movimento do módulo, visto que para um movimento ascendente, é necessário vencer a força da gravidade que tem um sentido contrário ao movimento. Apesar das desvantagens, este conceito é mais ergonômico que um armário normal pois o utilizador já não necessita de se baixar para aceder ao seu interior. Este conceito permite também que a aparência da unidade de arrumo se mantenha inalterada, visto que o mecanismo se encontra escondido dentro da mesma.

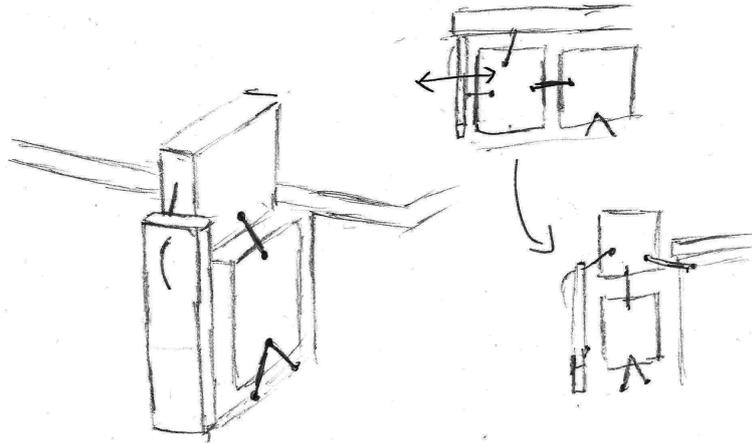


Figura 4.6: Desenho Conceptual de *Magic Corner Vertical*

Semelhante ao segundo conceito apresentado, foi desenvolvido um outro conceito baseado também em módulos deslizantes, com a diferença de que neste caso, os módulos deslizam ao longo de um sistema de carris arranjados numa configuração de labirinto em vez de em carrossel. Este conceito encontra-se representado na Figura 4.7. A configuração em labirinto consiste numa série de calhas arranjadas na forma de vários retângulos, formando um rectângulo maior, permitindo assim a permutação entre os diferentes módulos. Esta configuração permitiria ao utilizador escolher quais os módulos que se encontram à altura de acesso, sendo que depois os módulos poderiam ser permutados de acordo com a preferência do utilizador. Este conceito apresenta as mesmas vantagens que o conceito das prateleiras em carrossel com a diferença que seria necessário menos esforço para movimentar as prateleiras, no entanto possui a desvantagem de a interação com o utilizador ser mais complexa.

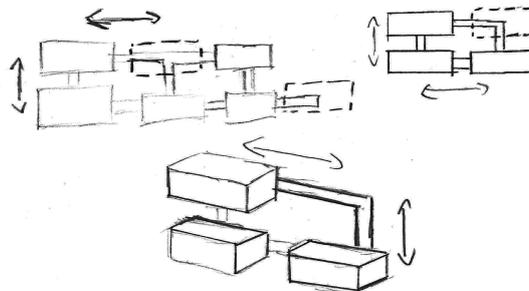


Figura 4.7: Desenho Conceptual de Sistema de Cestos Deslizantes

Foram desenvolvidos ainda dois conceitos que fariam uso de fusos rotativos para subir e descer as unidade de arrumo. O primeiro consistia numa adaptação do conceito de prateleira rotativa, ou "lazy susan", mas com a diferença que as prateleiras subiriam e desciam conforme o sentido de rotação, sendo que as prateleiras encontrar-se-iam a alturas diferentes. Este conceito é pouco viável pois iria retirar espaço às bancadas e necessitaria de bastante tempo de espera para que o utilizador pudesse aceder ao espaço de arrumo. Ao contrário dos conceitos anteriores este conceito encontra-se limitado à actuação por ação de um motor eléctrico. Na Figura 4.8 é possível observar um esboço do conceito referido.

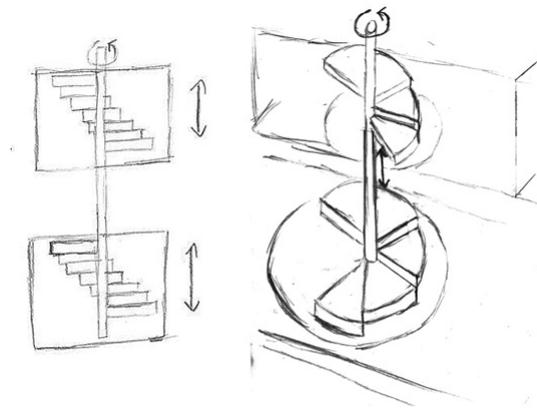


Figura 4.8: Desenho Conceptual de Prateleira Rotativa em Fuso

O outro conceito que também faz uso de um fuso é mais viável, pois conservaria a topologia da cozinha, sendo que as unidades de arrumo superior e inferior estariam acopladas ao fuso, deslizando no sentido ascendente ou descendente dependendo do sentido de rotação do fuso. É necessário também que exista um sistema que permita que cada unidade se desloque separadamente e uma interface para que o utilizador realize o controlo. À semelhança do conceito anterior, o tempo de espera até a unidade de arrumo se encontrar à altura ótima de acesso é uma grande desvantagem, assim como a segmentação da bancada da cozinha, o que contribuiria para bastantes infiltrações de líquidos. Este mecanismo só poderia ser atuado por ação de um motor eléctrico.

4.3 Seleção do Conceito Final

Finalizado o processo de geração de ideias, e tendo sido já obtido um número considerável de conceitos diferentes capazes de realizar as funções desejadas foi seleccionado o conceito a desenvolver. A selecção foi feita com base nos resultados das matrizes QFD, nas vantagens e desvantagens de cada conceito e também na possibilidade que o produto teria de ser inserido no mercado com sucesso. Na Tabela 4.1 é possível consultar, de forma resumida, os conceitos desenvolvidos e as respetivas vantagens e desvantagens.

Dos conceitos de cozinha de nova geração, o menos viável é o do Armazém Rotativo Cilíndrico, representado na figura 4.2, que para além de necessitar de muito espaço para a sua instalação é demasiado parecido com os armazéns rotativos industriais [54]. O armazém de prateleiras móveis é por isso vantajoso em vários aspetos relativamente ao

conceito anterior, no entanto também necessita de demasiado espaço para ser implementado o que pode limitar o mercado, quando comparado com os conceitos de cozinha adaptada. Este fator acaba por ser um dos aspetos que torna os conceitos de cozinha de nova geração menos viáveis quando comparados com os conceitos de cozinha adaptada.

Tabela 4.1: Resumo dos Conceitos Desenvolvidos e respetivas vantagens e desvantagens

	Conceito	Vantagens	Desvantagens
Cozinha de Nova Geração	Armazém Rotativo Cilíndrico	Acessibilidade à Altura Ótima de Acesso; Reduz Deslocações; Conceito Inovador; Automatização;	Necessita de demasiado espaço; Gasto de energia elétrica; A bancada deve-se encontrar livre; Alterações na Topologia da Cozinha; Espaço Sub-Aproveitado;
	Armazém Rotativo de Prateleira Móveis	Acessibilidade à altura ótima de acesso; Reduz Deslocações; Conceito Inovador; Automatização;	Necessita de demasiado espaço; Gasto de energia elétrica; A bancada deve-se encontrar livre; Alterações na Topologia da Cozinha; Elevado Tempo de Espera;
Cozinha Adaptada	Sistema de Prateleiras com Calhas Diagonais	Acessibilidade à Altura Ótima de acesso	Calhas estorvam na bancada; A bancada deve-se encontrar livre; Limitações no Espaço de Arrumo;
	Carrossel Rotativo Vertical	Acessibilidade à Altura Ótima de acesso; Aproveitamento do Espaço até ao teto	Espaço Sub-Aproveitado; Esforço por parte do utilizador no caso de atuação manual;
	<i>Magic Corner</i> Vertical	Facilita a Acessibilidade a unidades inferiores; Conserva Topologia da Cozinha; Atuação Manual	Perigo de entalar/atingir o utilizador; Espaço livre à frente da bancada;
	Sistema de Módulos Deslizantes	Acessibilidade à Altura Ótima de acesso; Atuação Manual	Interface complexa; Espaço sub-aproveitado;
	Prateleira Rotativa Em Fuso	Facilita Acesso a unidades superiores e inferiores	Tempo de Espera; Redução no espaço da bancada; Espaço sub-aproveitado; Estanqueidade comprometida; Gasto de energia elétrica;
	Unidades de Arrumo Móveis por Ação de um Fuso	Facilita Acesso a unidades superiores e inferiores; Conserva Topologia da Cozinha	Gasto de Energia Elétrica; Tempo de Espera; Estanqueidade Comprometida;

No que toca a conceitos de cozinha adaptada os que se apresentam como sendo menos viáveis são aqueles que envolvem a utilização de fuso para a subida e descida das prateleiras visto que em ambos os casos a estanqueidade das bancadas seria posta em causa. Este fator poderia causar infiltrações o que acabaria por danificar todo o mobiliário da cozinha. O conceito das prateleiras que deslizam em calhas também tem muitos problemas, nomeadamente o facto de ocupar muito espaço na bancada, necessitando esta de se encontrar livre. A conciliação da funcionalidade com um design apelativo também poderia apresentar um grande desafio.

Os restantes três conceitos apresentam ambos bastante potencial para culminarem num produto real, no entanto, como se irá desenvolver apenas um produto, somente um dos três conceitos será selecionado. O conceito de "*Magic Corner*" vertical apresenta um certo desafio no que toca à dinâmica do próprio mecanismo para além de que seria necessário um cuidado acrescido com a segurança do utilizador. O "*Magic Corner*" vertical tem também a desvantagem de retirar espaço à área de trânsito da cozinha. O

sistema de Carrossel Rotativo Vertical e o sistema de Cestos Deslizantes encontram-se relativamente equiparados, apesar de o Carrossel Rotativo Vertical ser menos complexo no que toca à interface com a qual o utilizador irá interagir. Apesar de ser mais adequado a unidades superiores, o Carrossel Rotativo Vertical é o conceito mais fácil de implementar em unidades de chão, o que é importante, pois permite que se obedeça aos resultados das matrizes de qualidade e do produto apresentados no Capítulo 3.

Por todos os motivos apresentados e também por ser um conceito que poderá levar a criações interessantes do ponto de vista estético, o conceito sobre o qual irá incidir o desenvolvimentos desta dissertação será então o sistema de Carrossel Rotativo Vertical.

4.4 Desenvolvimento do Conceito Seleccionado

Como referido na secção anterior, o conceito escolhido é o do Carrossel Rotativo Vertical. Este conceito assenta então em vários pressupostos:

- O sistema substitui a unidade de arrumo superior ou inferior;
- O sistema encontra-se dividido em módulos de arrumo;
- Os módulos de arrumo encontram-se ligados a um elemento móvel comum a todos;
- O movimento do elemento comum assegura a movimentação de todos os módulos de arrumo em simultâneo;
- A movimentação dos módulos de arrumo é controlada de alguma forma pelo utilizador;
- Existe sempre pelo menos um módulo de arrumo a uma altura adequada para o acesso do utilizador;

Como é possível constatar a partir dos pressupostos apresentados, este tipo de sistema apresenta uma série de desafios que é necessário superar para a obtenção de um produto funcional. Nomeadamente a perda de espaço associada à grande maioria dos conceitos dinâmicos de cozinha adaptada, visto que os mecanismos para a movimentação do sistema ocupam espaço que não pode ser utilizado para arrumação. Existem outros desafios relacionados com este conceito mas para uma percepção melhor das falhas e problemas associadas ao mesmo, foi realizada uma análise do modo de falha do mesmo na secção seguinte.

4.4.1 Análise do Modo de Falha do Conceito - FMEA

Antes de iniciar a Análise do Modo de Falha é necessário realçar alguns aspectos, nomeadamente que a análise realizada é qualitativa e não quantitativa. Outro aspecto importante é o critério utilizado para definir os Termos Críticos de Falha. Estes critérios encontram-se presentes no *template* do documento de *Microsoft Excel* utilizado para desenvolver a análise. Este documento foi disponibilizado pelo Professor Carlos Relvas do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro no contexto da unidade curricular de Engenharia e Desenvolvimento do Produto. Os termos críticos de falha e os respetivos critérios encontram-se representados no Anexo B.1.

A tabela referente à análise do modo de falha do conceito encontra-se no Anexo B.2. Desta análise foi possível reconhecer quais são os aspectos do desenvolvimento deste produto que requerem mais atenção devido à gravidade das falhas a eles associados. A partir da análise de modo de falha é possível concluir que o sistema terá que:

- Garantir Espaço para o armazenamento de utensílios ou alimentos de diferentes dimensões;
- Incluir um sistema de portas que permita aceder ao interior do modulo de arrumo, sendo esse sistema feito de material transparente para permitir a visualização do seu interior;
- Garantir que o movimento dos módulos é de fácil actuação por parte do utilizador, sem nunca atingir velocidades que possam ser perigosas para o mesmo;
- Incluir um sistema de travagem para que o utilizador possa aceder ao interior dos módulos em segurança;
- Garantir que os módulos se mantêm sempre numa posição horizontal ao longo do seu movimento;
- Ser esteticamente apelativo;

4.4.2 Análise Morfológica do Conceito Selecionado

Apesar de já terem sido utilizadas ferramentas de geração de ideias para a criação dos diferentes conceitos, o facto de o conceito selecionado possuir um elevado número de funções distintas leva a que seja necessária a realização de uma análise morfológica para o mesmo. Esta nova análise tem como principal objetivo a escolha das tecnologias mais adequadas para cada uma das funções do sistema.

A partir da tabela 4.2 é possível ter uma melhor perspectiva sobre as diferentes soluções existentes para cada função do sistema. É preciso ter ainda em conta que as escolhas feitas nesta fase dizem respeito à primeira iteração do sistema, podendo eventualmente sofrer alterações com o decorrer do seu desenvolvimento.

No que diz respeito ao sistema de travagem, apesar de o ponto de atuação ideal se encontrar no módulo de arrumo, a sua implementação apresenta um grande desafio do ponto de vista mecânico, recaindo assim a escolha por um ponto de atuação numa interface exterior. Esta interface poderá ser um botão, uma alavanca ou até uma interface digital, sendo que interfaces mecânicas são preferíveis. O mecanismo de contacto seleccionado foi o sistema de pinos que irá bloquear o elemento comum ou um elemento ligado ao mesmo. O modo de transmissão será um sistema hidráulico de pistões que permite multiplicar a força necessária por parte do utilizador.

O elemento selecionado para movimentar os vários módulos de arrumo é uma corrente comum a todos. A corrente é vantajosa neste aspeto quando comparada com a correia pois trata-se um mecanismo segmentado sendo por isso mais fácil a acoplagem de outros elementos à mesma. A trajetória escolhida é oval pois é a que permite o maior equilíbrio entre módulos e a que permite economizar melhor o espaço. Visto que se pretende obter um sistema com uma filosofia de funcionamento mais tradicional, a origem do movimento irá partir do utilizador, sendo por isso necessário que o sistema tire partido da força da

gravidade para reduzir a carga no utilizador. A abordagem mais tradicional pressupõe um certo distanciamento das soluções automatizadas, visto que a grande maioria das soluções de acessibilidade no mercado são estritamente mecânicas e que o consumo de energia elétrica para aceder às unidades de arrumo é um gasto desnecessário.

Para garantir que os módulos se mantêm sempre numa posição horizontal, a estratégia escolhida é colocar um sistema de roldanas nos módulos de forma a guiar os mesmos através de calhas com a trajectória desejada.

O acesso ao interior de cada módulo será feito através de uma persiana que o utilizador fará deslizar quando o módulo estiver numa posição adequada. A persiana é vantajosa quando comparada com as restantes soluções pois é mais compacta e adapta-se mais facilmente a geometrias complexas.

Tabela 4.2: Análise Morfológica para um Sistema de Circular de Carrossel

Função	Sub-funções/ Elementos	Estratégia/Tecnologia		
Travagem	Ponto de Atuação	Módulo de Arrumo	Interface Exterior	
	Mecanismo De Contacto	Disco tipo Embraiagem	Sistema de Pinos	Obstáculo Na Corrente ou nos Módulos
	Modo de Transmissão	Sistema Hidráulico	Transmissão Mecânica	Sistema Elétrico
Movimentos	Elemento Comum	Corrente	Correia	Sistema de Carris
	Origem do Movimento	Motor Elétrico	Energia do Utilizador	
	Geometria da Trajetória	Circular	Oval	Quadrada com <i>Fillets</i>
Estabilidade dos Módulos de Arrumo	Horizonta-lidade	Módulos com Guias em Calhas Laterais	Módulos com Pista Definida	Servo-mecanismo
Acesso ao Módulo de Arrumo	Abertura/Fecho do Módulo de Arrumo	Porta com Abertura na Vertical	Persiana	Porta Circular Deslizante

4.4.3 Esboço Inicial

Como referido na análise morfológica, a trajetória que conserva melhor o espaço é a trajetória oval, sendo também aquela que melhor permite o equilíbrio entre os módulos. Continuando com o raciocínio da análise morfológica, o elemento comum selecionado é a corrente, sendo posteriormente constatado que a acoplagem directamente dos módulos à corrente causa colisões entre os mesmos durante o movimento.

Na figura 4.9 é possível visualizar o primeiro esboço a ser concebido para um sistema de módulos acoplados a uma corrente. Este desenho inicial possui também já uma versão primitiva do sistema de calhas que equilibram os diferentes módulos. O *design* dos módulos é meramente representativo, de forma a analisar exclusivamente a trajectória de forma a detectar possíveis pontos de colisão entre os mesmos. A posição das pegas e a inexistência de uma porta de acesso tornam este *design* completamente inviável. O único aspeto do *design* dos módulos que possui algum grau de funcionalidade é o facto de estes possuírem um perfil trapezoidal, com a parte superior aberta, o que permite que as trajectórias se cruzem sem existir colisão. A inspiração para os módulos de arrumo possuírem a parte superior aberta vem dos parques de estacionamento verticais [77]. O facto de a base do módulo ser mais estreita do que o topo possui uma grande desvantagem pois reduz consideravelmente o espaço de arrumo. No panorama geral, este esboço inicial permite obter uma ideia mais concreta daquilo que se pretende atingir com este conceito, no entanto representa vários problemas, como o caso do espaço reduzido, que deverão ser resolvidos nas iterações seguintes.

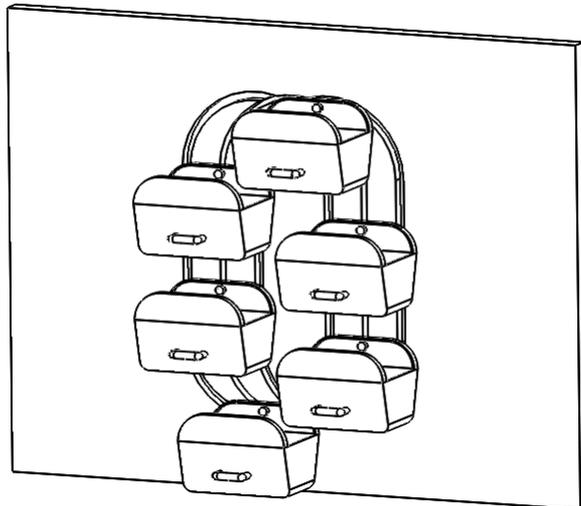


Figura 4.9: Esboço Inicial

Intentionally blank page.

Capítulo 5

Modelação e Desenvolvimento do Modelo Final

5.1 Modelação do Conceito Selecionado

Visto que se trata de um conceito novo, o desenvolvimento deste produto levou a que se realizassem alterações consideráveis, não só a nível estético mas também nas diferentes tecnologias a implementar no conceito. Nesse sentido, pode-se dizer que o conceito se desenvolveu de forma iterativa, sofrendo um processo evolutivo ao longo de toda a fase de modelação. Neste capítulo é explicado o raciocínio ao longo das várias iterações do processo de modelação, para uma melhor compreensão das decisões que levaram ao modelo final.

5.1.1 Segunda Iteração

Como foi referido na secção anterior, o esboço inicial, que corresponde à primeira iteração, representava apenas as ideias gerais do conceito, sem atribuir qualquer tipo de detalhe e sem existirem preocupações funcionais. Nesta segunda iteração, existe um esforço para implementar mecanismos mais aproximados daquele que seria o seu aspeto real, assim como uma maior atenção no que toca à vertente estética dos diferentes componentes. Nesta fase, as únicas dimensões que foram tidas em conta foram as dimensões do módulo de forma a garantir que estes possuem as dimensões mínimas para armazenamento e que os módulos não colidem entre si. A corrente representada nas imagens que se seguem é normalizada, tendo sido retirada de um catalogo da *Tsubaki* [78], no entanto a sua escolha foi arbitrária existindo, nesta fase, meramente para efeito exemplificativo. A corrente a utilizar possui acessórios que permitem a acoplagem dos módulos à mesma.

Um dos problemas mais evidentes no esboço inicial era a distância entre os módulos, de forma a evitar colisões aquando do seu movimento. Este problema é grave na medida em que aumenta consideravelmente a área que o sistema de arrumação iria ocupar. De forma a resolver este problema, foram analisados dois sistemas com princípios de funcionamento semelhantes ao que se pretende implementar, nomeadamente os armazéns industriais rotativos [54] e os parques de estacionamento verticais [77].

Nos sistemas referidos, a montagem entre os módulos e a corrente consiste num sistema de braços em que dois braços se encontram fixos no mesmo ponto do módulo, estando a outra extremidade de cada braço fixa a um elemento da corrente. O módulo é

fixo desta forma em dois pontos, sendo que existe uma corrente de cada lado do módulo. Esta estratégia leva a que não ocorram colisões entre os módulos visto que permite que estes se movam mais rápido quando a corrente percorre a componente circular do percurso. Este comportamento deve-se ao facto de o módulo se mover a uma velocidade superior à da corrente, pois é obrigado a realizar uma distância maior no mesmo tempo. Sendo a zona circular da trajectória a zona mais crítica para a ocorrência de colisões entre módulos, a eliminação desse tipo de ocorrências conciliada com a otimização do espaço entre módulos na componente recta do trajecto, permite uma redução considerável na área ocupada pelo sistema.

A implementação desta estratégia neste projeto, e devido à existência de um único apoio no módulo de arrumo, leva a que a carga exercida na corrente seja demasiado elevada, podendo danificar a mesma. A solução encontrada para este problema passa por fazer uso do veio que irá suportar o módulo de arrumo. Este veio que se encontraria apoiado em ambos os braços acoplados à corrente, seria livre de forma a garantir um certo grau de liberdade permitindo assim que o módulo se mantenha numa posição horizontal ao longo de todo o trajecto. A solução para a carga na corrente passa então por prolongar o veio até uma calha numa posição anterior à da corrente, sendo-lhe acoplado um casquilho que o prende na calha, permitindo apenas que este se mova ao longo da mesma. Para implementar esta estratégia, é necessário que o casquilho e a calha tenham superfícies de pouco atrito de forma a que não exista resistência ao movimento ao longo de todo o trajecto. Na figura 5.1 encontra-se representado o sistema descrito anteriormente.

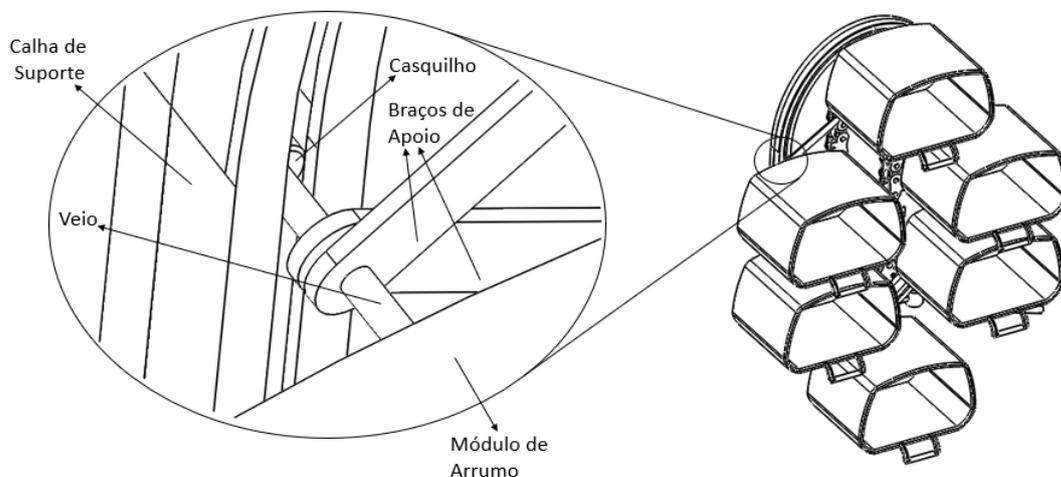


Figura 5.1: Pormenor do Sistema de Calhas para Suporte do Módulo

Nesta segunda iteração, o módulo de arrumo assume uma geometria mais elaborada do que no esboço inicial, mantendo as dimensões mínimas para a acomodação de objectos, mas agora com um foco maior no *design* do mesmo. Este *design* possui alguns defeitos de um ponto de vista funcional visto que o facto de as arestas interiores serem arredondadas reduz a área disponível para armazenamento. As Figuras 5.2 e 5.3 representam a segunda iteração do módulo de arrumo de diferentes perspetivas.

Um dos aspectos que não sofre alterações notáveis quando comparado com o esboço inicial é a estratégia utilizada para manter o módulo na posição horizontal. Nesta se-

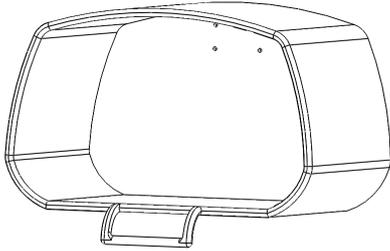


Figura 5.2: Segunda Iteração do Módulo de Arrumo

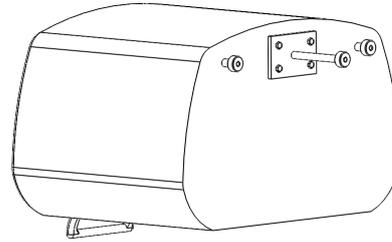


Figura 5.3: Pormenor da Parte Posterior do Módulo de Arrumo

gunda iteração, o equilíbrio é assegurado através de dois pinos com roldana na parte traseira do módulo e de calhas incorporadas na estrutura do sistema. Ao longo do trajecto, uma das roldanas encontra-se sempre numa das calhas, impedindo que o módulo rode sobre si mesmo. O veio que suporta todo o módulo de arrumo é um componente separado do resto do módulo, sendo constituído pela parte classificada como veio e também por uma placa furada.

As calhas utilizadas para equilibrar o módulo de arrumo sofreram algumas alterações, nomeadamente o facto de passarem a constituir duas componentes separadas em vez de estarem embutidas na estrutura. Ao contrário da versão anterior, nesta fase as roldanas deslizam ao longo das calhas durante metade do trajecto. O facto de apenas existir uma calha em cada um dos lados do trajecto principal implica que a tampa frontal que esconde a corrente e restantes componentes mecânicos, se encontre numa posição anterior à da superfície do sistema, de forma a que as roldanas de equilíbrio não choquem com a mesma. Na figura 5.4 é possível observar as calhas de equilíbrio, a nova configuração das mesmas no contexto da estrutura e ainda o funcionamento do sistema de roldanas para equilíbrio do módulo de arrumo.

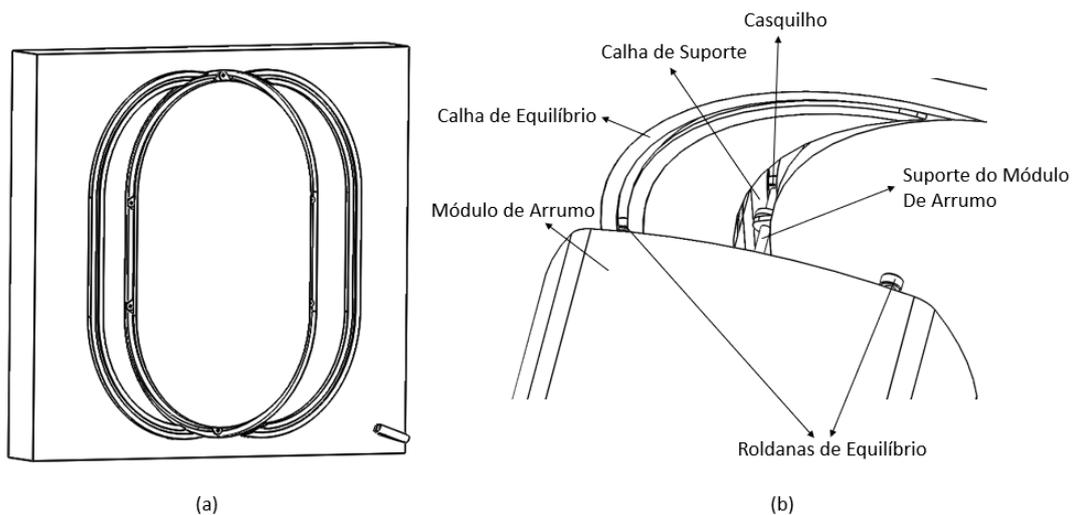


Figura 5.4: Sistema de Equilíbrio dos Módulos de Arrumo: (a)- Calhas de Equilíbrio; (b) - Pormenor das Roldanas no Interior das Calhas de Equilíbrio;

Um pequeno pormenor que é possível observar na figura 5.4 é uma pequena pro-

tuberância no canto inferior direito da estrutura. Esta protuberância trata-se de um manipulador que permite ao utilizador controlar o sistema de travagem. Nesta segunda iteração, o sistema de travagem ainda se encontra numa fase embrionária, sendo constituído apenas por uma série de braços e pinos. A modelação de um sistema de braços telescópicos para a transmissão do movimento nesta fase teve como objetivo a simulação do controlo do sistema por parte do utilizador, sendo esta estratégia eventualmente abandonada em prol da que foi definida na análise morfológica. Nesta fase, a estratégia utilizada para travar o sistema encontra-se de acordo com a análise morfológica, sendo que o mecanismo que o trava é constituído por um pino e por uma série de furos na roda inferior do sistema. O pino atravessa o furo bloqueando assim a rotação da roda, e consequentemente travando todo o sistema. Na figura 5.5 é possível observar o sistema em ambas as posições. A roda que é possível observar na figura 5.5 é meramente representativa, servindo apenas para demonstrar a interacção entre o pino e os furos. O utilizador consegue manter o sistema travado ou destravado através da rotação do manipulador.

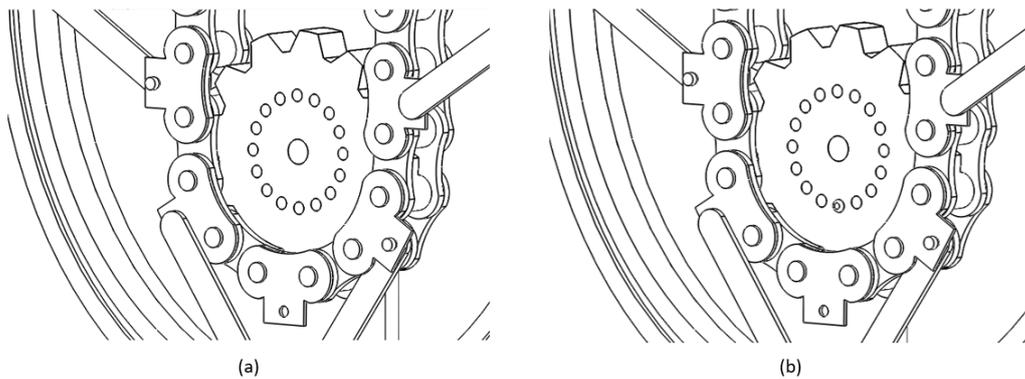


Figura 5.5: Representação do Sistema de Travagem. (a) - Sistema Destravado; (b) - Sistema Travado

Esta segunda iteração, representada na Figura 5.6, apresenta um progresso considerável relativamente ao esboço inicial, no entanto, ainda apresenta uma série de problemas que é necessário resolver. Em primeiro lugar, o mecanismo de travagem ainda se apresenta num estado demasiado primitivo e simplista, para além de que o sistema de pino e furos pode causar algum desgaste desnecessário. O sistema de acoplamento à corrente também necessita ainda de alguma análise, visto que a corrente utilizada nesta fase foi arbitrada, não existindo ainda uma ligação viável entre os braços de suporte e os acessórios da corrente. A própria utilização de dois braços para suporte do veio apresenta alguns problemas, pois faz com que a trajectória dos módulos se torne mais complexa, o que poderá causar dificuldades nos processos de produção e no próprio desenho da mesma. O sistema para estabilizar os módulos de arrumo apresenta também um problema estético, devido às duas calhas para equilíbrio que se encontram na parte frontal do sistema. Os módulos de arrumo também necessitam de ser desenvolvidos com mais detalhe, pois não cumprem uma das suas funções principais, que é a vedação do seu interior.

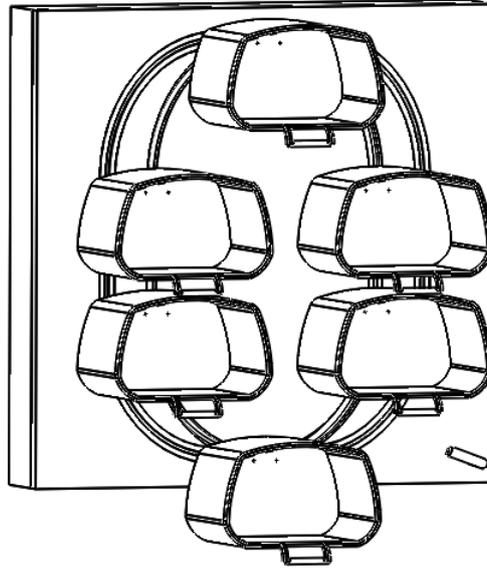


Figura 5.6: Segunda Iteração do Sistema de Arrumação Rotativo

5.1.2 Terceira Iteração

Nesta terceira iteração existiu uma maior preocupação não só com os problemas referidos na secção anterior, mas também com as dimensões dos diferentes componentes, assim como nos aspectos funcionais e estéticos. Os cálculos e simulações que serviram de base para as diferentes decisões que foram tomadas relativamente às dimensões dos componentes podem ser consultados no Capítulo 6.

O *design* dos módulos de arrumo foi completamente revisto, visto que na iteração anterior não existia qualquer tipo de portas e o *design* não estava preparado para acomodar qualquer mecanismo desse tipo. Respeitando as decisões tomadas durante a análise morfológica, optou-se por seleccionar um sistema de persianas em prol de um sistema de portas deslizantes, visto que as persianas são mais versáteis no que toca à geometria do seu percurso. A escolha das persianas permitiu explorar formas mais quadradas, de modo a conservar o máximo de espaço útil para arrumação. Para um melhor efeito estético e também para reduzir o espaço entre módulos, as arestas exteriores foram arredondadas.

As persianas a colocar são transparentes de forma a que o utilizador possa observar o interior do módulo de arrumo. O primeiro segmento das persianas é o único opaco, pois possui uma ranhura para o utilizador controlar o fecho e a abertura das mesmas. No primeiro e último segmento existem dois pequenos ímanes de forma a que as persianas se mantenham na posição de abertura ou fecho dependendo da preferência do utilizador. Os segmentos transparentes são constituídos por três elementos, dois são opacos e simétricos entre si, constituindo o contacto entre a persiana e o módulo. O terceiro elemento é transparente, sendo depois encaixado no meio dos outros dois.

O *design* apresentado na Figura 5.7 é funcional, mas possui uma forma demasiado quadrada, o que pode ser considerado pouco apelativo por alguns utilizadores. Este factor, leva então a crer que é possível que existam utilizadores que não se importariam de sacrificar uma pequena parte do volume de arrumação em prol de um *design* mais apelativo. Nesse sentido, desenvolveu-se um módulo de arrumo com um *design* alternativo

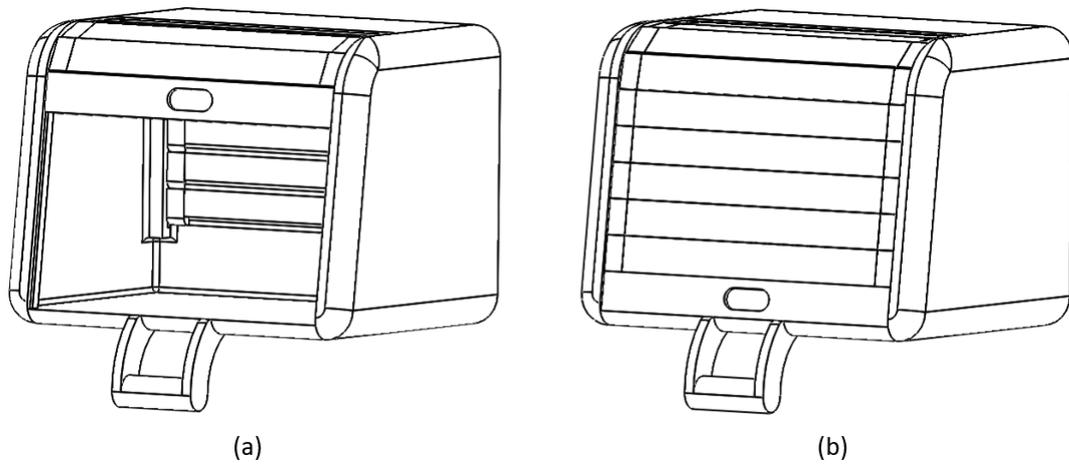


Figura 5.7: Módulo de Arrumo com Persianas: (a) - Abertas; (b) - Fechadas

ao apresentado anteriormente, com uma forma mais arredondada, como representado na Figura 5.8.

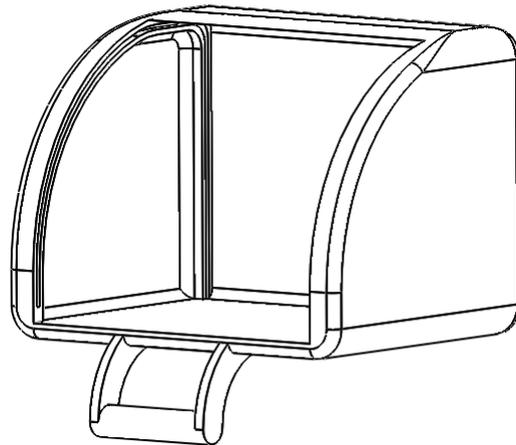


Figura 5.8: *Design* Alternativo do Módulo de Arrumo

Na iteração anterior, a ligação entre o módulo de arrumo e o seu suporte era efetuada através de quatro parafusos, no entanto, essa estratégia poderá causar uma deformação desnecessária no módulo. De modo a reduzir a deformação no módulo, assim como a perturbação estética dos parafusos, alterou-se a parte traseira do mesmo de forma a encaixar no suporte recorrendo a *snap-fits*. Para além disso, o suporte sofreu várias alterações para encaixar nos *snap-fits* e para se prolongar por baixo do módulo de arrumo até ao seu centro de massa.

O suporte sofreu ainda alterações no veio que irá suportar o peso do módulo, não só de um ponto de vista dimensional, mas também de um ponto de vista mecânico, visto que as roldanas, que na iteração anterior se encontravam encaixadas no módulo, passam agora a estar encaixadas no suporte. Esta decisão prende-se com motivos estéticos, pois estando as roldanas presas ao suporte e viradas para o utilizador, é possível virar as calhas na direcção oposta, permitindo assim que estas fiquem ocultas. Na Figura 5.9

encontram-se representados os braços do suporte.

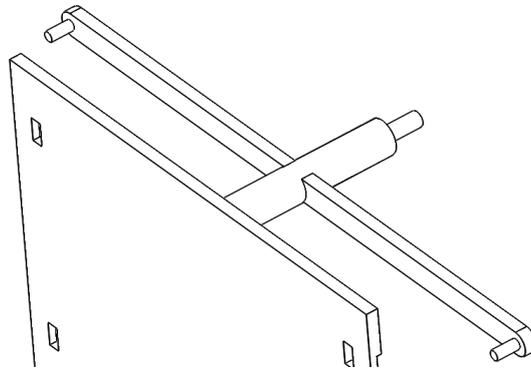


Figura 5.9: Pormenor dos Braços do Suporte para Equilíbrio do Módulo de Apoio

O facto de as calhas de equilíbrio se encontrarem agora escondidas, não causa alterações notáveis para além daquelas já referidas. Uma vantagem acrescida é que esta estratégia permite que a tampa frontal possa estar alinhada com a superfície da estrutura, sendo apenas necessário que exista uma folga entre si e a corrente, de forma a que os braços do suporte transitem sem obstruções. Na Figura 5.10 é possível visualizar o sistema de equilíbrio de um ponto de vista do interior do sistema, em que uma das roldanas se encontra na calha de equilíbrio e a outra se encontra atrás da tampa frontal.

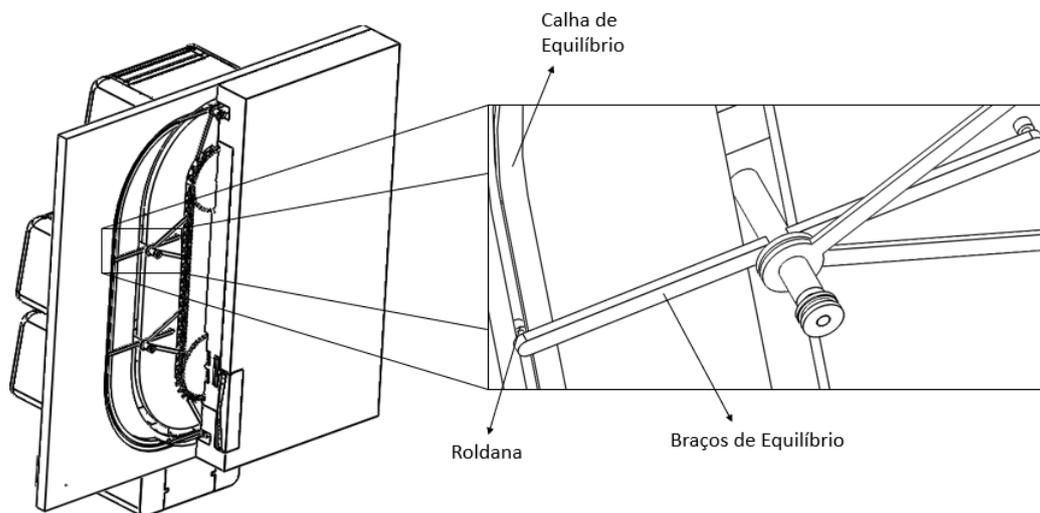


Figura 5.10: Pormenor do Sistema de Equilíbrio dos Módulos de Arrumo

O sistema de travagem sofreu alterações consideráveis quando comparado com a iteração anterior, abandonando-se assim a estratégia de pinos e furos seleccionada na análise morfológica em prol de um sistema de travagem em disco. Esta estratégia permite uma fixação igualmente sólida sem a limitação das posições em que o sistema pode ser travado, o que acontecia com o sistema de pinos e furos. O sistema de travões em disco que foi implementado é semelhante àquele utilizado nas embraiagens dos automóveis, na medida em que é constituído por um disco de um material de alto atrito que entra

em contacto com o elemento rotativo. A grande diferença é que na embraiagem de um automóvel, o disco encosta ao elemento rotativo para manter a transmissão de movimento às rodas do automóvel, enquanto que neste caso, o disco é utilizado para bloquear o sistema quando entra em contacto com o elemento rotativo, que neste caso é a roda inferior.

Nesta iteração ainda não foi inserido o sistema de pistões hidráulicos que transmitiria o movimento ao travão, mantendo-se o sistema da iteração anterior, que inclui o manípulo na lateral do modelo. Na segunda iteração não existiam componentes específicos para separar o mecanismo do resto da estrutura, o que é importante, visto que apesar de ainda não estar decidido, o material da estrutura será algum tipo de madeira ou de polímero, o que não é adequado para o contacto com peças metálicas móveis que necessitem de lubrificação. Na Figura 5.11 é possível observar o disco de travagem, de forma isolada e no contexto da estrutura do modelo. Nesta iteração ainda não se encontram representadas as molas que permitem o encosto do disco à engrenagem.

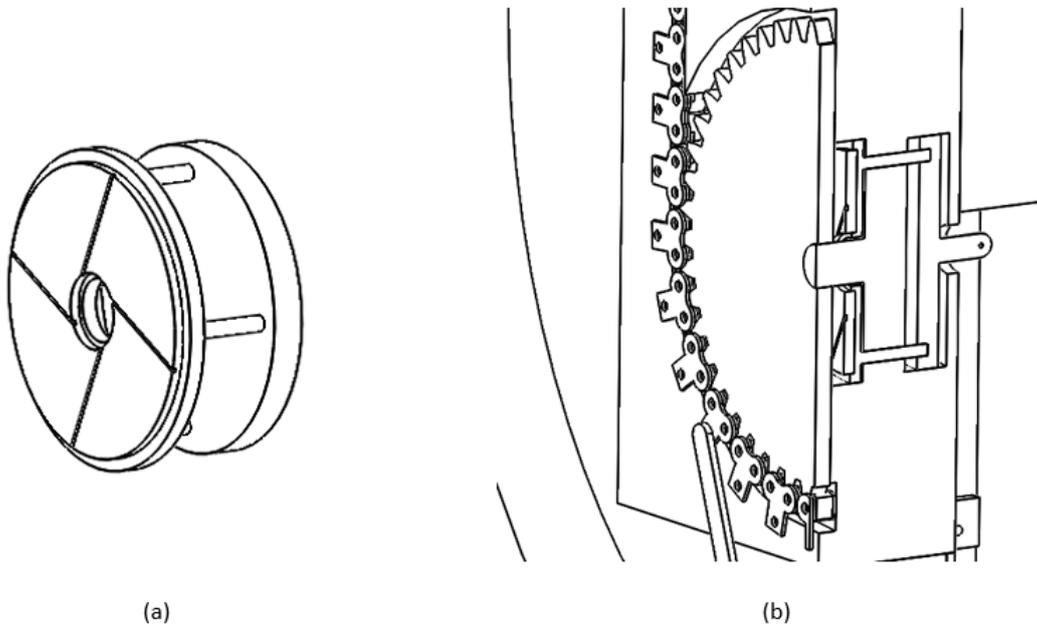


Figura 5.11: Pormenor do Disco de Travagem: (a) - livre; (b) - No Contexto da Estrutura

O desenvolvimento da terceira iteração do sistema de armazém rotativo apresenta progressos consideráveis quando comparado com a iteração anterior. A grande maioria dos problemas que a segunda iteração possuía foram resolvidos ou melhorados. No entanto, existe ainda uma margem considerável para melhoria, nomeadamente no que toca ao sistema de travagem. Uma possível solução para o problema referido passa por trocar o manípulo por um pedal junto ao chão, sendo que o utilizador destrava o sistema quando pressiona o pedal, ficando assim com as duas mãos livres para manobrar os módulos de arrumo. O *design* dos módulos de arrumo é também um aspecto que pode ser melhorado, apesar de ser consideravelmente mais apelativo. A possibilidade de utilizar apenas um braço para suportar os veios é também um factor que apresenta bastantes vantagens tal como já foi referido. No panorama geral, a terceira iteração,

representada na Figura 5.12, apresenta já um modelo bastante satisfatório apesar de ainda necessitar de algumas melhorias.

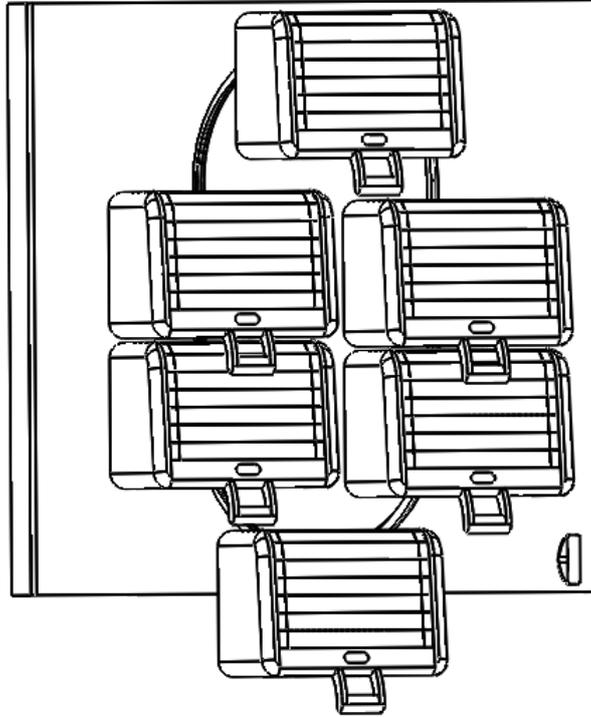


Figura 5.12: Terceira Iteração do Sistema de Arrumação Rotativo

5.1.3 Modelo Final

O modelo final é caracterizado por manter todas as características desenvolvidas nas iterações anteriores e por receber várias melhorias que o tornam numa versão superior aos seus antecessores. A principal alteração é a implementação de um sistema hidráulico para a travagem do mecanismo. Esta alteração acarreta várias vantagens de um ponto de vista de *design*, visto que permite uma redução na largura de toda a estrutura e a remoção do manipulador do travão, que é substituído por um pedal que se encontra junto ao chão.

O sistema de travagem hidráulico é caracterizado por um pedal junto ao chão que se encontra conectado a um pistão comprimido. O pistão encontra-se ligado por uma tubagem a um outro pistão junto ao disco de travagem. Quando o utilizador pressiona o travão, o pistão inferior comprime, fazendo com que o pistão superior descomprima, deslizando o disco de travagem, libertando assim todo o sistema. O pedal do travão encontra-se ligado ao pistão através de um sistema de braços e molas. Na Figura 5.13 é possível observar o pedal do travão.

Devido à geometria da roda e à fixação da mesma, foi necessário realizar algumas alterações nas dimensões dos diferentes componentes adjacentes. Foram ainda adicionadas quatro molas ao disco de travagem de forma a garantir a paragem do sistema.

Uma das maiores diferenças relativamente à iteração anterior, é a utilização de apenas um braço de apoio para suportar o veio. Esta alteração, que se afasta das inspirações

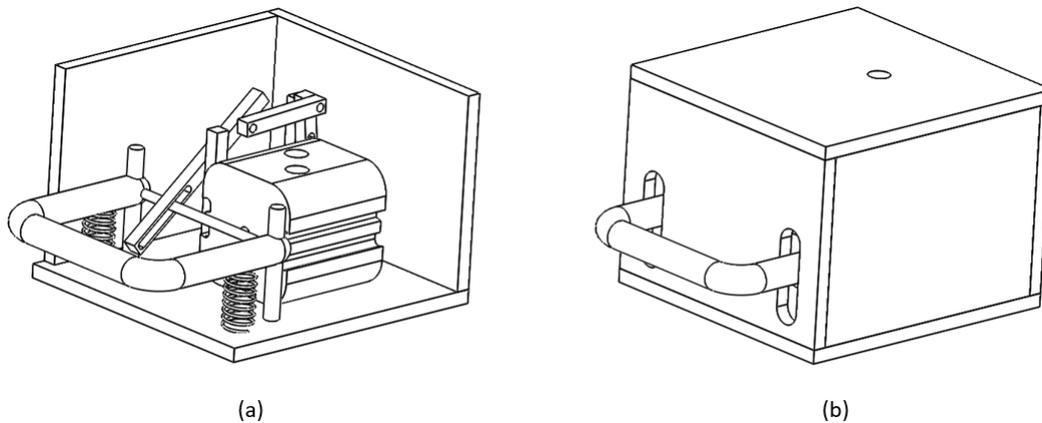


Figura 5.13: Pedal do Sistema de Travagem Hidráulico: (a) - vista interior; (b) - vista exterior

iniciais, simplifica a trajetória dos módulos de arrumo, com o benefício acrescido de poupar material.

Para além do novo sistema de travagem, existiu uma maior atenção no que toca às interações entre os diferentes componentes, sendo inseridos casquilhos, anéis elásticos, parafusos e molas. As diferentes peças foram também desenhadas de forma a permitir a sua montagem numa fase posterior do projecto, daí a divisão da componente metálica em componentes diferentes. Uma alteração que também é pertinente referir é a adição de um patim ao braço de apoio do módulo de arrumo, como se pode constatar na Figura 5.14. Este patim tem como função auxiliar no suporte da corrente, permitindo que no caso de a corrente se desencaixar devido às cargas em acção durante o funcionamento, esta se mantenha numa posição adequada. O patim será de um material polimérico de forma a que o atrito entre o patim e superfície à sua frente seja mínima.

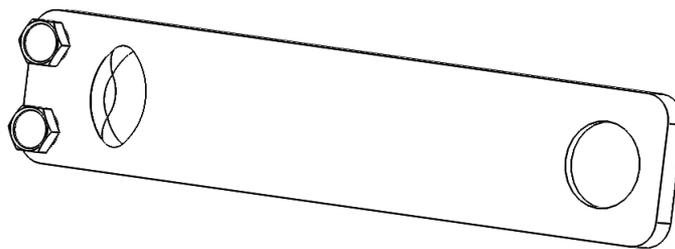


Figura 5.14: Braço de Apoio com Patim Polimérico

A adição do patim levou também a que a tampa frontal que protegia os componentes mecânicos do sistema fosse dividida em dois componentes diferentes, uma tampa metálica interior onde desliza o patim e uma tampa exterior de outro material, sendo que a sua única função é de cariz estético.

De forma a garantir a rotação do veio do suporte dos módulos de arrumo, foram inseridos casquilhos poliméricos na ligação entre o braço de apoio e o veio. O próprio braço sofreu algumas alterações de modo a garantir a fixação correta do casquilho, sendo o conjunto completamente fixado através de um anel elástico, como representado na

Figura 5.15. O casquilho com função de suportar o módulo de arrumo ao longo da calha traseira é também fixo através de um anel elástico.

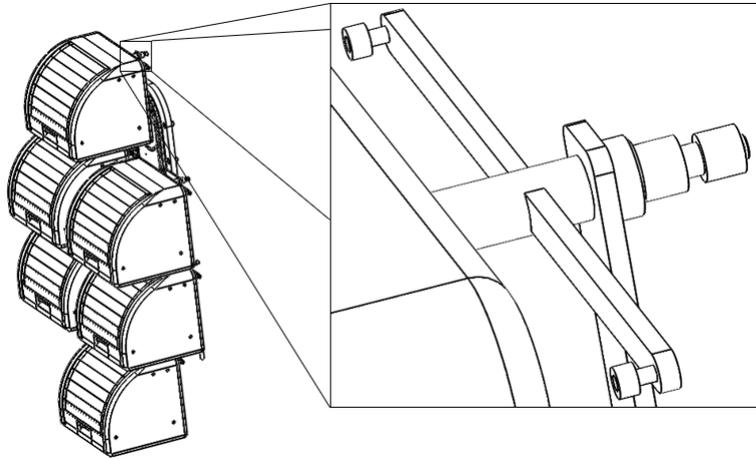


Figura 5.15: Pormenor da Fixação do Suporte ao Braço de Apoio

O módulo de arrumo sofreu também algumas alterações comparativamente com a iteração anterior. Estas alterações foram realizadas com o objetivo de reduzir o número de movimentos do utilizador e de apresentar um *design* mais agradável. A pega foi removida, sendo substituída por dois rasgos no módulo e no puxador da persiana. Estes rasgos, conciliados com uma alteração na geometria da pega e do puxador, permitem que seja formada uma pega entre os dois objectos quando a persiana se encontra fechada. A junção da pega e do puxador leva a que o utilizador já tenha a sua mão na posição indicada para abrir a persiana quando o módulo pára junto de si. Esta alteração nos componentes leva a um *design* mais atractivo visto que apenas existe um puxador na parte frontal do módulo, como se pode observar na Figura 5.16. Convém realçar ainda, que foi escolhido o *design* alternativo da iteração anterior em prol do *design* original.

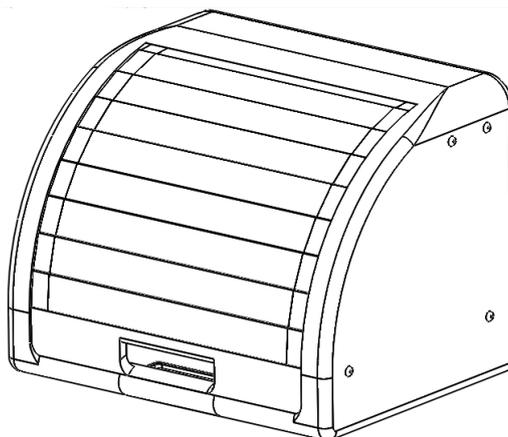


Figura 5.16: *Design* Final do Módulo de Arrumo

Como referido no início desta secção, o modelo final é consideravelmente mais estreito do que as iterações anteriores, o que é vantajoso na medida em que permite poupar

espaço. Apesar da redução do espaço, o modelo necessita de que sejam realizadas algumas alterações na unidade de chão de forma a que esta possa acomodar a caixa do pedal e as tubagens do sistema hidráulico. Em suma, o sistema cumpre de forma eficiente todas as funções previstas aquando da selecção do conceito, ao mesmo tempo que tira partido das escolhas efectuadas durante a análise funcional, sendo que a única excepção é o sistema de travagem. Na Figura 5.17 é demonstrada a mobilidade dos módulos de arrumo ao longo do trajeto.

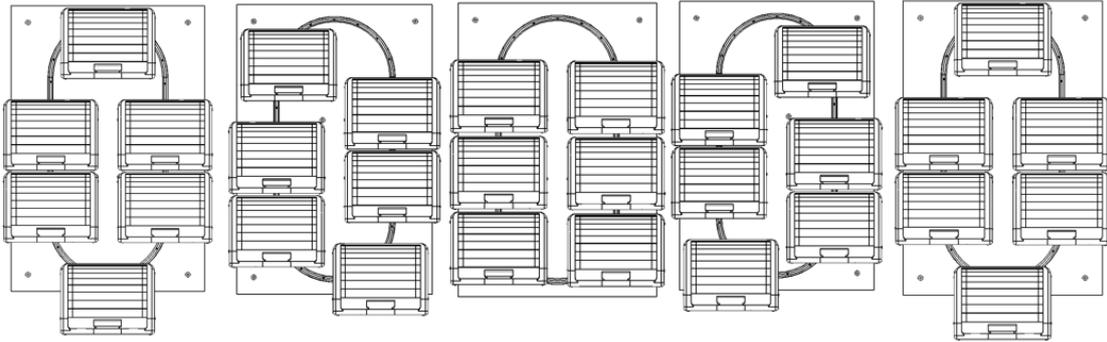


Figura 5.17: Exemplo de Posições dos Módulos de Arrumo

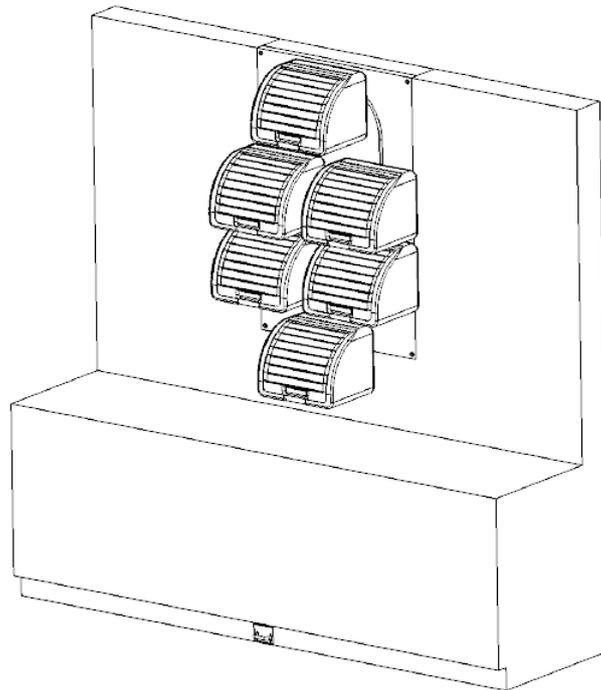


Figura 5.18: Sistema de Armazém Rotativo Final

De um ponto de vista mais técnico, o sistema permite o acesso ao interior do módulo mais baixo a uma altura mínima de 990 mm, cada módulo é capaz de suportar 9 kg de massa e o sistema possui 114 l de volume total para arrumação, sendo que cada módulo

possui 19 l de capacidade. Como seria expectável, o volume de arrumação do sistema é inferior ao volume de um armário de igual área, tendo esse 180 l de capacidade. No entanto, se se considerar uma unidade de arrumo de dimensões comuns, com a mesma largura mas sem atingir o teto, esta terá apenas 120 l de capacidade, revelando assim que a perda de espaço quando comparado com unidade de arrumo normal é bastante reduzida. A força máxima que o utilizador teria que exercer para movimentar o sistema seria de 180 N, no caso de existirem dois módulos carregados com a carga máxima de um lado e dois módulos vazios do outro, no entanto, este tipo de situações podem ser evitadas se o utilizador armazenar os conteúdos estrategicamente, de forma a tirar partido do equilíbrio do sistema. O modelo final pode ser consultado na Figura 5.18.

Nas Figuras 5.19 e 5.20 é comprovada a viabilidade da solução apresentada para um indivíduo masculino do percentil 95 e um indivíduo feminino do percentil 5.

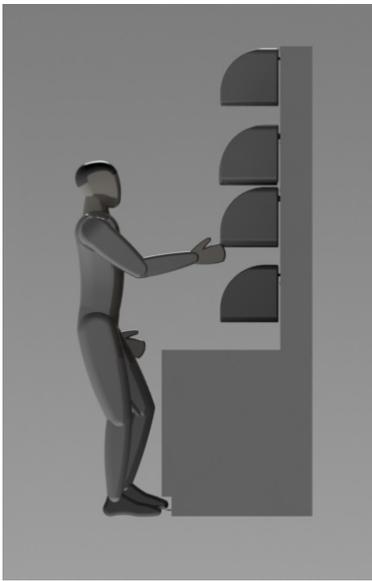


Figura 5.19: Interação Entre um Indivíduo do Percentil 95 Masculino [79] e o Modelo Final

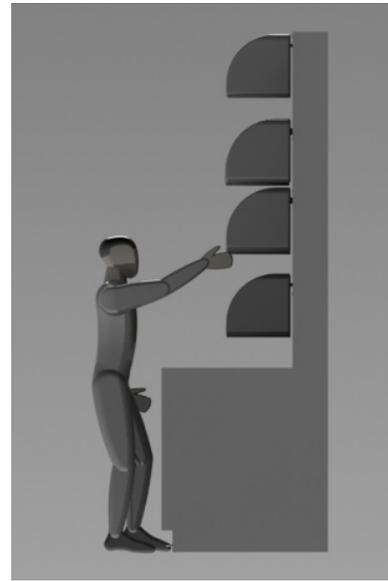


Figura 5.20: Interação Entre um Indivíduo do Percentil 5 Feminino [79] e o Modelo Final

5.2 Análise do Modo de Falha do Produto - FMEA

Finalizado o desenvolvimento do produto, é necessário aferir quais as falhas e problemas associadas ao mesmo. Nesse sentido, foi realizada uma análise do modo de falha do produto. Com esta análise pretende-se determinar os problemas que podem ocorrer durante o funcionamento do modelo e desenvolver soluções que impeçam estes problemas de acontecerem.

À semelhança da Análise de Modo de Falha do Conceito, a tabela resultante desta análise encontra-se em anexo a este documento, podendo ser consultada no Anexo B.3. As falhas constatadas na análise são na sua grande maioria de cariz estrutural e podem ser resolvidas utilizando um fator de segurança no dimensionamento dos componentes e definindo cargas de utilização máximas. As restantes falhas, como o desgaste dos compo-

mentes ou a corrosão dos mesmos, podem ser prevenidas utilizando materiais resistentes a fatores ambientais e desenhando todo o sistema de forma a que a manutenção do mesmo possa ser realizada de forma simples e eficaz. No Capítulo 6, onde são dimensionados os componentes, foi tido sempre em conta o pior caso possível com alguma margem, de forma a que os componentes possam suportar cargas acima do esperado.

5.3 Versões Alternativas do Conceito Seleccionado

5.3.1 Solução Automatizada

Apesar do foco na ergonomia durante o desenvolvimento do armazém vertical rotativo, existe um fator que pode deixar alguns possíveis utilizadores reticentes relativamente à utilização do mesmo, visto que é necessário que o utilizador realize algum esforço para o movimento dos módulos. Nesse sentido, pôs-se de parte a crença inicial de que o mobiliário de cozinha não deve estar dependente da energia eléctrica para poder ser utilizados, de forma a que qualquer indivíduo possa usufruir deste sistema. Devido à configuração do mecanismo, a implementação de alguma automatização no sistema não é difícil, bastando apenas que se inclua um motor eléctrico na roda inferior, motor esse que terá como função gerar o movimento de todo o sistema.

Devido ao foco deste projecto no desenvolvimento do mecanismo manual, sendo esse o resultado final e objecto central do projecto, a solução automatizada para o sistema é apresentada apenas como uma possibilidade realista e com potencial para ser desenvolvida mais concretamente em trabalhos futuros. No entanto, são deixadas algumas sugestões relativamente ao desenvolvimento dessa mesma solução.

O controlo do sistema por parte do utilizador poderia ser feito através de um interruptor que controlaria a passagem de corrente fornecida ao motor e conseqüentemente o movimento do sistema. Esta estratégia elimina o sistema de travagem e também as pegas presentes nos módulos de arrumo, sendo necessário apenas o motor e respetivo sistema de transmissão, o interruptor, o circuito eléctrico e uma fonte de energia. O controlo da potência e velocidade de rotação do motor seria realizado preferencialmente através de um circuito eléctrico e não de um redutor mecânico de forma a conservar espaço do sistema. De um ponto de vista de *design* as pegas do sistema seriam completamente abandonadas, existindo apenas o puxador para abertura das persianas.

Em suma, a solução automatizada apresenta bastante potencial, podendo até evoluir de forma a assemelhar-se a um conceito de cozinha de nova geração. No entanto, por motivos já explicados o foco deste projecto mantém-se na solução manual, sendo a automatização da mesma apenas uma proposta para uma solução alternativa.

5.3.2 Solução Para Unidade Chão

Nos resultados obtidos a partir da matriz do produto no Capítulo 3, o componente ao qual deveria ser dada maior prioridade seria a unidade de chão, no entanto, o modelo final apresentado é uma unidade superior o que contraria assim os resultados das matrizes QFD. Convém, portanto, lembrar que um dos motivos para a escolha deste conceito, é que apresenta um grande potencial para ser adaptado a uma unidade de chão. No entanto, um dos problemas desta adaptação é que não é possível conciliar este conceito

com as bancadas da cozinha, funcionando apenas como uma alternativa ao armário de chão.

Esta adaptação requer poucas mudanças relativamente ao original, sendo apenas necessário alterar os módulos de arrumo de forma a que as pegas estejam posicionadas numa posição mais ergonómica e garantir que os módulos não colidem com o chão.

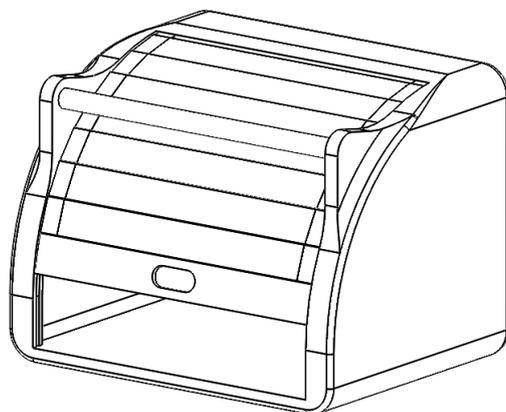


Figura 5.21: Módulo de Arrumo da Unidade de Chão

As alterações na pega são de grande importância pois o movimento realizado pelo utilizador é completamente diferente do realizado na unidade superior. É preciso também ter em atenção que a pega não pode impedir o acesso ao interior do módulo. A solução encontrada foi a criação de dois apoios, a partir das paredes laterais de forma a que a pega se localize numa posição que não perturbe o acesso ao interior, como representado na Figura 5.21.

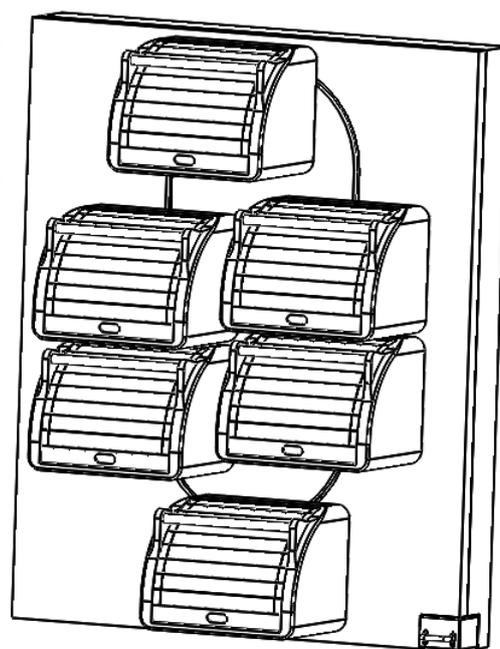


Figura 5.22: Unidade de Chão do Sistema de Armazém Rotativo

A natureza do movimento levou a que fosse criada uma ranhura na zona inferior do módulo de forma a que este fique acoplado ao suporte durante todo o movimento. Esta alteração é importante visto que reduz a carga nos *snap-fits* durante o movimento.

Como já foi referido, as alterações na estrutura foram mínimas, tendo sido aumentada a altura de forma a distanciar os módulos de arrumo do chão e tendo sido instalado o travão na própria estrutura. A configuração das tubagens do sistema de travagem tiveram que ser alteradas de forma a permitir a inclusão do pedal no resto da estrutura. A unidade de chão do sistema de armazém rotativo encontra-se representada na Figura 5.22.

5.3.3 Solução de Quatro Módulos

O objetivo principal deste projecto é o desenvolvimento de uma solução ergonómica, o que levou a que existisse uma certa negligência no que toca a outros fatores, como é o caso do espaço que o modelo ocupa. Como já referido anteriormente, uma solução de cozinha dinâmica ocupa mais espaço que uma solução estática. Nesse sentido, e tendo em conta que o modelo final ocupa bastante espaço, desenvolveu-se uma solução mais compacta com apenas quatro módulos.

A solução de quatro módulos é em tudo semelhante à solução original, sendo as únicas diferenças o tamanho, como seria de esperar, e a gama da corrente. Na Figura 5.23 é possível observar a solução de quatro módulos de arrumo.

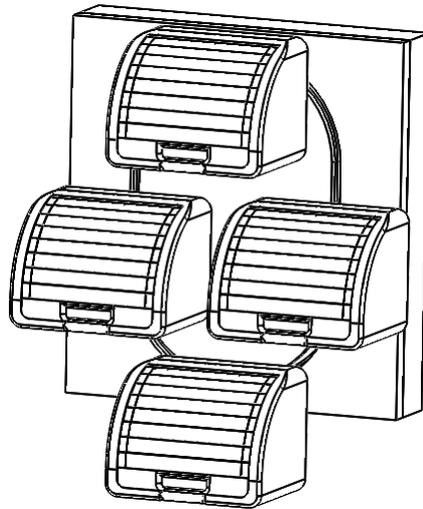


Figura 5.23: Armazém Rotativo com Quatro Módulos de Arrumo

Relativamente à solução original, a solução de quatro módulos apresenta uma redução total de 290 mm em altura, o que torna o modelo muito mais versátil no que toca à sua possível localização. No entanto, esta solução não pode ficar junto ao teto pois dificultaria o acesso a grande parte da população.

5.3.4 Módulos Especializados

Uma das características deste conceito é a sua modularidade, que se define como sendo uma modularidade em barramento, visto que existe um elemento comum, que neste caso

é a corrente, e que os módulos são permutáveis entre si [80]. Esta característica abre a porta a uma série de possibilidades, visto que é possível trocar o módulo básico por módulos especializados para diferentes funções. As funções podem variar, desde uma garrafeira, a um suporte para copos ou até um depósito de água.

De forma a demonstrar a modularidade do sistema, foram desenvolvidos vários módulos especializados. Na Figura 5.24 são exploradas as possibilidades que a modularidade do sistema permite obter, sendo possível observar um módulo adaptado para o suporte de garrafas, dois módulos adaptados para o armazenamento de copos e pratos, respectivamente, e ainda um módulo adaptado a reservatório de água com torneira para melhor acesso.

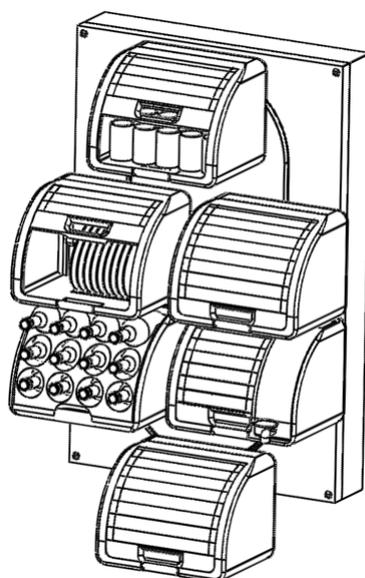


Figura 5.24: Armazém Rotativo com Vários Módulos Especializados

A versatilidade que a solução apresenta é única no que toca a soluções dinâmicas de cozinha, sendo que apenas as soluções de cozinha estáticas apresentam um potencial semelhante para modularidade.

Intentionally blank page.

Capítulo 6

Dimensionamento e Seleção de Componentes

6.1 Desenho Para Fabrico

O material seleccionado para o módulo de arrumo foi o polipropileno, polímero de uso comum e cujo o processo de fabrico predominante é a injeção em molde. Este processo de produção exige que a peça seja adaptada de acordo com determinadas regras de forma a que o polímero seja injetado de forma correta, sem pôr em causa a integridade estrutural da peça. O desenho para fabrico, ou *design for manufacturing*, consiste então em desenhar os componentes de forma a que estes possam ser produzidos de acordo com determinado processo de produção.

6.1.1 Espessura e Ligação entre Componentes

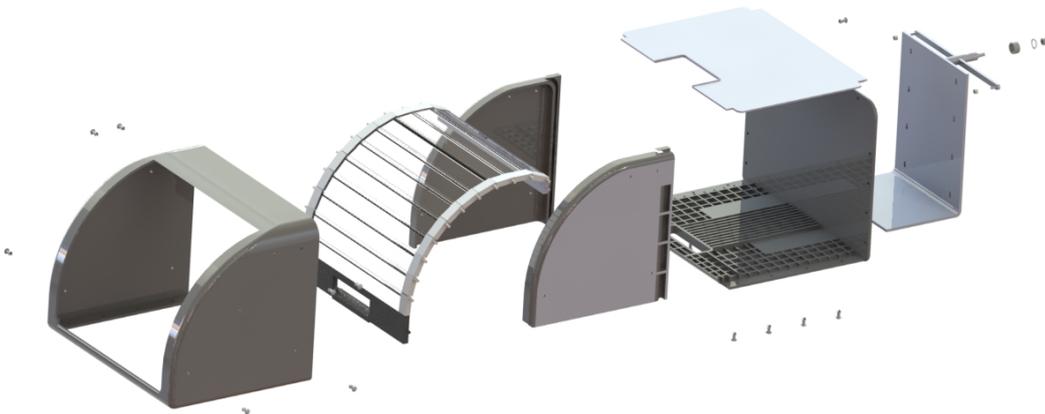


Figura 6.1: Vista Explodida do Módulo de Arrumo

O módulo de arrumo foi desenhado de acordo com os requisitos estéticos, funcionais e estruturais definidos inicialmente, o que resultou numa geometria complexa e em espessuras demasiado grandes para injeção. A complexidade da geometria implica que a

dinâmica das placas do molde seja bastante complexa ou até impossível. Para colmatar esta falha, o módulo foi dividido em diversos componentes que encaixam entre si, sendo a fixação entre os mesmos assegurada por ação de pinos com *snap-fits*. A espessura foi também reduzida até ao limite máximo admissível de 5 mm [81]. As nervuras adicionadas aos componentes serviram para garantir a integridade estrutural dos mesmos quando sujeitos às respetivas cargas serviço. Na Figura 6.1 encontra-se representada uma vista explodida do módulo de arrumo, onde é possível visualizar o desenho para fabrico aplicado no mesmo. Na mesma figura encontram-se também representados o suporte do módulo e respetivos componentes de fixação.

6.1.2 Design dos *Snap-Fits*

Como já foi referido, a ligação entre o módulo de arrumo e o suporte será realizada através de *snap-fits*. Apesar dos *snap-fits* não suportarem grande parte das cargas a que o módulo está sujeito, é importante que sejam dimensionados de forma correta para garantir a fixação do módulo ao suporte.

O dimensionamento dos *snap-fits* tem por base alguns pressupostos arbitrários, tal como a posição dos *snap-fits* e a largura, espessura e comprimento dos mesmos. Os valores arbitrados foram selecionados de forma a garantir a maior robustez do módulo. O objetivo dos cálculos a realizar passa então por dimensionar o encaixe dos *snap-fits* e obter o valor da força necessária para a montagem dos mesmos. Na Figura 6.2 podem ser consultadas as várias dimensões arbitradas. Para além das dimensões representadas na figura é importante referir ainda que existem ao todo 8 *snap-fits*, divididos em duas colunas verticais e distando 70 mm entre si verticalmente.

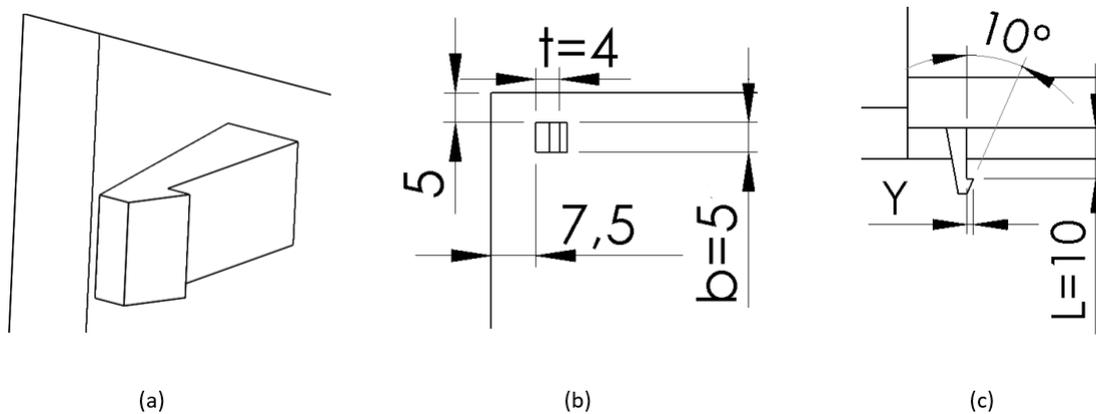


Figura 6.2: (a) - Pormenor de um *Snap-Fit*; (b) - Vista frontal de um *Snap-Fit*; (c) Vista vertical de um *Snap-Fit*

O fator de deflexão, Q , encontra-se dependente da razão entre o comprimento e a espessura e da localização do *snap-fit*. Neste caso, como a razão entre o comprimento, L , e a espessura, t , é 2.5 e se trata de um *snap-fit* no meio de uma superfície, obtém-se que o fator de deflexão é aproximadamente 1.1 [82].

A partir do fator de deflexão, e conhecendo o material do *snap-fit*, que neste caso é polipropileno, é possível calcular a altura do encaixe. A altura do encaixe corresponde

à deflexão máxima permitida, visto que o *snap-fit* sofre uma deflexão aquando do encaixe [82]. Conhecer o material é relevante, visto que é necessário conhecer deformação permitida, ξ , que é 70% da deformação no ponto de cedência. A deformação permitida neste caso é então 8.4%, visto que a deformação no ponto de cedência do polipropileno é 12% [83].

O cálculo da altura do encaixe é realizado a partir da equação 6.1 [82], obtendo-se o valor de 1.54 mm:

$$Y = \frac{\xi L^2 Q}{1.5t} \quad (6.1)$$

Para além da altura do encaixe, é também importante calcular a força necessária para o encaixe entre o módulo e o suporte. A força de encaixe, F , é obtida a partir da equação 6.2 [82]:

$$F = P \frac{\mu + \tan(\alpha)}{1 - \mu \tan(\alpha)} \quad (6.2)$$

A força de encaixe depende do ângulo de encaixe, α , do coeficiente de atrito, μ e da força perpendicular ao *snap-fit*, P . O ângulo de encaixe foi arbitrado como sendo 10° e o coeficiente de atrito entre o polipropileno e o aço é 0.28 [84]. A força perpendicular obtém-se a partir da equação 6.3 [82]:

$$P = \frac{bt^2 E \xi}{6L} \quad (6.3)$$

Onde E é o módulo de flexão, que neste caso assume o valor do módulo de *Young*, ou seja, 1500 MPa [83]. Substituindo os valores na equação 6.3 obtém-se que a força perpendicular é 168 N, o que por sua vez, leva a que o valor da força de encaixe seja de 83.5 N.

Para além das dimensões referidas, foram ainda aplicados raios de curvatura na base do *snap-fit* de forma a evitar a concentração de tensões nesse mesmo local. O raio de curvatura deve corresponder a 50% da espessura do *snap-fit* [82], o que neste caso se traduz num raio de curvatura de 2 mm.

6.2 Pega do Módulo de Arrumo

A pega do módulo de arrumo assume uma importância considerável visto que se trata da principal interface entre o sistema e o utilizador. Devido à estratégia seleccionada para a movimentação dos módulos de arrumo e devido à necessidade de o utilizador puxar os módulos de forma descendente na vertical, a pega tem que suportar cargas de intensidade considerável. Esta função estrutural da pega, assim como os requisitos ergonómicos e antropométricos associados à mesma, levam a que o seu dimensionamento e *design* sejam de extrema importância.

Devido à diferença na direcção da força aplicada pelo utilizador e também na própria geometria do módulo, foram realizadas simulações separadas para as pegas do módulo de arrumo regular e do módulo de arrumo da unidade de chão. Em ambos os casos, as dimensões para as pegas foram seleccionadas de acordo com os critérios de ergonomia propostos por *Pheasant* [6] e por *Drury* [85], traduzindo-se então nos seguintes valores:

- diâmetro recomendado entre 30 e 50 mm [6] ou entre 25 e 38 mm [85];
- o espaço para passagem da mão deverá ser um rectângulo com 115 mm de comprimento e 50 mm de largura [6] [85];

Na Figura 6.3 é possível observar as dimensões da pega do módulo de arrumo, sendo que se seguiram as recomendações dos autores referidos, excepto no que toca à largura do retângulo, visto que para a função pretendida, 30 mm é suficiente para o utilizador agarrar de forma correta a pega.

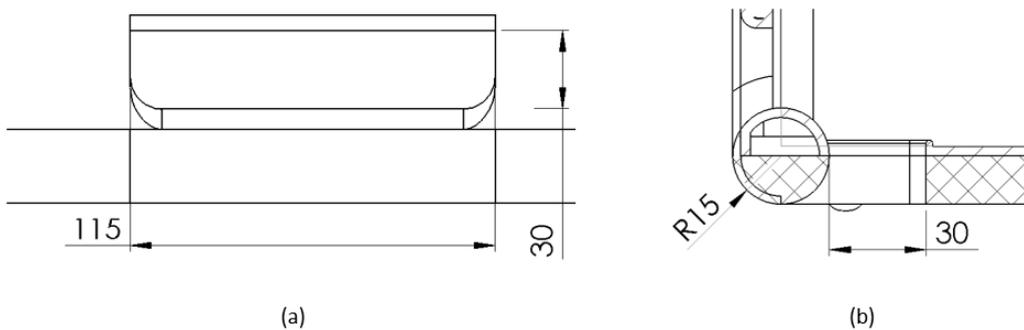


Figura 6.3: Dimensões da Pega do Módulo de Arrumo. (a) - Pormenor da Vista Frontal; (b) - Pormenor em Corte da Vista Lateral;

6.2.1 Módulo de Arrumo Regular

Devido à posição a que os módulos de arrumo regular se encontram, o movimento realizado pelo utilizador consiste em puxar a pega numa direção descendente, sempre com os ombros paralelos à parede diretamente à sua frente. Este movimento assemelha-se ao movimento descrito por *Biman Das* e *Yanqing Wang* como tendo um ângulo vertical de 45° com os ombros do utilizador, que se encontra de pé, colocados paralelamente à parede diretamente à sua frente [86]. De acordo com este estudo, a força máxima exercida neste movimento com um braço é de 142.04 N para os homens e de 90.76 N para as mulheres [86]. De forma a garantir uma margem de segurança, com o objetivo de evitar a fratura mesmo que a força exercida seja muito acima do normal e visto que a força máxima que poderá ser necessário aplicar é de 180 N, selecionou-se uma força de 200 N para ser aplicada na pega. Este valor é o recomendado pelo *Canadian Centre for Occupational Health and Safety* para a força a exercer com as duas mãos em movimentos em que o utilizador puxa para baixo um objeto à altura dos seus ombros [87].

Para além das cargas a serem aplicadas, existem vários critérios que é necessário definir para a correta simulação do módulo de arrumo. Em primeiro lugar é necessário definir o material do módulo de arrumo. Visto que se trata de um módulo de arrumo que estará sujeito a várias cargas, foi selecionado o polipropileno copolímero, material com uma resistência elevada e de utilização comum no que toca a aplicações domésticas. O material selecionado para a simulação possui as seguintes propriedades:

- Módulo de Elasticidade - 896 MPa;
- Coeficiente de *Poisson* - 0.4103;

- Densidade - 890 kg/m^3 ;
- Tensão de Cedência - 31.6 MPa [88];

As condições de fixação são também outro aspeto que é fundamental definir na fase preliminar de uma simulação. Neste caso, considerou-se que o módulo de arrumo se encontra encastrado no *snap-fits*, como representado no esquema da Figura 6.4.

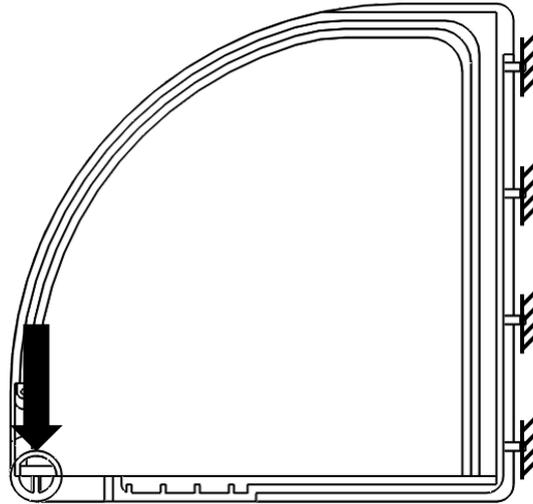


Figura 6.4: Diagrama de Cargas e Apoios no Módulo de Arrumo

Os resultados que é pertinente analisar são a tensão de *Von Mises* e o deslocamento na pega. Os resultados podem ser observados nas figuras 6.7 e 6.8.

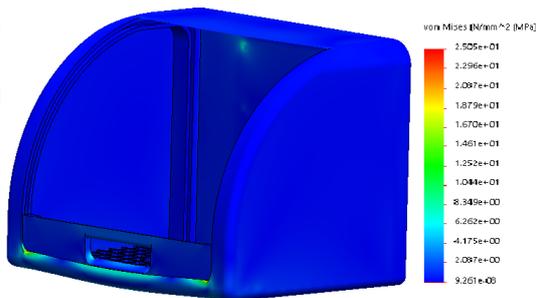


Figura 6.5: Tensão de *Von Mises* na Pega do Módulo de Arrumo

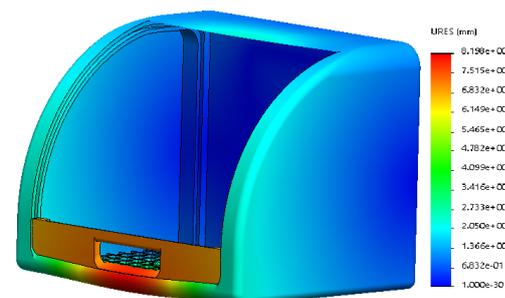


Figura 6.6: Deslocamento na Pega do Módulo de Arrumo

Os resultados obtidos revelam que o *design* da pega apresenta a integridade estrutural necessária para suportar as cargas às quais esta estará sujeita. A tensão de *Von Mises* máxima obtida é muito inferior à tensão de cedência do polipropileno copolímero, o que mostra que não ocorre deformação plástica. O deslocamento da pega assume o valor de aproximadamente 8.2 mm , o que não representa nenhum problema, visto que os valores utilizados para a carga só ocorreriam no caso de máximo desequilíbrio no sistema, ou seja, dois módulos com carga máxima de um lado e dois módulos vazios no outro. A

função e localização da pega são também fatores que levam a que deslocamentos desta dimensão sejam admissíveis. Os deslocamentos no resto do módulo são consideravelmente reduzidos, não colocando em causa a integridade estrutural do mesmo.

6.2.2 Módulo de Arrumo de Unidade Inferior

Como já foi referido, a direcção das forças aplicadas é diferente para um módulo regular e para um módulo de unidade inferior, o que implica que os módulos possuam também geometrias diferentes. Esta diferença nas forças e na geometria dos módulos, torna pertinente que se realize uma análise estrutural em separado.

A força utilizada foi a mesma que na simulação anterior, sendo esta elevada tendo em conta os valores propostos na literatura [89]. As alterações realizadas na zona de encaixe com o suporte, levaram a que fossem definidos encastramentos na faces do ranhura de encaixe.

Os resultados obtidos a partir da simulação comprovam que a pega utilizada é viável, pois não ocorre deformação plástica, visto que a tensão máxima obtida é de 5.515 MPa. Quanto ao deslocamento, este é negligível visto que o deslocamento máximo que a pega sofre é de 1.594 mm.

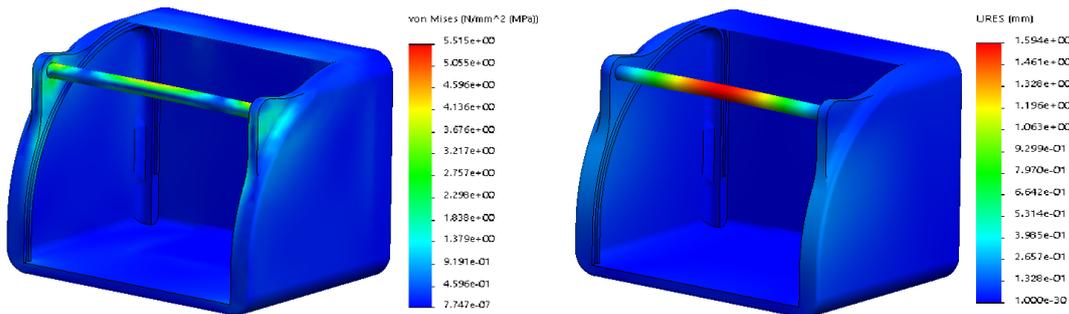


Figura 6.7: Tensão de *Von Mises* na Pega do Módulo de Arrumo da Unidade de Chão

Figura 6.8: Deslocamento na Pega do Módulo de Arrumo da Unidade de Chão

6.3 Suporte dos Módulos de Arrumo

No contexto deste projeto, os componentes que apresentam requisitos estruturais mais apertados são os suportes dos módulos de arrumo, visto que a sua função é suportar todas as cargas aplicadas nos módulos, garantindo a estabilidade dos mesmos. Os principais componentes que suportam os módulos de arrumo são o suporte e os braços de apoio, sendo o dimensionamento destes componentes, o objetivo desta secção. A estratégia utilizada para dimensionar os suportes de apoio baseou-se numa abordagem de tentativa e erro.

Apesar de as influências citadas no Capítulo 5 utilizarem dois braços para o suporte dos módulos, nesta secção será analisada a possibilidade de utilizar apenas um braço para o mesmo efeito, de modo a poupar material e obter geometrias mais simples. Visto que as geometrias do veio serão diferentes se for tida em conta a fixação dos braços de suporte, a comparação entre as duas estratégias não terá em conta este pormenor, sendo as simulações referentes a esse tipo de geometria realizadas posteriormente.

Independentemente da estratégia selecionada, a carga aplicada não muda, pois está dependente do módulo em si e não do suporte. Nesse sentido, foram calculadas as reações nas faces de fixação do módulo de forma a extrapolar esses mesmos valores para a simulação do suporte. A simulação a partir da qual foram obtidas as reações referidas foi realizada durante a terceira iteração do módulo de arrumo, podendo os valores dessas mesmas reações ser consultados no Anexo D.1.

6.3.1 Suporte Utilizando Dois Braços

Numa fase inicial, foram definidas as condições de fixação e os contactos entre os diferentes componentes. Ao todo existem três condições de fixação, duas do tipo dobradiça na fixação com os acessórios da corrente e uma do tipo deslizantes na superfície de contacto com a calha traseira. Existem dois contactos entre componentes, sendo ambos entre os braços e o veio.

As cargas calculadas através da simulação do módulo de arrumo foram definidas nas superfícies do suporte com as quais estão em contacto no modelo real. Para o valor da carga aplicada na superfície por baixo do módulo de arrumo foi definido o valor de 150 N, correspondendo a uma massa de 15 kg. Este valor é exagerado quando comparado com o peso real que estaria armazenado numa prateleira convencional, no entanto, o suporte é um componente que deve ser robusto, com obrigação de conseguir suportar cargas muito superiores ao previsto. Os apoios e cargas associados ao suporte do módulo de arrumo podem ser visualizados na Figura 6.9.

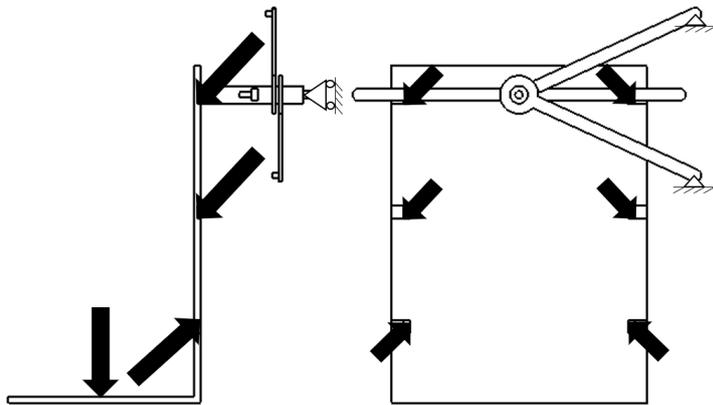


Figura 6.9: Cargas e Apoios no Suporte do Módulo de Arrumo com Dois Braços

Antes de apresentar os resultados da simulação, é importante realçar alguns factores, tal como o material selecionado e algumas dimensões relevantes na simulação. A configuração de todo o conjunto é igual àquela assumida pelos mesmos elementos quando estes se encontram na secção lateral do trajeto da corrente. O material selecionado foi o aço recozido 201 que possui uma tensão de cedência de 292 MPa, de acordo com a biblioteca de materiais do *SolidWorks*. As dimensões que é importante referir são as apresentadas na Figura 6.10.

Como é possível observar na Figura 6.11, as dimensões selecionadas para os diferentes componentes permitem que estes sejam utilizados sem ocorrência de qualquer deformação plástica. Como seria expectável, a zona onde ocorre a tensão mais elevada é na zona de

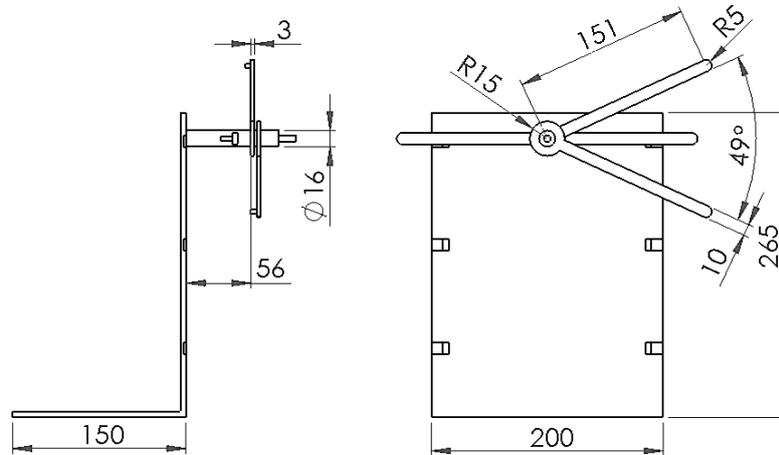


Figura 6.10: Dimensões Relevantes para a Simulação do Suporte com Dois Braços do Módulo de Arrumo

contacto entre o veio e os braços de apoio.

A Figura 6.12 permite observar que os elementos de suporte não sofrem deslocamentos consideráveis quando aplicadas as cargas definidas. O deslocamento na parte inferior da placa vertical do suporte é de aproximadamente 7 mm, o que é suficiente para garantir que não ocorre uma colisão entre o suporte e a estrutura.

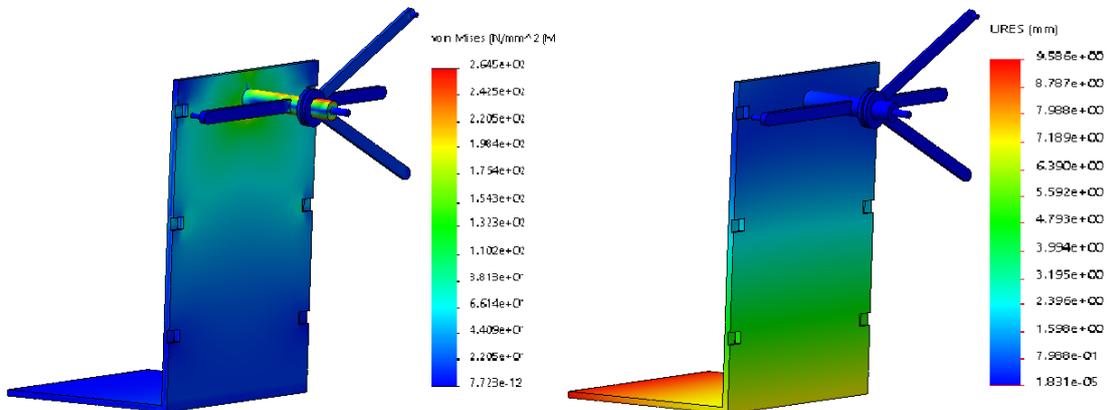


Figura 6.11: Tensão de *Von Mises* dos Elementos de Suporte com Dois Braços

Figura 6.12: Deslocamento nos Elementos de Suporte Com Dois Braços

6.3.2 Suporte Utilizando Um Braço

A simulação realizada utilizando apenas um braço de apoio para suportar os módulos seguiu o mesmo raciocínio já explicado para a simulação com dois braços de apoio. A única diferença é somente o número de braços que apoiam o suporte, no entanto, esta diferença leva a que existam outros factores que sofrem alterações. Em primeiro lugar, para utilizar apenas um braço de apoio é necessário que os acessórios da corrente tenham

dois furos em vez de apenas um. Esta diferença nos braços de apoio leva a que os apoios definidos antes da simulação sejam diferentes, passando assim a que os dois apoios do tipo dobradiça que estavam definidos nos dois braços, passem agora a estar definidos apenas num. Na Figura 6.13 encontram-se representadas, na forma de esquema, as cargas e apoios utilizados na simulação.

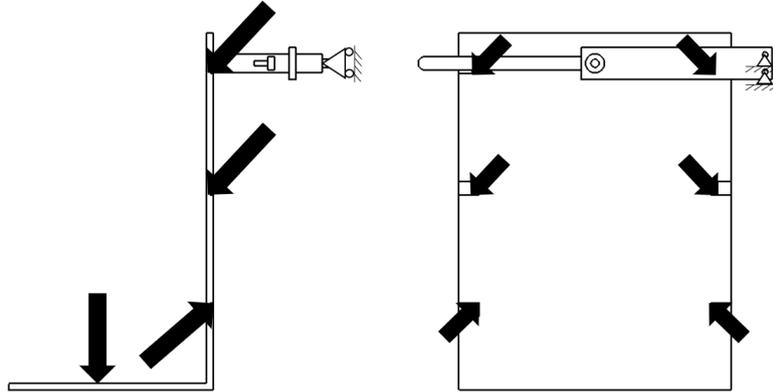


Figura 6.13: Cargas e Apoios no Suporte do Módulo de Arrumo com Um Braço

A espessura do braço também deverá ser maior, de forma a que o braço suporte melhor as cargas às quais está sujeito.

As dimensões do braço de apoio que sofreram alterações e que são consideradas relevantes são as que se encontram assinaladas na Figura 6.14.

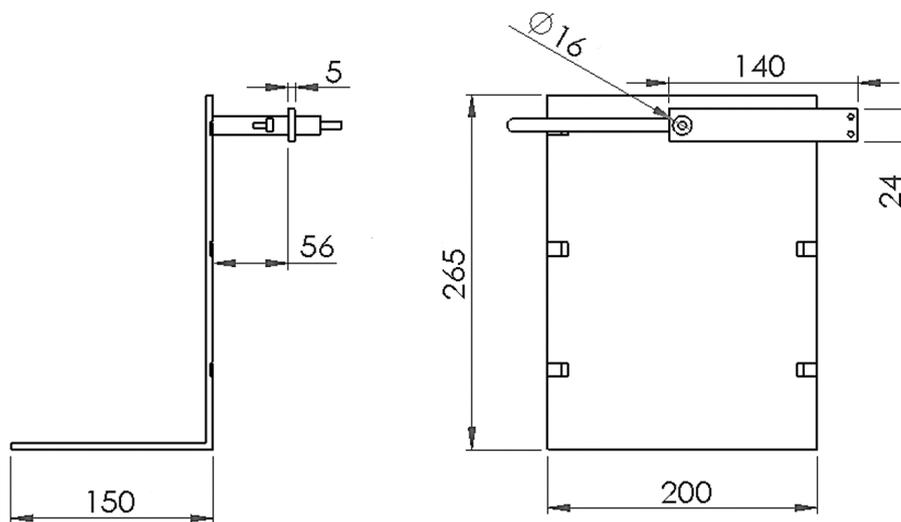


Figura 6.14: Dimensões Relevantes para a Simulação do Suporte com Um Braço

Definidos todos os estes parâmetros, foi possível realizar a simulação que gerou as Figura 6.15 e 6.16

Os resultados presentes na Figura 6.15 revelam que utilizando apenas um braço para apoiar o suporte é possível cumprir todos os requisitos necessário para o correto funcionamento do sistema. A tensão máxima obtida, que ocorre na mesma região que

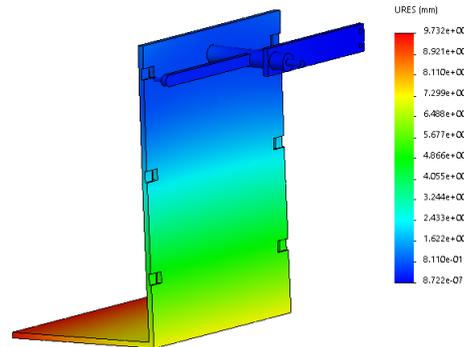
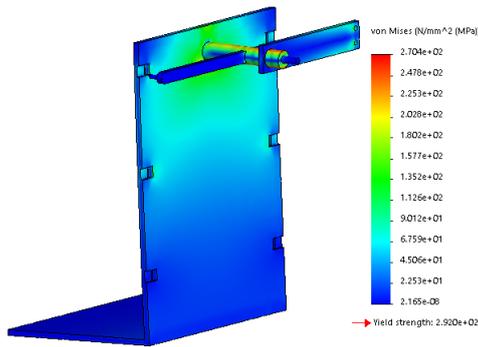


Figura 6.15: Tensão de *Von Mises* nos Elementos de Suporte com Um Braço

Figura 6.16: Deslocamento nos Elementos de Suporte com Um Braço

na opção de dois braços, é de 270.4 MPa, o que, apesar de ser ligeiramente superior ao resultado obtido para a solução de dois braços de apoio, não põe em causa a integridade estrutural do sistema, visto que a tensão de *von Mises* é inferior à tensão de cedência do material.

A nível de deslocamentos, os componentes comportam-se de maneira igual em ambos os casos, sendo que só ocorrem deslocamentos notáveis nas placas do suporte.

6.3.3 Seleção do Suporte do Módulo de Arrumo

Comparando as simulações realizadas para as duas opções, a decisão correta a tomar é escolher suportar o veio utilizando apenas um braço, pois permite poupar material e obter geometrias mais simples, sem comprometer a integridade estrutural do sistema. O único aspeto onde a solução de dois braços pode eventualmente ser vantajosa é nas cargas aplicadas nos acessórios da corrente, visto que nesse caso a carga se encontra distribuída por dois elos, no entanto, essa análise apenas será realizada aquando da seleção dos acessórios da corrente.

Como referido no início desta secção, a estratégia de fixação dos braços de apoio apenas seria definida quando o número de braços tivesse sido selecionado. Visto que o suporte estará apoiado apenas num braço, a estratégia de fixação será mais simples do que se tivesse mantida a abordagem original.

Para manter o braço de apoio na posição escolhida, o veio sofreu um aumento de 2 mm no seu diâmetro, sendo depois encaixado um casquilho polimérico, para reduzir o atrito, e um anel elástico diretamente a seguir ao mesmo. Devido às variações de diâmetro inerentes à estratégia descrita, é pertinente realizar uma nova simulação de modo a comprovar a viabilidade da solução.

A escolha do anel elástico baseou-se na norma DIN 471, sendo que o único fator a ter em conta é o diâmetro do veio, que neste caso é 16 mm [90]. A força axial máxima que o anel pode suportar é de 7.40 kN. O casquilho selecionado encontra-se de acordo com a norma ISO 2795 [91], e possui 22 mm de diâmetro externo, 16 mm de diâmetro interno e 12 mm de comprimento.

As Figuras 6.17 e 6.18 validam as decisões tomadas no que toca à fixação dos apoios do suporte dos módulos de arrumo. Apesar de a tensão de *Von Mises* ser maior do que na solução original, esta continua inferior à tensão de cedência, não ocorrendo deformação

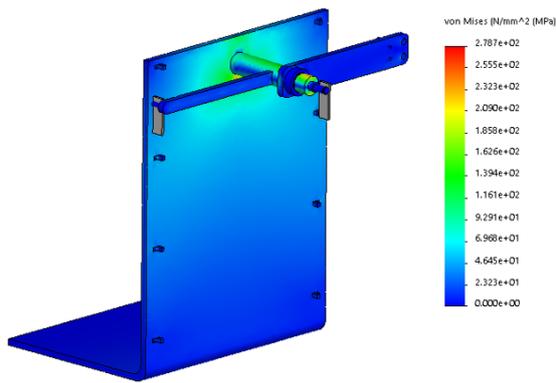


Figura 6.17: Tensão de *Von Mises* nos Elementos de Suporte da Solução Final

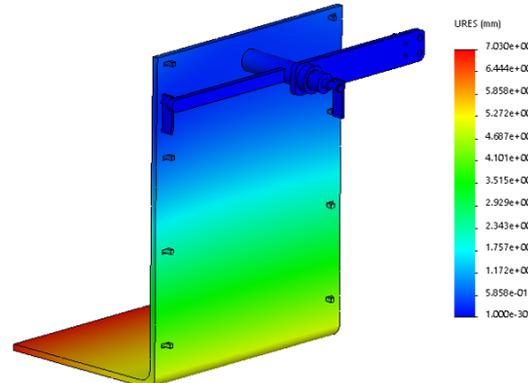


Figura 6.18: Deslocamento nos Elementos de Suporte da Solução Final

plástica. O valor mais alto da tensão de cedência ocorre na ligação entre o veio do suporte e o braço de apoio, assumindo o valor de 278.7 MPa. O deslocamento dos componentes sofreu uma ligeira redução quando comparado com a solução original. Nesta simulação final, foram definidos dois corpos rígidos para simular o contacto entre o suporte e as calhas. As cargas utilizadas foram obtidas a partir das reações obtidas nos apoios da simulação final da pega do módulo de arrumo representadas no Anexo D.2.

6.4 Corrente e Respetivos Acessórios

Como já foi referido em capítulos anteriores, a corrente será o elemento que irá estabelecer a ligação entre os diferentes módulos de arrumo, estando sujeita a cargas de intensidade considerável, tornando-se assim imperativo que a sua seleção seja realizada de forma correta. Os acessórios aos quais serão acoplados os módulos de arrumação, requerem também uma seleção atenta, visto que irão suportar a totalidade das cargas aplicadas nos módulos.

6.4.1 Corrente

Um factor muito importante na seleção da corrente é a aplicação que esta vai ter e o local onde irá funcionar. Como se trata de uma corrente a ser aplicada numa solução doméstica, é preferível que se utilize uma corrente polimérica, visto que as correntes deste tipo são mais silenciosas quando comparadas com as correntes convencionais. As correntes poliméricas possuem ainda outra grande vantagem, pois não necessitam de lubrificação, o que no âmbito desta aplicação é vantajoso por dois motivos. Em primeiro lugar porque retira complexidade na manutenção do equipamento, e em segundo lugar porque não é recomendável a existência de lubrificantes perto da zona onde são confeccionadas refeições.

Para a seleção da corrente polimérica foi necessário recorrer aos catálogos dos produtores de correntes existentes no mercado, nomeadamente a *Tsubaki* e a *Renold*.

De acordo com o catálogo de correntes poliméricas da *Tsubaki*, denominadas de *PC Chains* [92], o primeiro dado que é necessário ter em conta para a seleção de uma corrente é qual o tipo de aplicação que a mesma terá. Neste caso, a corrente será utilizada numa

aplicação de transporte, visto que a sua função é assegurar o movimento dos diferentes módulos de arrumo. O primeiro passo é realizar uma selecção preliminar da corrente, com base na massa de cada objeto a transportar e na força que este exercerá na corrente. O cálculo preliminar é realizado a partir da equação 6.4 :

$$F = w \times f_1 \times K_v \times \frac{g}{1000} \quad (6.4)$$

Onde:

- F é a força exercida na corrente em kN;
- w é a massa de um módulo de arrumação em kg;
- f_1 é coeficiente de atrito ;
- K_v é o fator de velocidade;
- g é a constante gravitacional, sendo o seu valor $9,8 \text{ m/s}^2$;

O coeficiente de atrito e o fator de velocidade são obtidos a partir de tabelas existentes no catálogo *Tsubaki* [92]. Visto que o movimento é gerado pelo utilizador, é difícil prever a velocidade do sistema, optando-se por seleccionar o valor de 1.6 para o fator de velocidade, que corresponde a velocidades compreendidas entre 50 e 70 m/s. O valor do coeficiente de atrito encontra-se tabelado no catálogo consultado, sendo igual para todas as correntes da série *PC Chain*, sendo lhe atribuído o valor de 0.25. O valor da massa no interior do módulo é baseado no peso de dez pratos, considerando que cada prato pesa 0.8 kg somando ainda o peso do módulo, ou seja, 4 kg, obtendo uma massa total de 12 kg. Nesse sentido, e de forma a garantir uma margem de segurança para a corrente, foi seleccionado o valor de 15 kg para a massa de cada módulo. O valor preliminar obtido é então de 0.059 kN, revelando que, de acordo com o catálogo, a corrente RF60-PC seria suficiente para garantir o movimento dos módulos de arrumo.

O passo seguinte passa por calcular a tensão máxima real que a corrente sofre durante o movimento. Em primeiro lugar é necessário seleccionar a fórmula para o cálculo da tensão, sendo que esta selecção é realizada com base na direcção do movimento da corrente. Visto que a corrente trabalha numa trajetória vertical, a fórmula para o cálculo da tensão da corrente polimérica é dada pela equação 6.5:

$$F = (w + m \times C) \frac{g}{1000} \quad (6.5)$$

A grande maioria dos símbolos utilizados na equação 6.5 são os mesmos utilizados na equação 6.4, com a exceção de:

- m que corresponde ao peso da corrente, sendo o seu valor 0,82 kg/m;
- C que corresponde à distância entre as rodas, sendo o seu valor de 0,6 m ;
- w que neste caso corresponde à massa total de todos os objetos a serem transportados pela corrente, sendo por isso atribuído o valor total de 90 kg ;

A força máxima aplicada na corrente é então 0.89 N. Este valor é multiplicado pelo fator de velocidade de forma a obter o valor real da tensão máxima da corrente. Visto que o valor do fator de velocidade é 1.6, o valor da força máxima na corrente é de 1.42 kN, o que é superior à força máxima admissível de qualquer corrente polimérica.

Na impossibilidade de selecionar uma corrente polimérica capaz de suportar as cargas de serviço, optou-se por selecionar uma corrente livre de lubrificação. A série *Lambda* da *Tsubaki* não necessita de lubrificação, visto que o lubrificante é aplicado na mesma durante o processo de produção [93]. Este tipo de corrente é selecionado de acordo com a metodologia utilizada para as correntes poliméricas, sendo que os únicos parâmetros que sofrem alterações são o coeficiente de atrito, que assume o valor de 0.14 e a massa das correntes em questão.

Através da equação 6.4 obtém-se que a força aplicada na corrente é de 0.2 kN. A partir deste valor, realizou-se novamente uma seleção preliminar, sendo neste caso selecionada a corrente RS40-LMD-1, que possui uma massa de 0.7 kg/m [93]. Substituindo os parâmetros na equação 6.5, determinou-se que a força aplicada na corrente é de 0.89 kN. O valor calculado é multiplicado pelo fator de velocidade, obtendo-se a força total aplicada de 1.42 kN, validando assim a seleção preliminar, visto que a corrente RS40-LMD-1 possui uma força máxima permitida de 3.63 kN. A corrente selecionada possui um passo de 12.7 mm [93].

A fixação do módulo à corrente requer que esta se encontre munida de acessórios que impeçam a rotação do braço de apoio, sendo por isso selecionado o acessório WSA-2 [93]. Apesar de os resultados obtidos a partir da equação 6.5 comprovarem a viabilidade da corrente selecionada, é pertinente realizar uma análise estrutural dos elos da corrente, de forma a comprovar a sua integridade estrutural. As cargas aplicadas no acessório WSA-2 foram obtidas a partir da reação dos apoios utilizados na análise do suporte do módulo de arrumo, como se pode observar no Anexo D.3.

Na simulação do acessório, foram definidos como apoios os pinos do elo da corrente, sendo as cargas aplicadas nos pontos onde é realizada a ligação com o braço de apoio. O material utilizado na simulação foi o aço 304 SS, que possui uma tensão de cedência de 208 MPa e que é geralmente utilizado em correntes deste tipo [94]. Os resultados da simulação, representados nas Figuras 6.19 e 6.20, comprovam que o acessório da corrente consegue suportar as cargas aplicadas na mesma, visto que não ocorre deformação plástica, pois não é ultrapassada a tensão de cedência, e que o deslocamento que ocorre é completamente desprezável.

Para além do acessório, também foi realizada a análise para o elo simples da corrente, sendo que neste caso foi analisada apenas metade do mesmo, de forma a definir um apoio de encastramento na secção a meio do elo. A carga aplicada é a reação de maior dimensão obtida nos dois apoios do elo com acessório. Os resultados obtidos a partir da simulação encontram-se representados nas Figuras 6.21 e 6.22, comprovando novamente que a corrente é adequada para a função pretendida.

Estando comprovada a integridade estrutural da corrente, foi necessário calcular o número de elos da mesma. Este cálculo é realizado através da equação 6.6 [78], sendo que Z e Z' correspondem ao número de dentes das engrenagens, que neste caso é 48 nas duas engrenagens pois a razão de transmissão é 1. C corresponde à distância entre as engrenagens em número de elos, que se obtém dividindo a distância entre as rodas, que neste caso é 600 mm, pelo comprimento de um elo, que, como já foi referido, assume o valor de 12.7 mm. C assume então o valor de 48 elos. Substituindo os valores

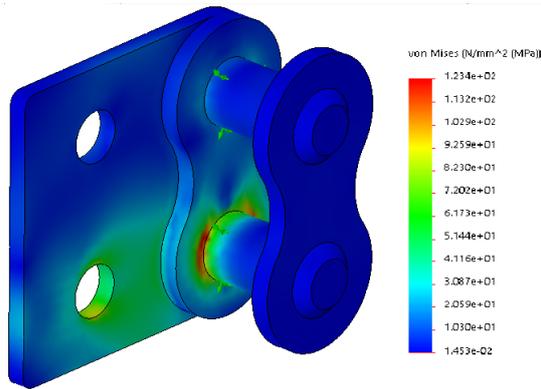


Figura 6.19: Tensão de *Von Mises* no Acessório da Corrente

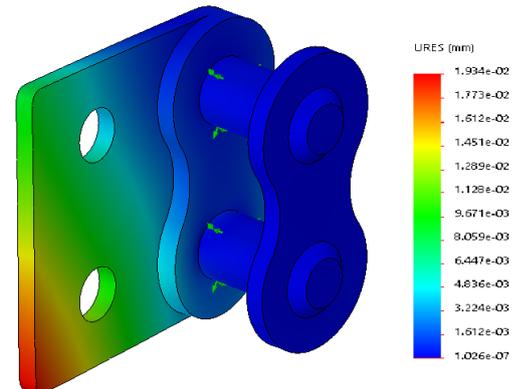


Figura 6.20: Deslocamento no Acessório da Corrente

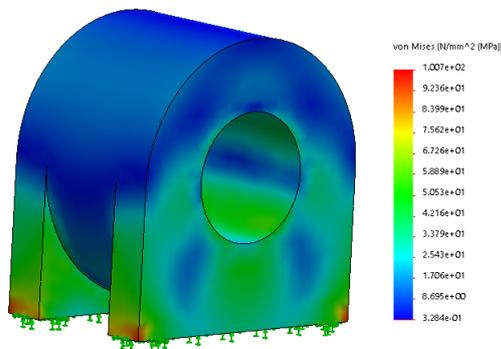


Figura 6.21: Tensão de *Von Mises* num Elo Normal da Corrente

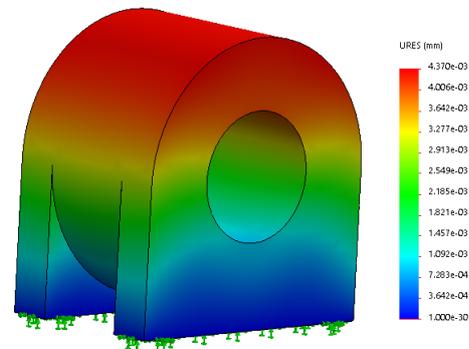


Figura 6.22: Deslocamento num Elo Normal da Corrente

apresentados na equação 6.6 obtém-se um total de 144 elos.

$$L = \frac{Z + Z'}{2} + 2C + \frac{\left(\frac{Z - Z'}{6.28}\right)^2}{C} \quad (6.6)$$

6.4.2 Engrenagens

A selecção das engrenagens encontra-se dependente das dimensões da corrente e do trajeto na qual irá funcionar. É importante relembrar a configuração do sistema, visto que este possui duas rodas dentadas de igual dimensão, que se encontram alinhadas verticalmente, com os seus centros a uma distância de 600 mm. O raio de curvatura ideal para o sistema seria de 200 mm, por isso seleccionou-se o diâmetro externo normalizado diretamente acima do mesmo, ou seja, 201 mm, o que corresponde a um diâmetro de passo de 194.18 mm e um total de 48 dentes [78]. Visto que a corrente seleccionada possui apenas uma carreira, foi seleccionada uma roda do tipo 1b, que se encontra representada na Figura 6.23.

A fixação das rodas é realizada por ação de casquilhos com aba e de anéis elásticos. A selecção de casquilhos em vez de rolamentos prende-se com o facto de o sistema não funcionar de forma contínua e regular, o que reduz a exigência dos elementos rolantes.

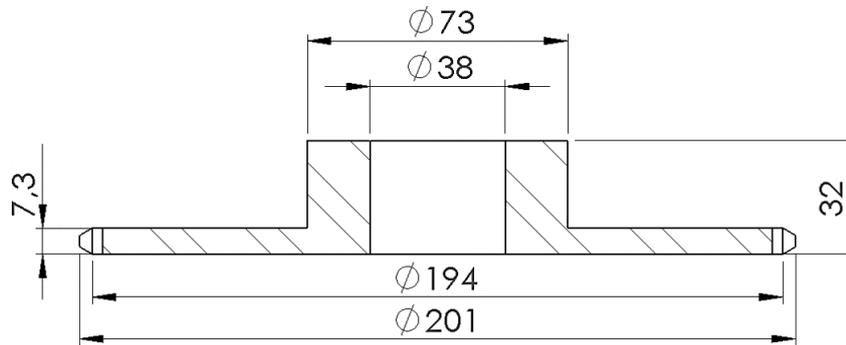


Figura 6.23: Dimensões da Engrenagem

Os casquilhos foram selecionados de acordo com a norma ISO 2795 [90,91]. Na Figura 6.24 é possível visualizar a acoplagem da engrenagem inferior à estrutura.

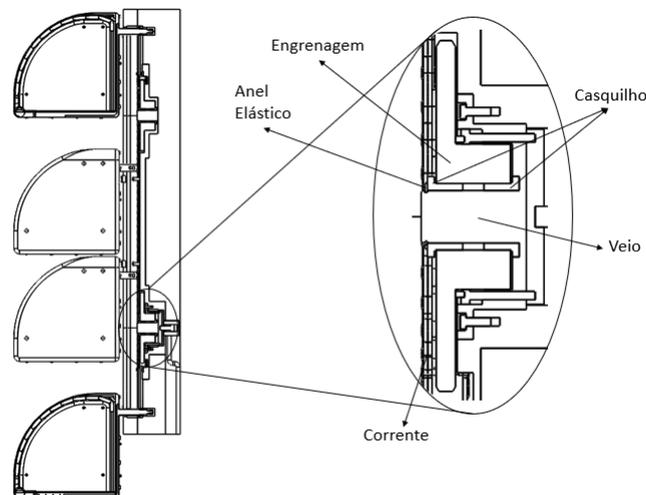


Figura 6.24: Pormenor da Fixação da Engrenagem à Estrutura

6.5 Travão

O dimensionamento do travão foi realizado de forma análoga aos travões de disco dos automóveis, utilizando uma superfície de forma circular que encosta à roda inferior da corrente, fazendo com que esta pare por ação do atrito entre as duas superfícies. Para parar o movimento da roda, é necessário que seja aplicado um momento de maior dimensão e de sentido oposto ao momento da roda, chamado de momento de travagem [95].

O momento de travagem, T_b , é calculado a partir da pressão máxima aplicada no disco, P_{max} , da área de contacto entre as superfícies, A , e do coeficiente de atrito entre as superfícies, μ , como é possível constatar a partir da Equação 6.7 [95].

$$T_b = P_{max} \times A \times \mu \times R \quad (6.7)$$

A área do disco foi originalmente arbitrada de forma a não ocupar muito espaço junto da roda. O momento da roda pode ser calculado a partir da massa de dois módulos de arrumo cheios, de apenas um dos lados da estrutura. A soma dos dois pesos, permite obter um peso total de 180 N, o que resulta num momento de 18 N.m. O disco do travão possui uma área de 973 mm^2 . A pressão máxima pode ser obtida a partir da força aplicada e da área de contacto. Alterando na equação 6.7, substituindo a pressão pela força a dividir pela área obtém-se que o momento de travagem não se encontra dependente da área de contacto. Sabendo que o raio da roda é de 100 mm e que o coeficiente de atrito entre a borracha e metal é 0.64, é possível calcular a força necessária para a travar a partir da equação 6.7 e dos valores definidos, obtendo-se uma força de 281.25 N. Esta força aplicada na roda pode ser garantida instalando um conjunto de molas que mantêm o módulo na posição de travagem. Os pistões utilizados para controlar o sistema são baseados nos cilindros compactos da produtora *Miller Fluid Power* [96].

A partir da Lei de Hooke, e supondo uma compressão de 10 mm, conclui-se que uma mola com uma constante de mola de 30 N/mm consegue exercer a força necessária. Quatro molas, com constante de 7.5 N/mm em paralelo e em posições equidistantes permitem uma força igual à referida.

Para destravar o sistema, uma força superior a 281.25 N teria que ser aplicada no sentido contrário por parte do utilizador, de modo a que a superfície de contacto desengoste da roda. Na Figura 6.25 encontra-se representado o sistema de travagem junto à engrenagem.

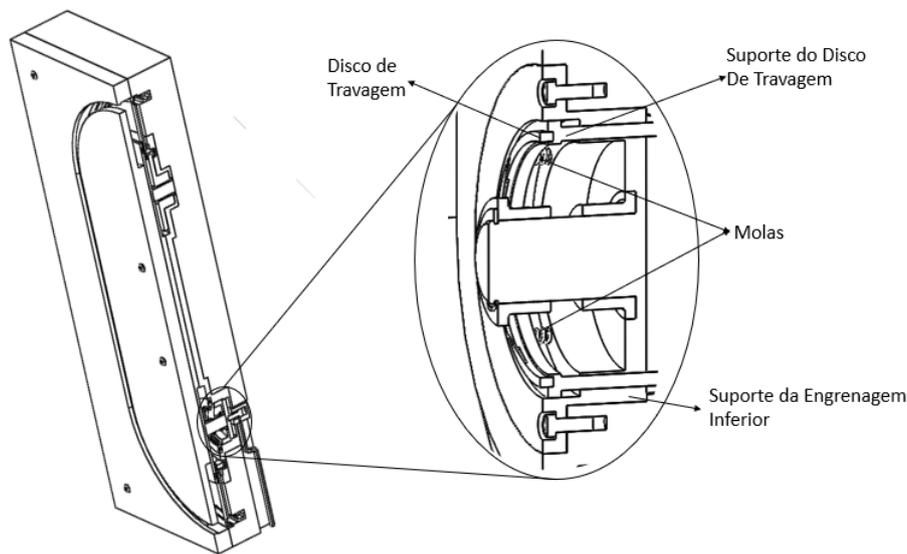


Figura 6.25: Pormenor do Sistema de Travagem

6.6 Ligações Aparafusadas

O dimensionamento das ligações aparafusadas entre a placa metálica interior e o resto da estrutura foi realizado considerando a placa metálica como um rectângulo de 10 mm de espessura, com uma viga de secção cilíndrica no seu centróide. Na referida viga, de 30 mm de diâmetro e 56 mm de comprimento, foi aplicada uma carga de 1200 N, o que

resulta num momento na base, M , de 67200 N.mm. Esta carga é a soma aproximada do peso dos módulos cheios, a força do utilizador e da massa da corrente e restantes componentes mecânicos. A fórmula para o cálculo carga máxima aplicada no parafuso crítico na flexão, é dada pela equação 6.8 [97]:

$$P = \frac{M \times y_{max}}{\sum_{j=1}^m n_{bj} \times y_j} \quad (6.8)$$

Onde:

- m é o numero de linhas de parafusos
- n é o numero de parafusos na linha j
- y é a distância ao centro em mm
- y_{max} é a distância do parafuso crítico ao centro em mm

Numa fase inicial, foi selecionado um parafuso M10, o que implica que a distância mínima entre parafusos seja 30 mm e que a distância mínima dos parafusos à borda da placa seja 15 mm. Foram então selecionadas 6 linhas de parafusos que distam 130 mm entre si, sendo que a linha mais próxima do centróide encontra-se a 65 mm do mesmo. Cada linha de parafusos consiste em duas colunas de parafusos que distam 15 mm da borda. Substituindo na equação 6.8 obtém-se uma carga máxima de 25.9 N no parafuso crítico. A partir da equação 6.9 [97] é possível obter qual tensão a que o parafuso está sujeito.

$$C_b \times \gamma_s \times P_{max} \leq (1 - \eta_i) \times A_s \times \sigma_0 \quad (6.9)$$

Onde:

- C_b é o rácio entre fatores geométricos e assume o valor de 0.25
- γ_s é o fator de segurança, que o assume o valor de 1.25
- η_i é a fração de pré-carga, que assume o valor de 0.9
- A_s é a área resistente, que assume o valor de
- σ_0 é a tensão aplicada no parafuso em MPa

Substituindo os valores na equação 6.9 obtém-se que a tensão aplicada no parafuso crítico é de 2.74 MPa, o que leva a concluir que qualquer classe de parafuso seria capaz de suportar as cargas de serviço.

Abordando a equação 6.9 de forma diferente, e assumindo que o parafuso é de classe 8.8, que é a classe mais baixa e que corresponde uma tensão de cedência de 640 MPa, é possível calcular a área resistente que suportaria a carga aplicada. A partir da equação referida obtém-se uma área resistente de 0,24 mm^2 , o que faz com que um parafuso pequeno, como o M4, seja capaz de suportar as cargas em questão.

6.7 Avaliação de Risco para o Utilizador

No desenvolvimento de qualquer produto, a preocupação que deve estar no centro de todo o projecto é a segurança do utilizador. Um dos possíveis perigos que o produto desenvolvido pode representar para o utilizador é o risco de este ser atingido pelos módulos em movimento. Apesar de o produto estar desenhado de tal forma que o utilizador não é atingido na cabeça pelos módulos, é pertinente calcular qual a velocidade máxima a que estes se podem deslocar. A velocidade máxima dos módulos depende da carga dos mesmos, assim como da força aplicada pelo utilizador, no entanto, devido à configuração do sistema, é possível realizar uma estimativa da velocidade através de uma simplificação tipo máquina de *Atwood*.

Uma máquina de *Atwood* consiste num sistema em que dois corpos suspensos se encontram unidos por uma corda, existindo uma roda entre si que permite que os dois se movam em simultâneo. O sistema desenvolvido é bastante semelhante a uma máquina de *Atwood*, bastando apenas que se elimine a roda inferior para se tornar num sistema igual ao pretendido. Para simplificar o sistema de acordo com o modelo de *Atwood* é necessário também ignorar dois dos cestos de forma a que apenas se tenha em conta os cestos que se encontram no trajecto lateral do sistema. Os dois cestos que existem em cada lado são também considerados como sendo um único corpo de cada um dos lados, que se encontram a meio do trajeto a alturas iguais. Visto que se pretende estimar a velocidade máxima, o desequilíbrio entre os módulos deve ser máximo, ou seja, a diferença na massa de cada um dos módulos é máxima. Esta diferença obtém-se considerando que de um lado os módulos estariam cheios e que do outro os módulos estariam vazios.

Na Figura 6.26 encontra-se representado o sistema segundo o modelo de *Atwood*, sendo que os diferentes corpos do sistema já se encontram numerados. A altura da roda, d , corresponde ao trajeto vertical da corrente, correspondendo a 600 mm, e h_i corresponde à altura inicial dos corpos, que, como se encontram a meio do trajeto, é metade da altura da roda, sendo por isso 300 mm. A massa mais pesada, M_1 , seria de 26 kg, assumindo que cada módulo possui 9 kg de carga no seu interior, e que o próprio módulo possui uma massa de 4 kg, sendo que a massa mais leve, M_2 , possui um valor de 8 kg. A massa das engrenagens, simplificadas neste caso para uma polia, M_3 , seria de cerca de 7 kg. O raio da polia, R , é de 0,1 m.

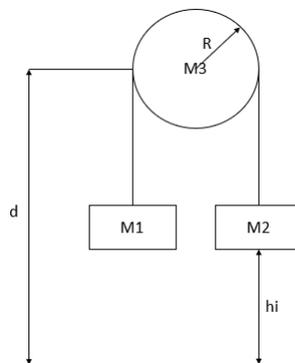


Figura 6.26: Simplificação do Sistema Utilizando a Máquina de *Atwood*

O cálculo da velocidade pode ser realizado através da lei da conservação da energia em que a energia final é igual energia inicial. A lei da conservação da energia traduz-se na equação 6.10.

$$E_{pi} + E_{ci} + W_{nc} = E_{pf} + E_{cf} \quad (6.10)$$

As variáveis da equação 6.10 são a energia cinética, E_c , a energia potencial, E_p , e o trabalho das forças não conservativas, W_{nc} . As expressões para o cálculo das variáveis referidas são:

$$E_p = mgh \quad (6.11)$$

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (6.12)$$

Ou no caso de se tratar de um movimento de rotação:

$$E_c = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad (6.13)$$

A inércia, I , e a velocidade angular, ω , obtêm-se através das equações 6.14 e 6.15, respetivamente.

$$I = \frac{1}{2}mR^2 \quad (6.14)$$

$$\omega = \frac{v}{R} \quad (6.15)$$

O trabalho das forças não-conservativas corresponde à força multiplicada pela distância, sendo que a força poderá ser o atrito ou a força do utilizador. A força do utilizador foi considerada como nula, visto que o desequilíbrio faz com que os módulos se movimentem sem intervenção do utilizador. O coeficiente de atrito necessário para calcular a força de atrito foi arbitrado como sendo 0.7, de forma a acautelar o contacto entre todos os componentes do sistema.

Manobrando as equações apresentadas e sabendo que a velocidade é igual em todo o sistema e que a velocidade inicial é 0, assim como a altura final do objeto 1, obtêm-se a equação 6.16. A energia potencial do objeto 3 não varia podendo então eliminar-se ambas as parcelas.

$$v = \sqrt{\frac{2(m_1gh_{1i} + m_2g(h_{2i} - h_{2f}) + W_{nc})}{m_1 + m_2 + \frac{m_3}{2}}} \quad (6.16)$$

Substituindo os valores na equação 6.16 obtêm-se que a velocidade máxima do sistema é de cerca de 1,1 m/s, o que é uma estimativa aceitável e que não representa perigo para o utilizador, visto que a diferença entre cargas poderá nunca ser tão elevada e que o atrito entre os diferentes componentes seria superior ao estimado, fazendo com que a velocidade real do sistema seja inferior ao previsto.

A partir da simplificação de *Atwood* é possível estimar qual seria a potência de um motor eléctrico que faria mover o sistema à mesma velocidade que o utilizador no sistema manual. O cálculo da potência é realizado a partir do momento e das rotações por minuto do sistema. O momento pode ser calculado supondo uma força igual ao esforço máximo

do utilizador, ou seja 200 N, aplicada tangencialmente à roda, o que leva a um momento de 20 N.m. As rotações por minuto são obtidas a partir da velocidade do sistema, obtendo-se 134 RPM. A potência do motor teórico pode então ser calculada a partir da equação 6.17.

$$P = \frac{T \times n}{5.252} \quad (6.17)$$

O motor teórico que substituiria o utilizador na movimentação do sistema teria uma potência de 485.3 W e um torque de 20 N.m.

Capítulo 7

Proposta Final



Figura 7.1: Armazém Rotativo Vertical

Intentionally blank page.

Capítulo 8

Conclusão e Propostas para Trabalhos Futuros

8.1 Conclusão

No início deste projeto foi traçado como objetivo principal o desenvolvimento de uma solução doméstica ergonómica no contexto da cozinha. Para atingir esse objetivo, foram definidas diferentes metas intermédias, dependentes das várias etapas do desenvolvimento do produto, tal como a seleção do público alvo, a definição de requisitos e especificações e o desenvolvimento conceptual e do produto. Visto que o objetivo final foi cumprido, é possível inferir que as diferentes metas intermédias foram também atingidas.

A partir da análise do estado da arte foi possível definir os parâmetros necessários para que a solução encontrada cumprisse os requisitos ergonómicos fundamentais. Esta análise foi também importante pois permitiu contextualizar este projeto no paradigma atual das soluções ergonómicas domésticas, para além de auxiliar na definição dos requisitos do produto a desenvolver.

No decorrer do projeto foram utilizadas várias ferramentas fundamentais no desenvolvimento de um produto, tal como QFD's, diagrama de Kano, *Brainstorming*, FMEA entre outras. A utilização do diagrama de Kano e das matrizes QFD permitiu focar o objetivo pretendido, ao auxiliar na seleção do público alvo e na priorização dos diferentes requisitos e especificações do produto. Os resultados obtidos nesta fase, levaram a que o produto a desenvolver seja direccionado a um perfil de utilizador frequente, com particular ênfase no espaço de utilização e na acessibilidade às unidades de arrumo.

O *brainstorming* e a análise funcional foram fundamentais na conceção, análise e posterior escolha dos diferentes conceitos. Dos oito conceitos obtidos, o escolhido foi o de um Armazém Rotativo em Carrossel, consistindo em vários módulos acoplados a um elemento comum móvel, de modo a facilitar o acesso a alturas mais elevadas. Convém referir que uma análise funcional mais aprofundada na fase conceptual, assim como a aplicação de uma análise do modo de falha do conceito numa fase mais prematura, poderiam ter facilitado a fase de desenvolvimento e modelação do conceito que se seguiu. A natureza iterativa da modelação levou a que fosse dado demasiado enfoque a algumas soluções funcionais pouco viáveis que foram eventualmente abandonadas no modelo final. As simulações e cálculos realizados ao longo do desenvolvimento do produto validaram as diferentes soluções estruturais e mecânicas atribuídas a todo o sistema.

O modelo final cumpre na integra o objetivo definido inicialmente, pois trata-se de

uma solução ergonómica original que cumpre os requisitos definidos a partir do estado de arte e das matrizes QFD. O modelo final permite o acesso ao espaço de arrumo à altura ótima de arrumo, conservando também o espaço necessário para o armazenamento da grande maioria dos utensílios de cozinha. O modelo tem ainda a vantagem acrescida de permitir a utilização do espaço até ao tecto da cozinha sem ser necessário que o utilizador recorra a apoios para aceder à unidade de arrumo mais elevada. A modularidade do sistema, e a facilidade com que este pode ser personalizado são também vantagens exclusivas deste modelo e que o distinguem de grande parte das soluções domésticas já existentes.

Apesar das vantagens referidas, existem algumas desvantagens relativamente ao modelo desenvolvido, visto que o sistema necessita de ocupar mais espaço que uma solução estática para garantir o mesmo espaço de arrumo. Para além disso, e apesar de o modelo estar dimensionado tendo em conta a força que o utilizador pode exercer, é possível que em casos extremos, o utilizador sinta alguma dificuldade a mover o mecanismo. Este fator leva a que seja necessária uma certa estratégia por parte do utilizador de forma a que os módulos em lados opostos do sistema se equilibrem.

Esta dissertação permitiu uma melhor compreensão sobre o desenvolvimento de um produto, desde a análise do problema a resolver até ao dimensionamento dos componentes a utilizar. O facto de se tratar de um produto para a cozinha, uma área de elevados requisitos ergonómicos, levou a um enorme ênfase no que toca à ergonomia e antropometria, aprofundando assim os conhecimentos relativos a essas áreas e aos desafios a elas associados. A componente de modelação inerente ao projeto permitiu que os conhecimentos já existentes nessa área fossem também desenvolvidos.

Em suma, o resultado final é satisfatório visto que não só cumpre o objetivo principal, como é também uma solução ergonómica original, constituindo ainda um conceito com potencial para ser desenvolvido em vários tipos de solução automatizada.

8.2 Propostas para Trabalhos Futuros

Como foi referido ao longo desta dissertação, o modelo final apresenta algum potencial para a implementação de uma solução automatizada, sendo por isso formulada uma proposta para o desenvolvimento de um armazém de cozinha automatizado com uma interface digital.

No que toca a eventuais correções ou melhoramentos no modelo final em específico, o aperfeiçoamento do sistema no sentido de facilitar a sua utilização, independentemente da carga do mesmo, é sem dúvida um projeto pertinente e que aumentaria a viabilidade do mesmo. O desenvolvimento dos vários componentes do ponto de vista de fabrico, assim como uma análise mais aprofundada dos materiais a utilizar são também aspetos deste projeto que apresentam bastante potencial para melhoramento.

Por último, propõe-se a realização de um protótipo físico do modelo final, de forma a testar as diferentes estratégias tecnológicas implementadas ao longo deste projeto. O protótipo físico seria também uma mais valia no que toca à comunicação do produto.

Bibliografia

- [1] Nowakowski, Przemyslaw & Charytonowicz, Jerzy (2016) *The role of architecture and ergonomics on shaping the domestic kitchen*, 18th International Conference, HCI International, July 2016,9737, 465-471.
- [2] Charytonowicz, Jerzy & Latala, Dzoana (2011) *Evolution of domestic kitchen, Universal Access in HCI, Part III, HCII 2011*, . LNCS 6767, 153–162
- [3] International Ergonomics Association (2019) — Definition and Domains of Ergonomics ,
Retirado de <https://www.iea.cc/whats/index.html>
- [4] Online Etymology Dictionary (2019) — Anthropometry (n.)
Retirado de https://www.etymonline.com/word/anthropometry#etymonline_v_44376
- [5] Table 12. Average hours per day spent in primary activities for the civilian population, 2018 quarterly and annual averages. United States Department of Labour - Bureau of Labour Statistics (June 19, 2019)
Retirado de <https://www.bls.gov/news.release/atus.t12.htm>.
- [6] Pheasant, Stephan (1996) *Bodyspace, Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Second Edition, Vol. 24, Taylor and Francis*
- [7] Adams, Chris (2018) *A Room-by-Room Guide for Ergonomic Lighting Levels* .
Retirado de <https://www.thoughtco.com/lighting-levels-by-room-1206643>
- [8] Bonenberg, Agata (2015) *Designing a functional layout of a kitchen for persons with disabilities – concept of optimal access points*, 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics and the Affiliated Conferences, AHFE 2015
- [9] Ward, Joan S, Kirk, N. S. (1970) *The Relation between Some Anthropometric Dimensions and Preferred Working Surface Heights in the Kitchen*, *Ergonomics*, 13:6, 783-797
- [10] MAGUIRE, M. et al., (2014) *Kitchen living in later life: Exploring ergonomic problems, coping strategies and design solutions*. *International Journal of Design*, 8(1), pp. 73-91
- [11] BS EN 1116:2018 - *Furniture. Kitchen furniture. Coordinating sizes for kitchen furniture and kitchen appliances*

- [12] ISO 3055:1985 - *Kitchen equipment — Coordinating sizes*
- [13] Haigh, R., (1993). *The ageing process: a challenge for design*. Appl. Ergon. 24, 9-14.
- [14] Kirvesoja, H. et al., (2000) *Three evaluations of task-surface heights in elderly people's homes*, *Applied Ergonomics* 31, 109-119 Three
- [15] Kishtwaria, Jatinder, Mathur, Puja, Rana, Aruna, (2017) *Ergonomic Evaluation of Kitchen Work with Reference to Space Designing*, *Journal of Human Ecology*
- [16] Nowakowski, Przemyslaw, (2018) *Kitchen Chores Ergonomics : Research and Its Application Kitchen chores ergonomics – research and its application*, *Advances in Intelligent Systems and Computing*
- [17] Panero, Julius, Zelnik, Martin (1979) *Dimensionamento Humano para Espaços Interiores Um Livro de Consulta e Referência para Projectos*, 7^a Edição, Editorial Gustavo Gili
- [18] Health and Safety Executive, (2012) *Manual Handling at Work: A Brief Guide*
- [19] Hrovatin, Jasna, Prekrat, Silvana, Oblak, Leon, Ravnik, David (2015) *Ergonomic suitability of kitchen furniture regarding height accessibility*, *Col. Antropol.* 39 (2015) 1: 185–191
- [20] Graham, Laurel D. (1999) *Domesticating Efficiency: Lillian Gilbreth's Scientific Management of Homemakers, 1924-1930*, : *Journal of Women in Culture and Society* 1999, vol. 24, no. 3
- [21] Morris, Ann M. (2008) *The New Kitchen Triangle: How to accommodate more appliances, more cooks, and more activities*, *The Taunton Press, Inc.*
- [22] Baden-Powell, Charlotte (2001) *Architect's Pocket Book, Second Edition*, *Architectural Press*
- [23] Renowed Renovation (2018) — *The Six Types of Kitchen Layouts*
Retirado de: <https://renownedrenovation.com/6-kitchen-layouts-renowned-renovation/>
- [24] Ethel L. Gipson 1970 *Adjustable Sink with Cabinets* US 3502384 A
- [25] Jeffrey C. Keene et Al. 1999 *Ergonomic Adjustable Work Surface System* US 5909933 A
- [26] George G. Brin Jr. et Al. 2001 *Kitchen Countertop Assembly with Multiple, Vertically Adjustable Integrated Workspaces* US 6213575 B1
- [27] Nache D. Shekarri 2005 *Adjustable kitchen island control* US 6877506 B2
- [28] Granberg. 2019 *MANULIFT 6380 - Adjustable Worktop Brackets* Granberg Interior AB - Box 6112 - 600 06 Norrköping - Sweden
- [29] Granberg. 2019 *BASELIFT 6300 / 6310* Granberg Interior AB - Box 6112 - 600 06 Norrköping - Sweden

- [30] Kesseböhmer Clever Storage. 2018 *ergoAGENT Bringt Dynamik und Komfort in die Küche*. Kesseböhmer GmbH, Mindener Str. 208, 49152 Bad Essen
- [31] Kesseböhmer Clever Storage. 2018 *Clever Planning Gains You Space* Kesseböhmer GmbH, Mindener Str. 208, 49152 Bad Essen
- [32] Hobart D. Wyant. 1978 *Up-Down Cabinet* US 4076351
- [33] Michael R. Kingsborough; Dale D. Owens, 1990 *Storage Cabinet Retrieval System* US 4915461
- [34] Doug Vogelsegang; Douglas Ching, 1994 *Pull Down Storage Shelf Assembly* US 5308158 A
- [35] Doug Vogelsegang; Douglas Ching, 1995 *Pull Down Storage Shelf Assembly* US 5462347 A
- [36] James D'Agostino, 2005 *Pull Down Shelf For Overhead Storage* US 6851376 B2
- [37] Vaidotas J. Simiatis, 2010 *Overhead Pull-out Swing-down Drawer* US 7770986 B1
- [38] Kesseböhmer Clever Storage. 2018 *iMove: The Intelligent Pull-Down System For Wall Units* Kesseböhmer GmbH, Mindener Str. 208, 49152 Bad Essen
- [39] Kesselböhmer Holding e.K. 2015 *Pull-Down Shelf For Furniture* US 2015/0122758 A1
- [40] peka-metall AG. 2019 *Pegasus Shelf Lift* Luzernerstrasse 20, 6295 Mosen Switzerland
- [41] Richelieu. 2016 *Kitchen Innovative Upper Cabinet Solutions* 40 Soumande Street , Quebec City, Canada
- [42] Granberg. 2019 *Wall Cabinet Lift - VERTI* Granberg Interior AB - Box 6112 - 600 06 Norrköping - Sweden
- [43] Granberg. 2019 *Wall Cabinet Lift - DIAGO* Granberg Interior AB - Box 6112 - 600 06 Norrköping - Sweden
- [44] William L. Walburn. 2007 *Laterally Stabilizing Drawer Slide For Tall Cupboard Pull-Out* US 7306301 B2
- [45] Rossano Compagnucci. 2010 *Frame To Support Pull-Out And Rotating Racks For Cabinets* US 7832816 B2
- [46] Stanley H. Carlson. 1958 *Swinging Shelf Support* US 2822229
- [47] Steve Bond, Andrew D. Tiffin. 2006 *Shelf Extending And Lifting System* US 2006/0066189 A1
- [48] Steve Bond, Andrew D. Tiffin. 2012 *Shelf Extending And Lifting System* US 8303053 B2

- [49] Granberg. 2019 *Unilift 870 - Base unit* Granberg Interior AB - Box 6112 - 600 06 Norrköping - Sweden
- [50] Kathleen Jackson et Al. 2009 *Kitchen Counter Island Riser*, US 2009/0180843 A1
- [51] S-Box™ by Cardinal Innovations Ltd, 2018 *S-Box Pop-Up Spice-Box*, S-Box™ by Cardinal Innovations Ltd, Battye Street, Bradford, West Yorkshire, England, BD4 8AG
- [52] Elaine Claire Walker. 2014 *S-Box Storage Unit*, US 8899701 B2
- [53] Paul T. Shupert. 1996 *Carousel Storage Conveyor* US 5529165
- [54] Ferreto Group. 2018 *Vertical, rotating and compact mobile systems* Ferreto Group Spa. Strada Padana Verso Verona, 101 - 36100 Vicenza, Italia
- [55] Jonathan L. Harmon. 2003 *Show Storage Device* US 6598948 B1
- [56] Silber, Andrew N. 2016 *Rotating Shelving System* Department of Mechanical and Materials Engineering , College of Engineering and Applied Science, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio
- [57] StorageMotion Inc. 2016 *Vertical Carousel (Auto Pantry) 18 System*, StorageMotion Inc. NC Headquarters 216 Overhill Dr # 104, Mooresville, NC 28117
- [58] AutoPantry – Automated Pantry Storage: A pantry solution that has shelves that rotate down to you and double your storage. 2017
Retirado de:<http://storagemotion.com/autopantry/>
- [59] Hilton B. Murray. 1965 *Rotary Storage Rack* US 3198594
- [60] Daniel A. Boon et Al.. 1980 *Lazy Susan Assembly Having an Adjustable Aligment Mechanism* US 4181037
- [61] Clayton C. Baker. 1984 *Lazy Susan Assembly Having a Rotational And Vertical Adjustment Mechanism* US 4433885
- [62] Rev-a-Shelf. (2018) *Lazy Susan Rev-a-Shelf*
- [63] William E. Cooper. 1986 *Bi-Axial Shelf With Retractable Guidance And Support System* US 4582372
- [64] Reiner Kreyenkamp. 2008 *Corner Cabinet, Especially For a Kitchen* US 7318631 B2
- [65] Ginter Twellmann. 2007 *Rotation and Pull-Out Fitting For a Corner Cabinet* US 2007/O262682 A1
- [66] Axel Uffman. 2009 *Rotation and pull-out fitting for a corner-cabinet* EP 2253244 B1
- [67] Ninka. 2016 *The modern tray system: Individuality and perfection down to detail* Ninkaplast GmbH, Benzstrasse 11, D - 32108 Bad Salzuflen

- [68] Paolo Balducci et Al. 2011 *Cabinet with pull-out shelf provided with articulated arm and guide means* EP 2415370 A1
- [69] Jeon Jae-Kwon et Al. 2007 *Traduzido: Estrutura de extração de prateleira para pia de canto* KR 200445234 Y1
- [70] Yoshiro Sakurai et Al. 2006 *Storage Cabinet* JP 2006000418 A
- [71] Jeong Dong-Yeong et Al. 2009 *Traduzido: Compartimento de arrumação de canto para pia* KR 200455485 Y1
- [72] ProductPlan (2019) - *Product Management: Kano Model*
Retirado de: <https://www.productplan.com/glossary/kano-model/>
- [73] ASQ: The Global Voice of Quality (2019) - *What is Quality Function Deployment (QFD)?* Retirado de: <https://asq.org/quality-resources/qfd-quality-function-deployment>
- [74] Inter IKEA Systems B.V. (2019) - *Metod Cozinha* Retirado de: <https://www.ikea.com/pt/pt/catalog/products/S69268336/>
- [75] Inter IKEA Systems B.V. (2019) - *KNOXHULT Cozinha* Retirado de: <https://www.ikea.com/pt/pt/catalog/products/S99180436/>
- [76] Leroy Merlin Portugal (2019) - *Cozinha 1.80m DELINIA RIO BRANCA* Retirado de: https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Cozinhas/Moveis-de-cozinha/Moveis-de-cozinha/WPR_BUN_00000851
- [77] Parkmatic, 2011 *Automated Robotic & Mechanical Parking Systems* Parkmatic Smart Parking Solutions, New York, USA
- [78] Tsubakimoto Chain Co. 2011 *TSUBAKI DRIVE CHAINS* Nakanoshima Mitsui Building,3-3-3 Nakanoshima, Kita-ku, Osaka 530-0005, Japan
- [79] Arezes, Pedro M. et al. (2006) *Estudo antropométrico da população portuguesa* Lisboa : ISHST - Instituto para a Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho
- [80] Techcoil (2019) *Types of modular interface design*
Retirado de: <https://www.techcoil.com/blog/types-of-modular-interface-design/>
- [81] RTP Co. Imageering Plastics (2017) *Part Design Guidelines for Injection Molded Thermoplastics*
- [82] BASF: The Chemical Company (2007) *Technical Expertise: Snap-Fit Design Manual*, BASF Corporation, Engineering Plastics
- [83] AZO Material: Polypropylene - PP Homopolymer (2019)
Retirado de: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=834/>
- [84] Ineos: Olefins & Polimers USA. (2014) *Typical Engineering Properties of Polypropylene* ,Marina View Headquarters, 2600 South Shore Blvd. Suite 500, League City, Teas 77573

- [85] C.G, Drury. (1980) *Handles for Manual Materials Handling*, Applied Ergonomics 1980, 11.1,35-42
- [86] Bimand Das & Yanqing Wang (2004) *Isometric Pull-Push Strengths in Workspace: 1. Strength Profiles*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 10:1, 43-58
- [87] Canadian Centre for Occupational Health and Safety (2017) — Pushing & Pulling - General
Retirado de <https://www.ccohs.ca/Oshanswers/ergonomics/push1.html>
- [88] MatWeb: Material Property Data (2019) - Overview of materials for Polypropylene, Molded
Retirado de <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=08fb0f47ef7e454fbf7092517b2264b2>
- [89] ISO 11228-2:2007 - *Ergonomics - Manual handling - Part 2: Pushing and Pulling*
- [90] Simões Morais, José Manuel. (2012) *Desenho Técnico Básico*, Porto Editora Lda, 26^a Edição - 2^a tiragem - 2012
- [91] International Standard, 2014 *ISO 2795: Plain Bearings - Sintered bushes - Dimensions and tolerances*
- [92] Tsubakimoto Europe B.V. 2008 *PC Chain: Engineering plastic combination chain* Aventurijn 1200 3316 LB, Dordrecht, The Netherlands
- [93] Tsubakimoto Chain Co. 2009 *Tsubaki Lambda Chain* Nakanoshima Mitsui Building,3-3-3 Nakanoshima, Kita-ku, Osaka 530-0005, Japan
- [94] U.S. Tsubaki Power Transmission, LLC, 2019 *Frequently Asked Questions*
Retirado de: <https://www.ustsubaki.com/faq.html>
- [95] Abhang, Swapnil R., Bhaskar, D.P. (2014) *Design and Analysis of Disc Brake* International Journal of Engineering Trends and Technology – Volume 8 Number 4- Feb 2014
- [96] Parker Hannifin Corporation, 2011 *Compact Hydraulic Cylinders* Miller Fluid Power, 500 South Wolf Road, Des Plaines, IL 60016 USA
- [97] Alfredo Balacó de Morais (2017) *Sebenta Teórica de Sistemas Mecânicos* Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro

Apêndice A

Gráficos Resultantes das Matrizes QFD

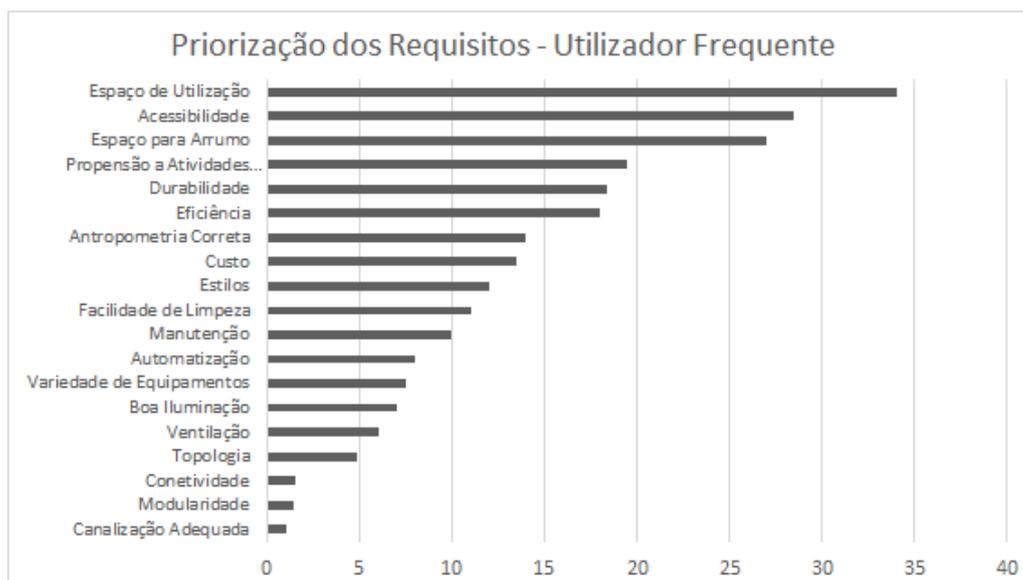


Figura A.1: Priorização Corrigida dos Requisitos para um Utilizador Frequente

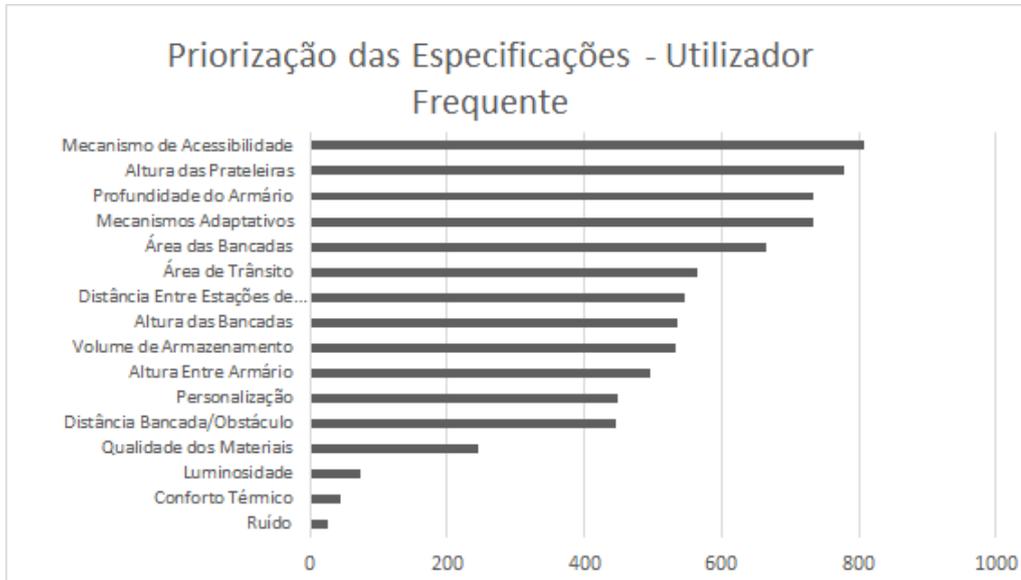


Figura A.2: Priorização Corrigida das Especificações para um Utilizador Freqüente

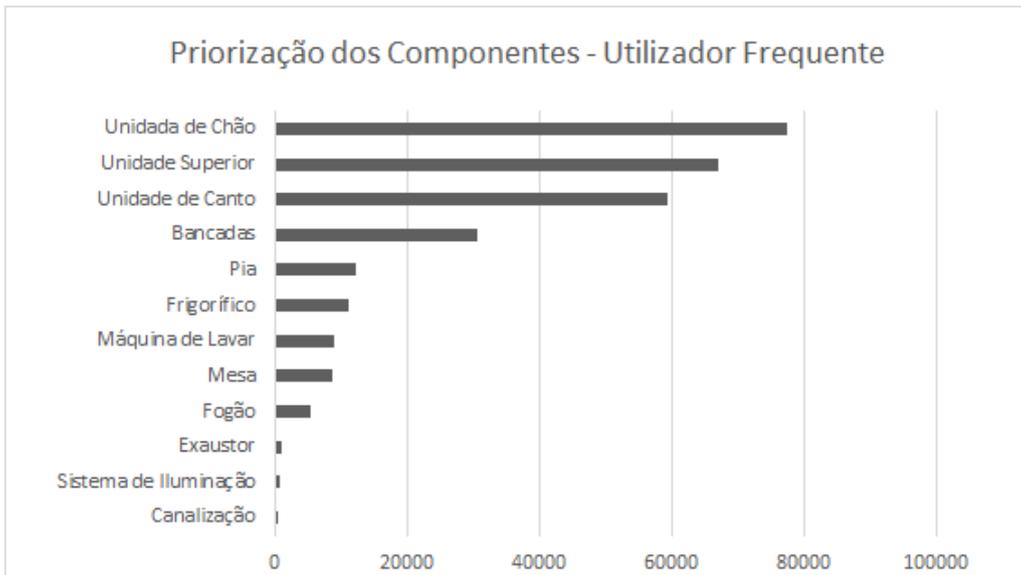


Figura A.3: Priorização Corrigida dos Componentes para um Utilizador Freqüente



Figura A.4: Priorização Corrigida dos Requisitos para um Utilizador Esporádico

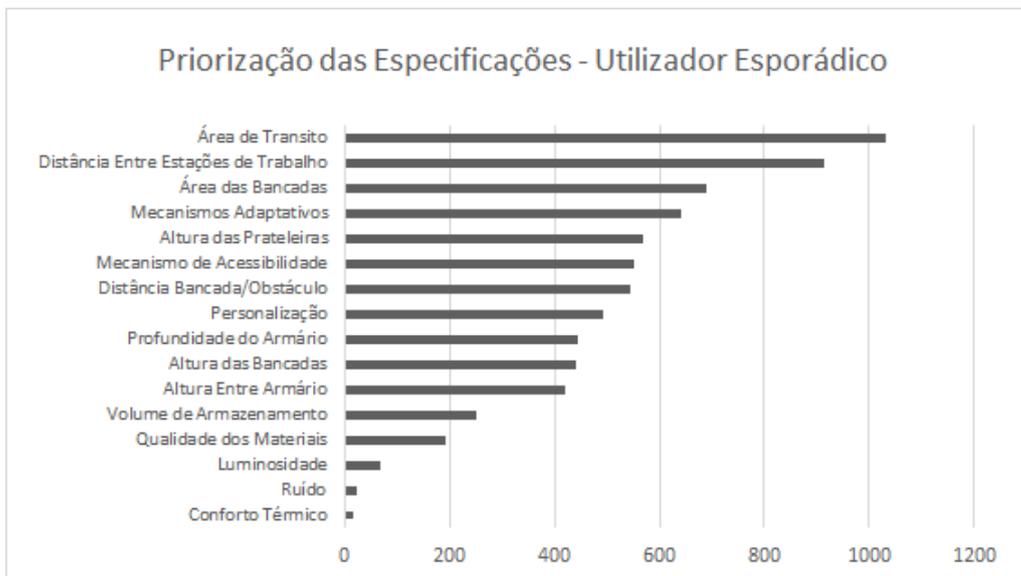


Figura A.5: Priorização Corrigida das Especificações para um Utilizador Esporádico



Figura A.6: Priorização Corrigida dos Componentes para um Utilizador Esporádico

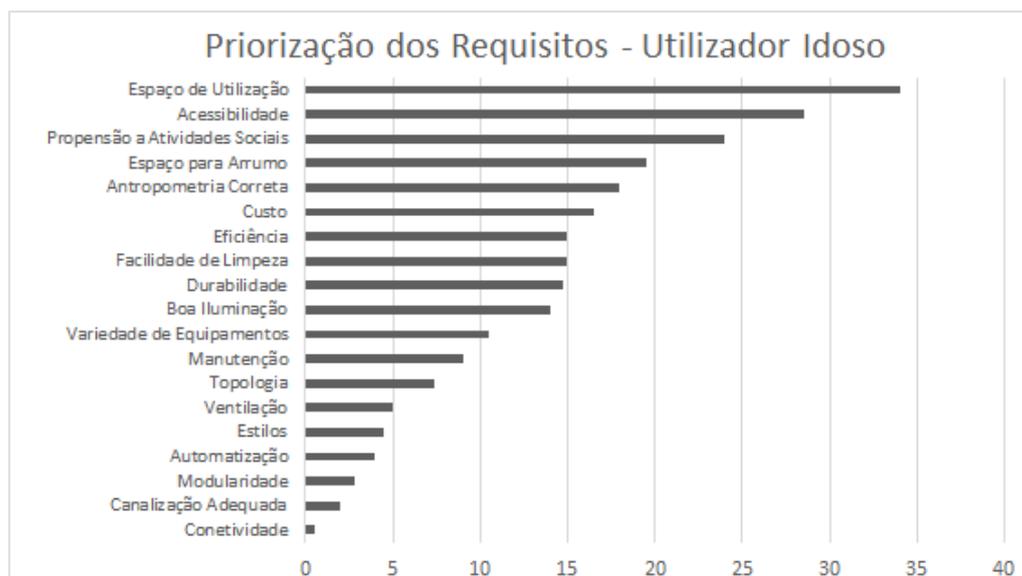


Figura A.7: Priorização Corrigida dos Requisitos para um Utilizador Idoso

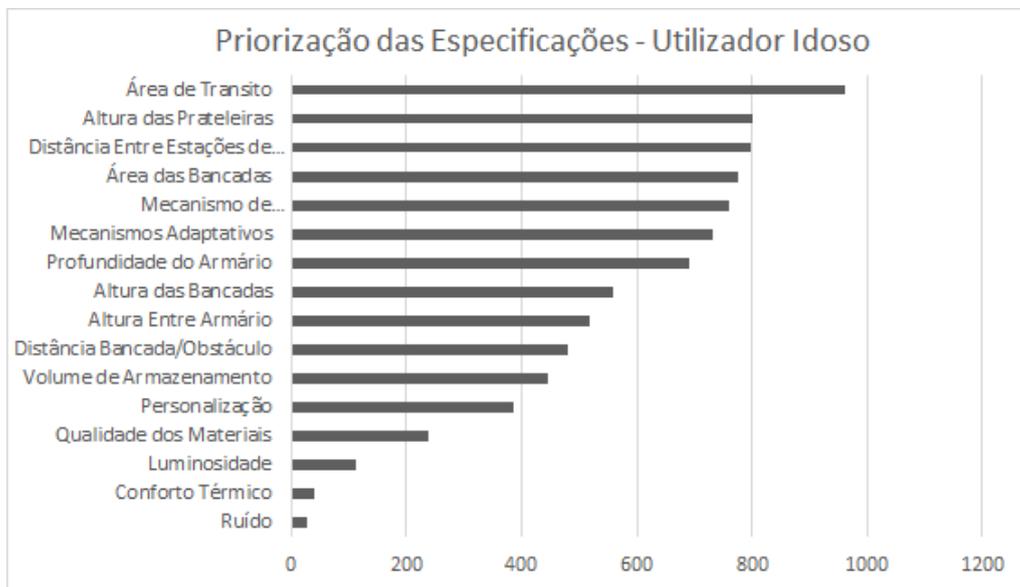


Figura A.8: Priorização Corrigida das Especificações para um Utilizador Idoso



Figura A.9: Priorização Corrigida dos Componentes para um Utilizador Idoso

Intentionally blank page.

Apêndice B

Tabelas da Análise do Modo de Falha

Tabela B.1: Termos Críticos de Falha e Respetivos Critérios

TERMOS CRÍTICOS DA FALHA	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO
Falha Menor	Não afeta o rendimento do produto
	Não coloca o utilizador em risco
	Podem não ser tomadas medidas corretivas
Falha Maior	Afeta o rendimento do produto
	Não afeta a segurança do utilizador
	Devem ser tomadas medidas corretivas
Falha Crítica	Afeta gravemente o rendimento do produto
	Devem ser tomadas medidas corretivas com urgência
	Afeta a segurança do utilizador

Figura B.1: Análise do Modo de Falha do Conceito

ITEM/FUNÇÃO	TIPO DE FALHA POTENCIAL	CAUSA POTENCIAL DE FALHA	POSSÍVEIS EFEITOS DAS FALHAS	TERMOS CRÍTICOS DA FALHA	AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA
Armazenar Alimentos/Utensílios	Impossibilidade de Arrumar Utensílios/Alimentos	Volume de Arrumação Insuficiente	Utensílios/Alimentos armazenados de forma deficiente	Falha Maior	Dimensionar o Espaço de Arrumo tendo em conta Dimensões Comuns de Utensílios/Alimentos
			Necessidade de Armazenar Utensílios/Alimentos Noutro Local		
Visualizar Interior do Espaço de Arrumo	Utensílios/Alimentos em Contacto com o Meio Exterior	Não Isolação do Espaço de Arrumo	Contaminação dos utensílios/alimentos	Falha Maior	Desenvolvimento de Sistema de Abertura/Fecho Eficiente para Acesso ao Espaço de Arrumo
			Perda de Qualidade dos Alimentos		
Mover Diferentes Módulos de Arrumo	Impossibilidade de Visualizar Interior do Espaço de Arrumo	Sistema de Fecho Deficiente	Efeito Estético Pobre	Falha Menor	Garantir Efeito Estético Apelativo
			Paredes do Espaço de Arrumo Opacas		Utilizar Materiais Transparentes no Sistema de Abertura/Fecho do Espaço de Arrumo
Mover Diferentes Módulos de Arrumo	Movimento Demasiado Rápido dos Módulos de Arrumo	Desequilíbrio de Peso entre Módulos de Arrumo	Lesões no Utilizador	Falha Crítica	Criar Atrito no Sistema de Forma a Limitar a Velocidade Máxima dos Módulos de Arrumo
			Danos nos Utensílios/Alimentos no Interior do Espaço de Arrumo		Estipular Valores Limite para o Peso que Cada Módulo Pode Suportar
Travar Movimento dos Módulos de Arrumo	Dificuldade em Mover os Módulos de Arrumo	Desequilíbrio de Peso entre Módulos de Arrumo	Impossibilidade de Mover os Módulos de Arrumo	Falha Crítica	Reduzir de Atrito de Forma a Minimizar o Esforço do Utilizador
			Necessidade de Esforço por Parte do Utilizador		Desenhar Sistema de Forma a Tirar Partido das Diferentes Forças Em Acção no Mesmo
Travar Movimento dos Módulos de Arrumo	Impossibilidade de Parar Sistema	Sistema de Travagem Deficiente	Impossibilidade de Aceder aos Módulos de Arrumo	Falha Crítica	Desenvolver Sistema de Travagem Eficiente
			Lesões no Utilizador		Garantir Controlo da Travagem por Parte do Utilizador
Garantir Horizontalidade dos Módulos de Arrumo	Impossibilidade de Parar Sistema na Posição Desejada	Sistema de Travagem com Posição Fixa	Impossibilidade de Deixar o Sistema Em Repouso numa Posição Arbitrária	Falha Menor	Garantir Controlo da Travagem por Parte do Utilizador
			Desiquilíbrio na Distribuição de Peso dentro do Próprio Módulo de Arrumo	Falha Crítica	Desenvolver Sistema para Equilíbrio dos Módulos de Arrumo
Harmonia Estética com Outros Elementos Da Cozinha	Módulos de Arrumo Sem Estabilidade	Velocidade de Movimento Demasiado Elevada	Colisões Entre Módulos de Arrumo	Falha Crítica	Alertar Utilizadores para Equilíbrio do Módulo de Arrumo
			Demasiados Elementos Mecânicos à Vista	Falha Menor	Tapar Elementos Mecânicos do Sistema
	Design Pouco Apelativo	Design Demasiado Diferente do Resto do Ambiente onde se Insere	Desinteresse/Opinião Negativa por Parte do Cliente	Falha Menor	Criar Design Apelativo

Figura B.2: Análise do Modo de Falha do Produto

ITEM/FUNÇÃO	TIPO DE FALHA POTENCIAL	CAUSA POTENCIAL DE FALHA	POSSÍVEIS EFEITOS DAS FALHAS	TERMOS CRÍTICOS DA FALHA	AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA
Suporte do Módulo de Arrumo	Deformação Exagerada no Suporte do Módulo de Arrumo	Sobre-carga no Módulo de Arrumo	Queda do Módulo de Arrumo	Falha Crítica	Utilizar fator de Segurança no dimensionamento do Suporte do Módulo
			Obstrução na Trajetória do Módulo		Definir valor máximo de carga que o módulo pode Suportar
Módulo de Arrumo	Empeno na Persiana	Força Excessiva na movimentação da persiana Existência De Obstáculo no Trajeto da Persiana	Impossibilidade de abrir ou fechar o Módulo	Falha Maior	Colocar Batentes Que Amorteçam o Impacto
			Impossibilidade de Mover o Módulo de Arrumo Superfície Pouco Ergonomica para Contacto com o Utilizador		Definir Dimensões Máximas que o Módulo Pode Acomodar
Sistema de Travagem	Deformação/Fratura na Pega do Módulo de Arrumo	Força Excessiva na Movimentação do Módulo	Não Bloqueio do Sistema	Falha Crítica	Desenvolver Pega Robusta
			Impossibilidade de Desbloquear o Sistema		Disponibilizar Manual de Utilização do Mecanismo
Corrente	Desencaixe da Corrente	Fratura/Desencaixe de um Componente Desgaste na Superfície de Travagem	Impossibilidade de Mover os Módulos de Arrumo	Falha Crítica	Desenvolver Componentes Robustos
			Colapso do Sistema		Realizar uma manutenção adequada mediante o tempo de vida do componente
Base da Estrutura	Corrosão	Carga Excessiva na Corrente Desgaste dos Componentes	Impossibilidade de Mover os Módulos de Arrumo	Falha Crítica	Desenvolver Soluções que Impedam que a Corrente Desencaixe
			Atrito Excessivo nas Movimentações do Sistema		Definir valor máximo de carga que o módulo pode Suportar
Base da Estrutura	Fratura/Deformação Excessiva na Estrutura	Infiltração de Humidade no Sistema Sobre-carga na Estrutura	Perda do Efeito Estético	Falha Menor	Escolher Localização com Base na Humidade Dessa Mesma Localização
			Colapso do Sistema		Revestir Componentes Metálicos Com Anti-Corrosivos
				Falha Crítica	Definir valor máximo de carga que o módulo pode Suportar Utilizar fator de Segurança no dimensionamento da Estrutura

Intentionally blank page.

Apêndice C

Projeto de Detalhe



Figura C.1: Pormenor dos *Snap-Fits* para Encaixe ao Suporte



Figura C.2: Módulos de Arrumo com Conteúdo Diverso

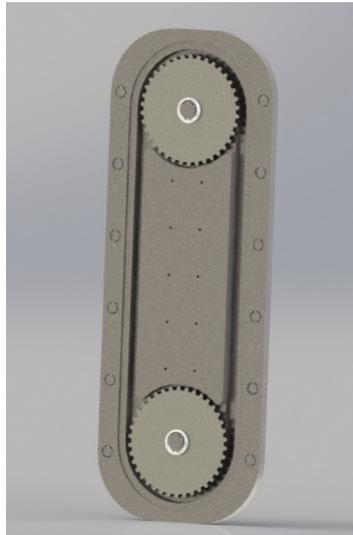


Figura C.3: Estrutura Metálica Interior com Engrenagens

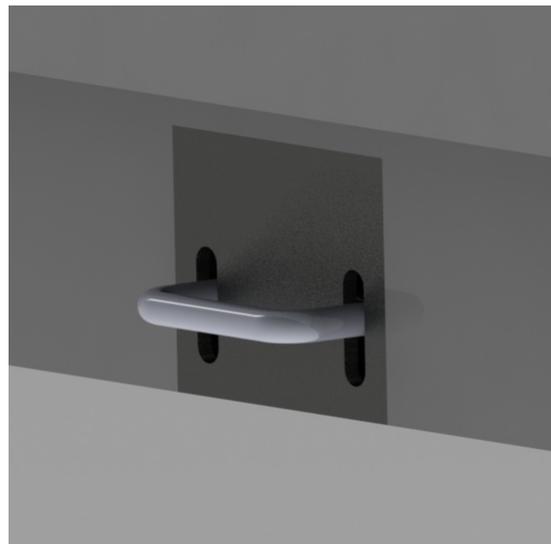


Figura C.4: Pedal Embutido na Bancada

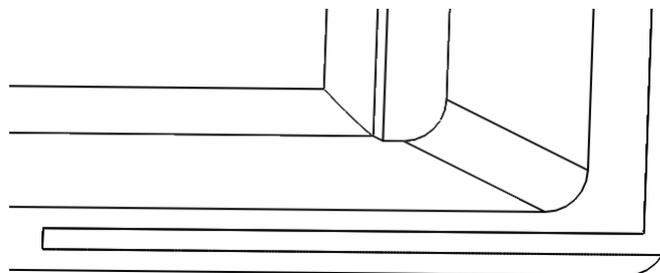


Figura C.5: Pormenor em Corte da Ligação entre o Suporte e o Módulo de Arrumo da Unidade de Chão

Apêndice D

Reações e Apoios Relativos às Simulações Estruturais dos Componentes

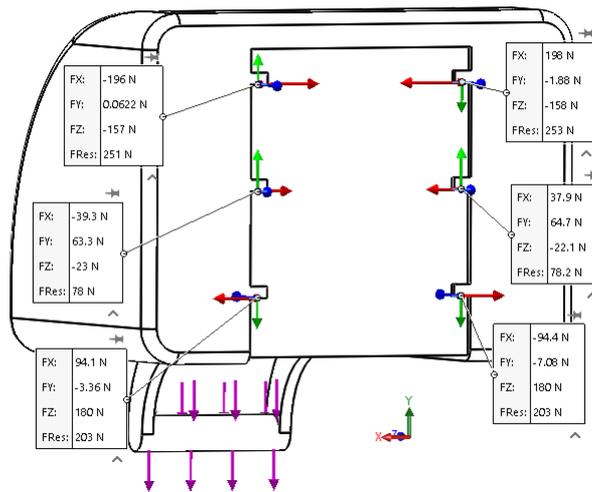


Figura D.1: Reação nos Apoios na Simulação da Terceira Iteração da Pega do Módulo de Arrumo

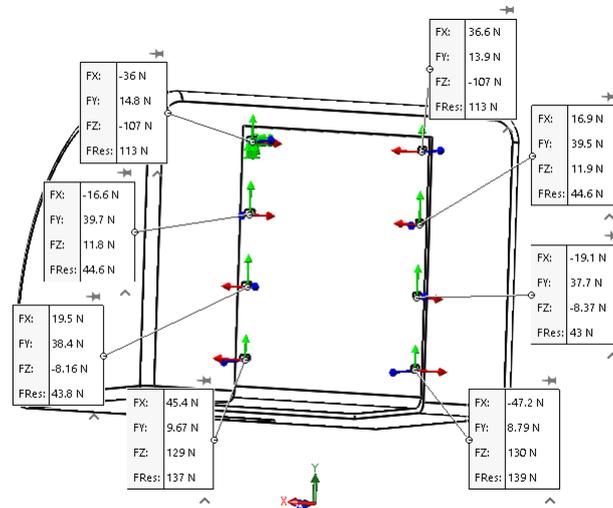


Figura D.2: Reação nos Apoios na Simulação Final da Pega do Módulo de Arrumo

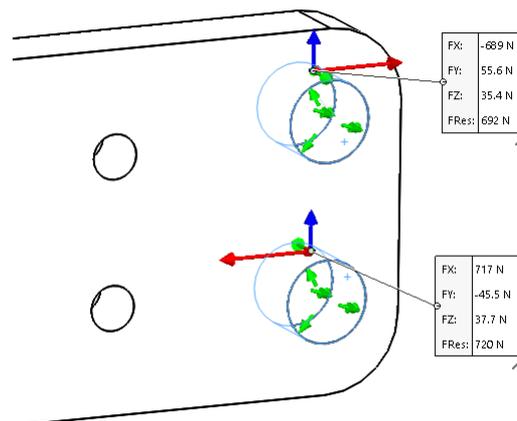
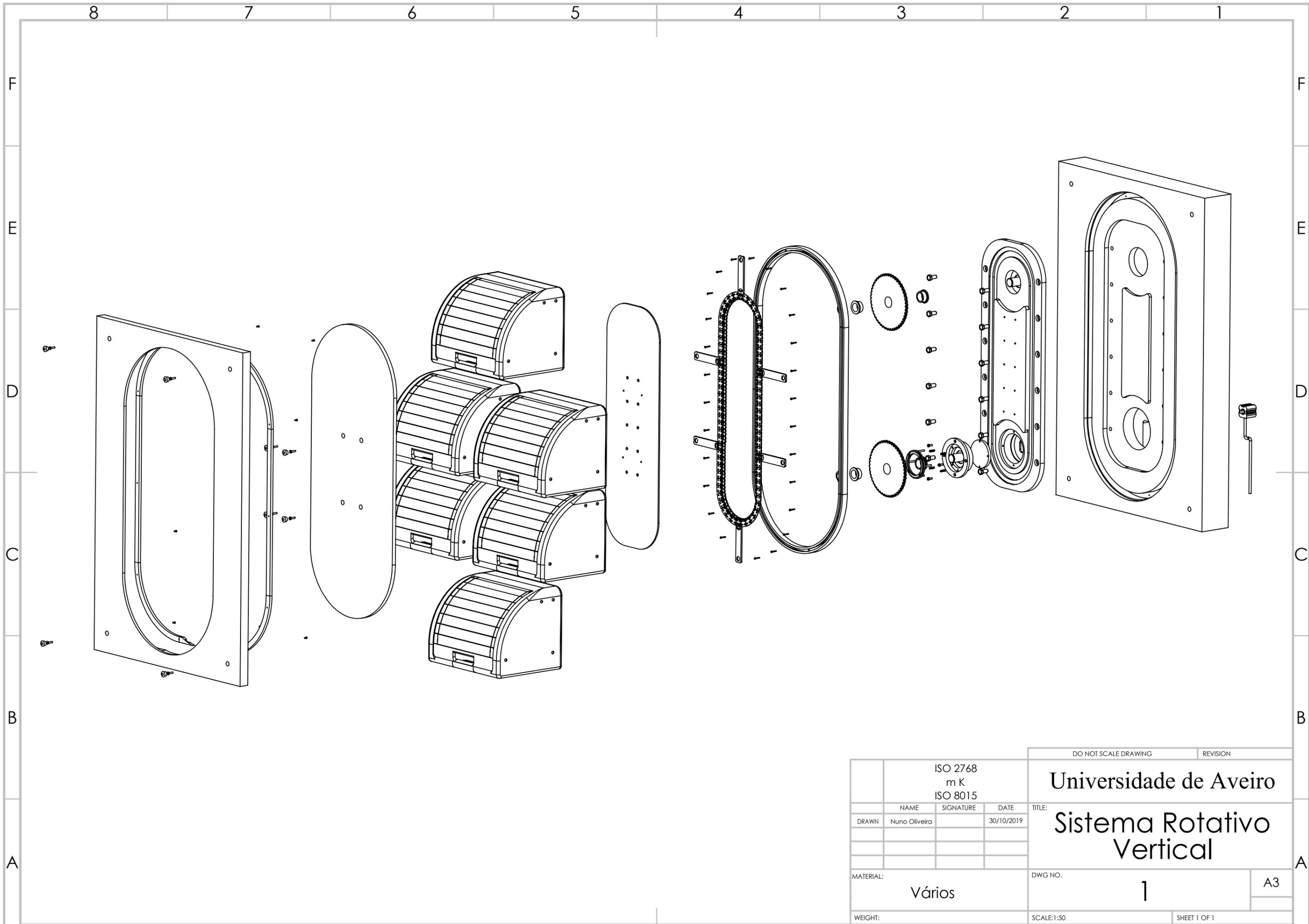


Figura D.3: Reações na Ligação entre o Braço de Apoio e o Acessório da Corrente no caso do Módulo Suportar a Carga Máxima

Apêndice E

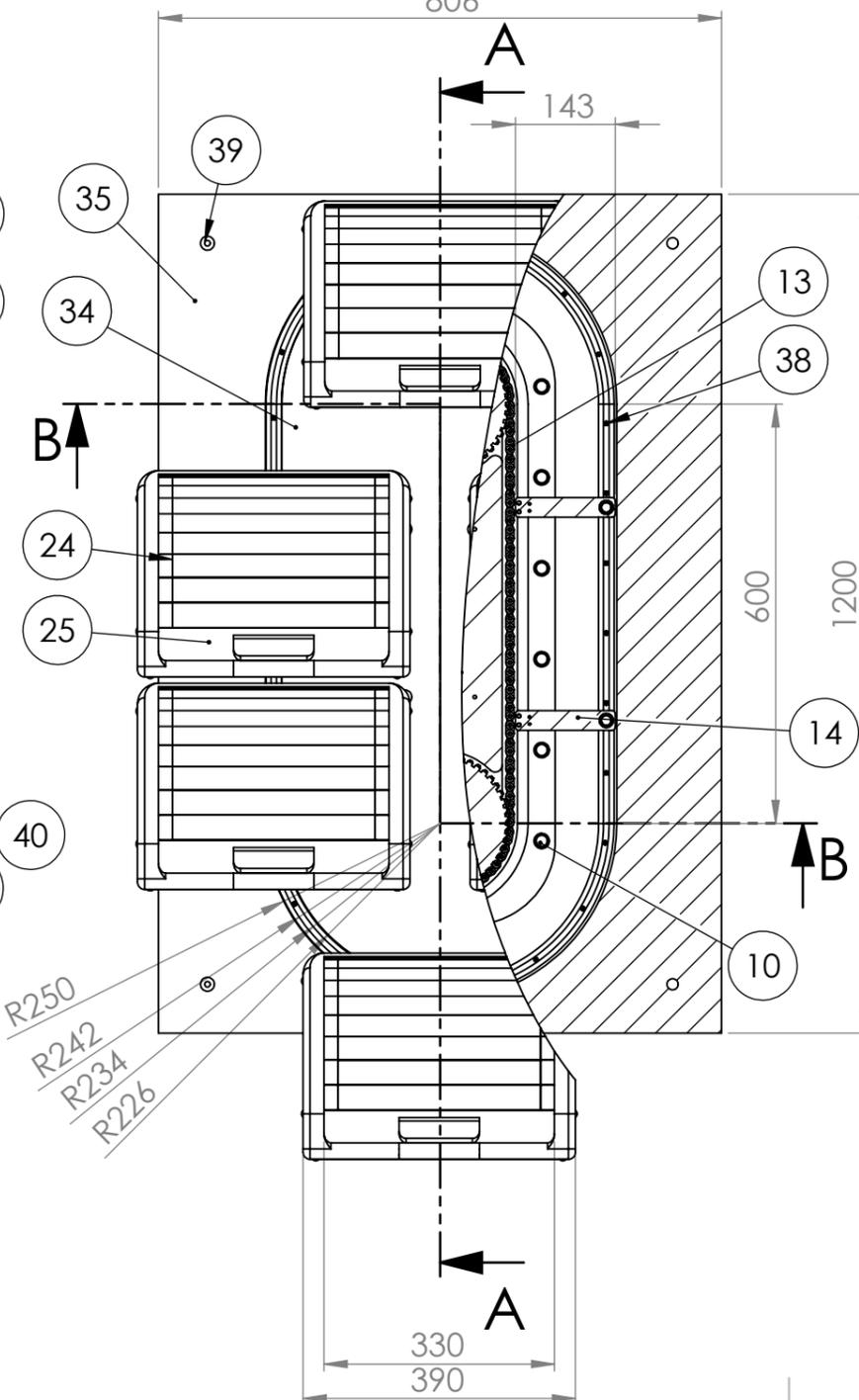
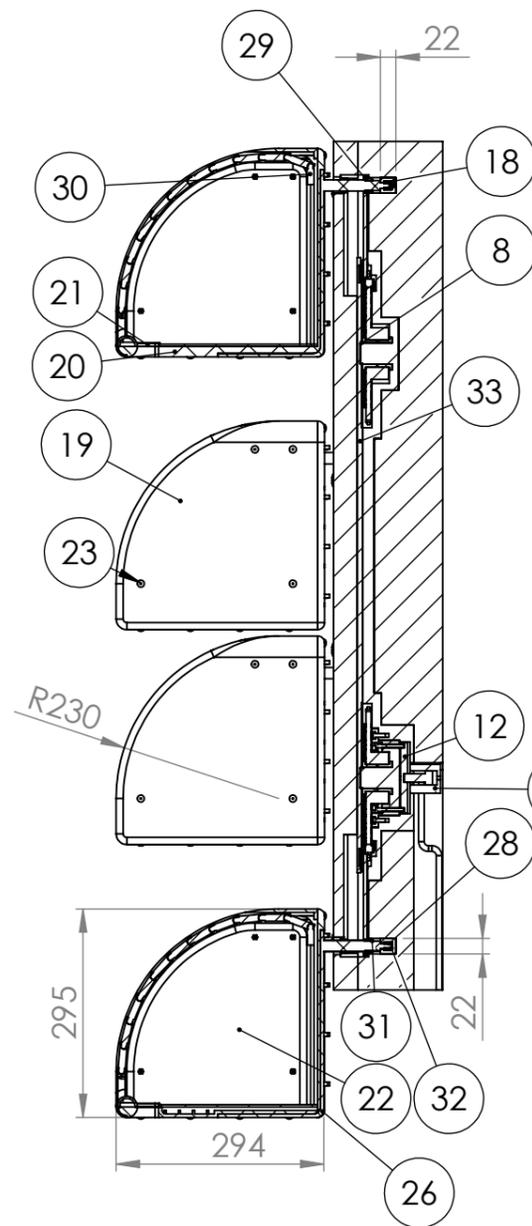
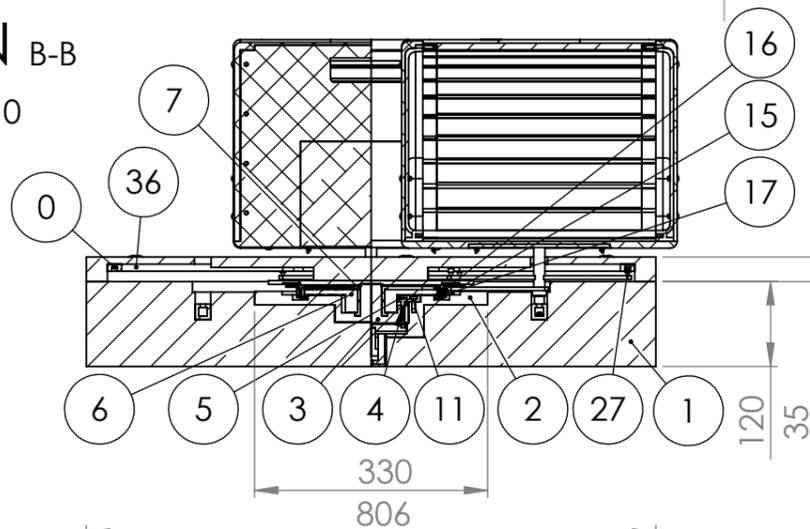
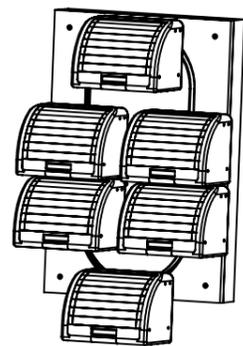
Documentação Técnica



ISO 2768 m K ISO 8015			DO NOT SCALE DRAWING		REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Universidade de Aveiro		
DRAWN Nuno Oliveira		30/10/2019	Sistema Rotativo Vertical		
MATERIAL: Vários			DWG NO. 1	A3	
WEIGHT:			SCALE:1:50	SHEET 1 OF 1	

SECTION B-B

SCALE 1 : 10



SECTION A-A

SCALE 1 : 10

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Estrutura Principal	Madeira/Melamina	1
2	Estrutura Metálica Interior	Aço	1
3	Suporte da Roda Inferior	Aço	1
4	Base do Disco de Travagem	Aço	1
5	Disco de Travagem	Borracha	1
6	Engrenagem	Aço	2
7	Casquilho com Aba	Nylon	4
8	Anel Elástico 30 x 1.5	Aço	2
9	Mola	Aço	4
10	Parafuso H M12	Aço	12
11	Parafuso H M5	Aço	4
12	Suporte do Disco de Travagem	Aço	1
13	Elo da Corrente	Aço	144
14	Braço de Apoio	Aço	6
15	Patim	Nylon	6
16	Parafuso H M3	Aço	12
17	Porca H M3	Aço	12
18	Calha Principal	Polipropileno	1
19	Componente Exterior do Módulo de Arrumo	Polipropileno	6
20	Componente Interior do Módulo de Arrumo	Polipropileno	6
21	Base do Módulo de Arrumo	Polipropileno	6
22	Calha da Persiana	Polipropileno	12
23	Pino com Snap-fit	Polipropileno	102
24	Elo da Persiana	Polipropileno/Acrílico	66
25	Puxador	Polipropileno	6
26	Suporte do Módulo de Arrumo	Aço	6
27	Roldana de Equilíbrio	Nylon	12
28	Casquilho 12 x 10	Nylon	6
29	Casquilho 22 x 12	Nylon	6
30	Elo Final da Persiana	Polipropileno	6
31	Anel Elástico 16 x 1	Aço	6
32	Anel Elástico 6 x 0.7	Aço	6
33	Tampa Metálica Interior	Aço	1
34	Tampa Central Interior	Madeira/Melamina	1
35	Tampa Exterior	Madeira/Melamina	1
36	Calha de Equilíbrio	Aço	2
37	Parafuso CBL M5	Aço	8
38	Parafuso CBL M3	Aço	37
39	Tampa de Parafusos	Polipropileno	8
40	Sistema Hidráulico	Vários	1

ISO 2768 m K ISO 8015			DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN: Nuno Oliveira			SIGNATURE:		DATE: 30/10/2019	
MATERIAL: Vários			TITLE: Universidade de Aveiro		Sistema Rotativo Vertical	
WEIGHT: 3			DWG NO.: 2		A3	
SCALE: 1:20			SHEET 1 OF 1			