



**João Tomás
Távora de Almeida
Ferreira**

**Desenvolvimento de um sistema de armazenagem
e dosagem para aplicar em cozinhas autónomas**

Development of a storage and dosing system to be applied
in kitchens with autonomous operation



**João Tomás
Távora de Almeida
Ferreira**

Desenvolvimento de um sistema de armazenagem e dosagem para aplicar em cozinhas autónomas

Development of a storage and dosing system to be applied in kitchens with autonomous operation

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

Este projeto teve o apoio dos projetos UIDB/00481/2020 e UIDP/00481/2020 - Fundação para a Ciência e a Tecnologia; e CENTRO-01-0145 FEDER-022083 - Programa Operacional Regional do Centro (Centro2020), através do Portugal 2020 e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutor Sérgio Manuel Oliveira Tavares

Professor Auxiliar em Regime Laboral da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Prof. Doutor Pedro Alexandre de Almeida do Vale Antunes

Professor Adjunto em Regime Laboral da *Universidade de Aveiro*

Prof. Doutor António Manuel de Amaral Monteiro Ramos

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

**Agradecimentos /
Acknowledgements**

Agradeço à minha família e amigos pelo apoio a todo o tempo. Professores e equipa de Projeto pelo acompanhamento e aprendizagem.

Palavras-chave

Cozinha autónoma, Cook4Me, Condimentos, Armazenamento, Doseamento, Moagem, Depósito

Resumo

A *Wish and Cook*, sediada em Portugal, teve como visão transformar a experiência que o cidadão comum tem do mercado da restauração, tornando-a personalizável e acessível a qualquer hora e em qualquer lugar. Assim, e em co-promoção com a Universidade de Aveiro, surgiu o projeto “Cook4Me” que tem como objetivo desenvolver uma cozinha completamente automatizada e capaz de fornecer refeições caseiras para *take away*.

Olhando para a cozinha, na preparação e entrega de uma refeição há vários pontos pelos quais se tem de passar, crucialmente: escolha e doseamento dos ingredientes a utilizar (alimentos e temperos), confeção da receita, empratamento, entrega da refeição e lavagem dos utensílios. Nesta dissertação o foco centra-se no tratamento dos temperos, concretamente em 4 ações cruciais: como armazenar os temperos, como os moer (caso seja necessário), como os dosear e por fim, como os depositar no local de confeção da refeição.

No desenvolvimento deste tópico começa-se por perceber quais as necessidades que o projeto tem no que ao módulo dos temperos diz respeito. Tendo as necessidades e os requisitos base fez-se um estudo do mercado atual de forma a agrupar diversas possíveis soluções para as ações consideradas cruciais. De seguida foi desenvolvido o conceito para suprimir as necessidades do projeto sempre tendo em conta tanto os requisitos das ações cruciais como a futura implementação do módulo em toda a cozinha. Neste desenvolvimento acabou por se dividir o módulo em dois subsistemas: um sistema fixo que deverá armazenar, moer e dosear os temperos; um sistema móvel que deverá colocar os especiarias doseadas num local acessível a que um braço robótico as possa recolher e depositar no lugar de confeção.

Numa fase final foi possível realizar um protótipo físico do sistema fixo, isto é, do sistema de armazenamento, moagem e dosagem. Os resultados obtidos nos testes de protótipo demonstram que o conceito é possível, para além disso, os testes permitem também salientar alguns pontos que podem ser melhorados no produto final de maneira a garantir o seu correto funcionamento a longo prazo.

Keywords

Autonomous Kitchen, Condiments, Storage, Dosing, Grinding, Deposit

Abstract

Wish and Cook, based in Portugal, had a vision to transform the experience that the common citizen has of the restaurant market, making it customizable and accessible anytime and anywhere. Thus, and in co-promotion with the University of Aveiro, the "Cook4Me" project emerged, which aims to develop a fully automated kitchen capable of providing home-cooked meals for *take away*.

Looking at the kitchen, in the preparation and delivery of a meal there are several points through which one has to pass, crucially: choosing and dosing the ingredients to be used (food and seasonings), confection of the recipe, dish preparation, delivery of the meal and washing of utensils. In this dissertation, the focus is on the handling of seasonings, specifically on 4 crucial actions: how to store the seasonings, how to grind them (if necessary), how to dose them and finally, how to deposit them in the place where the meal is prepared. In the development of this topic, we start by understanding the needs that the project has regarding the spices module. Having the needs and the basic requirements, a study of the current market was made in order to group several possible solutions for the actions considered crucial. After that it was developed the concept to suppress the project needs always having in account both the requirements of the crucial actions and the future implementation of the module in all the kitchen. In this development the module was divided into two subsystems: a fixed system that should store, grind and dose the spices; a mobile system that should place the dosed spices in an accessible place so that a robotic arm can collect and deposit them in the confection place.

In a final phase, it was possible to make a physical prototype of the fixed system, i.e. the storage, grinding and dosing system. The results obtained in the prototype tests demonstrate that the concept is possible. Furthermore, the tests also allow us to highlight some points that can be improved in the final product in order to guarantee its correct functioning in the long term.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento da empresa <i>Wish and Cook</i>	1
1.2	O projeto Cook4Me	2
1.3	Objetivos e Estrutura do Documento	3
2	Estado da Arte	5
2.1	Especificações do Projeto	5
2.1.1	<i>FoodSafe</i>	5
2.1.2	Receitas e Ingredientes	6
2.1.3	Necessidades	6
2.1.4	Requisitos de Cliente	8
2.1.5	Modelo Kano	9
2.2	Soluções para Doseadores de Especiarias	10
2.2.1	Conceito de Doseador de Especiarias - Solução 1	11
2.2.2	Conceito de Doseador de Especiarias - Solução 2	12
2.2.3	Conceito de Doseador de Especiarias - Solução 3	14
2.2.4	Conceito de Doseador de Especiarias - Solução 4	15
2.2.5	Produto TasteTro	15
2.2.6	Produto <i>InSeason Server</i>	17
2.2.7	Sistema de Doseamento <i>Lock-N-Load</i> [10]	18
2.2.8	Conceito <i>Spizio</i>	19
2.2.9	<i>Cuisinart Spice Mill</i>	20
2.2.10	Sistemas de Moagem	21
2.2.11	Sistemas de Transporte de Especiarias	21
2.2.12	Sistemas de Depósito	22
3	Desenvolvimento do Conceito	23
3.1	Gerar Conceito	23
3.1.1	Estudo da sequência de ações (fase 1)	23
3.1.2	Seleção da sequência de ações (fase 2)	26
3.1.3	Estudo dos conceitos individuais (fase 3)	27
3.1.4	Seleção dos conceitos individuais (fase 4)	28
3.2	Evolução e Apresentação Conceptual do Conjunto	31
3.2.1	Módulo de Suporte - Mesa	31
3.2.2	Módulo de Armazenamento - Moagem - Dosagem	33

4	Dimensionamento e Componentes	37
4.1	Geometria do Armazém	37
4.2	Projeto das ligações de montagem dos componentes	38
4.3	Dimensionamento dos Furos	40
4.4	Projeto do Suporte de apoio do Sistema de armazenagem	42
4.5	Dimensionamento dos Motores	44
4.6	Dimensionamento dos Casquilhos	46
5	Prototipagem	49
5.1	Produção do Protótipo	49
5.2	Ensaio funcional do protótipo	50
5.3	FMEA do Produto	54
6	Conclusão e Trabalhos Futuros	55
6.1	Conclusão	55
6.2	Trabalhos Futuros	56
A	Desenho de Conjunto do Sistema Completo	61
B	Desenho de Conjunto do Módulo de Armazenamento - Moagem - Do-	
	sagem	63
C	Desenho de Conjunto da Mesa Rotativa	65
D	Desenho de Conjunto do Suporte	67
E	Lista de Itens	69

Lista de Tabelas

2.1	Lista de especiarias e respectivas doses nas receitas pré-definidas.	6
2.2	Solução no mercado 1	12
2.3	Solução 2	13
2.4	Solução no mercado 3	14
2.5	Solução no mercado 4	15
2.6	TasteTro	17
2.7	InSeason Server	18
2.8	Lock-N-Load.	19
2.9	Conceito <i>Spizio</i>	20
2.10	Cuisinart Spice Mill	21
2.11	Tipos de Sistemas de Transporte presentes nos itens revistos.	22
2.12	Soluções de depósito em robôs de cozinha.	22
4.1	Diâmetro e Passo para o aperto Armazém - <i>Pepper Mill</i>	38
4.2	Dimensões básicas para a ligação Armazém - Corpo Exterior.	39
4.3	Dimensões do perfil para a rosca do aperto Armazém - Corpo Exterior de acordo com a ISO 68 [22].	39
4.4	Diâmetros para o aperto Corpo Exterior - Tampa Inferior de acordo com ISO 724.	39
4.5	Dimensões do perfil para a rosca do aperto Corpo Exterior - Tampa Inferior de acordo com ISO 68.	40
4.6	Cálculo dos parâmetros do furo para um volume de $0,1 \text{ cm}^3$	41
4.7	Valores para o cálculo das Forças de Reação e do Momento Fletor no centróide.	42
4.8	Valores para o cálculo da Classe mínima de parafusos a usar.	44
4.9	Valores para cálculo do torque necessário para o motor de doseamento.	44
4.10	Valores para cálculo do Torque necessário para o Motor da Mesa Rotativa.	46
4.11	Valores para validação dos Casquilhos escolhidos segundo as necessidades do sistema.	47
5.1	Valores obtidos no 1º ensaio.	51
5.2	Valores obtidos no 2º ensaio.	53
5.3	Valores teóricos para o Sal.	53
5.4	Valores obtidos para o 4º ensaio.	53
5.5	FMEA com base nos ensaios experimentais do protótipo.	54

Intentionally blank page.

Lista de Figuras

1.1	Proposta de apresentação da cozinha.	3
2.1	Formato geral do Modelo Kano [4].	9
2.2	Modelo Kano adaptado ao projeto.	10
2.3	Solução no mercado 1. À esquerda o recipiente, ao centro a árvore de suporte, à direita um exemplo representativo do funcionamento do conceito [5].	11
2.4	Solução no mercado 2. À esquerda acesso ao armazém através de uma tampa, à direita acesso por peça removível [5].	13
2.5	Solução no mercado 2. À esquerda local de dispensa, à direita o suporte [5].	13
2.6	Solução no mercado 3. À esquerda o dispensador móvel, à direita suporte por íman [5].	14
2.7	Solução no mercado 4. À esquerda componentes para limitar o volume, à direita restantes componentes do sistema [6]	15
2.8	Produto e recipientes da TasteTro [7].	16
2.9	Interior da TasteTro [7].	16
2.10	InSeason Server [8] [9].	18
2.11	Sistema de Doseamento <i>Lock-N-Load</i> [11].	18
2.12	Conceito <i>Spizio</i> [12].	19
2.13	<i>Cuisinart Spice Mill</i> [13].	20
2.14	Diferentes soluções para Moagem. Da esquerda para a direita: <i>Grinder</i> [14], <i>Triturador</i> [15], <i>Pepper Mill</i> e respectivo mecanismo [16].	21
2.15	Cozinha "Moley"[17].	22
2.16	Cozinha "Samsung Bot Chef"[18].	22
3.1	Diagrama de ações previstas para o sistema.	24
3.2	Continuação do diagrama de ações previstas para o sistema.	25
3.3	Estruturas sugestivas das duas opções.	27
3.4	Tipos de solução para Dosagem (à esquerda) e Moagem (à direita) das especiarias.	28
3.5	Depósito central [12].	29
3.6	Depósito exterior [7].	29
3.7	À esquerda, <i>Pepper Mill</i> orientado com motor - armazém - depósito [19]. À direita, armazém - motor - depósito [20].	30
3.8	<i>Pepper Mill</i> adquirido [21].	30
3.9	Conceito inicial para o Conjunto Suporte - Mesa.	31
3.10	Conceito intermédio para o Conjunto Suporte - Mesa.	32
3.11	Vista do sistema final.	33

3.12	Vista explodida do sub-sistema Motor - Mesa Rotativa (a Prateleira está oculta para facilitar visualização).	33
3.13	Vista explodida do Módulo de Armazenamento - Moagem - Dosagem. . .	34
3.14	Vista cortada do Módulo de Armazenamento - Moagem - Dosagem. . . .	34
3.15	Conceito final do Sistema.	35
4.1	Vista em corte do Armazém.	37
4.2	Perfil para a rosca macho do aperto Armazém - <i>Pepper Mill</i>	38
4.3	Vista explodida aproximada do Corpo Exterior - Disco Doseador - Orientador - Tampa Inferior.	40
4.4	Dimensões do Disco Doseador para uma dose mínima de 0,1 cm ³	41
4.5	À esquerda distribuição de forças no Suporte. À direita o diagrama resultante. O ponto vermelho corresponde ao centróide em x.	43
5.1	Peças produzidas em 3D. No corpo exterior observa-se já o motor 28BYJ-48 montado.	50
5.2	Peças maquinadas.	50
5.3	Montagem do protótipo.	51
5.4	<i>Pepper Mill</i> adaptado com o switch On/Off.	51
5.5	Protótipo conectado ao Arduino e respetivo Driver.	52
5.6	Protótipo no local de medição.	52
5.7	Não uniformidade na fase inicial.	52
5.8	Parede criada após começar as medições.	52

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento da empresa *Wish and Cook*

Vivemos numa era de transição digital e tecnológica. Pode-se dizer que com computadores cada vez mais potentes e económicos, sistemas de comunicação capazes de interligar tudo e todos, imaginar uma cozinha completamente automática será de certo modo imaginar o futuro. É neste panorama que a empresa *Wish and Cook* em co-promoção com a Universidade de Aveiro vê a oportunidade de criar o projeto “Cook4Me”. O projeto “Cook4Me” tem como objetivo transformar a experiência que o cidadão comum tem do mercado da restauração, criando uma cozinha completamente autónoma onde o cliente tem a hipótese de criar uma refeição personalizada apenas através de uma aplicação. As poucas iniciativas que já existem nesta direção têm-se especializado em oferecer refeições de um tipo específico (pizzas, hambúrgueres, risotos, etc), este projeto adota outra estratégia: a de oferecer a possibilidade de cozinhar receitas genéricas, saudáveis e como se o consumidor cozinhasse para si, em casa.

Cozinhar envolve tempo, trabalho e conhecimento. O nosso apetite muda todos os dias e cada pessoa tem os seus gostos e restrições alimentares, devido a intolerâncias, alergias alimentares ou outras recomendações de saúde. Para além disso, as pessoas preocupam-se cada vez mais com a sua alimentação a nível nutricional. Por outro lado, a vida quotidiana moderna retira cada vez mais tempo de qualidade às pessoas, que perdem uma parte significativa das suas vidas em transportes. Por esta razão, encontram-se mais predispostas a pagar por serviços que lhes permitam recuperar o tempo perdido em tarefas rotineiras. Os promotores deste projeto acreditam que a próxima revolução industrial poderá contribuir de uma forma decisiva para a transformação dos hábitos de culinária da população, transferindo para equipamentos partilhados tarefas de confeção.

Posto isto, a *Wish and Cook*, sediada em Portugal, teve como visão transformar a experiência que o cidadão comum tem do mercado da restauração, tornando-a personalizável e acessível a qualquer hora e em qualquer lugar. Assim, o projeto “Cook4Me” pode-se definir como uma cozinha completamente automatizada e capaz de fornecer refeições caseiras para *take away* [1].

1.2 O projeto Cook4Me

O objetivo do projeto Cook4Me é o de desenvolver um novo serviço de confeitaria de refeições prontas a levar (*takeaway*) baseado num sistema completamente automatizado e com uma característica adicional importante que é a de permitir a personalização de receitas que podem, à partida, ser muito diversas. Pretende-se que o futuro utilizador deste serviço sinta uma liberdade de escolha comparável à que sente em casa, quando se prepara para cozinhar, alterando receitas de forma a conterem os ingredientes que prefere e que pode comer.

O utilizador deverá aceder ao serviço Cook4Me através de uma plataforma disponibilizada pela *Wish and Cook*, onde poderá rapidamente escolher uma receita que o atraia. Pode depois ir mais além e substituir ingredientes. Os algoritmos de inteligência artificial nesta plataforma usarão o conhecimento de milhares de receitas do mesmo tipo para sugerir ingredientes que estabeleçam as melhores combinações e consoante as alterações modificará as proporções dos vários ingredientes para obter os melhores resultados de confeitaria. O utilizador sentir-se-á como se estivesse acompanhado por um grande *Chef*, mas guardando para si o poder de decisão. Além disso, beneficiará também de conselhos nutricionais como se a seu lado também estivesse um nutricionista.

A grande inovação do serviço Cook4Me consiste em oferecer a possibilidade de encomendar a confeitaria da receita personalizada por um sistema totalmente automatizado. Este projeto tem por isso como objetivo acrescentar novas dimensões à palavra ‘cozinhar’. Cozinhar com o serviço Cook4Me passará a significar utilizar um software com um telemóvel para customizar uma receita e agendar a sua confeitaria num local definido. Ou seja, centrando a atenção do utilizador sobre o desejo do que quer comer (o *Wish*) e delegando para as máquinas as tarefas de fabrico (o *Cook*).

Assim, pede-se que o projeto Cook4Me torne possível adaptar o software da plataforma *wishandcook.com* para operar sobre receitas confecionáveis numa cozinha totalmente automatizada, designada por cozinha Cook4Me, agendando encomendas e oferecendo recomendações adicionais de aconselhamento culinário e nutricional.

A cozinha Cook4Me contemplará os seguintes elementos fundamentais:

- sistema de armazenamento e entrega de ingredientes;
- equipamento de confeitaria;
- equipamento de lavagem;
- equipamento de transporte;
- equipamento para embalar;
- sistema de entrega;
- sistema de controlo de confeitaria.

Numa cozinha que pretende ter um total grau de automatização, desde o doseamento de ingredientes até ao quiosque para recolha de refeições, terão, necessariamente, que existir vários sistemas de manipulação e transporte. Nomeadamente, no projeto da cozinha Cook4Me (Figura 1.1), tornou-se evidente que as ações de transportar os ingredientes dos dispensadores para o local de confeitaria e manipulação do utensílio de confeitaria com a refeição final iriam requerer movimentos extremamente precisos e versáteis.



Figura 1.1: Proposta de apresentação da cozinha.

1.3 Objetivos e Estrutura do Documento

O trabalho teve por objetivo a agregação de todas as fases necessárias para a fabricação de um protótipo funcional de um sistema de armazenagem e dosagem de especiarias para aplicar na cozinha Cook4Me. Foram realizados estudos preparatórios para a proposta de conceitos do sistema de doseamento de especiarias, bem como o sistema de controlo de quantidade e/ou volume das mesmas. Assim pode-se organizar o trabalho nos seguintes passos:

- Aquisição e desenvolvimento de novos conhecimentos e competências:

Neste capítulo é realizado um estudo de soluções existentes no mercado para realizar o armazenamento e dosagem das diferentes especiarias, posteriormente deverão ser elaboradas diferentes propostas de conceitos para o módulo de especiarias. Por fim, deve ser selecionado o conceito mais adequado em reunião com a equipa do projeto.

- Desenvolvimento do conceito para doseamento de especiarias para as cozinhas Cook4Me:

A elaboração do projeto mecânico do conceito do sistema pode dividir-se em diferentes tarefas: formalizar a representação técnica através de software de CAD 3D, selecionar os componentes necessários à implementação da solução e definir os seus desenhos técnicos para fabrico assim como selecionar aqueles que sejam elementos normalizados.

- Protótipo intermédio e ensaios experimentais:

Construção do protótipo, avaliação e testes do protótipo. Sub-tarefas envolvidas: selecionar as técnicas de fabrico para realizar e obter os componentes físicos, adquirir os componentes normalizados, montagem de protótipo e por fim teste do seu funcionamento.

- Conclusões e trabalhos futuros:

Neste capítulo final são extraídas as conclusões. A par das conclusões relativas ao dimensionamento e funcionalidade do conceito, são deixadas sugestões de trabalhos futuros que podem aprimorar ou resolver problemas identificados ao longo do projeto.

Capítulo 2

Estado da Arte

Este relatório terá como objetivo o desenvolvimento do módulo das especiarias para a cozinha. Antes de passar à análise do atual estado da arte importa perceber quais são as necessidades do projeto para este módulo, perceber com que ingredientes iremos trabalhar (pelo menos numa fase inicial) e por fim definir quais as ações chave e suas especificações para desenvolver um conceito.

2.1 Especificações do Projeto

2.1.1 *FoodSafe*

Desenvolvendo uma cozinha, naturalmente, é imprescindível que haja uma boa higiene na sua generalidade sendo para isso necessário uma limpeza eficaz e regular das instalações, equipamentos e utensílios. É preciso assegurar que desde o armazenamento até ao momento da entrega cada ingrediente se encontra nas suas condições ótimas de conservação de maneira a manter a sua integridade nutricional e física (temperatura, humidade, etc).

As superfícies (incluindo as dos equipamentos) das zonas em que os alimentos são manuseados devem ser mantidas em boas condições e poder ser facilmente limpas. Para o efeito, deverão ser utilizados materiais lisos, laváveis, resistentes à corrosão e não tóxicos [2].

Resumindo, todos os utensílios, aparelhos e equipamento que entrem em contacto com os alimentos devem:

- serem limpos e desinfetados com uma frequência suficiente para evitar qualquer risco de contaminação. Devem ser instalados de forma a permitir uma limpeza adequada tanto do equipamento como da sua área circundante; [2]
- serem fabricados com materiais adequados e mantidos em boas condições de arrumação e bom estado de conservação. Não devem lascar, devem ser resistentes à abrasão e a possíveis choques que possam sofrer. [2]

Durante o processo de confeção, deve-se respeitar os princípios de segurança e higiene alimentar, de forma a reduzir os riscos de contaminações cruzadas.

2.1.2 Receitas e Ingredientes

Inicialmente quer-se que, para efeitos de protótipo, a cozinha seja capaz de fazer receitas pré-definidas que poderão ser tanto sopas como risotos. A *Wish and Cook* forneceu tanto as receitas pré-definidas assim como a sua lista de ingredientes, através de uma análise a esta informação foi possível compilar quais as especiarias utilizadas assim como as suas doses (Tabela 2.1).

De referir que todas as quantidades fornecidas pela *Wish and Cook* foram em volume e não em massa, assim, no decorrer do projeto manter-se-à a utilização do volume para efeitos de medida.

Tabela 2.1: Lista de especiarias e respetivas doses nas receitas pré-definidas.

Especiaria	Estado	Temperatura	Número de Utilizações		Quantidade (cm ³)		
			Sopas	Risotto	Mínima	Média	Máxima
Salsa	Sólido	Ambiente	5	6	0,04	5,58	13,33
Alho	Sólido	Refrigerada	6	8	1,02	3,78	9,18
Chili	Sólido	Ambiente	1	0	8,11	8,11	8,11
Sal	Sólido	Ambiente	6	7	0,11	0,53	2,21
Pimenta	Sólido	Ambiente	8	6	0,04	0,18	0,28
Cominho	Sólido	Ambiente	1	0	1,86	1,86	1,86
Paprika	Sólido	Ambiente	1	1	0,28	7,21	14,14

Esta análise é desde já relevante para começar a perceber quais os problemas que poderão começar a surgir, nesse âmbito os volumes bastante reduzidos certamente serão um dos maiores desafios. Observa-se que a salsa, a pimenta e o sal são as especiarias preponderantes em grande parte das receitas. Aqui surge a particularidade de por vezes a salsa ser apresentada como moída e em outras ocasiões como ramo. Desde logo pode-se dividir as especiarias em 3 grupos distintos:

- Grupo 1: Necessita de moagem (pimenta, sal, ...);
- Grupo 2: Pronta a utilizar (salsa seca, orégãos secos, ...);
- Grupo 3: Necessita de ser cortada (salsa fresca, orégãos frescos, ...).

Por *feedback* passado pela equipa do projeto o objetivo passa por criar uma solução clara, pelo menos, para o Grupo 1 e 2. O Grupo 3 deverá também ser considerado porém continuam a surgir algumas dúvidas se será um Grupo a entrar na secção das especiarias ou na secção dos alimentos (como se tratasse de cogumelos, por exemplo).

2.1.3 Necessidades

Todos nós procuramos por produtos ou serviços de qualidade, mas a definição de qualidade neste contexto pode-se tornar subjetiva.

No senso comum, a palavra qualidade está associada "à ideia de um produto ou serviço que é bem feito, parece bom e desempenha bem a sua função". Um produto de qualidade é visto como algo duradouro e que mantém inatas as suas funções ao longo do seu ciclo de vida. Assim, a qualidade é uma medida essencial da produção que garante que um produto ou serviço atenda aos padrões estabelecidos pelos produtores ou pelos clientes [3].

Do ponto de vista de um negócio, o conceito de qualidade vai estar sempre dependente das decisões do cliente. O cliente será o principal utilizador de um produto e consequentemente será também ele o principal júri. Os fatores que vão definir a qualidade do produto são os fatores que o consumidor achar relevantes para si, isto é, o consumidor associará qualidade a algo que satisfaça as suas necessidades.

Antes de desenvolver um produto é então crucial ouvir o cliente e perceber quais as suas necessidades e expectativas. É importante salientar que nem sempre o cliente se vai expressar de forma clara e explícita, natural pelos próprios consumidores poderem não reconhecer as suas necessidades em concreto. Se por vezes poderão existir requisitos técnicos fáceis de idealizar, noutras situações poderá ser necessário interpretar ideias mais vagas para perceber o cliente [3].

No âmbito deste projeto considera-se que existem dois clientes, um direto (*Wish and Cook*) e outro indireto (o real consumidor da refeição). O contacto com os clientes indiretos foi, naturalmente, feito pela empresa no âmbito do desenvolvimento da sua ideia sendo que para efeitos do projeto o contacto foi maioritariamente com o cliente direto, a *Wish and Cook*.

Em várias reuniões com membros do projeto foram então definidas quais as necessidades a ter em conta para o módulo das especiarias:

- **Sistema escalável:**

Inicialmente este módulo, assim como todos os outros, será utilizado para efeitos de protótipo com receitas pré-definidas. Porém, é pedido que se tenha em conta que chegará o momento da sua comercialização onde o módulo tem de ser capaz de fazer parte de uma solução que se quer o mais otimizada possível.

- **Flexibilidade nos sistemas:**

Pretende-se que o consumidor tenha acesso a uma cozinha o mais flexível possível, isto é, que sinta que tem o máximo de liberdade na confeção do seu prato. Assim, existem desde já dois pontos considerados relevantes:

- variabilidade nas opções de dose (doses mais pequenas ou doses maiores);
- diferentes momentos de depósito (entre início, meio ou fim da confeção).

- **Tempo de utilização do robô:**

Como referido anteriormente, a interação entre os diferentes módulos é feita através de um braço robótico. Havendo já muita atividade para o robô em outros módulos é então pretendido que o seu uso seja minimizado o mais possível. A ter em conta, como necessidade técnica, a carga máxima suportável pelo braço robótico é de 3 kg.

- **Promoção das melhores práticas de culinária:**

Pretende-se que o consumidor tenha o sentimento que está a cozinhar por si, assim, ter práticas usadas nas cozinhas convencionais será sempre uma vantagem. Em concreto, temas abordados foram moer a especiaria só no momento antes da utilização e porventura fazer o armazenamento da especiaria no seu estado mais “fresco”.

2.1.4 Requisitos de Cliente

Por vezes as necessidades poderão ser apresentadas de forma vaga, torna-se importante traduzir estas necessidades para requisitos de desempenho que sejam mais específicos e mensuráveis.

A "Árvore de Necessidades" é uma ferramenta que ajuda a desenvolver sugestões genéricas do cliente em conceitos mais específicos garantindo que todos os aspetos das necessidades dos clientes foram identificados. Inicialmente, deve-se nomear quais as ações críticas para o cliente e para o funcionamento do produto. De seguida, transformam-se as necessidades do cliente em controladores de qualidade, isto é, vemos as necessidades como fatores que o cliente vai usar para avaliar o produto. No final, deve-se identificar quais são então os parâmetros mensuráveis que cada "controlador de qualidade" deve ter para que o cliente venha a ficar satisfeito, são estes parâmetros que permitem realmente "medir" o desempenho e qualidade do produto [3].

No caso do módulo de especiarias, começamos com as ações primordiais que devem ser realizadas (armazenamento, moagem, dosagem, transporte e depósito). Depois juntou-se as necessidades do cliente como controlador de qualidade e por fim chegou-se a certos parâmetros mais específicos para cada uma das ações.

- **Armazenamento**

- fácil acesso para reabastecimento;
- facilidade no escoamento;
- estabilidade do recipiente de armazenamento;
- manter as especiarias no seu “estado fresco”.

- **Moagem**

- interconectividade com outros sistemas (evitar mecanismos complexos);
- versatilidade do sistema (sistema que possa ser usado para o maior número de especiarias possível)

- **Dosagem**

- flexibilidade nas medidas;
- precisão na dosagem;
- versatilidade (sistema que possa ser usado para o maior número de especiarias possível).

- **Transporte**

- precisão do processo (em alguns casos estamos a falar de massas muito pequenas, assim se considerarmos o transporte da especiaria de maneira isolada é necessário ter em conta que poderão existir perdas durante o processo);
- interconectividade com outros sistemas;

- **Depósito**

- precisão no processo (evitar perdas no depósito);
- anti-vapor (caso o depósito seja feito sobre a confeitão do alimento);
- limpeza (caso necessário);

2.1.5 Modelo Kano

Nem todas as necessidades e requisitos do cliente têm igual importância aos olhos do mesmo, porém o cliente poderá não conseguir identificar realmente quais são os requisitos críticos. Assim, após recolher e compreender as necessidades do cliente importa tentar priorizá-las de maneira a ir de encontro com os padrões de satisfação do consumidor. Para ajudar a ter a percepção de quais as necessidades e requisitos prioritários para desenvolvimento do projeto utilizou-se o Modelo Kano [3].

O Modelo de Kano é uma ferramenta útil para classificar e priorizar as necessidades do cliente com base na forma como estas afetam a sua satisfação. Capta a relação não linear entre o desempenho do produto e a satisfação do cliente [3]. Na prática são identificados quatro tipos de atributos do produto (Figura 2.1):

- Básicos/obrigatórios - atributos esperados pelo cliente e quando estão ausentes (ou mal satisfeitos) provocam grande descontentamento;
- Uni-dimensionais - atributos para os quais um melhor desempenho varia proporcionalmente com a satisfação do cliente;
- Atrativos - atributos inesperados pelo cliente mas que podem resultar em grande satisfação se forem disponibilizados;

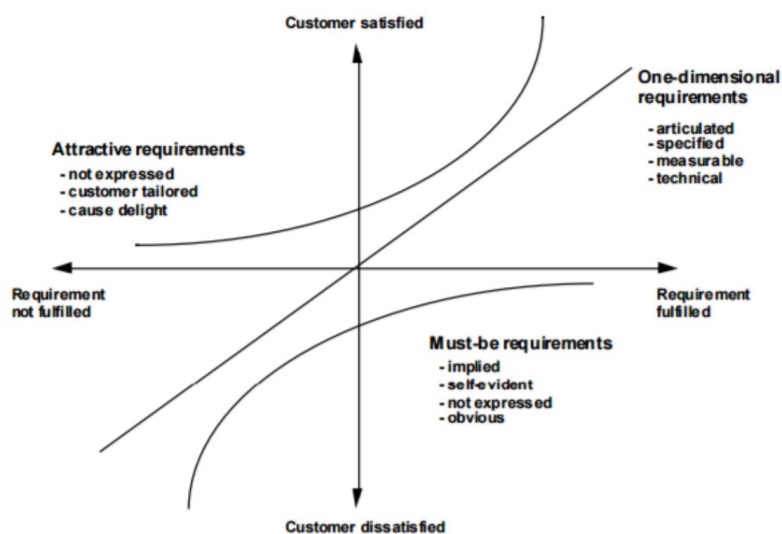


Figura 2.1: Formato geral do Modelo Kano [4].

A categorização das necessidades e requisitos apresentados anteriormente foi feita em reunião com a equipa de projeto e é apresentada na Figura 2.2.

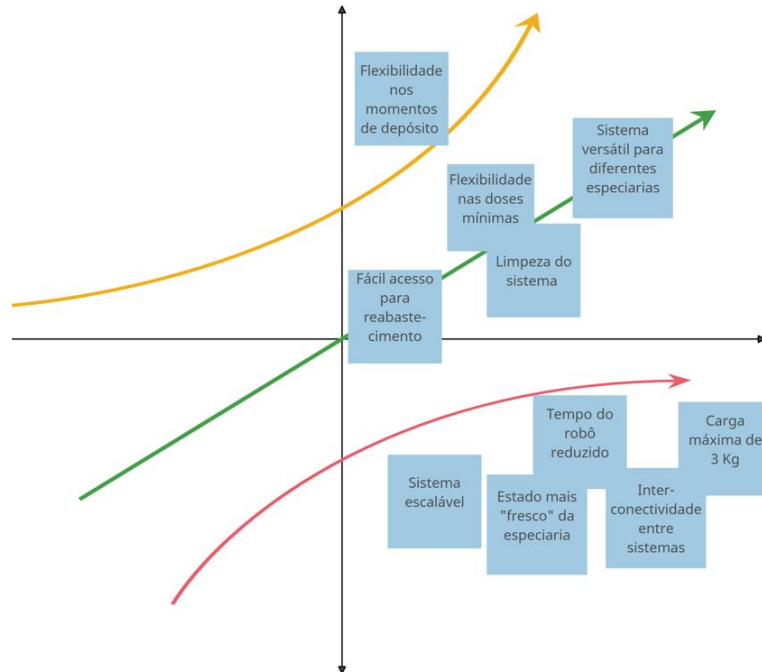


Figura 2.2: Modelo Kano adaptado ao projeto.

2.2 Soluções para Doseadores de Especiarias

A procura de soluções existentes, seja no mesmo ou em mercados diferentes, traz inúmeras vantagens ao projeto de desenvolvimento de um produto.

A análise de competidores ajuda a definir especificações/necessidades alvo, para cada um dos produtos existentes poderá ser feita uma reflexão para perceber que atributos foram bem/mal sucedidos e que poderão ser incorporados/melhorados no nosso produto. É também através desta análise que se pode posicionar o nosso produto no mercado de maneira a que se distinga dos demais.

Noutro âmbito, a análise de produtos da concorrência pode ajudar a ter um ponto de partida, isto é, pode haver o caso de ser vantajoso para o projeto re-aproveitar produtos/ideias já no mercado. No caso específico do nosso produto, existem várias ações completamente distintas, assim este "re-aproveitar" de um produto já desenvolvido para algumas das ações pode realmente vir a ser uma opção.

Na revisão do estado de arte serão apresentados vários produtos já existentes e em cada um deles salientar as ações que se pretende ver no nosso sistema.

De ter em conta que apesar de não ser considerado como uma ação o nosso sistema precisará obviamente de ter um suporte. Assim, durante a revisão também se terá em conta como é que os sistemas são suportados.

A revisão está dividida em duas partes. Inicialmente é ser feita uma revisão com base no produto em si, isto é, serão apresentados vários "produtos completos" e para cada

um deles será abordado quais as ações presentes e os princípios base do funcionamento do produto. De seguida, será feita uma revisão com base em ações específicas, para determinadas ações serão sumariadas soluções que já existam no mercado.

De notar que algumas das soluções apresentadas na segunda parte desta revisão remetem para soluções presentes nos produtos apresentados na primeira parte.

2.2.1 Conceito de Doseador de Especiarias - Solução 1

O utilizador deve abastecer o recipiente e colocá-lo na árvore de suporte (Figura 2.3). Quando se quiser que haja a ação de depósito, deve-se colocar o alimento sobre a mesa e alinhar o dispensador (que estará na árvore de suporte) com o alvo (Figura 2.3). A dispensa poderá ser automática através de sensores que detetem a presença de um objeto (seja o alimento diretamente ou um recipiente [5]. Algumas notas:

- o eixo é rotativo para fazer com que exista uma maior área de uso dos dispensadores (Figura 2.3);
- não existe uma ação de dosagem em concreto, ela pode ser feita pelo utilizador externamente se assim o pretender; [5]
- para dar energia ao motor sugere-se que este esteja diretamente conectado a uma fonte externa; [5]
- o suporte pode estar projetado de baixo para cima ou de cima para baixo. Em ambos os casos há a necessidade de fixar o suporte a uma superfície externa, sugerem-se algumas soluções: parafusos, velcro, apertos magnéticos ou mesmo um cabo suspenso; [5]

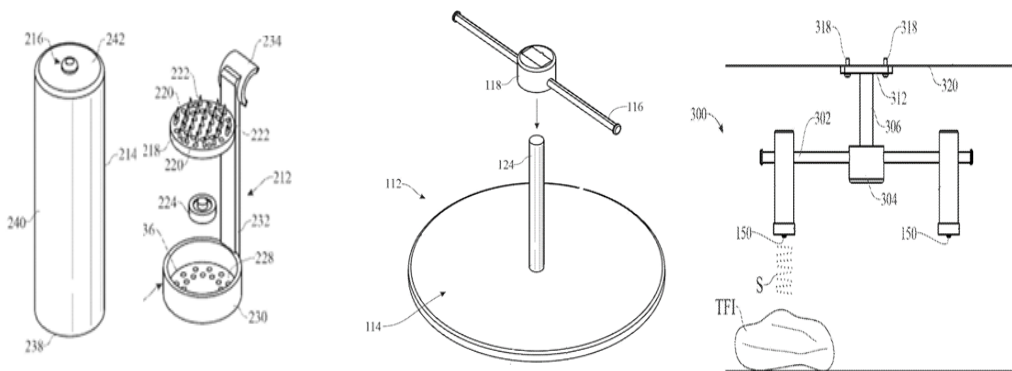


Figura 2.3: Solução no mercado 1. À esquerda o recipiente, ao centro a árvore de suporte, à direita um exemplo representativo do funcionamento do conceito [5].

Tabela 2.2: Solução no mercado 1

Suporte	"Árvore" de suporte rotativa (de maneira a posicionar o dispensador sobre o local correto). Montagem entre árvore de suporte/dispensador através de um gancho.
Armazenamento	Recipiente cilíndrico. Reabastecimento manual.
Moagem	Moedor elétrico.
Dosagem	-
Transporte	Transporte de todo o dispensador por parte do utilizador.
Depósito	Por gravidade. Quando passa pelo moedor a especiaria é diretamente depositada.

2.2.2 Conceito de Doseador de Especiarias - Solução 2

Em termos de utilização esta solução é em todo semelhante à anterior [5]. O que difere será:

- em vez de um perfil vertical temos agora um perfil horizontal. O acesso ao local de armazenamento pode ser feito através de uma tampa ou de uma peça removível. No caso da peça removível, esta deverá ser posteriormente ajustada com outra tampa (Figura 2.4);
- há a hipótese de ter um controlador num dos topos do dispensador para, por exemplo, controlar o tamanho de grão a dispensar ou alterar entre um modo automático (com os respetivos sensores) ou manual;
- existe tanto no suporte como no dispensador um local pensado para haver a conexão a uma fonte externa de energia;
- no suporte, os braços verticais devem ser ajustáveis para permitir o ajuste da distância dos dispensadores aos alimentos (Figura 2.5).

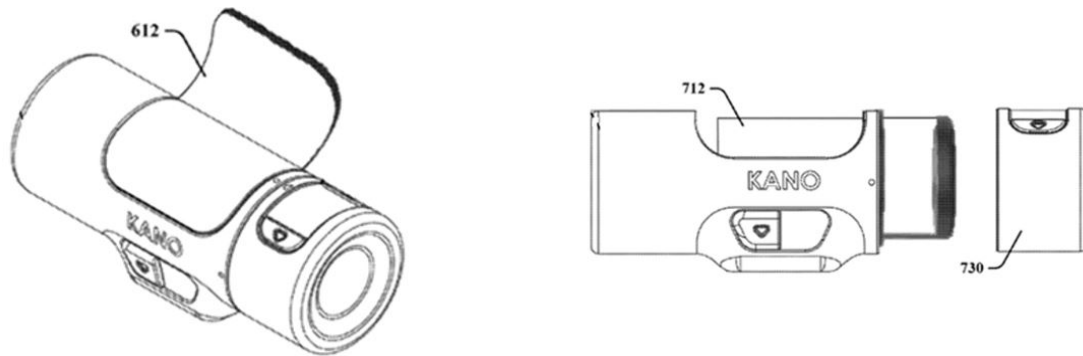


Figura 2.4: Solução no mercado 2. À esquerda acesso ao armazém através de uma tampa, à direita acesso por peça removível [5].

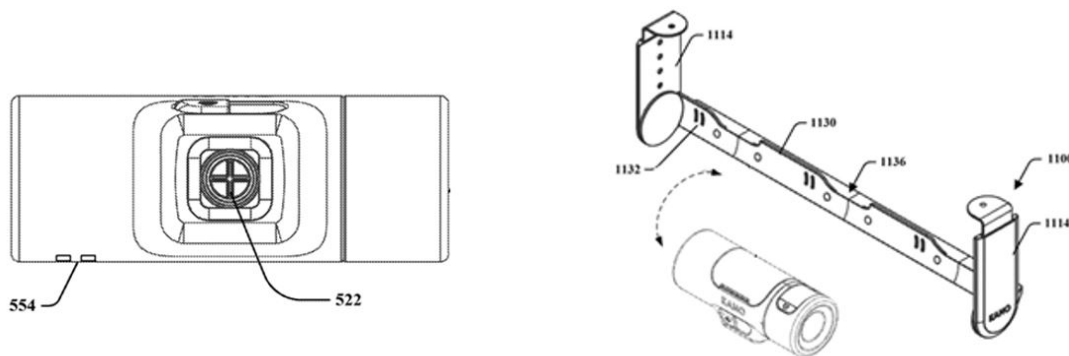


Figura 2.5: Solução no mercado 2. À esquerda local de dispensa, à direita o suporte [5].

Tabela 2.3: Solução 2

Suporte	Montagem entre árvore de suporte/dispensador através de um gancho.
Armazenamento	Recipiente cilíndrico com acesso por tampa ou por encaixe. Reabastecimento manual.
Moagem	Grinder elétrico.
Dosagem	-
Transporte	Transporte de todo o dispensador por parte do utilizador.
Depósito	Por gravidade. Quando passa pelo moedor a especiaria é diretamente depositada.

2.2.3 Conceito de Doseador de Especiarias - Solução 3

Nesta solução [5] o dispensador está equipado com um moedor elétrico. Para haver dispensa o utilizador deve transportar todo o equipamento (Figura 2.6) até ao local pretendido e depois premir um botão para que haja dispensa. O que torna esta solução mais relevante é a sua conexão ao suporte através de um íman (Figura 2.6).

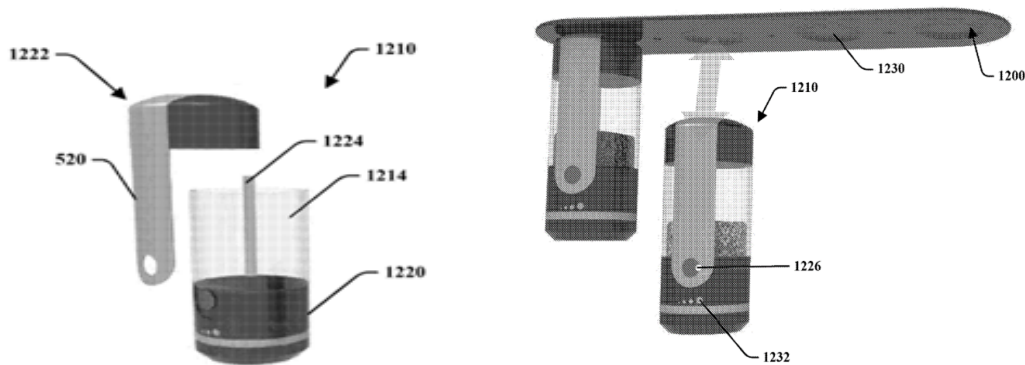


Figura 2.6: Solução no mercado 3. À esquerda o dispensador móvel, à direita suporte por íman [5].

Tabela 2.4: Solução no mercado 3

Suporte	Montagem entre suporte/dispensador feita através de íman.
Armazenamento	Recipiente cilíndrico com tampa por encaixe. Reabastecimento manual.
Moagem	Moedor estilo <i>Pepper Mill</i> .
Dosagem	-
Transporte	Transporte de todo o dispensador por parte do utilizador.
Depósito	Por gravidade. Quando passa pelo moedor a especiaria é diretamente depositada.

2.2.4 Conceito de Doseador de Especiarias - Solução 4

Esta solução não é de todo automatizada, porém, é interessante por ser um conceito diferente de todos os outros.

Nesta solução é sugerido que se use o recipiente original da especiaria (imagine-se, nos frascos de supermercado) sendo que o conceito de doseador está numa tampa que se deve colocar sobre os frascos originais. Colocada a tampa (Figura 2.7), o utilizador pode escolher uma medida de acordo com os diferentes volumes disponíveis (existem 3 volumes pré-estabelecidos). De seguida, deve virar o recipiente de forma a encher o volume pré-estabelecido, após encher o volume deverá rodar a tampa para guardar a dose noutra compartimento. Por fim, tendo a dose guardada, poderá dispensá-la quando quiser retirando a tampa superior [6].

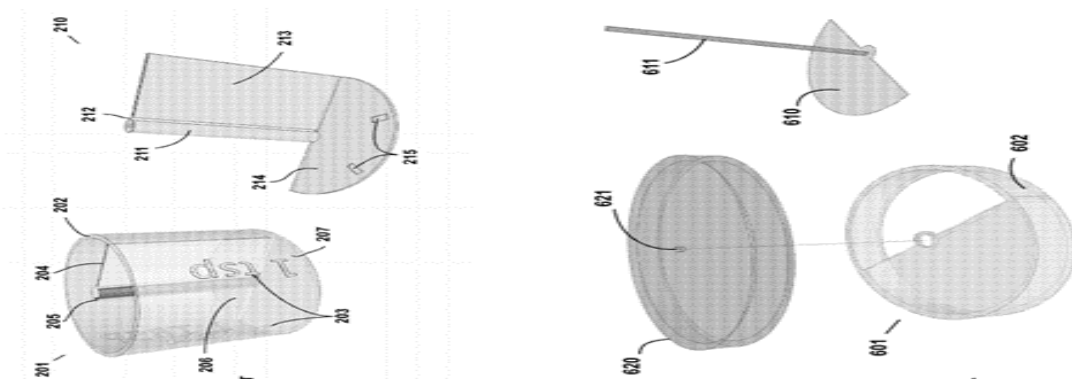


Figura 2.7: Solução no mercado 4. À esquerda componentes para limitar o volume, à direita restantes componentes do sistema [6]

Tabela 2.5: Solução no mercado 4

Suporte	-
Armazenamento	São utilizados recipientes originais da especiaria.
Moagem	-
Dosagem	Tampa ajustável.
Transporte	-
Depósito	Por gravidade. Necessidade de utilizador.

2.2.5 Produto TasteTro

A dispensa das especiarias é feita de forma autónoma, mas não o seu reabastecimento (Figura 2.8). O utilizador pode através de um *display* escolher quantas doses quer de cada especiaria, de seguida, o sistema irá ajustar a posição (movimento rotacional) da respetiva especiaria com a gaveta (apenas existe uma gaveta) para fazer a sua dispensa (Figura 2.9) [7].

Visto que o reabastecimento tem de ser manual é aconselhada a identificação de cada uma das slots, para isso são apresentadas 3 opções:

- identificação das slots com um sticker, o utilizador iria ter que ter em atenção qual a slot onde colocar o recipiente; [7]
- recipientes com encaixes/formatos diferentes para cada uma das especiarias; [7]
- presença de um sistema de código de barras (ou tecnologia semelhante), neste caso o sistema iria reconhecer qual a especiaria independentemente da sua posição facilitando a tarefa ao utilizador. [7]

Vários mecanismos são apresentados para a gaveta (em ambos os casos pode ser usada uma mola para manter a gaveta numa posição específica), entre eles: motor de engrenagem e parede inclinada. [7]



Figura 2.8: Produto e recipientes da TasteTro [7].

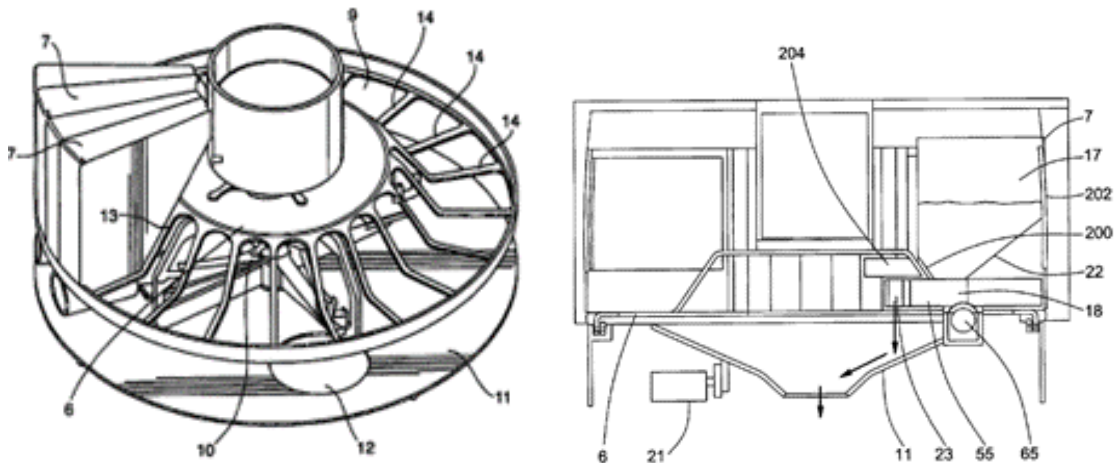


Figura 2.9: Interior da TasteTro [7].

Tabela 2.6: TasteTro

Suporte	<p>Suporte circular com várias slots para diferentes especiarias.</p> <p>Slot específica para cada especiaria (produto pré-programado).</p>
Armazenamento	<p>Recipiente transparente para que se possa observar o nível de armazenamento.</p> <p>Para favorecer a dispensa o recipiente tem uma superfície inclinada.</p> <p>Reabastecimento manual.</p>
Moagem	-
Dosagem	<p>Gaveta com tamanho fixo.</p> <p>Sistema de uma gaveta para dosear uma quantidade pré-definida de especiarias (de acordo com o volume da gaveta).</p> <p>Vários mecanismos são apresentados para a gaveta.</p>
Transporte	-
Depósito	<p>Através de um funil único para todas as slots.</p> <p>Este funil deve ser de um material com baixo coeficiente de atrito.</p> <p>Motor de vibração para favorecer o escoamento das especiarias.</p>

2.2.6 Produto *InSeason Server*

Para usar este produto o utilizador deve abastecer o sistema e de seguida apenas tem de “premir” a gaveta para depositar a quantidade de especiarias pré-definida (Figura 2.10). Como solução completamente manual, o mecanismo da gaveta é apenas uma mola para manter a gaveta na posição de “dispensa” e o utilizador é que deve manter a gaveta fechada para o doseamento. [8] [9]

A salientar que são apresentados um sistema para ambientes frios e outro sistema para ambientes quentes, sendo a diferença o tratamento do material do recipiente [8].



Figura 2.10: InSeason Server [8] [9].

Tabela 2.7: InSeason Server

Suporte	Unidade única.
Armazenamento	Recipiente cilíndrico. Reabastecimento manual.
Moagem	-
Dosagem	Várias gavetas com tamanhos fixos.
Transporte	-
Depósito	Por gravidade. Necessidade de utilizador. Duas opções: "Drop" ou "Spread".

2.2.7 Sistema de Doseamento *Lock-N-Load* [10]

Esta solução é usada na dispensa de pólvora para o carregamento de armas. O utilizador deve rodar o manípulo exterior para virar o volume ao contrário e assim fazer o depósito para um recipiente externo (Figura 2.10). Para alterar o volume pretendido o utilizador deve mudar a peça que define esse volume (Figura 2.11), porém, parece que poderá ser possível automatizar esse processo usando, por exemplo, um parafuso roscado [11].

Figura 2.11: Sistema de Doseamento *Lock-N-Load* [11].

Tabela 2.8: Lock-N-Load.

Suporte	Aparafusado a superfície exterior.
Armazenamento	Recipiente cilíndrico. Reabastecimento manual.
Moagem	-
Dosagem	Várias gavetas com tamanhos fixos.
Transporte	-
Depósito	Por gravidade. Necessidade de utilizador.

2.2.8 Conceito *Spizio*

O utilizador escolhe qual a especiaria e qual a quantidade (dentro de algumas quantidades pré-estabelecidas) através de um display recebendo depois o pedido num recipiente que deve colocar no local de depósito. Cada um dos recipientes tem o seu próprio fuso, estando todos os fusos centrados por cima do local de depósito (Figura 2.12). Aparenta haver algumas peças extra para garantir a estabilidade de cada um dos recipientes [12].

Figura 2.12: Conceito *Spizio* [12].

Tabela 2.9: Conceito *Spizio*

Suporte	Suporte circular com várias slots para diferentes especiarias. Slot específica para cada especiaria (produto pré-programado).
Armazenamento	Recipiente cilíndrico. Reabastecimento manual.
Moagem	-
Dosagem	Fuso.
Transporte	-
Depósito	Por gravidade. Todos os fusos estão centrados por cima de um recipiente.

2.2.9 *Cuisinart Spice Mill*

O utilizador abastece os locais de armazenamento, de seguida basta premir um botão para que o moedor comece a trabalhar e assim efetuar o depósito [13].



Figura 2.13: *Cuisinart Spice Mill* [13].

Tabela 2.10: Cuisinart Spice Mill

Suporte	Suporte para peça única. Suporte como local de carregamento da bateria.
Armazenamento	Dois espaços para armazenamento. Reabastecimento manual.
Moagem	Moedor estilo “Pepper Mill”.
Dosagem	Tampa com tamanho específico.
Transporte	Caso seja usada a tampa, transporte manual da tampa.
Depósito	Por gravidade. Através da diferença de tamanho dos grãos.

2.2.10 Sistemas de Moagem

Nem todos os produtos apresentados continham um sistema de moagem. Sendo uma ação crucial surgiu a necessidade de rever quais os sistemas independentes de moagem que existem atualmente tendo-se chegado a 3 conceitos diferentes (Figura 2.14).



Figura 2.14: Diferentes soluções para Moagem. Da esquerda para a direita: *Grinder* [14], *Triturador* [15], *Pepper Mill* e respectivo mecanismo [16].

2.2.11 Sistemas de Transporte de Especiarias

Em qualquer uma das soluções apresentadas anteriormente não existe um transporte de forma autónoma pelo sistema, em todas elas é necessário um utilizador para o transporte. No caso deste projeto, este transporte vai ter que existir de forma autónoma e através do braço robótico.

No entanto, repara-se que existe dois conceitos diferentes para o transporte. Em alguns casos, todo ou parte do sistema é transportado para o local onde se pretende fazer o depósito, ou seja, estamos perante um sistema móvel. Noutros casos, o depósito é realizado para um recipiente independente ao sistema com o qual o utilizador vai transportar as especiarias, estamos então perante um sistema fixo.

Tabela 2.11: Tipos de Sistemas de Transporte presentes nos itens revistos.

	Sistema Fixo + Recipiente	Sistema Móvel
Solução 1	X	
Solução 2	X	X
Solução 3		X
Dispensador 2		X
TasteTro	X	
InSeasonServer		X
Lock-N-Load	X	
Spizio	X	
CuisinArt		X

2.2.12 Sistemas de Depósito

Assim como no sistema de transporte, os produtos apresentados não têm também um transporte automatizado. Se nos focarmos na ação de depósito de especiarias e problemas inerentes ao mesmo, deteta-se que apenas em cozinhas robóticas é que estes são completamente replicados. Posto isto, nesta fase da revisão a pesquisa serve para perceber como é que cozinhas robóticas lidam com esta situação.

Tabela 2.12: Soluções de depósito em robôs de cozinha.

Moley [17]	Depósito das especiarias antes de ser colocada água na receita. Aparenta haver água "temperada" a ser depositada na panela.
Samsung Bot Chef [18]	Depósito de especiaria é feito fora do local de confeção da comida.



Figura 2.15: Cozinha "Moley"[17].



Figura 2.16: Cozinha "Samsung Bot Chef"[18].

Capítulo 3

Desenvolvimento do Conceito

Neste capítulo, será apresentado e explicado o conceito de todo o módulo de especiaria. Irá ser apresentada desde a ideia base e algumas das suas iterações cruciais para chegar ao conceito final.

3.1 Gerar Conceito

Após ter já as necessidades estabelecidas e tendo em conta o que já se faz no mercado chega a altura de definir um conceito que se adegue ao projeto pedido.

Antes de começar a definir formas e geometrias a prioridade passa por estabelecer qual a ordens das ações, isto é, se naturalmente a ação de armazenamento vai ser a primeira e a de depósito a última, qual a ordem das ações intermediárias (moagem, dosagem e transporte). Depois de haver uma ordem definida seguir-se-á então a escolha dos conceitos para cada uma das ações individualizadas.

Assim, o processo de gerar o conceito estará dividido em 4 fases diferentes:

- **1ª Fase:** Relativamente à ordem das ações, estudar e agrupar as diferentes sequências possíveis.
- **2ª Fase:** Definir qual a sequência de ações final em reunião com a equipa do projeto.
- **3ª Fase:** Relativamente ao conceito individual de cada uma das ações, abordar as diferentes hipóteses para cada uma delas.
- **4ª Fase:** Definir qual os conceitos adequados para cada uma das ações em reunião com a equipa do projeto.

3.1.1 Estudo da sequência de ações (fase 1)

De seguida, é apresentado um gráfico com as sequências possíveis para o projeto, em cada uma das passagens são apresentadas as necessidades que poderão estar em causa nessa passagem (Figura 3.1 e Figura 3.2). A cor verde surgirá caso não haja nenhum entrave enquanto a cor amarela surge para ter em atenção algum "contra" que possa advertir dessa passagem.

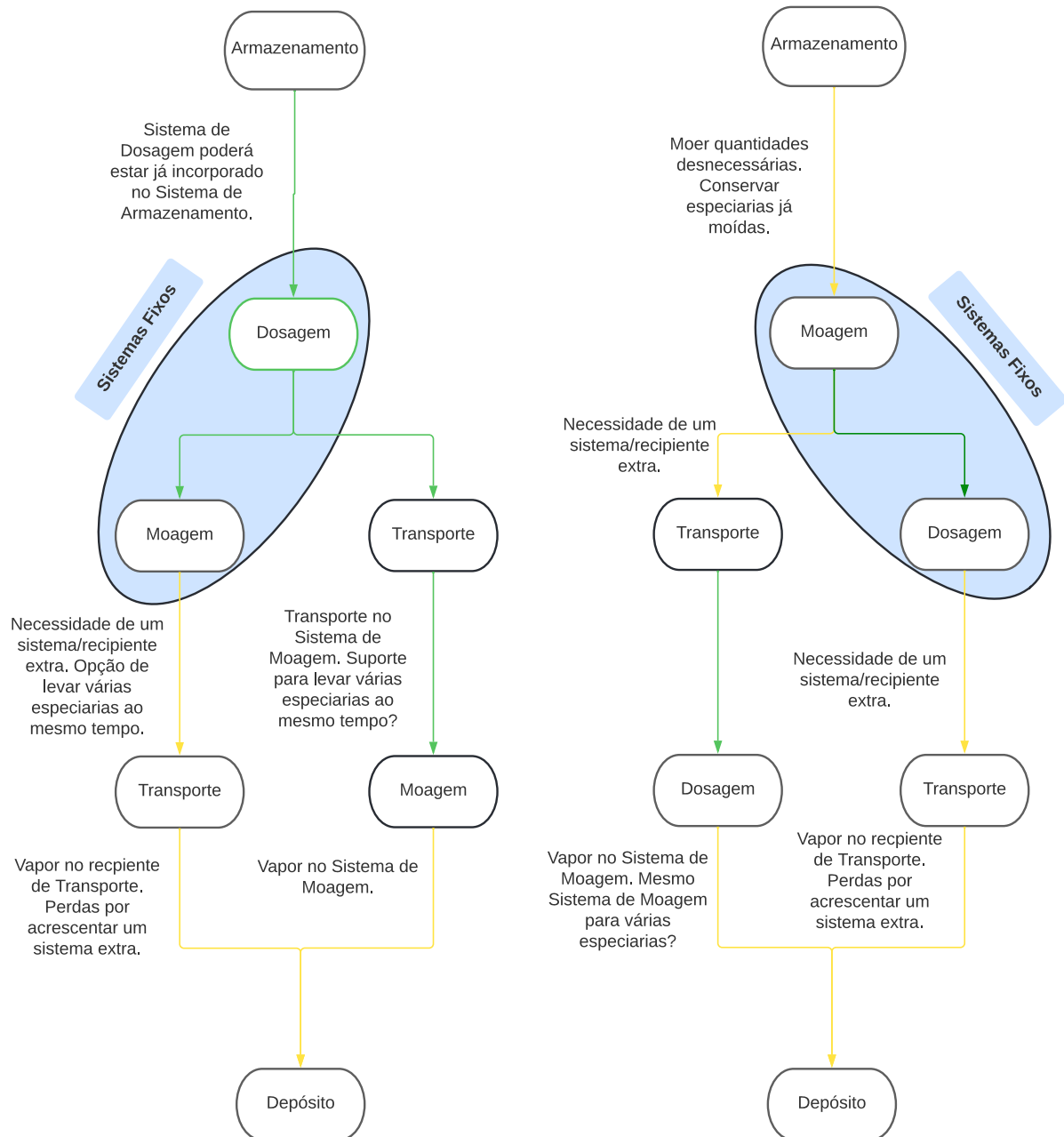


Figura 3.1: Diagrama de ações previstas para o sistema.

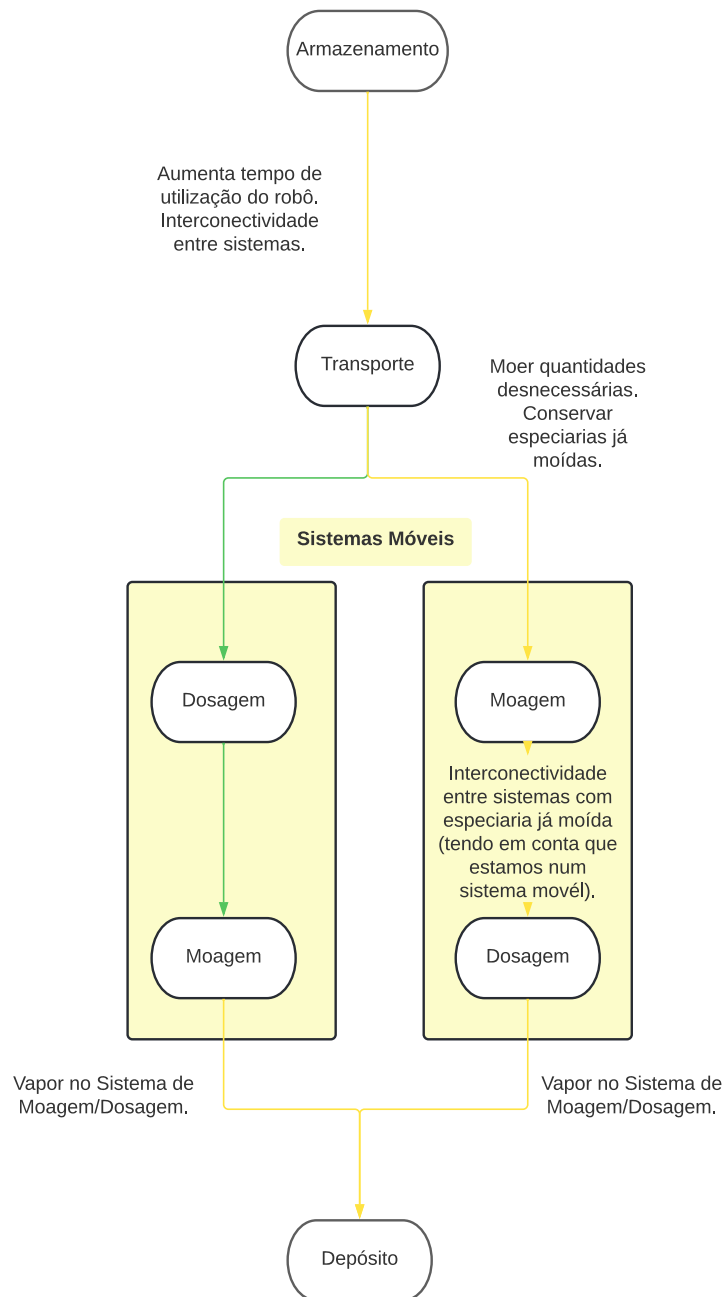


Figura 3.2: Continuação do diagrama de ações previstas para o sistema.

3.1.2 Seleção da sequência de ações (fase 2)

A sequência de ações foi estabelecida por Armazenamento - Moagem - Dosagem - Transporte - Depósito, por decisão da equipa de projeto. Nestas escolhas foi tido em conta a classificação e priorização das necessidades estabelecidas no Modelo Kano apresentado no capítulo referente ao estado da arte. De salientar também que as ações acabaram por ser divididas em duas fases/módulos independentes. Vai existir uma parte fixa do sistema que deverá contemplar as ações de armazenamento, moagem e dosagem, de seguida, deverá então haver uma parte móvel que se será transportada para haver o depósito. Esta divisão acaba por, de certa forma, facilitar futuros testes de protótipo, visto que se podem desenvolver os dois módulos em paralelo e fazer os seus testes separadamente antes de os interligar.

De seguida são apresentados os argumentos para as várias decisões tomadas:

- **Transporte como penúltima ação:**

Analisando o diagrama (Figura 3.2) a primeira decisão passa por deixar o transporte para o fim, tomando assim como caminhos iniciais Armazenamento-Dosagem-Moagem-Transporte ou Armazenamento-Moagem-Dosagem-Transporte (Figura 3.1).

Esta opção prende-se essencialmente por duas razões:

- reduzir o tempo de utilização do robô: podem ser realizadas as ações de moagem e dosagem sem necessidade de estar a haver utilização do robô;
- em caso de expansão do sistema, evitar problemas futuros como termos um sistema demasiado pesado para o robô (limite de 3 kg).

- **Moagem pré Dosagem:**

Antes de mais relembrar que nem todas as posições necessitarão de ter a ação de moagem, porém, nas que necessitarem, esta ação deverá preceder a ação de dosagem.

A escolha da moagem pré dosagem deve-se essencialmente:

- Maior gama de dosagens: tendo os grãos moídos naturalmente poderemos ter uma maior gama de doses e uma medição mais precisa;
- Processo mais rápido por permitir ter "compartimento de espera": caso a dosagem fosse a primeira ação iria sempre ser necessário receber o *input* antes de começar a realizar qualquer ação, tendo a moagem como primeira ação poderemos ter já algumas doses pré-moídas (sempre tendo em atenção a necessidade de conservar a especiaria no seu estado fresco) e assim poupar algum tempo quando os pedidos forem extensos.

De salientar que aquando do desenho de conceito será necessário orientar as especiarias moídas para o seu local de doseamento de maneira eficaz.

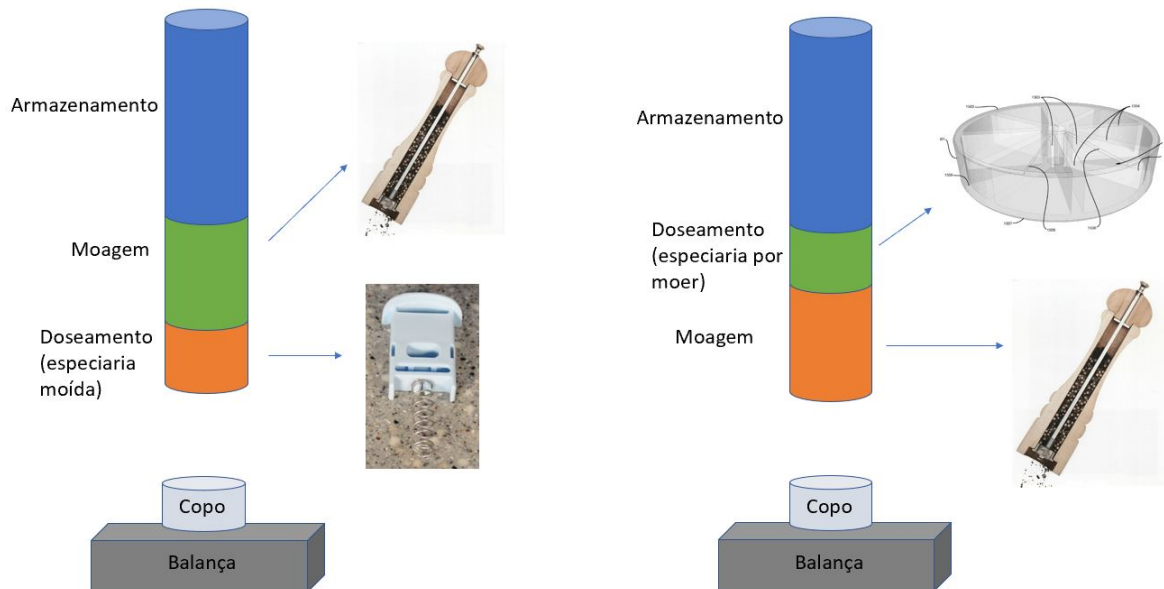


Figura 3.3: Estruturas sugestivas das duas opções.

3.1.3 Estudo dos conceitos individuais (fase 3)

Tendo um conceito geral definido importa agora observar cada uma das ações individualmente e perceber quais as soluções que vão de encontro com as especificações individuais de cada uma das ações. Para isso serão apresentadas tabelas com as diferentes soluções para cada uma das ações de maneira a facilitar a sua comparação.

- **Dosagem e Moagem:**

Começando com as ações de dosagem e de moagem, com base no estado de arte revisto, existem várias abordagens de conceito que podem ser aplicadas aos sistemas (Figura 3.4).

Importa desde já referenciar que a hipótese de colocar uma célula de carga por baixo do sistema dosagem poderá trazer grandes vantagens. Com esta célula de carga é possível receber *feedback* do nosso sistema, isto irá permitir tanto a aferição do sistema de dosagem como a diminuição do erro e aumento da precisão de quando o produto for comercializado.

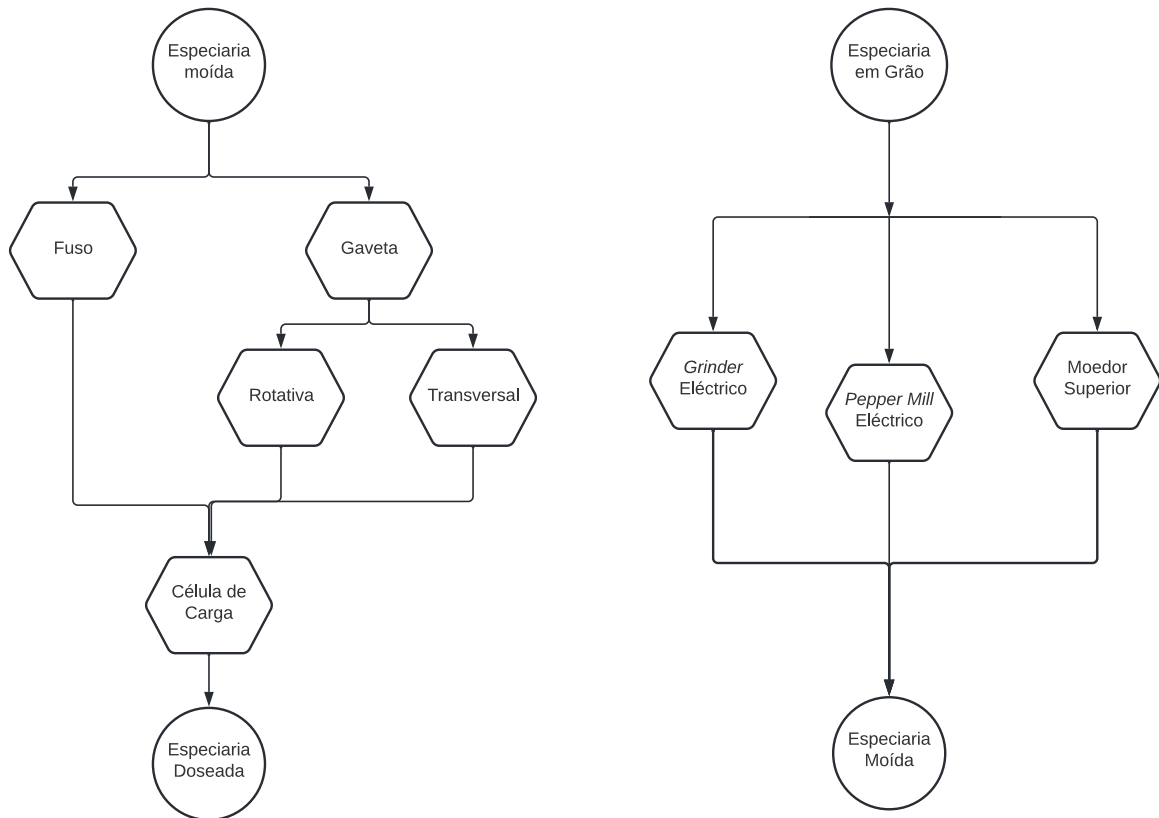


Figura 3.4: Tipos de solução para Dosagem (à esquerda) e Moagem (à direita) das especiarias.

3.1.4 Seleção dos conceitos individuais (fase 4)

- **Suporte:**

Apesar de não ser considerada uma ação, é naturalmente necessário definir um conceito para a estrutura de suporte do sistema. À cabeça surgem logo duas opções possíveis: um suporte de género de parede ou um suporte circular.

A opção passou por um suporte que seja circular, esta escolha baseia-se nos seguintes pontos:

- pretende-se que o sistema seja capaz de se "alimentar" a ele próprio e por isso a opção de um suporte circular é a mais fácil de implementar;
- em jeito de incorporação na cozinha, um suporte circular ocupará menos espaço na lateral do pórtico, o que devido à possível otimização do espaço é também uma grande vantagem.

Dentro destas duas condições continuam a existir duas configurações possíveis para o suporte circular, isto é, ter o seu depósito centrado (Figura 3.5) ou na sua parte exterior (Figura 3.6).



Figura 3.5: Depósito central [12].



Figura 3.6: Depósito exterior [7].

No caso do depósito centrado não é necessário haver uma rotação para a realimentação, contudo iria dificultar muito o acesso ao robô. Posto isto, o depósito a usar no suporte deve estar no exterior da peça para permitir uma rotação (seja do suporte ou da mesa) até ao local desejado.

- **Solução de Dosagem:**

A solução a utilizar será com base no conceito da gaveta. Tal deve-se essencialmente a esta solução garantir um sistema mais preciso que o fuso, principalmente quando estamos a falar de volumes tão pequenos.

O fuso até poderia permitir uma maior flexibilidade nas medidas, porém, com as gavetas também é possível satisfazer minimamente essa necessidade (criando doses base) sem comprometer a precisão do sistema.

Como se observa na Figura 3.4 existem duas hipóteses a utilizar, no sistema será usado uma gaveta rotativa. Um modelo rotativo poderá ser ligeiramente mais complexo no seu mecanismo que uma gaveta transversal, porém a facilidade que tem em fazer doses repetidas num menor espaço de tempo é determinante para a escolha.

Tendo a gaveta rotativa tem que se garantir uma correta orientação dos grãos moídos para a gaveta, para além disso, a gaveta poderá vir a necessitar de manutenção/limpeza esporádica para que continue a funcionar na sua perfeição.

- **Solução de Moagem:**

O *Pepper Mill* é a tecnologia pensada para este projeto, apesar de existirem outras soluções o *Pepper Mill* demonstra claramente ser a opção mais versátil e eficaz quando falamos de grãos de especiarias.

Devido a existir já no mercado uma grande variedade de *Pepper Mill*'s, não fazia sentido estar a desenvolver um de raiz. Fazê-lo ia eventualmente gerar mais custos, e ainda mais relevante, atrasar o processo de desenvolvimento do sistema desnecessariamente. Assim, a opção passou por procurar um *Pepper Mill* no mercado, para processo de escolha foram definidos os seguintes parâmetros como os adequados para o projeto:

- Ser um aparelho elétrico. Preferencialmente com a possibilidade de estar ligado à corrente para evitar que tenha de ser trocada a sua bateria regularmente.
- Armazém "por cima" do mecanismo de motor. Por norma, os *Pepper Mill* estão orientados com motor - armazém - depósito, porém não é este o modelo pretendido. O modelo que se pretende deve estar organizado com armazém - motor - depósito para que possa ser colocado no nosso sistema sem comprometer a sua modularidade (evitar que se tenha que colocar algo por cima do nosso armazém).
- Possibilidade de "desacoplar" o armazém do motor. Esta função é relevante para que seja possível depois acoplar o *Pepper Mill* ao nosso armazém mais facilmente.

Com base nestas especificações foi adquirido um *Pepper Mill* da marca *Oyxon*. Das três especificações apresentadas em cima, a única que não é completamente realizada é que, apesar de elétrico, o *Pepper Mill* é alimentado por 3 pilhas AAA (4,5 V). Esta situação não é muito problemática, exige é que posteriormente as ligações sejam re-adaptadas de pilhas para ligação elétrica.

O *Pepper Mill* é composto por 3 corpos distintos: armazém, corpo central e revestimento do corpo central. O encaixe entre o armazém e o corpo central é roscado enquanto o revestimento do corpo central tem um encaixe rotativo. No corpo central encontra-se o mecanismo de moagem, este mecanismo é ativado através de um sensor de gravidade, isto é, quando o *Pepper Mill* é virado o sensor ativa-se e consequentemente o mecanismo liga-se. Na extremidade de depósito existe um aperto manual para determinar o tamanho dos grãos a depositar, para além disso, na mesma extremidade o *Pepper Mill* está também equipado com duas lâmpadas LED.

Para o projeto será utilizado todo o corpo central e o respetivo mecanismo de moagem. As lâmpadas LED não serão necessárias, em relação ao sensor de gravidade o mesmo deverá ser retirado e substituído para um sensor que vá ao encontro ao que o sistema necessitar.



Figura 3.7: À esquerda, *Pepper Mill* orientado com motor - armazém - depósito [19]. À direita, armazém - motor - depósito [20].

Figura 3.8: *Pepper Mill* adquirido [21].

3.2 Evolução e Apresentação Conceptual do Conjunto

3.2.1 Módulo de Suporte - Mesa

Depois de ter as sequências e os conceitos individuais definidos começou-se então a projetar o sistema como um todo. Na primeira abordagem (Figura 3.9) a ideia passava por ter uma mesa fixa com apenas um local para depósito. Nesse local de depósito deveria existir um copo e uma balança, balança esta que permitiria ter o *feedback* da dosagem. Nesta solução, o suporte deveria vir a ser rotativo com o motor a ficar por debaixo da mesa.

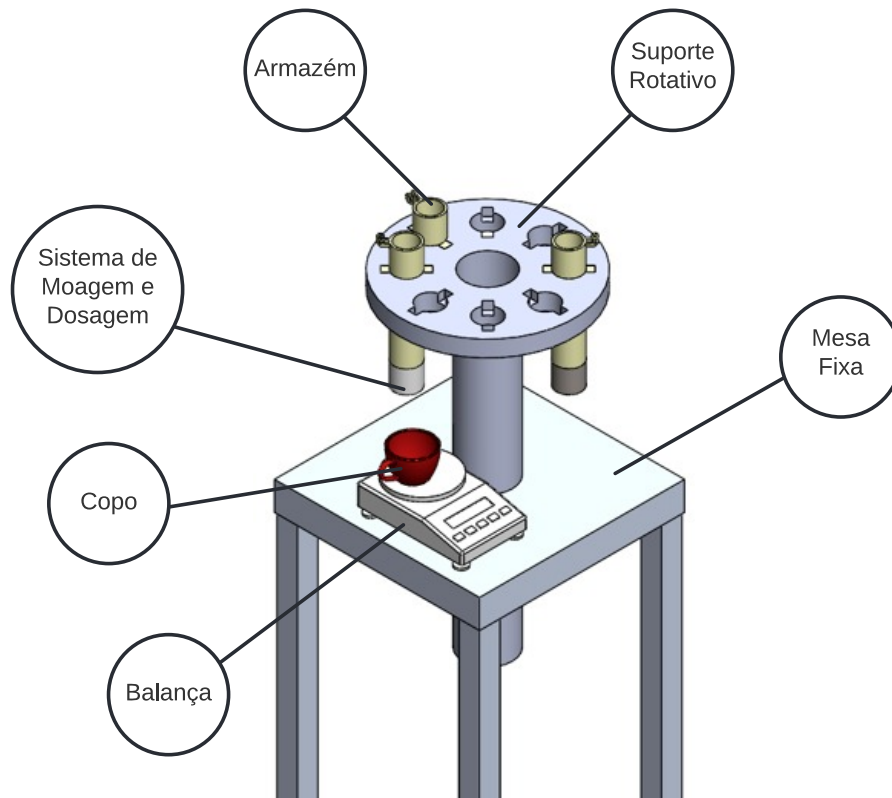


Figura 3.9: Conceito inicial para o Conjunto Suporte - Mesa.

Numa fase intermédia do desenvolvimento do conceito (Figura 3.10) optou-se por retirar a rotação do suporte e passá-la para a mesa. Esta opção baseou-se sobretudo na possibilidade de tornar possível existirem mais copos com fácil acesso ao robô. Havendo mais copos com acesso, podem existir mais ações de moagem/dosagem a decorrer ao mesmo tempo. Estruturalmente, esta opção exige uma mesa/prateleira fixa e onde assentar a mesa rotativa e o suporte. Naturalmente, assim como o suporte, a mesa deverá também ter uma estrutura circular.

Nesta altura do projeto o suporte mantinha-se com o seu apoio central que passaria tanto pela mesa rotativa como pela mesa fixa. De maneira a manter o suporte com o seu apoio central, o motor teria de estar desalinhado do centro da mesa. Assim, existiria um motor na lateral da mesa fixa que transmitiria a sua potência através de um par de polias e de uma correia dentada.

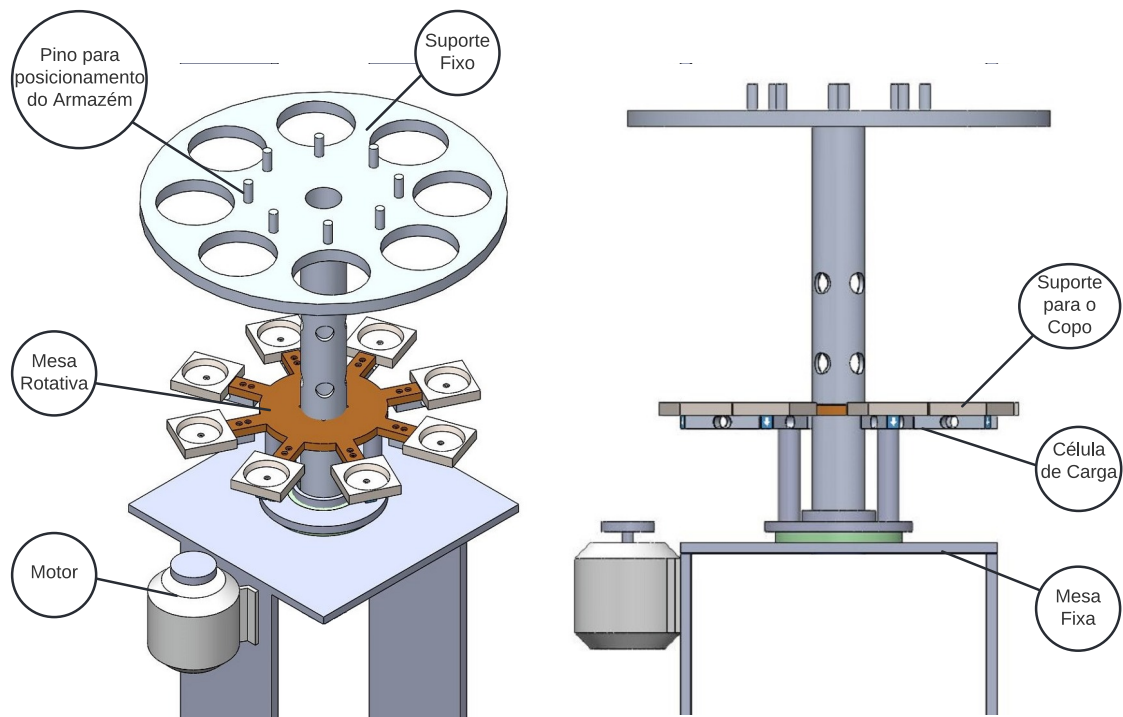


Figura 3.10: Conceito intermédio para o Conjunto Suporte - Mesa.

Para o conceito final foram feitas algumas alterações. o Suporte mudou a sua posição de fixação, isto é, deixou de ter o seu apoio centrado e passou a ficar desviado da Mesa Rotativa. Esta solução permite ter um acoplamento direto Motor - Veio - Mesa Rotativa abandonando-se a ideia de transmissão de potência por polias e correia. Com este desvio o Suporte é agora apoiado por três perfis de alumínio em três posições distintas (Figura 3.11).

Em relação ao sub-sistema Motor - Mesa Rotativa, foram colocados 2 Casquilhos para garantir a rigidez do veio, para fixar o Veio à Mesa Rotativa usa-se um Mancal Flangeado. O Motor estará fixo por baixo da Prateleira. Para fixar o Veio e os Casquilhos está uma Bolacha presa à Prateleira (Figura 3.12).

A Mesa Rotativa também sofreu alterações retirando-se os cantos para que ficasse mais estável e também para reduzir possíveis locais de armazenamento de sujidade.

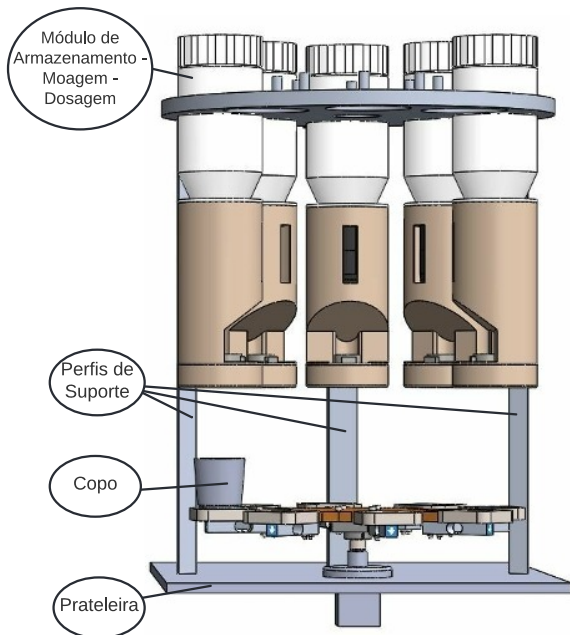


Figura 3.11: Vista do sistema final.

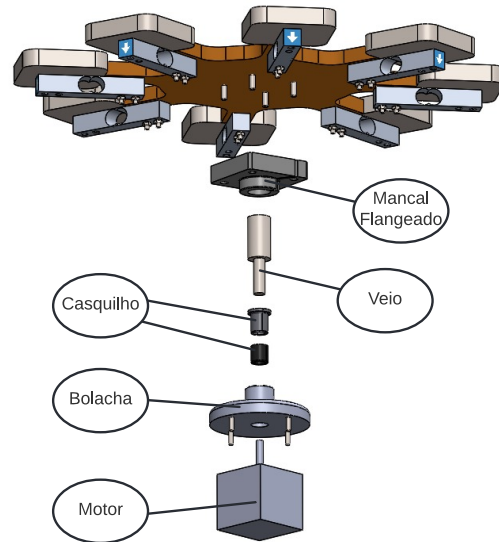


Figura 3.12: Vista explodida do subsistema Motor - Mesa Rotativa (a Prateleira está oculta para facilitar visualização).

3.2.2 Módulo de Armazenamento - Moagem - Dosagem

Este sistema foi desenvolvido em paralelo com a estrutura da mesa e de suporte. Os conceitos utilizados foram os definidos no capítulo referente ao estado da arte.

As especiarias deverão ser colocadas, por moer, no Armazém. Quando for a altura de iniciar a moagem, deverá ser ativado o *Pepper Mill*. Ao serem moídas as especiarias vão ser encaminhadas para o Disco Doseador, este disco estará furado de acordo com as doses mínimas para cada especiaria. De forma a encher e depositar as especiarias, o Disco estará acoplado com um Motor de passo que fará o Disco rodar e "encher-se" de um lado e depositar do outro, isto é, de um lado os furos estarão a receber especiarias moídas pelo *Pepper Mill* e do outro lado estarão a depositá-las nos copos.

Para garantir que de um lado haverá o "enchimento" e do lado oposto haverá o depósito foi criada uma peça com a função de orientar o sistema corretamente.

O mesmo conceito poderá ser utilizado para especiarias que não necessitem de ser moídas bastando para isso retirar o *Pepper Mill* do módulo.

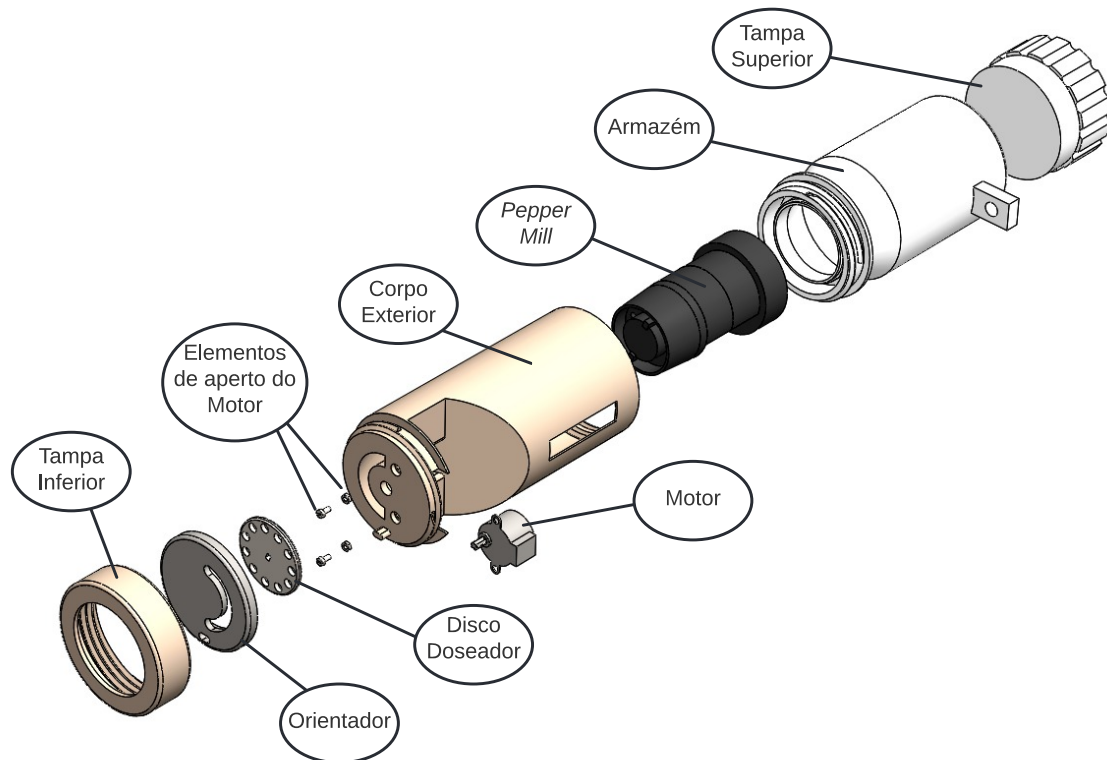


Figura 3.13: Vista explodida do Módulo de Armazenamento - Moagem - Dosagem.

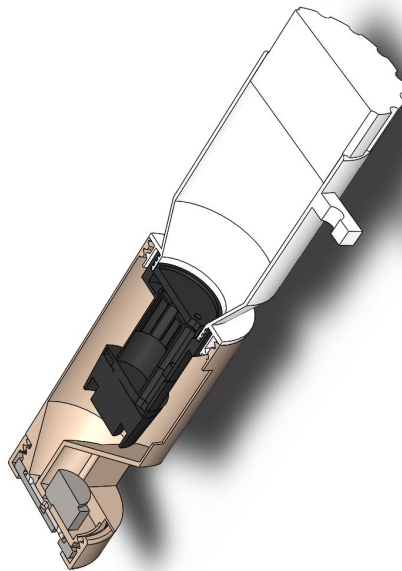


Figura 3.14: Vista cortada do Módulo de Armazenamento - Moagem - Dosagem.

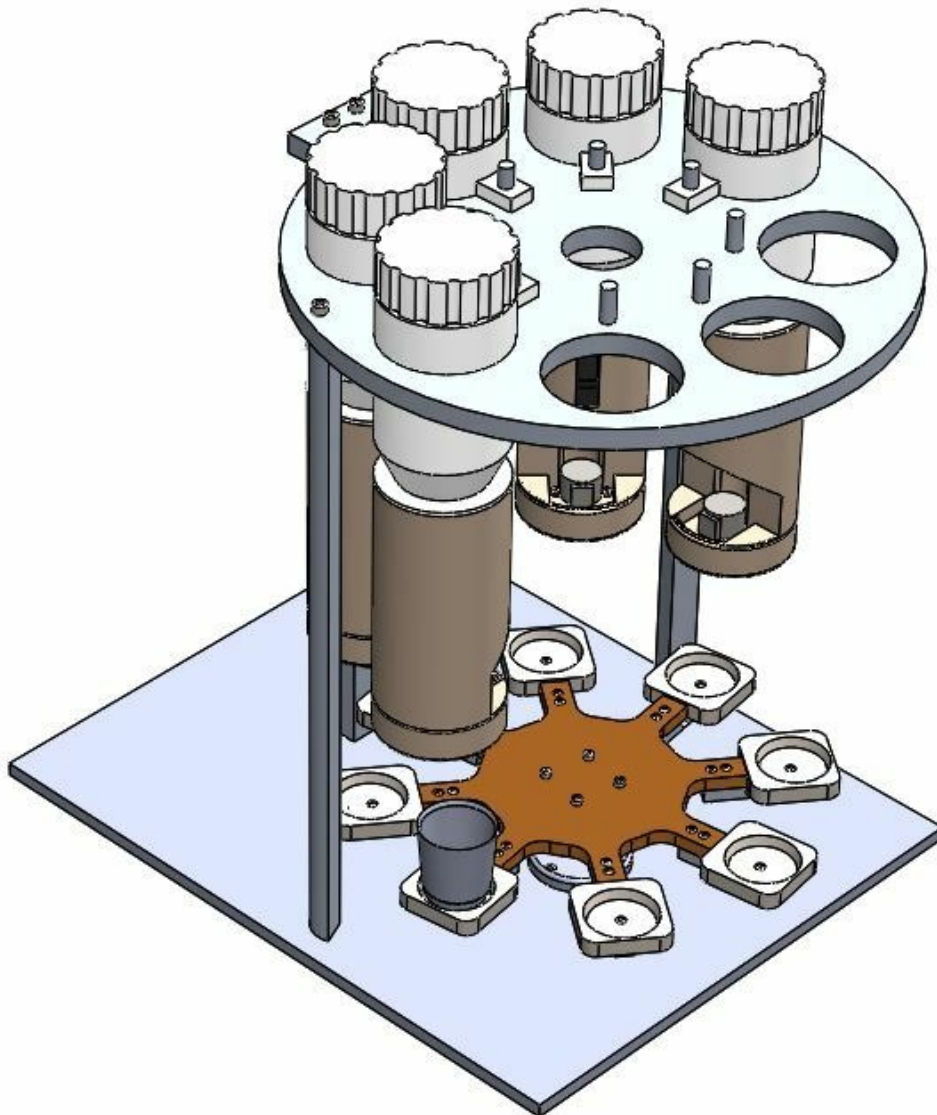


Figura 3.15: Conceito final do Sistema.

Intentionally blank page.

Capítulo 4

Dimensionamento e Componentes

Neste capítulo serão apresentados com mais detalhe aspectos tidos em conta no desenvolvimento do projeto do conceito.

4.1 Geometria do Armazém

O armazém foi projetado com um formato cilíndrico, um dos cuidados na projeção do armazém foi ter um volume considerável para as especiarias que se foram apresentando. Esta opção provém de duas grandes razões:

- mais espaço para se no futuro for necessário acrescentar qualquer tipo de isolante ou material extra (por exemplo, para controlar a temperatura ou humidade do armazém);
- garantir que não é necessário existir uma reposição de especiarias de forma muito repetitiva. Se considerarmos apenas metade do volume do armazém como sendo volume útil para armazenamento, continuamos com aproximadamente 330 cm³ disponíveis (usando o sal como exemplo, a dose máxima nas receitas dadas é de 2,1 cm³).

Para facilitar o escoamento das especiarias foi dada uma inclinação de 60^o às paredes do armazém (Figura 4.1).

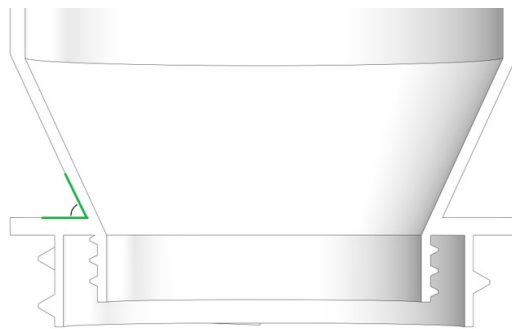


Figura 4.1: Vista em corte do Armazém.

4.2 Projeto das ligações de montagem dos componentes

Tendo peças independentes irão existir também diferentes encaixes com características diferentes.

- **Armazém - Pepper Mill - Doseador:**

Tanto no *Pepper Mill* como no Doseador todos os graus de liberdade devem ser limitados evitando o movimento por completo. A precisão do posicionamento não torna grande relevância neste caso (visto que os cabos de ligação poderão dar a volta por fora do Corpo Exterior).

Na interação destas 3 peças poderão existir duas disposições diferentes: Armazém - *Pepper Mill* - Corpo Exterior ou apenas Armazém - Corpo Exterior. De forma a corresponder a estas duas soluções sem ter que criar peças extra para o sistema optou-se por criar duas ligações desmontáveis independentes na parte inferior do Armazém. Assim, teremos uma rosca na parte interior do Armazém para o aperto do *Pepper Mill* e uma rosca na parte exterior do Armazém para o aperto do Corpo Exterior (Figura 3.14).

A rosca da parte interior do Armazém está limitada com a solução que vem do corpo externo, neste caso, o *Pepper Mill*. Assim, e através de engenharia inversa na análise do *Pepper Mill*, o Armazém deverá ter uma rosca macho com os parâmetros apresentados na Tabela 4.1 e um perfil como ilustrado na Figura 4.2. A rosca é uma rosca direita.

Como passo da rosca entende-se a distância entre dois pontos homólogos e consecutivos da rosca, medida paralelamente ao eixo [22].

Tabela 4.1: Diâmetro e Passo para o aperto Armazém - *Pepper Mill*.

Diâmetro nominal	59,2 mm
Passo	3,5 mm
Revoluções	3,25

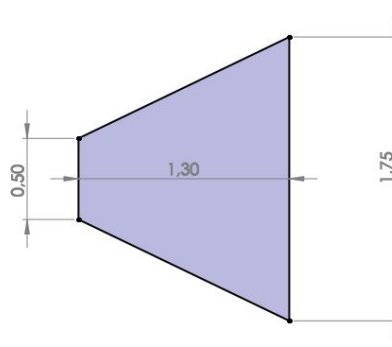


Figura 4.2: Perfil para a rosca macho do aperto Armazém - *Pepper Mill*

No aperto entre o Armazém e o Corpo Exterior deve-se ter uma rosca macho no Armazém e uma rosca fêmea no Corpo. Os parâmetros da ligação estão apresentados

na Tabela 4.2 e vão de acordo as dimensões básicas definidas para roscas métricas nas ISO 261 e ISO 724. O perfil (Figura 4.3) está também de acordo com a ISO 68 para perfil básico de roscas métricas. A diferença no número de revoluções serve para garantir que a rosca será apertada ficará limitada por uma parede superior (Figura 4.1).

Tabela 4.2: Dimensões básicas para a ligação Armazém - Corpo Exterior.

Diâmetro nominal	85 mm
Diâmetro menor	78,51 mm
Revoluções Rosca Macho	1,25
Revoluções Rosca Fêmea	1,7

Tabela 4.3: Dimensões do perfil para a rosca do aperto Armazém - Corpo Exterior de acordo com a ISO 68 [22].

Passo	6 mm
H	5,2 mm
5/8 H	3,2 mm

A solução de existir um encaixe único tanto para o *Pepper Mill* como para o Corpo Exterior também foi ponderada, porém a geometria do *Pepper Mill* iria tornar a solução demasiado complexa para o pretendido.

- **Corpo Exterior - Disco Doseador - Motor de Passo - Orientador - Tampa Inferior:**

Tendo a parte superior do Corpo Exterior estabilizada é necessário encaixar os últimos elementos do sistema. Todos os componentes mencionados devem ter todos os seus graus de liberdade limitados exceto o Disco Doseador (deve estar livre para fazer o seu movimento de rotação em torno do eixo do Motor de Passo).

A ligação entre o Corpo Exterior e a Tampa Inferior deverá ser um aperto roscado que evite a rotação entre estes elementos (de lembrar que o Disco Doseador terá um movimento de rotação no interior destes componentes).

Tabela 4.4: Diâmetros para o aperto Corpo Exterior - Tampa Inferior de acordo com ISO 724.

Diâmetro nominal	85 mm
Diâmetro menor	78,5 mm
Revoluções Rosca Macho	1,75
Revoluções Rosca Fêmea	2,25

Tabela 4.5: Dimensões do perfil para a rosca do aperto Corpo Exterior - Tampa Inferior de acordo com ISO 68.

Passo	6 mm
H	5,2 mm
5/8 H	3,2 mm

O Disco Furado será posicionado na parte inferior do Corpo Exterior onde deverá estar acoplado ao eixo do Motor de Passo. Por sua vez, o motor de passo estará apertado ao Corpo Exterior através de um aperto parafuso - porca. Deve-se ter em conta das dimensões do Motor 28BYJ-48 e do Corpo Exterior na escolha dos componentes, considerando apenas as dimensões sugere-se um par de parafusos de cabeça cilíndrica ISO 1207 - M3 x 8 - 4.mm8 e um par de porcas hexagonais ISO 4032 - M3 - 6 (Figura 4.4) [22].

Envolta do Disco estará o Orientador. Esta peça tem um pin de contacto com o Corpo Exterior de forma a limitar os seus graus de liberdade. De maneira a fechar o sistema, surge a Tampa Inferior (Figura 4.4).

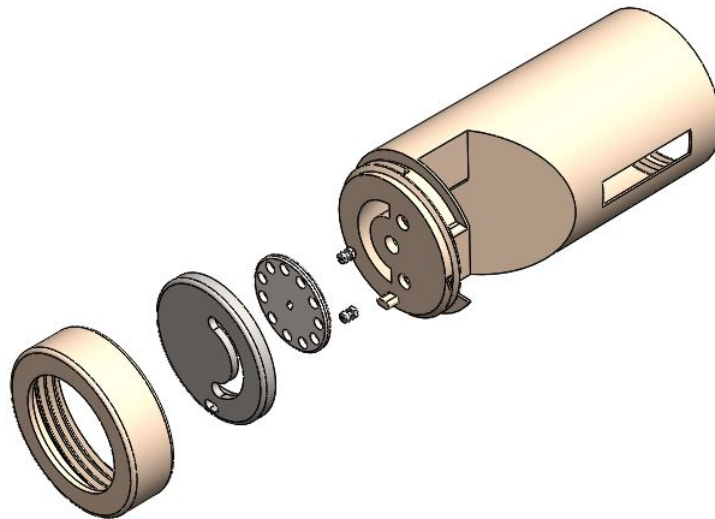


Figura 4.3: Vista explodida aproximada do Corpo Exterior - Disco Doseador - Orientador - Tampa Inferior.

4.3 Dimensionamento dos Furos

O Disco Doseador deverá ser personalizados consoante a dose mínima da especiaria que estiverem a dosear. Os furos terão o formato de um tronco cónico (Equação 4.1) para facilitar tanto a entrada como a saída de especiarias.

Antes de definir a qualquer tipo de dose mínima importa relembrar as especiarias e respetivas doses presentes nas receitas pré-definidas (Tabela 2.1). Observa-se que claramente o sal, a pimenta e a salsa eram as especiarias mais usadas. Sendo que a salsa tem a particularidade de por vezes ser seca e moída e noutros casos necessitar de ser cortada, usou-se as doses de sal e pimenta como referência.

Em concordância com a equipa do projeto assumiu-se que para desenvolvimento de conceito uma dose 0,1 centímetros cúbicos seria adequada (Tabela 4.6).

$$Volume = \frac{h\pi}{3} (R^2 + Rr + r^2) \quad (4.1)$$

h → Altura
R → Raio maior
r → Raio menor

Tabela 4.6: Cálculo dos parâmetros do furo para um volume de 0,1 cm³.

Dose (cm3)	Altura h (mm)	Raio Superior R (mm)	Raio Inferior r (mm)
0,1	2	3	5,2
0,1	3	4	3,3
0,1	4	4	2,5
0,1	5	3,5	2,3
0,1	3,5	3,7	3

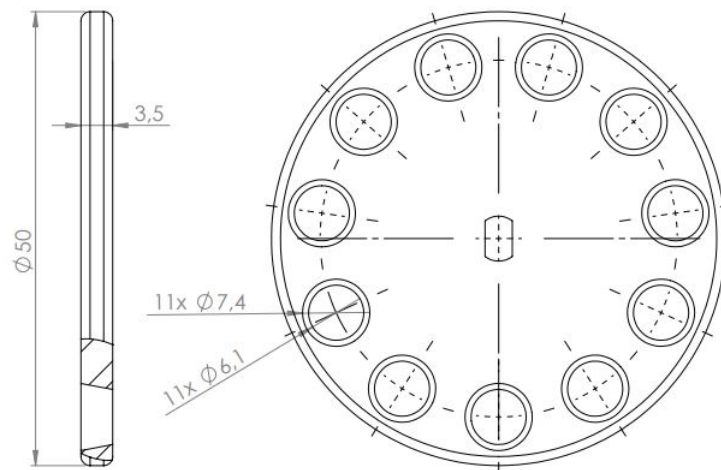


Figura 4.4: Dimensões do Disco Doseador para uma dose mínima de 0,1 cm³.

4.4 Projeto do Suporte de apoio do Sistema de armazenagem

A descentralização do suporte implica a sua fixação à mesa fixa/prateleira sobre o qual deverá estar assente a mesa giratória. Para isso serão usados três perfis de alumínio. Na extremidade deverá estar um apoio de alumínio com perfil 40x40 mm e numa zona mais central são montados outros 2 apoios de alumínio com perfil 20x20 mm.

Com estes 3 apoios garante-se a estabilidade do Suporte, faltando perceber como poderá ser garantida a fixação entre os perfis e o suporte. Os perfis de alumínio dispõem de possibilidade de ligação com parafusos M6 (4 parafusos no perfil 40x40 mm e 1 parafuso em cada um dos perfis 20x20 mm), assim será calculada qual a Classe de parafusos a usar consoante tanto o diâmetro disponibilizado pelos apoios como o posicionamento dos parafusos no suporte [23]. De salientar que o sistema que se está a desenvolver serve para a indústria alimentar, assim deve ser escolhida uma classe de parafusos de aço-inoxidável.

Entre o apoio de 40x40 mm e os apoios de 20x20 mm assume-se que se tem uma ligação completamente encastrada, assim pode-se simplificar o problema para o dimensionamento a partir da linha de parafusos apoios 20x20 mm (Figura 4.6).

Considerando como M a massa do suporte e como D a massa de cada um dos doseadores deve-se inicialmente calcular tanto as reações como o momento fletor no ponto dos apoios 20x20 mm (Tabela 4.7).

Tabela 4.7: Valores para o cálculo das Forças de Reação e do Momento Fletor no centróide.

M - Massa Suporte	5 kg
D - Massa dos Doseadores	1,2 kg
Reação	143,1 N
Distância do Centro de Massa aos Perfis 20x20 mm	10,64 mm
Momento Fletor no centróide	8752,2 Nmm

Para calcular a maior força de tração dada nos parafusos dos perfis 20x20 mm é usada a Equação 4.2.

$$P_{max} = \frac{P}{n_b} + \frac{M\bar{y}'}{\sum_{j=1}^{n_b} y_j^2} \quad (4.2)$$

P_{max} → Força de tração máxima

P → Força de tração

n_b → Número de parafusos

M → Momento fletor

y_j → Posição do parafuso em relação ao eixo centroidal

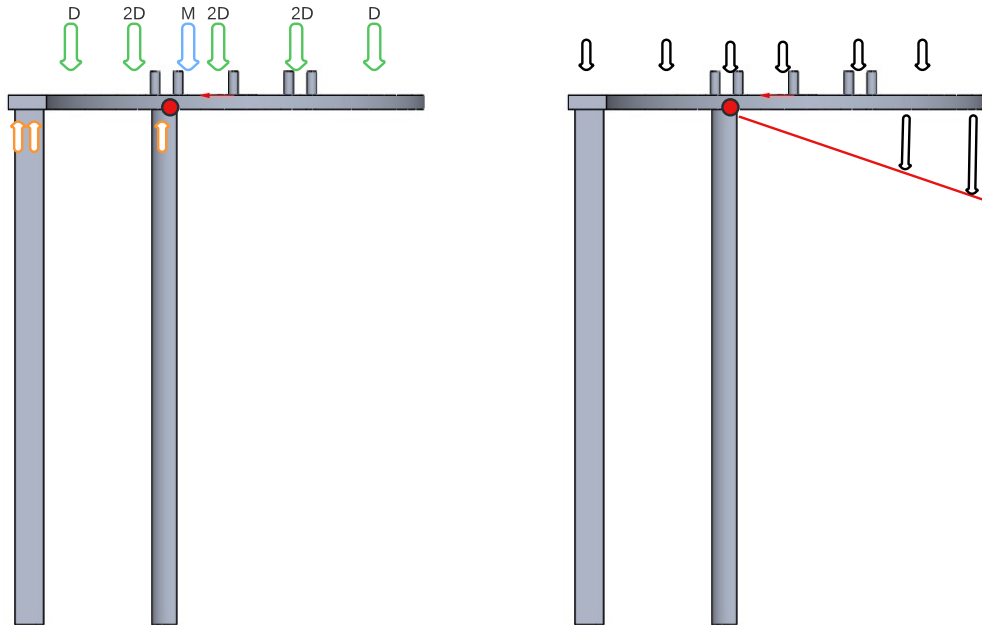


Figura 4.5: À esquerda distribuição de forças no Suporte. À direita o diagrama resultante. O ponto vermelho corresponde ao centróide em x.

Avançando agora para o dimensionamento, assume-se que queremos uma ligação "permanente", assim, os parafusos deverão ser pré-carregados a 0.9 da sua força de prova (Equação 4.3) [23]. Para calcular qual o limite nominal de elasticidade dos parafusos usa-se tanto o critério para evitar a separação das chapas (Equação 4.4) como o critério para evitar a cedência do parafuso (Equação 4.5) [23].

$$\eta_i = 0,9 = \frac{F_i}{F_{0b}} \quad (4.3)$$

$\eta_i \rightarrow$ Fator de pré-carga

$F_i \rightarrow$ Força de pré-carga

$F_{0b} \rightarrow$ Força de prova

$$P \leq \frac{\eta_i A_S \sigma_{0b}}{(1 - C_b) \gamma_S} \quad (4.4)$$

$$C_b \gamma_S P_{max} \leq (1 - n_i) A_S \sigma_{0b} \quad (4.5)$$

$A_S \rightarrow$ Área de secção do parafuso

$\sigma_{0b} \rightarrow$ Limite nominal de elasticidade

$C_b \rightarrow$ Relação de rigidez

$\gamma_S \rightarrow$ Fator de segurança

Usa-se um fator de segurança de 1,5 e a área de secção correspondente aos parafusos M6. Para a relação de rigidez, trata-se de uma ligação em que o perfil funcionará como porca, assim sobredimensiona-se este fator para um valor elevado (0,2). Com estes dados

o critério de cedência do parafuso mostra-se crítico em relação ao critério de separação das chapas (Tabela 4.8).

Tabela 4.8: Valores para o cálculo da Classe mínima de parafusos a usar.

Força de tração máxima	71,54 N
Fator de segurança	1,5
Área de secção M6	20,1 mm ²
Relação de rigidez	0,2
Limite nominal de elasticidade (Separação das Chapas)	9,1 MPa
Limite nominal de elasticidade (Cedência dos Parafusos)	4,9 MPa
Limite nominal de elasticidade Classe A2-70	450 MPa

Chega-se à conclusão que a a Classe A2-70 poderá ser usada para a fixação do Suporte aos perfis [22]. Pode-se também definir qual o comprimento do parafuso: considerando um comprimento de enroscamento que seja pelo menos 1,5 vezes superior ao diâmetro do parafuso mais espessura do suporte, pede-se então um comprimento do parafuso de pelo menos 24 mm [23].

4.5 Dimensionamento dos Motores

Tanto para o doseamento como para a Mesa giratória é necessário um motor para que as peças consigam rodar. Em ambos os casos será usado um motor de passo pela sua simplicidade aliada à precisão que os mesmos apresentam.

Em ambos os casos os motores são sobredimensionados para garantir um coeficiente de segurança tendo em conta alguns dos fatores que serão desprezados durante o seu cálculo. Calculou-se o momento de inércia apenas num plano e não foram consideradas forças de atrito ou perdas de transmissão entre os eixos do motor e os componentes a rodar.

• Motor para Doseamento:

No caso do doseamento é necessário fazer o rodar o Disco Furado, o motor de passo escolhido para esse efeito foi um 28BYJ - 48. Para além de este motor ir ao encontro com os requisitos necessários é um motor que já havia nos Laboratórios de Desenvolvimento de Produto da Universidade de Aveiro (assim como o seu driver).

Entre o Motor e o Disco Furado a transmissão será direta, isto é, o veio do motor estará diretamente acoplado ao Disco Furado.

Tabela 4.9: Valores para cálculo do torque necessário para o motor de doseamento.

Massa Disco de Furos	42 g
Raio Disco	25 mm
ω	10 rpm
Intervalo de Tempo	3 s
Raio posição dos Furos	19,8 mm

Inércia		0,0525 g m ²
Aceleração Angular		0,35 rad/s ²
Aceleração Linear em r = 19.8 mm		0,00693 m/s ²
Torque necessário		0,364 mN mm
Torque 28BYJ - 48		3400 mN mm

- **Motor para a Mesa:**

Para a Mesa giratória será necessário adquirir um motor de passo que dê garantias ao projeto. Optou-se pelo NEMA 17 que aparenta ser um motor de passo bem mais robusto.

Tabela 4.10: Valores para cálculo do Torque necessário para o Motor da Mesa Rotativa.

Item	Massa (g)	Massa x8 (g)
Copo	56	448
Célula de Carga	27	216
Flange	30	-
Casquilho	20	-
Veio (Alumínio)	89	-
Suporte do Copo (ABS)	30	240
Mesa (Fenólico)	276	-

Raio do Cilindro	200 mm
ω	10 rpm
Intervalo de Tempo	3 s
Raio posição dos Copos	140 mm

Inércia	0,024 kg m ²
Aceleração Angular	0,35 rad/s ²
Aceleração Linear em r = 140 mm	0,049 m/s ²
Torque necessário	0,0012 N m
Torque NEMA 17	0,45 N m

4.6 Dimensionamento dos Casquilhos

Os casquilhos são suportes de deslizamento dos veios, no caso do sistema da Mesa rotativa é necessária a presença de casquilhos para garantir o suporte tanto das cargas axiais como de flexão no veio de acoplamento entre o motor NEMA 17 a Mesa rotativa. Para o suporte dos esforços de flexão escolhe-se um casquilho que garante um comprimento de pelo menos 2.5x o diâmetro do veio [23]. Para as cargas axiais efectuou-se o cálculo com base na pressão superficial máxima recomendada (a 20 °C) dada na ficha técnica do casquilho escolhido [24].

De forma a garantir ambas as necessidades optou-se por usar dois casquilhos sobrepostos onde um deles deverá ter uma aba para suporte das cargas axiais. O veio usado terá um diâmetro inicial de 8 mm com uma secção para 16 mm de diâmetro que deverá estar sobre a aba do casquilho e acoplado ao mancal flangeado (Figura 3.12).

Tabela 4.11: Valores para validação dos Casquilhos escolhidos segundo as necessidades do sistema.

Comprimento do Casquilho com Aba	8 mm
Diâmetro exterior da Aba	16 mm
Área de secção do Casquilho	295,9 mm ²
Pressão superficial máx. recomendada (a 20 °C)	80 MPa
Pressão calculada	0,04 MPa
Comprimento do Casquilho sem Aba	12 mm
Comprimento total de Casquilhos	28 mm

Intentionally blank page.

Capítulo 5

Prototipagem

Na literatura protótipo pode ser definido como "uma aproximação do produto ao longo de uma ou mais dimensões de interesse".

Sendo a funcionalidade do Módulo de Armazenamento - Moagem - Dosagem imprescindível para o projeto fez-se um protótipo físico deste módulo. Neste protótipo havia dois grandes pontos que se queria abordar:

- a funcionalidade do módulo, sobretudo das ações de moagem e dosagem.
- ter uma estrutura dimensional de todo o módulo.

5.1 Produção do Protótipo

Com base nos dois objetivos traçados todos os componentes deste módulo tiveram de ser produzidos. Para a estrutura exterior usou-se fabrico aditivo com recurso a uma impressora Dremel 3D40 disponibilizada pelo projeto. Esta impressora apenas imprime em PLA, portanto todos os elementos exteriores foram produzidos em PLA. Apesar de este material não ser Food Safe e não garantir os melhores acabamentos (sobretudo no que diz respeito à rugosidade das paredes) para efeitos de protótipo não parece ser uma grande contra inicial (Figura 5.1).

Assim, as peças foram produzidas separadamente e de seguida montadas com os apertos referidos no capítulo anterior. De salientar que os apertos roscados entre Armazém - Corpo Central e Corpo Central - Tampa inferior foram modificados para que resultassem no processo de fabrico aditivo. Em concreto, foi dada uma folga (0,5 mm) entre o diâmetro nominal da rosca macho e o diâmetro nominal da rosca fêmea para que a roscagem fosse feita de uma maneira fluída.

Foi também montado nas peças o Motor de passo 28BYJ-48.

Para o Disco Furado e para a Peça de Orientação o fabrico aditivo não pareceu uma boa solução. Mesmo para efeitos de teste, pede-se que estes elementos estejam muito perto da sua solução final, por isso o trabalho passou por preparar as peças para maquinação em aço inoxidável.

Por limitações inerentes ao de maquinação as peças tiveram de ser ligeiramente alteradas, naturalmente estas alterações procuraram ser feitas sem comprometer testes futuros. A conicidade dos furos teve de ser eliminada e a espessura do Disco Furado foi também diminuída. Para maquinação as peças recorreu-se ao Departamento de Engenharia



Figura 5.1: Peças produzidas em 3D. No corpo exterior observa-se já o motor 28BYJ-48 montado.

Mecânica da Universidade de Aveiro, devido ao material disponível no Departamento, ambas as peças foram feitas em alumínio (Figura 5.2).



Figura 5.2: Peças maquinadas.

Em relação ao *Pepper Mill*, foi integrado um switch de ON/OFF para controlar o seu funcionamento de maneira externa. A energia do *Pepper Mill* foram colocadas 3 pilhas AAA garantido uma voltagem na ordem dos 4,5V (Figura 5.4).

5.2 Ensaio funcional do protótipo

Para efeitos de teste usou-se um Arduino Uno R3 e um Driver ULN2003 para controlar o Motor 28BYJ-48 [25] (Figura 5.5). Foram realizados vários ensaios de maneira a perceber

quais os comportamentos do sistema (Figura 5.6).

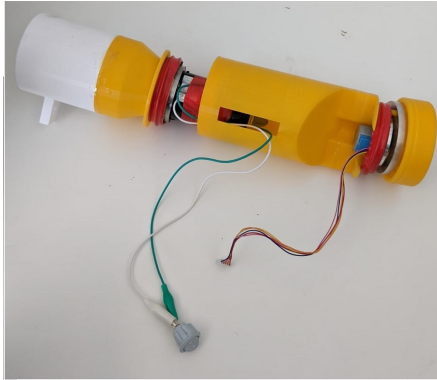


Figura 5.3: Montagem do protótipo.



Figura 5.4: *Pepper Mill* adaptado com o switch On/Off.

Primeiramente moeu-se uma determinada quantidade de sal com o *Pepper Mill*. Este sal ficou em "stand by" sobre o Disco Doseador. De seguida programou-se o motor para rodar a 1 rpm e ativou-se o sistema. A seguinte tabela ilustra as quantidades obtidas com o respetivo número de furos:

Tabela 5.1: Valores obtidos no 1º ensaio.

Número de Furos	Quantidade Total (g)	Quantidade por Furo (g)
3	0,4	0,133
5	0,65	0,13
1	0,11	0,11

Após estes primeiros ensaios foi desde logo possível tirar algumas conclusões:

- O *Pepper Mill* demonstrou não ter cadência para o motor, isto é, terá de haver sempre especiaria já moída para que o tempo não seja exageradamente alto. Para além disso, houve um momento em que o *Pepper Mill* encravou aquando de uma pedra bastante grossa.
- Apesar de os grão não estarem uniformemente distribuídos aquando da moagem (Figura 5.7) isto parece não ser um problema graças à criação de uma "parede" que ajuda a encher os furos antes do seu depósito (Figura 5.8).
- Ao fim de algumas medições (aproximadamente após 20 furos) o sistema começou a encravar várias vezes sendo necessário parar os testes, abrir o sistema, limpar e só depois retomar.
- Foram testadas outras velocidades para o motor mas de longe 1 rpm foi a velocidade que melhores resultados garantiu.



Figura 5.5: Protótipo conectado ao Arduino e respetivo Driver.



Figura 5.6: Protótipo no local de medição.

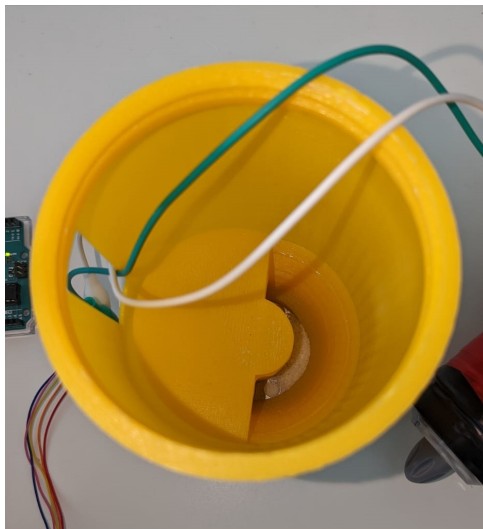


Figura 5.7: Não uniformidade na fase inicial.



Figura 5.8: Parede criada após começar as medições.

Sempre que o sistema encravou aparentou haver grãos demasiado grandes que ficavam entre a parede interior do Corpo Exterior e os furos do Disco sendo que o Motor não aparentava ter torque suficiente para "quebrar" o grão e assim o sistema parava. De forma a tentar solucionar este problema o sal foi remoído para ficar mais fino e novos

testes foram realizados.

Tabela 5.2: Valores obtidos no 2º ensaio.

Número de Furos	Quantidade Total (g)	Quantidade por Furo (g)
9	1,24	0,137
7	0,94	0,134
3	0,56	0,14

De salientar que em 2 destas medições o sistema encravou a meio mas foi capaz de retomar o funcionamento sem intervenção exterior.

Com os resultados obtidos até aqui apercebe-se que há precisão no sistema, os valores depositados por furo são sempre bastante similares. Assim, faltava tentar perceber se estes valores são também exatos. Para isso fez-se os cálculos para perceber qual a quantidade teórica que cada furo deveria dispensar (Tabela 5.3) . Com os valores obtidos e comparando com os valores teóricos percebe-se que o sistema não é exato com os valores teóricos. Tal também já seria de prever devido a naturalmente haver espaço livre entre os grãos. Esta confirmação só deixa ainda mais em alerta que antes de colocar o sistema em execução é importante ter um feedback de qual a quantidade realmente dispensada. Neste caso, a precisão do *Pepper Mill* ao longo do tempo torna também especial importância visto que está diretamente ligada ao tamanho dos grão e ao espaço livre que ficará dentro de cada furo.

O último teste executado foi para tentar obter uma determinada quantidade de sal de acordo com o feedback da dose recebida ao longo dos testes. Assim programou-se o Motor para dispensar 4 furos e parar (Tabela 5.3). 4 furos de acordo com as doses obtidas ao longo dos testes devem dispensar cerca de 0,52 gramas (valor que vai ao encontro com a média de sal usada nas receitas pré-definidas).

Tabela 5.3: Valores teóricos para o Sal.

Volume do Furo (cm3)	0,11545
Densidade do Sal (g/cm3)	2,165
Quantidade de sal por Furo (g)	0,25
Velocidade do Motor	1 rpm
Número de steps equivalentes a 4 Furos	185
Quantidade teórica de 4 Furos	1 g
Quantidade esperada de 4 Furos	0,52 g

Tabela 5.4: Valores obtidos para o 4º ensaio.

Quantidade Total para 4 Furos (g)	0,48
	0,56
	0,57
	0,49
	0,58
	0,59

De notar que no decorrer destes testes o sistema começou a encravar com mais regularidade, na ordem de um encrave por cada teste sucedido.

5.3 FMEA do Produto

Failure Mode and Effect Analysis ou FMEA é uma ferramenta de desenvolvimento do produto que permite a análise de potenciais falhas nas diferentes funcionalidades do produto. Assim, estuda a relação direta entre a possível falha e os efeitos que isso poderá causar [3].

Tabela 5.5: FMEA com base nos ensaios experimentais do protótipo.

Item/Função	Tipos Potenciais de Falha	Causa das Falhas	Efeito das Falhas	Termos Críticos das Falhas	Ações Corretivas
Armazém	Acumular especiarias no fundo	Não haver orientação para entrada do Pepper Mill	Serem usadas especiarias "mais recentes" ao invés das que estão há mais tempo	Falha crítica	Criar parede de orientação
	Refrigeração e controlo de Humidade	Falta de necessidade criada	Poderem não estar reunidas as melhores condições para a preservação de determinada especiaria	Falha menor	Adaptar ambiente em volta do Módulo de especiarias Adaptar paredes do Armazém
Moagem PepperMill	Baixa cadência em comparação com Doseamento	Velocidade e Torque do Motor	Ter que moer as especiarias antes de realmente as dosear	Falha crítica	Aumentar voltagem no Motor (Motor DC)
	Encrave				Alterar sistema do PepperMill
Doseamento	Encrave	Grãos entre a parede do Corpo Exterior e o Disco	Sistema encrava e para (o que leva a que haja uma falha na dosagem)	Falha crítica	Alterar os materiais de construção
					Maior precisão na montagem para diminuir o "espaço livre" para a penetração de grãos
		Grãos entre a face inferior do Corpo Exterior e o Disco			Motor com maior torque para "partir" os grãos que fiquem entre a parede e o Disco
		Grãos entre o Disco e o Orientador			Adaptar o Corpo Exterior para que forme uma parede mais gradual
					Conicidade dos furos
					Motor rodar nas duas direções

Capítulo 6

Conclusão e Trabalhos Futuros

6.1 Conclusão

No âmbito do projeto "Cook4Me" foi proposto o desenvolvimento de um sistema de armazenamento e dosagem de especiarias para aplicar numa cozinha autónoma.

Numa primeira fase procurou-se perceber quais eram as reais necessidades e desafios deste projeto, garantir um sistema preciso nas suas ações e que permitisse a inclusão do sistema na globalidade da cozinha seriam dois grandes fatores a ter em conta. Através das necessidades do projeto foi também possível estabelecer certos requisitos para ações consideradas como cruciais: armazenar, moer, dosear, transportar e depositar. tendo em conta os desafios que se pretendiam solucionar foi feito um estudo do mercado atual não só no ramo da alimentação mas por sistemas que fizessem uso das nossas ações para volumes pequenos de certo elemento. Este estudo permitiu agrupar diversas soluções para cada uma das ações assim como juntá-las para criar soluções inovadoras e assim criar o conceito do nosso sistema.

Para escolha do conceito foram sendo desenvolvidos vários diagramas de acordo com as possibilidades que se foi tendo, dividindo esta fase de escolha de conceito em dois grandes momentos: escolha da ordem de realização das ações e escolha da solução a utilizar para cada uma das ações. Estas decisões foram naturalmente acompanhadas pela equipa do projeto para obter um conceito o mais fiável possível.

Com uma ideia de conceito tanto para a sequência como para cada uma das ações definidas passou-se então para a sua projeção num software de CAD 3D, neste caso o SolidWorks. Esta foi talvez a fase que mais tempo consumiu durante o desenvolvimento da dissertação. Tratando-se de um projeto de uma Start-up teve de no decorrer do desenvolvimento haver uma constante adaptação às necessidades que iam surgindo pelo próprio projeto "Cook4Me" ainda não estar completamente definido. Isto é, o módulo de especiarias desenvolvido nesta dissertação está naturalmente dependente de todos os outros módulos presentes no projeto, assim como os outros módulos estão também dependentes do módulo de especiarias. O facto de o sistema global da cozinha estar todo a ser desenvolvido em simultâneo criou com que houvesse uma série de avanços e recuos de maneira a garantir que todos os sistemas se conseguiram incorporar numa cozinha que se quer interligada na sua totalidade.

Finalmente conseguiu-se chegar a uma solução que garantia solução às necessidade e requisitos criados assim como estar em sintonia com o resto da cozinha. Como foi apresentado na dissertação o conceito acabou por ficar em dividido em dois grandes

módulos: um sistema independente e móvel onde garantimos as ações de armazenamento - moagem - dosagem; um o outro módulo que garante o contacto do sistema com o resto da cozinha (através do braço robótico) onde teremos o conjunto Suporte - Mesa.

Vendo as ações de armazenamento, moagem e dosagem como as mais importantes para a validação desta dissertação optou-se por realizar um protótipo físico do sistema que solucionava estas ações. Logicamente a realização do protótipo físico teve algumas limitações devido à logística do projeto/Universidade. Mesmo assim, foi possível chegar a um protótipo com todos os seus componentes e ainda mais importante, foi possível testá-lo. Apesar das suas limitações na produção, considera-se que se chegou a um protótipo que pode representar o sistema no seu geral e onde foi possível realizar os testes para perceber quais os pontos críticos a necessitarem de ser desenvolvidos para garantir sucesso no produto final.

6.2 Trabalhos Futuros

Pretende-se transformar este produto num produto comercializável, isto é, estar inserido numa cozinha que possa ser colocada no mercado. Assim surgem desde logo várias perspectivas dos próximos passos para continuar o seu desenvolvimento. Esta dissertação englobou todos os passos até à prototipagem do módulo de Armazenamento - Doseamento - Moagem e a finalização do conceito do módulo Suporte - Mesa. Em ambos os casos continuam a haver bastantes etapas e desafios a concretizar antes da passagem para o mercado.

- Otimizar sistema de Moagem - Dosagem:

Como foi visto através dos testes de protótipo este sistema continua a precisar de ser otimizado. A questão de surgirem alguns encraves tem de ser revista e caso necessário terá de ser usado outro motor e re-adaptar a peça. Sugere-se que o próximo passo seja otimizar a peça para não criar uma parede tão grande (criando uma "rampa") e substituir o motor usado por um motor em melhores condições. Aí devem ser re-feitos os testes para perceber se o problema está solucionado ou se é necessário as alterações mais profundas. Convém também ter em conta que para produto final haverá uma conicidade nos furos e os materiais serão mais adequados, de qualquer maneira, um funcionamento adequado no protótipo é quase uma garantia de um ótimo funcionamento no produto final.

- Abordagem células de carga:

As células de carga deverão a vir a ser uma questão abordada com mais algum detalhe num futuro. Esta questão surge porque pretende-se que as mesmas sejam bastante precisas dentro da escala da centígrama. Assim, será necessário uma célula de carga para pesos bastante reduzidos, porém, se tivermos em conta que sobre a célula de carga estarão desde logo o copo e o respetivo suporte será necessário haver aqui uma agilização para termos uma célula de carga precisa na centígrama quando logo à partida temos dois corpos sobre ela. Como possível solução pode surgir a utilização de sensores piezoelétricos.

- Preparação do protótipo do conjunto Suporte - Mesa: Este será um passo que quando for está programado para ser um protótipo já muito perto do produto

final, posto isto espera-se que surja numa fase mais avançada do projeto e quando já todo o módulo de armazenamento - moagem - dosagem estiver completamente otimizado.

- **Questão do Depósito:**

Como foi dito no decorrer da dissertação a questão do depósito ainda não foi abordada com a sensibilidade que deve ser. Para que se possa realmente perceber as necessidades desta ação é necessário ter o sistema de confeção funcional. Desde a o número de locais de confeção, como será garantida a exaustão da cozinha, se os tachos terão ou não tampa, entre outros, todos estes fatores serão relevantes para perceber quais os reais desafios deste depósito. Para já a solução passa por um depósito simples através de um copo, porém espera-se que esta solução venha a ser mais complexa tendo inclusive a equipa de projeto aberto uma nova investigação para estudar possíveis soluções.

- **Automatização sistema:**

A informação do pedido feito na plataforma da Wish and Cook é enviada para o computador central da cozinha Cook4Me. Este computador deverá estar em contacto com um PLC que por sua vez deverá controlar todos os processos da confeção, compatibilizando-os com os pedidos em execução nos outros equipamentos, incluindo o sistema de especiarias. Assim, é naturalmente necessário ter um sistema completamente automatizado. Neste sentido existem já algumas luzes do que poderá ser feito, apenas o reabastecer do armazém deverá ser manual, todas as outras ações deverão ser automatizadas. Será necessário a implantação de sensores ao longo do sistema assim como garantir a comunicação dos mesmos com o PLC. O projeto de automação de automação deverá surgir quando os conceitos estiverem já comprovados na sua componente mecânica.

- **Incorporação na cozinha:**

A incorporação do sistema na cozinha é um ponto que ainda não está completamente definido. Continuam a haver alguns avanços e recuos no que ao layout da cozinha diz respeito, a equipa do projeto continua a estudar diversas opções para a solução final e assim espera-se que este sistema seja flexível o suficiente para se adaptar às condições que forem surgindo. Para já encontra-se projetado para o espaço e condições atuais. É provável que num futuro seja necessário precaver o sistema das humidades inerentes à cozinha.

Intentionally blank page.

Bibliografia

- [1] Wish e Cook. 2020. URL: <https://www.wishandcook.com/about/>.
- [2] Parlamento Europeu e do Conselho. “Regulamento (CE) N.o 178/2002”. Em: *Segurança dos Alimentos*. 2008.
- [3] Carlos Relvas. *Design e Engenharia do Produto*. PUBLINDUSTRIA, 2017.
- [4] John Terninko. *Step-by-Step QFD: Customer-Driven Product Design*. St Lucie Press, editor, 1997.
- [5] Brian Kanner. “Touch Free Spice Dispenser”. Pat. americana WO 2017/031112 A1.
- [6] Daniel Robert Shepard. “Measuring and Dispensing Container Top”. Pat. americana US 9,322,693 B2.
- [7] James Murray. “Automated Dispenser and Method for Dispensing”. Pat. americana US 9 591 943 B2.
- [8] Server Products. *Seasoning Dispensers*. 2022. URL: <https://server-products.com/Equipment/Dry-Dispensers/Seasoning-Dispensers>.
- [9] Server Products. *ServerTV Presents | The InSeason™ Handheld Dispenser*. 2022. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ibk-lwlg5Hk>.
- [10] Harrison Fox. *Automatic Spice Dispenser*. Capstone Project. 2020. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=KlwneFtxnco>.
- [11] Hornady. *Lock-N-Load, Powder Measure and Case Activated Powder Drop*. English. Hornady.
- [12] University of Waterloo. *Spizio - Automatic Spice Dispenser*. Mechanical Engineering Capstone Project. 2020. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7DBnBYGNa60>.
- [13] Cuisinart. *Cuisinart Rechargeable Salt, Pepper Spice Mill*. 2015. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=FUvdiu4DaVI&t=2s>.
- [14] Sirius. *Grinder de manivela de 4 peças*. 2022. URL: <https://www.sirius.nl/pt/grinder-de-manivela-de-4-pecas/>.
- [15] Dr Mills. *Grinder de manivela de 4 peças*. 2022. URL: <https://shopee.com.br/110V-M%5C%C3%5CA1quina-de-Moer-Caf%5C%C3%5CA9-em-A%5C%C3%5CA7o-Inoxid%5C%C3%5CA1vel-Triturador-para-Baunilha-Temperos-Nozes-Caf%5C%C3%5CA9-Gr%5C%C3%5CA3os-i.420085947.9165157860>.
- [16] Fortune. *Torneamento De Madeira Para Moinho De Sal E Pimenta*. 2022. URL: https://www.tool-r-us.com/pt/product/Kit-de-torneamento-de-madeira-para-moinho-de-sal-e-pimenta-em-ceramica-de-6810-polegadas/turning-project-kits_WKV218_169_199.html.

-
- [17] Moley Robotics. *Moley Robotic Kitchen cooks paella*. 2021. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=78hpInIEhQU&t=752s>.
- [18] Samsung - ThinkTankTeam. *Bot Chef prepares a sesame tofu salad*. 2020. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=RupQhX3XFYc>.
- [19] Selingy. *Pepper Grinder*. 2022. URL: https://www.amazon.com/-/pt/stores/SELINGY/page/F1BAA0CD-E39C-49A6-92B6-28BC24EA5486?ref_=ast_bln.
- [20] Valieno. *Valieno Conjunto de 2 moedores elétricos de sal e pimenta*. 2021. URL: <https://www.amazon.com/Valieno-Rechargeable-One-handed-Adjustable-Coarseness/dp/B08ZHNC6RN>.
- [21] Oyxon. *Oyxon Moedor de sal e pimenta a pilhas*. 2021. URL: https://www.amazon.es/-/pt/gp/product/B095WN1483/ref=ppx_od_dt_b_asin_image_s00?ie=UTF8&psc=1.
- [22] José Manuel de Simões Morais. *Desenho Técnico Básico - 3*. GRAFISLAB, LDA, 2017.
- [23] A. B. de Morais. *Textos de apoio às aulas de Sistemas Mecânicos*. Universidade de Aveiro, 2020.
- [24] Iigus. *Casquilhos autolubrificados com flange*. 2022. URL: <https://www.igus.pt/product?artNr=GFM-081221-08>.
- [25] Arduino Ide. *Arduino IDE 2.0.1*. 2022. URL: <https://www.arduino.cc/en/software>.