

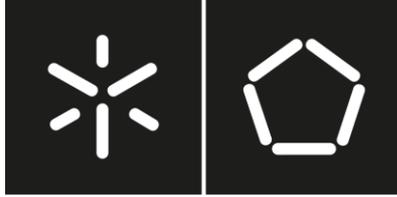


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ricardo Eduardo Alves Afonso

**Estudo e Conceção de um Dispositivo para
Limpeza Automatizada de Lentes de Óculos**

junho de 2022



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ricardo Eduardo Alves Afonso

**Estudo e Conceção de um Dispositivo para
Limpeza Automatizada de Lentes de
Óculos**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues de Seabra

junho de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Para a realização desta dissertação contei com o apoio de inúmeras pessoas sem as quais a realização deste trabalho teria sido impossível. A todas elas expresso o meu sincero agradecimento.

Ao meu orientador, Professor Doutor Eurico Seabra, pela ajuda e guia neste projeto de dissertação.

À Universidade do Minho, na pessoa do Magnífico Reitor Professor Doutor Rui Vieira de Castro, à Escola de Engenharia, na pessoa do Presidente Professor Doutor Pedro Arezes e ao Departamento de Engenharia Mecânica, na pessoa do Diretor Professor Doutor José Luís Alves, pela qualidade das instalações e garantia do bom funcionamento geral da Universidade.

À Direção de Curso do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, na pessoa do Diretor Professor Doutor José Luís Alves, pela garantia de um curso intenso, desafiador e motivante para o futuro.

Aos vários Professores que me marcaram significativamente no percurso deste Mestrado Integrado, tanto na componente da Engenharia Mecânica como também na especialidade de Sistemas Mecatrónicos, por ordem alfabética, os Professores Doutores Caetano Monteiro, Cândida Vilarinho, Estela Bicho Erlhagen, Fernando Ribeiro, Filipe Pereira, Hélder Puga, Joaquim Barbosa, Jorge Martins, José Gomes, José Luís Alves, José Machado, José Meireles, Luís Ferreira da Silva, Nuno Dourado e Paulo Flores, e aos docentes Filipe Marques, Pedro Ribeiro e Vítor Carneiro.

Ao Subdelegado Carlos Borges por toda a ajuda na Delegacia de ano, principalmente no semestre em que estive em mobilidade e nos seguintes devido aos vários problemas pessoais que enfrentei.

Aos amigos e colegas de curso que percorreram este trajeto comigo, atravessando todos os altos e baixos, em especial ao David Esteves e ao João Carvalho.

Por fim, e não menos importante, um agradecimento especial à minha família, principalmente aos meus pais Eduardo e Manuela por todos os esforços, paciência e por me sustentarem enquanto estudante, e à minha irmã Bárbara que, apesar de longe, está sempre presente e ajuda-me a prosseguir os caminhos em busca dos sonhos.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

No âmbito da conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, na Especialidade de Sistemas Mecatrónicos, é desenvolvido a dissertação com o título “Estudo e Conceção de um Dispositivo para Limpeza Automatizada de Lentes de Óculos”.

A dissertação inicia-se com o enquadramento, assim como uma compreensão da teoria relativamente às lentes de óculos e à cavitação. De seguida, é explorado o estado de arte relativamente aos métodos de limpeza utilizados atualmente, desde o mais simples, o pano de limpeza, ao mais complexo, equipamento de limpeza ultrassónica. Verificando que existe uma oportunidade de desenvolver melhorias nestes equipamentos para atingir o objetivo de desenvolver uma solução automatizada, é então selecionado o equipamento Grundig UC5620 como referência.

Seguidamente, inicia-se a Metodologia Adotada, com o desenvolvimento de uma árvore de objetivos, garantindo que estes são claros e diretos. É também desenvolvido o estabelecimento de funções, sendo estas ordenadas de acordo com o objetivo de desenvolver um produto que exija a menor interação do utilizador. De seguida, estabelecem-se os requisitos e cria-se o mapa morfológico com as subsoluções pensadas. Por fim, analisam-se as soluções possíveis de modo a escolher a mais otimizada de acordo com os objetivos, e compara-se essa solução ao equipamento escolhido como referência.

Posteriormente, inicia-se o desenvolvimento da solução concetual, modelando os componentes e garantindo que quaisquer problemas que surjam são corrigidos e alterados em conforme.

Por fim, retiram-se as conclusões do trabalho realizado, garantindo que os objetivos foram cumpridos e que foi desenvolvida uma solução automatizada para a limpeza das lentes de óculos.

PALAVRAS-CHAVE

Cavitação

Limpeza Ultrassónica

Projeto Automatizado

ABSTRACT

In the context of the conclusion of the Integrated Master's in Mechanical Engineering, in the Specialty of Mechatronic Systems, the dissertation is developed with the title "Study and Design of an Automated Cleaning Device of Eyeglass Lenses".

The dissertation begins with framing, as well as an understanding of the theory regarding eyeglass lenses and cavitation. Then, the state-of-the-art cleaning methods currently used, from the simplest cleaning cloth to the most complex ultrasonic cleaning equipment, is explored. Verifying that there is an opportunity to develop improvements in these type of equipment to achieve the main goal of developing an automated solution, the Grundig UC5620 equipment is then selected as a reference.

Then, the Adopted Methodology begins, with the development of a tree of objectives, ensuring that these are clear and direct. It is also developed the establishment of functions, which are ordered according to the objective of developing a product that requires the least user interaction. The requirements are then established, and the morphological map is created with the sub-solutions. Finally, we analyze the possible solutions in order to choose the most optimized according to the objectives, and this solution is compared to the equipment chosen as a reference.

Later, the development of the conceptual solution begins, modeling the components and ensuring that any problems that arise are corrected and changed accordingly.

Finally, the conclusions of the work carried out are drawn, ensuring that the objectives were met and that an automated solution was developed for cleaning the eyeglass lenses.

KEYWORDS

Automated Project

Cavitation

Ultrasonic Cleaning

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract	vi
Índice	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Estrutura da Dissertação	2
2. Revisão Bibliográfica	4
2.1 Índice de Refração.....	4
2.2 Número <i>Abbe</i>	5
2.3 Materiais das Lentes de Óculos	5
2.3.1 Lentes de Vidro	5
2.3.2 Lentes Poliméricas	6
2.3.3 Lentes de Policarbonatos.....	6
2.3.4 Lentes de <i>Trivex</i>	6
2.3.5 Polímeros de Elevado Índice	6
2.3.6 Comparação entre os vários materiais de lentes	7
2.4 Cavitação	9
3. Estado de Arte.....	11
3.1 Produtos e Métodos Atuais de Limpeza de Lentes de Óculos.....	11
3.1.1 Pano de Microfibra e Líquido de Limpeza	11
3.1.2 Clipe de Microfibra para Limpeza de Lentes de Óculos.....	13
3.1.3 Toalhita de Limpeza de Lentes Descartável.....	13

3.1.4	Equipamentos de Limpeza Ultrassónica	14
3.2	Equipamentos de Limpeza Ultrassónica Disponíveis no Mercado	15
3.2.1	Apresentação de equipamentos disponíveis no mercado	16
3.2.2	Comparação entre os equipamentos Blaupunkt USC02 e USC07	17
3.3	Componentes e Funcionamento dos Equipamentos de Limpeza Ultrassónica	19
3.3.1	Componentes Estruturais	24
3.3.2	Componentes Periféricos.....	26
3.3.3	Funcionamento do Equipamento	26
3.4	Análise Crítica.....	28
4.	Metodologia Adotada	32
4.1	Abordagem do desenvolvimento e conceção do projeto	32
4.1.1	Árvore de Objetivos	32
4.1.2	Estabelecimento de Funções	34
4.1.3	Requisitos.....	38
4.1.4	Mapa morfológico.....	40
4.1.5	Soluções alternativas possíveis de implementar	42
4.2	Análise das Soluções	43
4.2.1	Comparação entre as soluções alternativas	43
4.2.2	Comparação entre a melhor solução e o Grundig UC5620	45
5.	Desenvolvimento da Solução.....	48
5.1	Sistema de elevação do cesto	48
5.1.1	Cesto de Suporte e Tanque.....	49
5.1.2	Cilindros pneumáticos.....	51
5.2	Sistema de secagem.....	53
5.2.1	Ventoinhas	54
5.2.2	Tampa.....	55
5.3	Sistema de injeção do líquido de limpeza.....	55
6.	Conclusões	57

7. Trabalhos Futuros	58
Referências Bibliográficas	59
Anexo 1 – Equipamento Grundig UC5620 em Funcionamento.....	61
Anexo 2 – Catálogo de Cilindros Pneumáticos do Modelo CUJ da SMC.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Geração de bolhas (cavidades) através do ciclo de ondas ultrassónicas [8]	10
Figura 2 - Kit AntiFog da Zeiss, inclui um pano de microfibra e um líquido de limpeza em spray [9]	12
Figura 3 - Líquido de Limpeza Anti-Fog da Opticenter [10]	12
Figura 4 - Clipe de Microfibra da Peeps	13
Figura 5 - Toalhetas de Limpeza de Lentes da Zeiss.....	14
Figura 6 - Equipamento de Limpeza Ultrassónica Grundig UC5620	15
Figura 7 - Blaupunkt USC02 aberto, vista interior do tanque	18
Figura 8 - Blaupunkt USC07	18
Figura 9 - Blaupunkt USC07, vista interior do tanque com cesto de suporte.....	19
Figura 10 - Componentes Estruturais do equipamento Grundig UC5620	20
Figura 11 - PCB principal do Grundig UC5620.....	21
Figura 12 - PCB da interface (botão e luz) do Grundig UC5620	21
Figura 13 - Suporte do tanque do Grundig UC5620.....	22
Figura 14 - Sistema de oscilação do Grundig UC5620.....	23
Figura 15 - Componentes Periféricos do equipamento Grundig UC5620	23
Figura 16 - Marca "MAX" assinalando o máximo do tanque	27
Figura 17 - Óculos dentro do cesto	27
Figura 18 - Cesto com óculos dentro do tanque	27
Figura 19 - Árvore de Objetivos Preliminar do Projeto de um Equipamento de Limpeza Ultrassónico.....	31
Figura 20 - Árvore de Objetivos Final.....	34
Figura 21 - Aplicação do modelo de "caixa negra"	35
Figura 22 - Estrutura de funções representada num diagrama de blocos.....	36
Figura 23 - Tubagem de ligação a uma fonte de água [19].....	37
Figura 24 - Tubagem de extração de água [19].....	37
Figura 25 - Modelação do sistema de elevação do cesto	48
Figura 26 - Modelação do sistema de elevação do cesto com o cesto em cima	49
Figura 27 - Modelação do tanque da solução, com os 3 furos	50

Figura 28 - Modelação do Cesto de Suporte da solução, com destaque para os furos e saliências	51
Figura 29 - Opções de Cilindros Pneumáticos do Catálogo da SMC [21].....	52
Figura 30 - Representação do Cilindro CDUJS12-45DMF8P.....	53
Figura 31 - Vista de estrutura de arame do Cilindro CDUJS12-45DMF8P.....	53
Figura 32 - Perspetiva Isométrica da modelação da tampa com as ventoinhas colocadas na parte inferior na tampa.....	54
Figura 33 - Perspetiva Isométrica da modelação da ventoinha do sistema de secagem	55
Figura 34 - Perspetiva Isométrica da modelação do Depósito de Líquido de Limpeza de Lentes de Óculos.....	56
Figura 35 - Perspetiva Isométrica da modelação Geral da Solução Desenvolvida	56
Figura 36 - Lente direita dos óculos graduados, com sujidade.....	61
Figura 37 - Lente esquerda dos óculos graduados, com sujidade	62
Figura 38 - Líquido de Limpeza de Lentes, da marca Well's	62
Figura 39 - Medição do Ruído do equipamento Grundig UC5620, com um Apple Watch Series 5.....	63
Figura 40 - Lente direita dos óculos graduados, após a limpeza num banho de água	64
Figura 41 - Lente esquerda dos óculos graduados, após a limpeza num banho de solução (água com líquido de limpeza)	64
Figura 42 - Determinação da designação do cilindro CUJ da SMC, de acordo com as especificações.....	65
Figura 43 - Possibilidades de "Auto-Switches" para os cilindros do modelo CUJ da SMC.....	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de Refração de alguns materiais incluindo materiais de lentes	4
Tabela 2 - Comparação dos Materiais das Lentes através do Índice de Refração, Número Abbe e Densidade	7
Tabela 3 - Análise comparativa entre os equipamentos de limpeza ultrassônica Baku-2300 [13], Grundig UC5620 [14], BP-USC07 [13] [15], BP-USC02 [13] [16], Baku-3060A [13] e Velleman VTUSC3 [13] [17]	16
Tabela 4 - Requisitos Pretendidos para o Projeto.....	39
Tabela 5 - Mapa morfológico	40
Tabela 6 - Comparação dos parâmetros entre as soluções alternativas	45
Tabela 7 - Comparação entre o equipamento Grundig UC5620 e a solução alternativa	46

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CR-39 – Columbia Resin 39

dB – decibéis

g – grama

Hz – Hertz

l – litro

LED – díodo emissor de luz

m – metro

MAX – máximo

Pa – pascal

PCB – placa de circuito impresso

s – segundos

V – volt

W – watt

°C – graus Celsius

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação enquadra-se no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Universidade do Minho e na necessidade da conceção de um dispositivo para limpeza automatizada de lentes de óculos. Neste capítulo descreve-se o enquadramento, a motivação, os objetivos e a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

As lentes de óculos acumulam sujidade de vários locais, sejam partículas de pó presentes no ar, óleos presentes na pele humana, principalmente nas mãos, entre outros. Esta sujidade cria manchas pouco ou muito visíveis nas lentes que impedem a transparência e visibilidade total da lente. Assim, os óculos necessitam da limpeza das lentes, caso contrário, não estão a realizar a sua função principal de permitir uma melhor visão ao utilizador.

Atualmente, a limpeza das lentes de óculos pelo consumidor é realizada manualmente através da utilização do pano de limpeza, com ou sem líquido de limpeza de lentes, ou então utilizando outras superfícies não apropriadas, como por exemplo tecidos de camisolas e blusas. Porém, o método de limpeza do pano, com ou sem líquido, não é totalmente eficaz uma vez que há locais onde não é possível alcançar a lente corretamente, nomeadamente na fronteira da lente com a armação.

A utilização de óculos em Portugal e no Mundo é acentuada e está em crescimento nos últimos anos. Em Portugal, cerca de 67% da população acima dos 15 anos utiliza óculos [1], e a nível global estima-se que cerca de 75% da população mundial utilize dispositivos de correção, sendo que 64% da população mundial utiliza óculos [2], o que revela que a otimização de produtos associados à limpeza das lentes é essencial e terá um enorme impacto para uma grande parte da população nacional e mundial.

1.2 Motivação

A otimização dos métodos de limpeza das lentes de óculos é essencial para garantir o correto funcionamento dos óculos e também para evitar que os utilizadores estejam constantemente a realizar limpezas não apropriadas apenas com o pano de limpeza ou outras

superfícies. A limpeza das lentes é muitas vezes desprezada pelos utilizadores por ser uma tarefa maçadora e muito repetitiva. Deste modo, entra a evolução da tecnologia no auxílio da realização de tarefas. A criação de um dispositivo de limpeza automatizada irá remover a tarefa maçadora do utilizador e realizar uma limpeza apropriada das lentes, garantindo a função correta dos óculos.

1.3 Objetivos

O principal objetivo desta dissertação consiste no desenvolvimento de um produto automatizado mecatrónico que permita realizar a limpeza das lentes de óculos correta e retirar a tarefa ao utilizador. Para alcançar este objetivo, foram definidos os seguintes objetivos parciais:

- Estudo dos materiais das lentes de óculos e dos produtos para obter uma limpeza correta das lentes;
- Estudo dos métodos de limpeza das lentes de óculos;
- Estudo dos equipamentos de limpeza de óculos e de lentes de óculos existentes no mercado e respetivo estado de arte;
- Identificar problemas associados aos equipamentos disponíveis no mercado;
- Propor melhorias possíveis de implementar a esses equipamentos;
- Projetar um equipamento otimizado de limpeza de lentes de óculos que seja possível de inserir no mercado.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é composta por seis capítulos. O presente capítulo consiste na introdução ao tema em estudo, tendo uma breve contextualização do mesmo através do enquadramento, motivação e objetivos.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica, onde são descritos alguns conceitos teóricos necessários à compreensão da dissertação, tais como o índice de refração, o número *Abbe* e os materiais das lentes de óculos existentes no mercado.

No terceiro capítulo é apresentado o estado de arte, com os produtos e métodos atuais de limpeza das lentes, sejam manuais ou automatizados, à apresentação dos vários

equipamentos de limpeza ultrassônica disponíveis no mercado, assim como os componentes dos equipamentos de limpeza ultrassônica.

No quarto capítulo é apresentada a metodologia a adotar, desde a abordagem conceptual de teoria de projeto, até às soluções alternativas e uma análise comparativa entre as mesmas, seguida de uma análise comparativa entre a melhor solução e o modelo de referência escolhido.

No quinto capítulo é apresentado o desenvolvimento do projeto a realizar, de modo a obter um equipamento melhor do que os atuais do mercado, anexando a este capítulo a modelação dos componentes e os respetivos desenhos técnicos.

Por fim, no sexto capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho realizado, sendo também descritas as tarefas futuras a realizar.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os óculos são constituídos pela armação e pelas lentes. As lentes têm sofrido uma evolução ao longo das décadas, por vários motivos, sejam eles a segurança do utilizador, custos menores ou até mesmo a estética. Como as lentes têm uma grande complexidade, neste capítulo apresentam-se alguns conceitos teóricos para uma melhor compreensão do seu funcionamento.

2.1 Índice de Refração

O índice de refração, n , de um dado material representa o quão rápido a luz atravessa esse material, e é definido com a velocidade da luz no vácuo, c , e o comprimento de onda da luz no meio, v , como indica a equação seguinte.

$$n = c/v$$

Por exemplo, o índice de refração da água é 1,333 o que significa que a luz se propaga na água 1,333 vezes mais lento que no vácuo. O aumento do valor do índice de refração indica, portanto, a diminuição da velocidade de propagação da luz nesse meio.

Alguns índices de refração são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Índices de Refração de alguns materiais incluindo materiais de lentes

Material	Índice de Refração (n)
Vácuo	1
Ar (temperatura 0 °C; pressão 1 atm)	1,00029
Gelo	1,31
Água (temperatura 20 °C)	1,33
Vidro <i>crown</i>	1,52 a 1,62
Cloreto de sódio	1,54
Poliestireno	1,55 a 1,59
Vidro <i>flint</i>	1,57 a 1,75
Diamante	2,417

Deste modo, aplicando o índice de refração às lentes de óculos, um índice de refração mais elevado irá produzir lentes mais finas, para obter o mesmo efeito refrativo, sendo esta uma característica muito importante na escolha do material das lentes. [3]

2.2 Número *Abbe*

O físico alemão Ernst Abbe, colega de Carl Zeiss, em 1800, criou o número *Abbe*, V_D , também conhecido como “número V” ou “constringência”. Este número representa uma medida adimensional da magnitude da dispersão cromática de um material. Pode ser obtido, para o espectro visível, através da combinação do índice de refração do material em três comprimentos de onda diferentes: o do azul de hidrogénio, n_F , (486,1 nm), o do amarelo de sódio, n_D , (589,2 nm) e o do vermelho de hidrogénio, n_C , (656,3 nm).

$$V_D = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$$

Define, portanto, a aberração cromática (dispersão das cores produzida pelo material) aquando da passagem de luz pelo mesmo. Um número *Abbe* elevado representa uma baixa aberração cromática, que permite diferenciar melhor as cores; enquanto um número *Abbe* reduzido representa uma alta aberração cromática, o que poderá ser indesejado pelo consumidor. Porém, normalmente, obter um índice de refração elevado e um número *Abbe* elevado não é possível, como poderá ser visto de seguida. Assim sendo, terá de ser realizado um compromisso entre estas duas características. [4]

2.3 Materiais das Lentes de Óculos

Com a evolução da tecnologia, também evoluíram os estudos e desenvolvimento de novos materiais a aplicar nas lentes de óculos, não só pelos benefícios que trazem como também pelas melhorias a níveis de segurança. Assim sendo, atualmente, existem no mercado vários tipos de materiais de lentes, que irão ser descritos brevemente de seguida. [3]

2.3.1 Lentes de Vidro

No início do desenvolvimento dos óculos, as lentes eram produzidas em vidro. Apesar deste material apresentar características excecionais para a visão, como a sua transparência, apresenta também várias limitações, nomeadamente a massa e a fragilidade, podendo causar

danos graves ao olho e até mesmo a perda de visão. Por esses motivos, as lentes de vidro já não são utilizadas no mercado.

2.3.2 Lentes Poliméricas

Na década de 40, a empresa *Armortite Lens Company* introduziu as primeiras lentes de óculos em polímeros leves, o polímero CR-39 (*Columbia Resin 39*). Este material é muito característico devido à sua baixa massa, garantindo assim vários aspectos positivos ao utilizador, como o conforto. Dado que apresenta também excelentes qualidades óticas, o CR-39 continua a ser muito utilizado na produção de lentes de óculos.

2.3.3 Lentes de Policarbonatos

No início da década de 70, a empresa *Gentex Corporation* introduziu as primeiras lentes em policarbonatos para garantir mais medidas de segurança ao utilizador. O policarbonato é mais leve e mais resistente ao impacto que o CR-39 e, portanto, é um material preferível para óculos de crianças, óculos de segurança e óculos desportivos.

2.3.4 Lentes de *Trivex*

Em 2001, a empresa PPG Industries desenvolveu um material denominado *Trivex* para as forças militares e no mesmo ano anunciou que iria disponibilizar esse mesmo material para indústria ocular. *Trivex* é um pré-polímero à base de uretano com três propriedades principais: qualidade ótica superior, material muito leve e de resistência muito elevada. Este material é uma alternativa às lentes de policarbonato, uma vez que consegue apresentar as mesmas características de resistência ao choque, enquanto apresenta melhor qualidade ótica a uma massa volúmica menor.

2.3.5 Polímeros de Elevado Índice

Nas últimas 2 décadas, a estética das lentes tornou-se um fator muito importante para o consumidor e, para corresponder a esta procura, desenvolveram-se polímeros de elevado índice, que permitem lentes mais leves e mais finas. São denominadas de “elevado índice” devido ao elevado índice de refração que apresentam, isto é superior a 1,60.

2.3.6 Comparação entre os vários materiais de lentes

Como mencionado acima, três propriedades que definem os materiais das lentes de óculos são o índice de refração, o número *Abbe* e a densidade. Assim sendo, e já contextualizando sobre os conceitos, apresenta-se de seguida uma comparação direta entre os vários materiais para as propriedades definidas numa tabela, seguido pelas principais vantagens de cada material.

Tabela 2 - Comparação dos Materiais das Lentes através do Índice de Refração, Número Abbe e Densidade

Material da Lente	Índice de Refração	Número <i>Abbe</i>	Densidade [g/cm ³]
Vidro <i>crow</i> n	1,523	59	2,54
CR-39	1,498	58	1,32
Policarbonatos	1,586	30	1,20
<i>Trivex</i>	1,54	45	1,1
Polímeros de Elevado Índice (1,60 a 1,67)	1,60 a 1,67	36 (1,60) a 32 (1,67)	1,34 a 1,35
Polímeros de Elevado Índice (1,70 a 1,74)	1,70 a 1,74	36 (1,70) a 33 (1,74)	1,4 a 1,5

O vidro *crow*n tem um índice de refração de 1,523 e um número *Abbe* 59, o que determina desde logo uma qualidade ótica excelente das lentes dado o elevadíssimo número *Abbe*, e dada a abundância do material, permite também produzir lentes de baixo custo. Porém, a densidade deste vidro é de 2,54 g/cm³, o que torna as lentes muito pesadas, e o índice de refração não é muito superior a 1,5 o que não permite realizar lentes muito finas. O facto de ser vidro apresenta também a desvantagem de serem lentes frágeis, mais suscetíveis a partir aquando possíveis quedas.

O polímero CR-39 apresenta um índice de refração de 1,498 e um número *Abbe* 58, que são números muito semelhantes aos do vidro *crow*n. Deste modo, as lentes de CR-39 apresentam também uma excelente qualidade ótica e também a um baixo custo. Apesar da densidade ser 1,32 g/cm³, o que torna as lentes significativamente mais leves que as de vidro *crow*n, as lentes de CR-39 continuam com a desvantagem da elevada grossura da lente, dado

o índice de refração inferior ao do vidro *crow*n, o que não é esteticamente apreciado pelos consumidores.

Os policarbonatos apresentam um índice de refração de 1,586 e um número *Abbe* 30. Dado o índice de refração bastante superior em relação às lentes de vidro *crow*n e CR-39, é possível obter lentes mais finas para a mesma refração desejada. Apesar do número *Abbe* ser quase metade, continuam a apresentar uma melhor qualidade ótica que as lentes previamente apresentadas, dada a elevada diferença do índice de refração. A densidade destas lentes é também muito inferior, 1,20 g/cm³, resultando em lentes muito leves. Outras vantagens das lentes de policarbonatos são a elevada resistência ao impacto, assim como a capacidade de bloquear 100% da luz ultravioleta.

As lentes de *Trivex* apresentam um índice de refração de 1,54 e um número *Abbe* 45. Dado o índice de refração menor que o das lentes de policarbonatos, não permitem lentes igualmente finas, mas dado o elevado número *Abbe*, apresentam também uma boa qualidade ótica. A principal vantagem obtém-se com a baixa densidade, 1,1 g/cm³, obtendo assim as lentes mais leves do mercado. Outras vantagens são a elevada resistência ao impacto e a capacidade de bloquear 100% da luz ultravioleta.

As lentes de polímeros de elevado índice podem ser divididas em dois grupos: as lentes de índice entre 1,60 e 1,67, e as lentes de índice entre 1,70 e 1,74.

As lentes de polímeros de elevado índice (entre 1,60 e 1,67) são lentes com índices de refração muito elevados, o que permite obter lentes muito finas de elevada qualidade ótica. Porém, o número *Abbe* destas lentes acaba por ser o compromisso, sendo apenas de 36 para lentes com índice de 1,60, e de 32 para lentes com índice de 1,67. A densidade destas lentes varia entre 1,34 e 1,35 g/cm³, permitindo lentes leves, principalmente considerando que serão lentes bem finas. Também bloqueiam 100% da luz ultravioleta. Porém, estas lentes têm um custo elevado.

As lentes de polímeros de elevado índice (entre 1,70 e 1,74) são lentes com os índices de refração mais elevados, que permite obter as lentes mais finas do mercado e de elevada qualidade ótica. Porém, o número *Abbe* destas lentes é também o compromisso, sendo apenas de 36 para lentes com índice de 1,70, e de 33 para lentes com índice de 1,74. A densidade destas lentes varia entre 1,4 e 1,5 g/cm³, permitindo lentes leves, mais uma vez considerando que serão lentes muito finas. Também bloqueiam 100% da luz ultravioleta. Porém, estas lentes têm um custo muito elevado.

2.4 Cavitação

Quando um determinado volume de um líquido é sujeito a uma pressão suficientemente reduzida, este poderá romper e formar cavidades (microbolhas). Este fenómeno é conhecido como o início da cavitação. Quando as condições de pressão não forem suficientes para a bolha se manter (através do aumento de pressão), o líquido começa a implodir a bolha devido à pressão mais elevada. Quando a bolha colapsa com o aumento da pressão, o vapor dentro da bolha é sujeito a um aumento acentuado de pressão e temperatura. Com isto, as moléculas da bolha colidem, libertando uma quantidade enorme de energia. [4] [5]

O processo físico da cavitação é semelhante ao da ebulição. A grande diferença são os caminhos termodinâmicos para a obtenção do vapor. A ebulição é obtida pelo aumento de temperatura até ao ponto de saturação, e pela continuidade do aumento de temperatura até à mudança de fase para vapor. A cavitação é obtida pela diminuição da pressão abaixo do ponto de vapor saturado, um valor que pode ser obtido através da tensão de cedência de um líquido a uma determinada temperatura. [6]

O processo de cavitação hidrodinâmica consiste na vaporização, geração de bolhas e a sua implosão, num determinado líquido, resultante da diminuição da pressão do líquido seguido do aumento de pressão do mesmo. Este processo apenas é possível ser atingido se a pressão diminuir o suficiente para passar o ponto de pressão de vapor saturado desse líquido e, pela mesma lógica, aumentar o suficiente para passar esse mesmo ponto.

Este processo pode ser produzido de algumas formas, nomeadamente conduzir o líquido por um determinado canal estrangido a uma velocidade específica, ou por rotação de um objeto no banho desse líquido. Pode ainda ser produzido pela agitação do tanque onde se situa o líquido, se este vibrar com frequências na ordem das ultrassónicas (acima de 20 kHz). [7]

A figura seguinte demonstra a formação da bolha, a sua expansão e a implosão de acordo com o ciclo de ondas ultrassónicas.

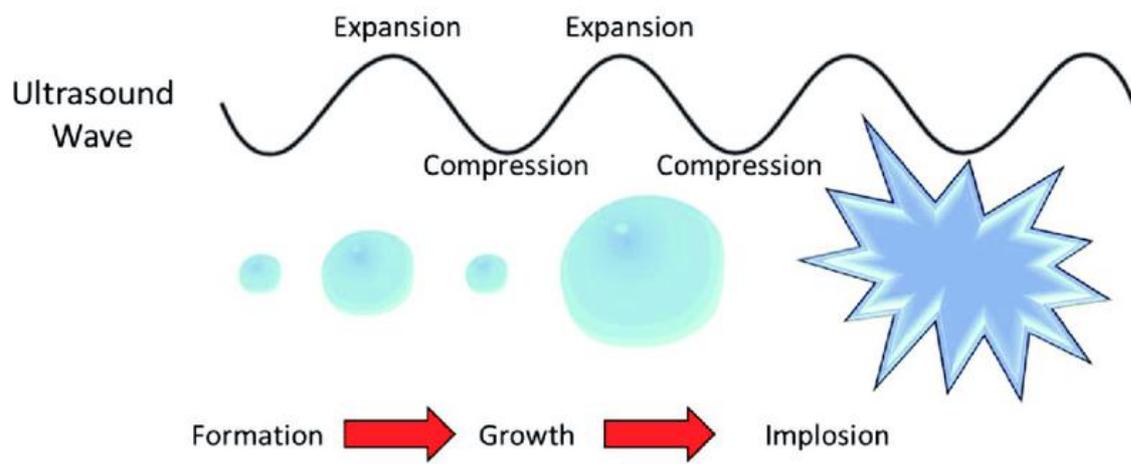


Figura 1 - Geração de bolhas (cavidades) através do ciclo de ondas ultrassônicas [8]

3. ESTADO DE ARTE

Neste capítulo serão apresentados os produtos e métodos atuais de limpeza de lentes de óculos, desde métodos tão simples como o pano de limpeza de microfibra até métodos automatizados de equipamentos de limpeza ultrassônica, que atualmente estão presentes no mercado, apesar de não serem muito conhecidos.

Em relação aos equipamentos automatizados de limpeza ultrassônica, serão descritos os seus componentes, que se baseiam em componentes mecânicos de suporte, como a estrutura da base, a tampa, o recipiente para colocar os produtos, e em componentes elétricos, como a ligação à tomada e o dispositivo de controlo.

No final do capítulo, estes vários componentes serão analisados de modo a compreender quais os mais importantes, assim como as vantagens e desvantagens dos mesmos, o que permitirá também avaliar as possíveis melhorias a implementar.

3.1 Produtos e Métodos Atuais de Limpeza de Lentes de Óculos

3.1.1 Pano de Microfibra e Líquido de Limpeza

Sem dúvida, o método mais comum de limpeza das lentes é o do pano de microfibra com aplicação do líquido de limpeza.

Na compra de um par de óculos, sejam estes graduados ou de sol, na caixa dos óculos está presente um pano de microfibra para a limpeza das lentes. Estes panos são muito fáceis de usar, compactos e, devido às características da microfibra, previnem riscos nas lentes, algo que é comum acontecer quando se utilizam outros materiais mais presentes no dia-a-dia, como é o caso de uma camisola de algodão. Na Figura 2 é possível ver um pano de microfibra comum e um frasco de líquido de limpeza de lentes.



Figura 2 - Kit AntiFog da Zeiss, inclui um pano de microfibra e um líquido de limpeza em spray [9]

Quanto aos líquidos de limpeza, normalmente são soluções à base de água e álcool com propriedades de limpeza. Há também vários líquidos de limpeza atualmente que previnem o embaçamento das lentes (*Anti-Fog*), como é o caso do líquido da Zeiss presente na Figura 2 e também o líquido da Opticenter apresentado na Figura 3. O líquido de limpeza da Zeiss é composto por água, éter di-etilenoglicol-butílico ($C_8H_{18}O_3$), metilcloroisotiazolinona ($S(C_2HCl)C(O)N(CH_3)$) e metilisotiazolinona (C_4H_5NOS). [10]



Figura 3 - Líquido de Limpeza Anti-Fog da Opticenter [10]

A utilização do pano de microfibra com o líquido de limpeza permite uma limpeza das lentes dos óculos eficaz na maior parte da lente. Porém, há locais onde não é possível alcançar

a lente com o pano, como é o caso da zona de fronteira com a armação. Adicionalmente, é comum o utilizador de óculos não efetuar a limpeza apropriada com o pano e o líquido, não só por ser uma tarefa maçadora, mas também por achar que uma passagem com um tecido mais prático de usar, como é o caso de camisolas de algodão, realizar uma limpeza muito próxima da limpeza com o pano de microfibra.

3.1.2 Clipe de Microfibra para Limpeza de Lentes de Óculos

Um método alternativo à utilização do pano de microfibra, mas com a mesma função, é o clipe de microfibra, como é possível ver na Figura 4. Este clipe contém duas hastes, cada uma com uma zona de microfibra na extremidade, para limpar as lentes dos óculos dos dois lados simultaneamente. Estes cliques facilitam o processo de limpeza dos óculos e são bastante compactos. Permitem também uma limpeza melhor, uma vez que o clipe contém uma caixa de proteção das hastes, ao invés do pano de microfibra que não é tão protegido quando arrumado. [11]



Figura 4 - Clipe de Microfibra da Peeps

3.1.3 Toalhita de Limpeza de Lentes Descartável

Para situações específicas, existe a toalhita de limpeza descartável. É um produto que permite uma limpeza apropriada e rápida, garantindo que a toalhita não tem sujidade acumulada nem contém materiais abrasivos de limpezas prévias, uma vez que é de utilização única. As toalhitas são feitas de um pano de tecido humedecido com um álcool de limpeza de

lentes, livres de químicos agressivos para as lentes. Este tipo de produto é muito utilizado em ambientes profissionais seja em lentes de câmaras, lentes de binóculos, e outras superfícies óticas sensíveis. A descartabilidade das toalhitas é uma vantagem para garantir a limpeza apropriada, porém é também uma desvantagem em questões ambientais e de sustentabilidade, assim como não é ideal como uma solução a longo prazo. [9]



Figura 5 - Toalhitas de Limpeza de Lentes da Zeiss

3.1.4 Equipamentos de Limpeza Ultrassônica

A tecnologia de limpeza ultrassônica surgiu nos anos 50 em utilização científica e nas décadas seguintes foram desenvolvidos produtos comerciais para utilização doméstica, sendo que nos anos 70 foram lançados os primeiros produtos a preços acessíveis ao consumidor. Esta tecnologia foi desenvolvida com o objetivo de limpar peças pequenas e acelerar tratamentos superficiais.

Com a tecnologia desenvolvida, não demorou muito tempo para vários produtos serem desenvolvidos para a utilização de vários objetos do consumidor nomeadamente joias, óculos, relógios, pequenos utensílios, dentaduras, anéis, entre outros.

A tecnologia baseia-se na propagação de ondas ultrassônicas para criar bolhas no banho que pode ser água ou então uma solução de água com o líquido de limpeza apropriado ao produto.

No caso específico das lentes de óculos, uma limpeza adequada e completa não é possível com os produtos e métodos referidos anteriormente, pelo que a utilização destes equipamentos é uma mais-valia.

As bolhas irão remover a sujidade das lentes e da estrutura dos óculos, incluindo locais onde os panos não conseguem alcançar, obtendo uma limpeza total nas lentes. Para mais, apenas é necessário colocar a solução no equipamento e os óculos na solução durante cerca de 3 minutos para se obter a limpeza dos óculos. [12]



Figura 6 - Equipamento de Limpeza Ultrassónica Grundig UC5620

3.2 Equipamentos de Limpeza Ultrassónica Disponíveis no Mercado

Através de uma pesquisa detalhada, foi possível descobrir múltiplos equipamentos de limpeza ultrassónica disponíveis atualmente no mercado, muito variados e com grandes diferenças nas características, variando o tamanho, as funcionalidades e a estética e, por consequência, o preço do equipamento. De seguida serão apresentados alguns equipamentos, de modo a comparar os mesmos e compreender as semelhanças e as diferenças que apresentam.

Posteriormente, serão escolhidos 2 equipamentos para realizar uma comparação mais detalhada, avaliando as diferenças entre os mesmos para compreender as diferenças entre preços.

3.2.1 Apresentação de equipamentos disponíveis no mercado

Na Tabela 3 e na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** é possível analisar 6 equipamentos de diversas marcas e comparar algumas características. As características escolhidas para comparação são o consumo energético, a frequência da onda ultrassônica, o tipo de interface, a capacidade do tanque, o material do tanque, as dimensões externas, a massa e o preço.

Tabela 3 - Análise comparativa entre os equipamentos de limpeza ultrassônica Baku-2300 [13], Grundig UC5620 [14], BP-USC07 [13] [15], BP-USC02 [13] [16], Baku-3060A [13] e Velleman VTUSC3 [13] [17]

Nome	Baku-2300	Grundig UC5620	Blaupunkt USC07	Blaupunkt USC02	Baku-3060A	Velleman VTUSC3
Consumo energético	28 W	50 W	40 W	15 W	35 W	170 W
Frequência da onda ultrassônica	40 kHz	43 kHz	40 kHz	48 kHz	42 kHz	42 kHz
Tipo de Interface	Botões físicos, visor digital	Botão físico e luz ON/OFF	Botões físicos, visor digital	Botão físico	Botões de toque, visor digital	Botão físico, visor digital
Ciclos de Limpeza	1	1	5	1	13	5
Tempos dos Ciclos	5 min	5 min	90, 180, 280, 380 e 480 s	5 min	3 a 15 min	90, 180, 280, 380 e 480 s
Capacidade	600 ml	500 ml	750 ml	450 ml	800 ml	2600 ml
Material	Aço inoxidável					
Dimensões	194 x 129 x 91 mm	196 x 130 x 126 mm	175 x 155 x 100 mm	186 x 100 x 59 mm	200 x 140 x 138 mm	290 x 225 x 180 mm
Massa	500 g	735 g	740 g	530 g	915 g	

Preço	42 €	55 €	63 €	71 €	80 €	158 €
-------	------	------	------	------	------	-------

Através desta análise comparativa entre os vários equipamentos, é possível concluir que as características, apesar de diferentes, variam relativamente pouco (à exceção do Velleman VTUSC3), tanto no consumo energético (até 50 W), na capacidade do tanque (à volta de 600 ml), a frequência da onda ultrassónica (cerca de 44 kHz), a massa (cerca de 750 g), e até as dimensões. O material do tanque é, em todos os equipamentos, o aço inoxidável, que se pode concluir como escolha acertada, dadas as suas características e o seu preço.

3.2.2 Comparação entre os equipamentos Blaupunkt USC02 e USC07

Os dois equipamentos da Blaupunkt são bastante diferentes, tanto no formato estrutural como na interface com o utilizador e até nas suas características.

O USC02 é um equipamento mais simples, apresentando um único botão na interface com o utilizador, que permite ligar o único ciclo de limpeza deste produto (300 segundos). Este equipamento contém um tanque de aço inoxidável sem cesto de suporte, como é possível ver na Figura 7. É um tanque relativamente pequeno, com apenas 450 ml de capacidade e consome apenas uma potência de 15 W. A frequência da onda ultrassónica produzida é de 48 kHz. Devido às suas menores dimensões, é também um equipamento mais leve, pesando apenas 530 g.



Figura 7 - Blaupunkt USC02 aberto, vista interior do tanque

Por outro lado, o Blaupunkt USC07, representado na Figura 8, é um equipamento mais complexo, apresentando uma interface com o utilizador de dois botões juntamente com um visor digital. Um botão funciona como ON/OFF e o outro como botão de seleção de ciclo, uma vez que tem 5 ciclos de limpeza disponíveis: 90 s, 180 s, 280 s, 380 s e 480 s.



Figura 8 - Blaupunkt USC07

Este equipamento contém um tanque de aço inoxidável com um cesto de suporte para colocar os objetos, assim como a prevenção do contacto directo entre os objetos a limpar e o

tanque de aço inoxidável. O cesto colocado no tanque está visível na Figura 9. O tanque de 750 ml de capacidade permite a limpeza de produtos de maiores dimensões, mas com esse benefício consome mais potência, 40 W. A frequência da onda ultrassónica produzida é de 40 KHZ. Com estas características, este equipamento é mais pesado, com cerca de 740 g.



Figura 9 - Blaupunkt USC07, vista interior do tanque com cesto de suporte

Comparando os dois produtos, é possível concluir que o Blaupunkt USC07 é um produto mais avançado, principalmente pela maior capacidade do tanque e pelos 5 ciclos de limpeza. O facto de trazer um cesto de suporte é também uma mais-valia, pois permite limpar objetos mais suscetíveis a riscos, garantindo que não irão entrar em contacto direto com o aço inoxidável do tanque.

3.3 Componentes e Funcionamento dos Equipamentos de Limpeza Ultrassónica

Para compreender o funcionamento de um equipamento de limpeza ultrassónica ao detalhe, assim como listar os seus componentes, adquiriu-se o equipamento Grundig UC5620.

Na caixa do produto, vem o equipamento juntamente com o manual de utilização e folha de especificação de características.

Os componentes do equipamento podem ser divididos em dois grupos: os componentes estruturais e os componentes periféricos.

Os componentes estruturais externos são os componentes que entram em contacto com o utilizador, representados na Figura 10. Estes são a tampa translúcida (A), o tanque de aço inoxidável (B), o corpo (E), o cabo elétrico (F), o botão ON/OFF (D), a luz indicadora (C).



Figura 10 - Componentes Estruturais do equipamento Grundig UC5620

Através da desmontagem do equipamento, foi possível identificar os componentes estruturais internos, que são os componentes que estão protegidos pela estrutura do corpo. Estes são o PCB principal, representado na Figura 11, o PCB da interface, representado na Figura 12, o suporte do tanque, representado na Figura 13, e o sistema de oscilação, representado na Figura 14.

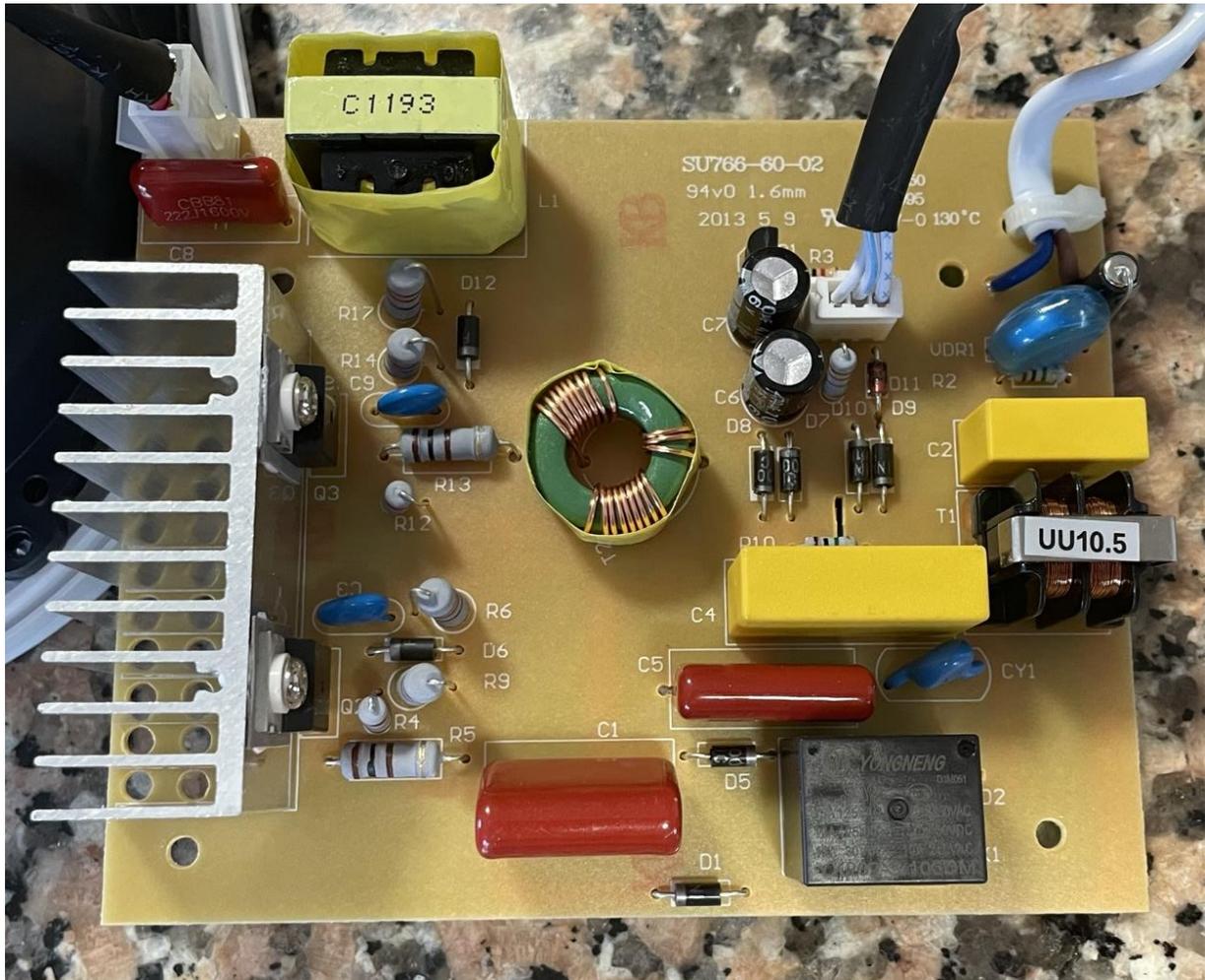


Figura 11 - PCB principal do Grundig UC5620

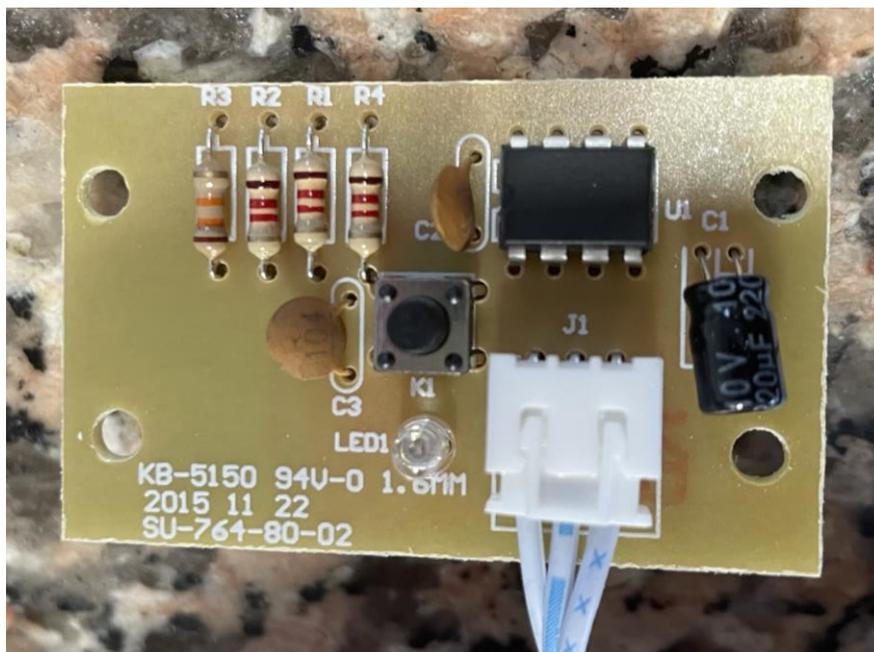


Figura 12 - PCB da interface (botão e luz) do Grundig UC5620



Figura 13 - Suporte do tanque do Grundig UC5620



Figura 14 - Sistema de oscilação do Grundig UC5620

Os componentes periféricos, representados na Figura 15, são o cesto polimérico (H) e o suporte para relógios (G).



Figura 15 - Componentes Periféricos do equipamento Grundig UC5620

3.3.1 Componentes Estruturais

Os componentes estruturais são a base do equipamento. Estes componentes são levados a estudos intensivos de modo a obter o produto final capaz de realizar as suas funções corretamente e durante o período do ciclo de vida do mesmo.

Os componentes estruturais externos podem ser divididos entre componentes mecânicos e componentes eletrónicos. Os componentes mecânicos são o corpo, o tanque e a tampa. Os componentes eletrónicos são o botão ON/OFF, a luz indicadora e o cabo elétrico.

O corpo do equipamento é de um material polimérico (ABS), e tem como função principal agrupar e suportar todos os restantes componentes. Este componente deve ser capaz de resistir ao choque (eventuais quedas e choques que poderá sofrer), capaz de resistir às temperaturas e humidades de diferentes ambientes (para suportar diferentes climas e locais onde possa estar colocado).

O tanque do equipamento, de aço inoxidável, é um dos componentes mais importantes no equipamento. Tem como função ser o suporte da solução e dos produtos a limpar durante o processo de limpeza. Deste modo, o componente deve ser capaz de resistir às ondas ultrassónicas produzidas (cerca de 43 kHz), assim como aos efeitos de desgaste do contacto constante com a solução de água e líquido de limpeza dos vários produtos. Deve também ser fácil de lavar de qualquer sujidade que possa acumular. Sendo o tanque de aço inoxidável, este é capaz de resistir ao mencionado anteriormente e é facilmente limpo. É também um material relativamente barato e de fácil produção, o que permite concluir que será o material ideal para este componente.

A tampa do equipamento é de um material polimérico translúcido, e tem como função fechar o equipamento, garantindo que durante o funcionamento não contém aberturas por onde possa passar a solução em caso de um incidente. Este componente tem uma função simples, e pode ser utilizado um material barato, uma vez que mais importante que o material é a ligação entre os componentes da base e da tampa, de modo a garantir o fecho correto.

O botão ON/OFF é um componente relativamente simples, e neste equipamento é o único controlador. Neste equipamento, este botão é monofásico e permite a ligação da corrente ao equipamento, ligando a coluna que produz as ondas ultrassónicas.

A luz indicadora é também um componente relativamente simples, que emite uma luz LED quando a corrente passa para a coluna, servindo como único indicador para o utilizador que o equipamento está ligado.

O cabo elétrico serve como ligação do equipamento à tomada de corrente elétrica, permitindo obter a potência necessária para o funcionamento do mesmo. Deve, portanto, suportar a potência consumida pelo equipamento, neste caso, 50 W, às especificações da rede elétrica pretendidas, tensão elétrica 220 a 240 V e frequência 50/60 Hz.

Os componentes estruturais internos podem também ser divididos entre componentes mecânicos e componentes eletrónicos. Os componentes mecânicos são o suporte do tanque e o sistema de oscilação. Os componentes eletrónicos são o PCB principal e o PCB da interface.

O suporte do tanque é de um material polimérico (ABS) e tem como função proteger o tanque e o sistema de oscilação dos restantes componentes eletrónicos, que dentro do equipamento estão situados imediatamente abaixo desse suporte.

O sistema de oscilação tem um funcionamento semelhante a uma coluna, isto é, através de energia elétrica fornecida irá produzir vibrações na frequência de 43 kHz (frequência ultrassónica). Este sistema está seguro ao tanque de aço inoxidável, pelo que o próprio tanque irá absorver e vibrar também à mesma frequência, transmitindo então as vibrações ultrassónicas à solução líquida dentro do tanque. Isto provoca uma mudança de pressão na solução que permite a formação de bolhas de cavitação. Com a implosão dessas bolhas, a sujidade das lentes dos óculos é removida.

O PCB de interface é o circuito impresso responsável interface entre o utilizador e o equipamento. Tem, portanto, o botão monofásico e o LED, que correspondem ao botão ON/OFF e à luz indicadora.

O PCB principal é o circuito impresso responsável pelas ligações principais do equipamento. Este tem a ligação ao cabo elétrico, que será a fonte de energia, a ligação ao PCB de interface, que permite ler o botão como sensor, e a ligação ao sistema de oscilação para a transmissão da energia elétrica ao mesmo. Este PCB contempla um gerador de ultrassons que é o componente responsável por armazenar energia elétrica e fornecê-la ao sistema de oscilação. Como é possível ver na Figura 11, tem também muitos outros pequenos

componentes, nomeadamente resistências elétricas, condensadores, díodos e ainda um sistema de pás para dissipação de energia térmica produzida.

3.3.2 Componentes Periféricos

Os componentes periféricos são acessórios ao equipamento. Permitem garantir melhorias e ajudas ao utilizador para a utilização do mesmo. Neste equipamento, os componentes periféricos são o cesto polimérico e o suporte para relógios.

O cesto polimérico é um componente que permite ao utilizador colocar os produtos a limpar garantindo que estes não irão entrar em contacto direto com o tanque de aço inoxidável. Para certos produtos, suscetíveis a riscos devido à baixa dureza, este cesto é essencial para garantir a limpeza apropriada sem comprometer o produto. É também útil uma vez que permite ao utilizador remover os produtos da solução após a limpeza diretamente removendo o cesto, permitindo limpar vários produtos de uma só vez sem ser necessário recolhê-los manualmente.

O suporte para relógios é um componente para colocação do relógio garantindo que o visor do mesmo não entra em contacto com nenhuma superfície quer do cesto polimérico, quer do tanque de aço inoxidável, prevenindo então qualquer risco no visor do mesmo.

3.3.3 Funcionamento do Equipamento

O equipamento tem um funcionamento para o utilizador relativamente simples, apesar de necessitar de algumas tarefas de preparação, assim como de remoção após o ciclo de limpeza.

A fase de preparação é constituída por 3 passos:

1. O utilizador deve encher o equipamento com água, ou com uma solução de água com líquido de limpeza, até à marca máxima, assinalada com “MAX” no tanque, como é possível ver na Figura 16;
2. De seguida, deve colocar os óculos no cesto de suporte e inserir este cesto dentro do tanque, como é possível ver na Figura 17 e na Figura 18, seguido de colocar a tampa no equipamento;
3. Por fim, deve então ligar o equipamento à tomada elétrica e acioná-lo através do botão ON. O equipamento acenderá uma luz LED durante o período de funcionamento, e esta desligar-se-á aquando do término do ciclo de limpeza.



Figura 16 - Marca "MAX" assinalando o máximo do tanque



Figura 17 - Óculos dentro do cesto



Figura 18 - Cesto com óculos dentro do tanque

O acionamento do botão ON inicia o ciclo de limpeza através do sistema de vibração ultrassónica durante o tempo do ciclo de limpeza deste equipamento, 5 minutos.

No final do ciclo de limpeza, a luz LED desliga-se e o utilizador deve prosseguir aos passos de remoção:

1. Desligar o equipamento da tomada elétrica;
2. Abrir a tampa e remover o cesto com os óculos;
3. Esvaziar o tanque da solução.

Através de várias utilizações, e até mesmo verificando o método de funcionamento, é possível identificar algumas tarefas maçadoras que irão impedir o utilizador de usar este equipamento regularmente. A necessidade de encher e esvaziar o tanque com água, ou a solução, é uma tarefa que requer ao utilizador pegar no equipamento e levá-lo para junto de uma fonte de água como uma torneira, assim como para esvaziar é necessário levar o equipamento para junto de um lavatório ou uma pia de cozinha.

Um grande problema também notado nas utilizações foi a remoção do cesto do tanque após a limpeza, uma vez que os óculos estão ainda molhados, e para os utilizar de imediato, requer uma secagem manual, com um pano por exemplo, que irá colocar algumas partículas de sujidade novamente nas lentes de óculos.

Através da verificação do funcionamento deste equipamento foi possível determinar quais as tarefas por automatizar, que estão neste momento em falta, de modo que o equipamento não tenha qualquer tipo de tarefa maçadora ao utilizador e permita, portanto, uma utilização prática e automatizada.

3.4 Análise Crítica

Com esta dissertação, é pretendido realizar um estudo e conceber um dispositivo de limpeza automatizada das lentes de óculos. Foi possível verificar que existem vários métodos de limpeza de lentes de óculos disponíveis atualmente no mercado, mas apenas parcialmente automatizados, como é o caso dos equipamentos de limpeza ultrassónicos.

A limpeza das lentes de óculos é um processo atualmente maçador aos utilizadores de óculos, uma vez que o processo mais utilizado é o do pano com líquido de limpeza. Assim sendo, uma solução alternativa deve ser simples, eficaz, completamente automatizada, com um preço atrativo, sempre mantendo a segurança para o utilizador.

Considerando estes objetivos como objetivos principais, elaborou-se uma árvore de objetivos preliminar para o equipamento ideal pretendido. Foi necessário definir quais os objetivos secundários deste projeto.

De modo a garantir a simplicidade da utilização do equipamento, este deve ter uma interface simples com o utilizador. Para tal, deverá ter poucos botões, podendo estes ser físicos ou de toque, assim como um visor com o temporizador e ainda uma luz que indique que está em funcionamento. Deve também ter um ciclo de uso prático, isto é, deve ser ergonómico e leve de modo que o processo da instalação do equipamento e do transporte ocasional para mudanças de localização do equipamento seja prático ao utilizador.

Para garantir a eficácia do equipamento, este deve ter a tecnologia apropriada, neste caso diretamente relacionada com o sistema de vibração que produz as ondas ultrassónicas, deve ter uma durabilidade apropriada, pelo menos a da garantia, e ainda múltiplas opções de ciclos de limpeza, variando o tempo de funcionamento, para realizar desde limpezas mais superficiais até limpezas mais profundas.

Para garantir a automatização total da limpeza das lentes de óculos, este equipamento deve ser automatizado. Assim, as únicas tarefas que devem depender do utilizador passam por: abrir a tampa do equipamento, colocar os óculos no cesto e acionar o equipamento. Assim sendo, não será necessário realizar qualquer outro tipo de ação.

Para tal, o equipamento deve ter uma ligação a uma fonte de água, assim como uma ligação de esvaziamento de água. Deve também ter um depósito para o líquido de limpeza, com um sistema de injeção para realizar a solução apropriada à limpeza.

Deve ter um sistema de elevação do cesto para fora do tanque, tanto para a colocação dos óculos como a sua remoção. E deve ainda ter um sistema de secagem para que os óculos estejam secos após o ciclo de limpeza, de modo que o utilizador remova os óculos secos e, deste modo, não tenha de esperar ou que os limpar. Assim sendo, a interação com o utilizador será minimizada e o equipamento será automatizado, de acordo com o objetivo.

O preço do equipamento deve ser atrativo, de modo a chegar ao máximo de utilizadores possível. Para garantir um preço reduzido será necessário ter componentes *off-the-shelf* quando possível, materiais comuns e baratos, processos de fabrico simples para garantir o custo reduzido (por exemplo nos polímeros da tampa e do corpo do equipamento), e a capacidade de produção em massa, que permite reduzir os custos totais de produção.

Por fim, e também muito importante, o equipamento deve ser seguro para o utilizador. Será necessário garantir que a tampa tem um fecho correto durante o funcionamento, e será necessário obter as normas de segurança internacionais para produtos elétricos.

Com estes objetivos principais e secundários pré-definidos, é então possível realizar a árvore de objetivos preliminar, representada na Figura 19.

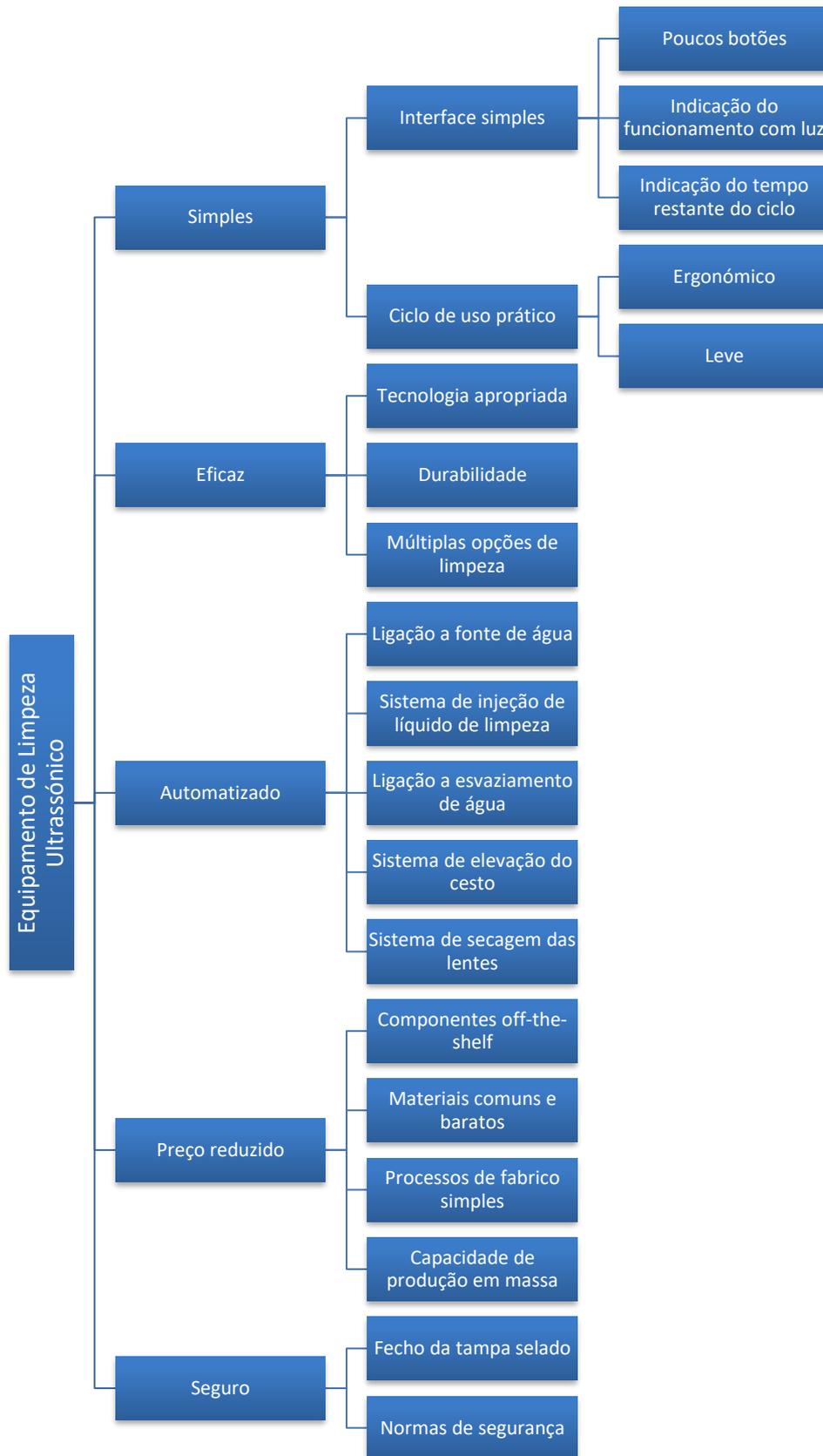


Figura 19 - Árvore de Objetivos Preliminar do Projeto de um Equipamento de Limpeza Ultrassônico

4. METODOLOGIA ADOTADA

Neste capítulo serão definidos os objetivos do projeto, através do desenvolvimento da árvore de objetivos, assim como o estabelecimento das funções e subfunções. [18]

O modelo de referência é, como já dito anteriormente, o equipamento Grundig UC5620. O ideal será desenvolver um equipamento com melhorias, tanto a nível ergonómico para facilidade de utilização, como a nível tecnológico. Serão obtidas várias soluções possíveis de implementar, que serão posteriormente comparadas através de uma análise e, com as soluções escolhidas para implementar, será desenvolvido o projeto concetual final.

4.1 Abordagem do desenvolvimento e conceção do projeto

Os atuais equipamentos do mercado não oferecem uma automatização total do processo de limpeza de lentes de óculos. Definir as necessidades que resolvam este problema geral podem não ser fáceis, e deste modo, através dos passos seguintes, o projetista tenta concretizar isso mesmo minimizando as dificuldades. [18]

4.1.1 Árvore de Objetivos

A necessidade de um novo produto ou das melhorias de um produto existente nem sempre é expressa de uma forma clara. O projetista poderá ter dificuldades caso os requisitos sejam vagos ou o problema esteja mal definido. Assim sendo, o primeiro passo é clarificar os objetivos. Para garantir que o projeto é controlado, é muito importante ter uma lista com a exposição de objetivos simples e clara, assim como facilmente entendível. O método da árvore de objetivos oferece um formato útil e claro que realça os objetivos e os meios para os atingir, permitindo também mostrar o modo de relação entre os vários objetivos, através de uma hierarquia entre objetivos e sub-objetivos.

Após a realização da árvore de objetivos preliminar, representada anteriormente, foi pensada uma árvore de objetivos final, mais focada nos objetivos mais importantes para o projeto a desenvolver. Assim, os objetivos principais são simplicidade, eficaz, automatizado e preço reduzido.

A simplicidade do equipamento irá garantir a sua compra e a utilização, uma vez que a sociedade atual tem o desejo de ter tudo realizado o mais rapidamente e facilmente

possível. Para garantir esta simplicidade, será necessário que o equipamento tenha uma interface apelativa e de fácil utilização.

A eficácia, como seria de esperar, é também um objetivo muito importante para o equipamento, pois este terá de realizar a limpeza às lentes de óculos apropriada. Para tal, é necessário que a tecnologia das ondas ultrassónicas seja a apropriada e que existam vários ciclos temporizados de limpeza.

A automatização do equipamento é o objetivo mais importante, pois o objetivo deste projeto é desenvolver um produto automatizado que permita a mínima interação ao utilizador para obter a limpeza das lentes de óculos. Para tal, o equipamento deve ter uma ligação a uma fonte de água e uma ligação para o esvaziamento de água. Deve ainda ter contemplado os sistemas de injeção de líquido de limpeza e elevação do cesto de suporte do tanque, para o acesso simples do utilizador.

O preço reduzido é sempre desejável, tanto na produção como na venda ao consumidor. Para tal, é necessário garantir a utilização de componentes *off-the-shelf*, assim como a capacidade de produção em massa, para reduzir os custos de produção. [18]

Na Figura 20, está representada a árvore de objetivos desenvolvida.

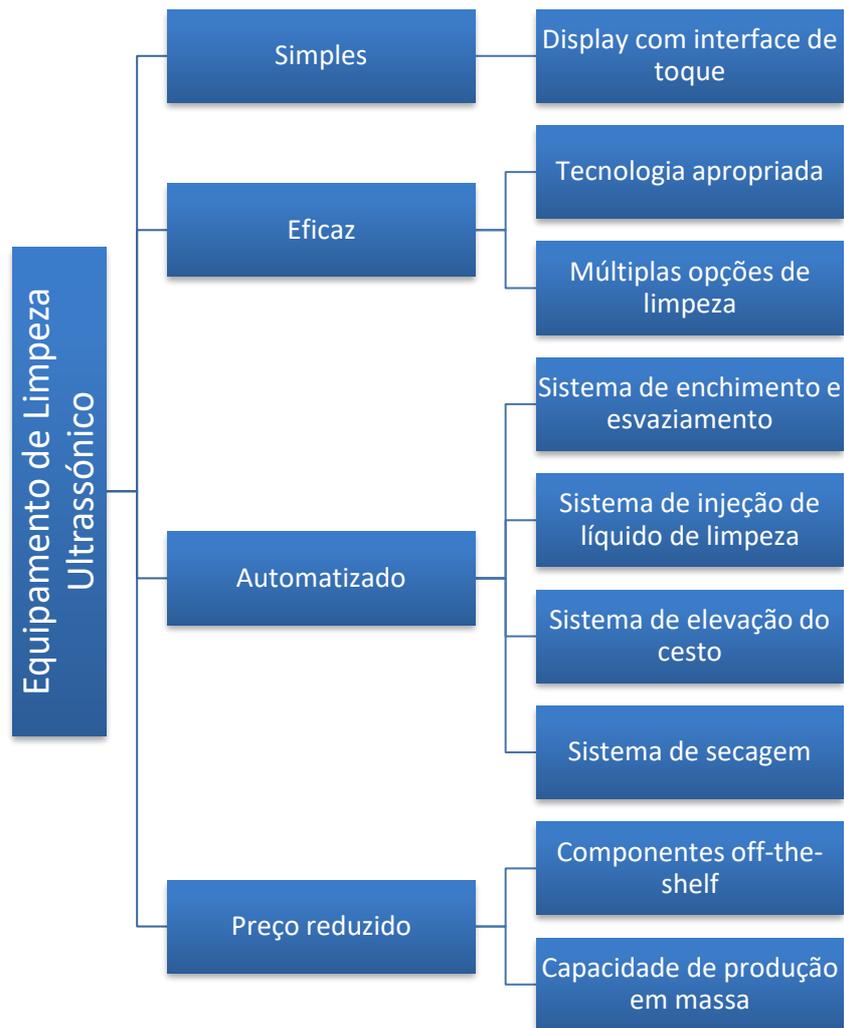


Figura 20 - Árvore de Objetivos Final

4.1.2 Estabelecimento de Funções

Como complemento da árvore de objetivos, é essencial compreender as funções essenciais que um tipo de solução deverá satisfazer. O método de análise de funções permite considerar as funções essenciais e o nível do problema para o qual este deverá ser dirigido. As funções essenciais são aquelas que o equipamento deverá realizar, independentemente dos seus componentes. O nível do problema é definido estabelecendo um limite em torno de um subconjunto coerente de funções. [18]

O método inicia-se expressando a função global com as respetivas entradas e saídas. Deve ser baseado no que deverá ser alcançado. Esta função global deverá ser o mais ampla

possível, posteriormente podendo ser mais detalhada, para ajudar o projetista a ter uma melhor percepção do problema e, deste modo, obter mais e melhores possíveis soluções.

É desenvolvido, então, um diagrama com uma simples “caixa negra”, a qual converte entradas em saídas, representado na Figura 21.



Figura 21 - Aplicação do modelo de "caixa negra"

Certas questões como “De onde vêm as entradas?”, “Para que é que servem as saídas?” e “Qual é a próxima etapa de conversão?” permitem alargar o limite concetual, que é usado para definir a função do equipamento. A definição correta deste limite é um fator crítico, uma vez que um limite pouco abrangente poderá resultar em soluções com pequenas alterações, não permitindo, portanto, repensar globalmente o projeto. Após a realização do modelo de “caixa negra”, é possível expandir essa caixa e realizar um esquema mais detalhado sobre os requisitos do processo. [18]

Seguidamente, deve-se expandir essa “caixa negra” com as respetivas subfunções, que são representadas através de um diagrama de blocos interligados entre si. Neste caso, a função global é limpar as lentes dos óculos, e a ordem pela qual serão realizadas as subfunções é facilmente determinada.

Primeiramente, deve-se abrir a tampa do equipamento e colocar os óculos no cesto de suporte. Este cesto deverá subir do tanque através de um sistema de elevação que deve estar conectado à abertura da tampa, realizando ambas as ações em simultâneo.

De seguida, deve-se acionar o equipamento, escolhendo o ciclo de limpeza e, a partir deste momento, as ações seguintes devem ser completamente automatizadas. Estas passam por iniciar o transporte do cesto de suporte para dentro do tanque juntamente com o fecho da tampa; o enchimento do tanque com a solução (sendo essa solução água com líquido de limpeza), através da ligação à fonte de água e a um depósito de líquido de limpeza; o início do ciclo de limpeza, quando as condições prévias estiverem prontas, medidas através de sensores, transmitindo as vibrações ultrassónicas à solução dentro do equipamento.

Aquando do término do ciclo de limpeza, o equipamento deve abrir a válvula da ligação de esvaziamento, permitindo o esvaziamento da solução do tanque; quando o tanque estiver vazio, o sistema de secagem irá ser acionado, seguidamente da abertura da tampa e consequente elevação do cesto de suporte para fora tanque. O diagrama de subfunções está representado na Figura 22.

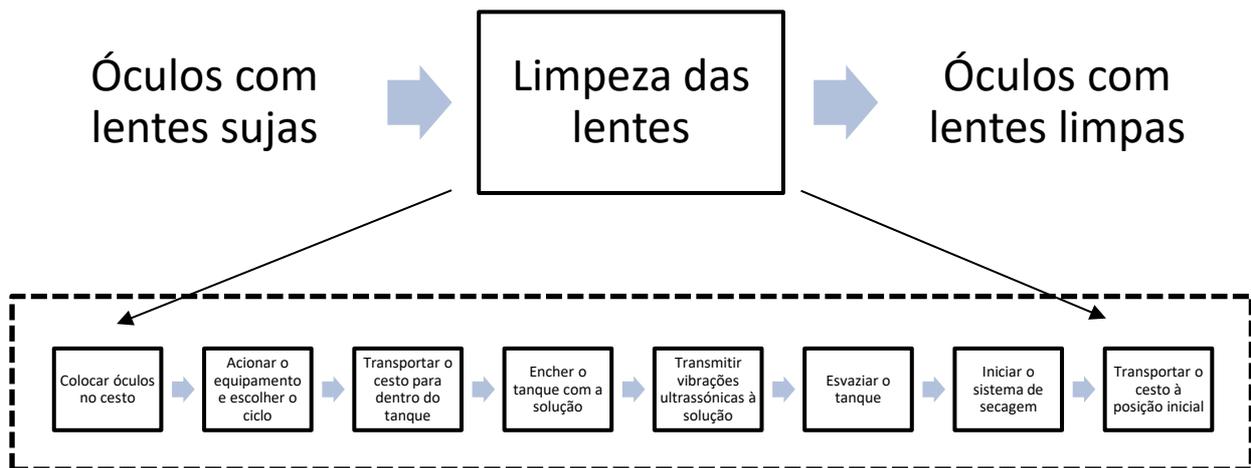


Figura 22 - Estrutura de funções representada num diagrama de blocos

Como é possível compreender pelo diagrama, a função principal da limpeza das lentes é expandida nas várias subfunções representadas nos blocos. As novas subfunções estão dependentes de alguns mecanismos a implementar, nomeadamente o sistema de elevação do cesto, o sistema de enchimento e esvaziamento do tanque, a injeção do líquido de limpeza e o sistema de secagem.

O sistema de enchimento de água será um sistema semelhante aos mecanismos presentes em máquinas de lavar roupa, com tubagens com ligação à fonte de água e válvulas que irão ser controladas eletricamente. Este tipo de ligações por tubagens e válvulas são ideais, pois permitem o enchimento do tanque automatizado sem qualquer tipo de ação necessária pelo utilizador. As válvulas irão estar programadas para permitir apenas o enchimento do tanque na quantidade de água correta, através de sensores colocados no topo do tanque, de modo a não encher em demasia o mesmo, uma vez que dependendo do volume dos óculos, o volume de água a encher será ligeiramente diferente. Um exemplo de uma tubagem deste tipo está representado na Figura 23.



Figura 23 - Tubagem de ligação a uma fonte de água [19]

O sistema de esvaziamento de água será também semelhante a um mecanismo de máquinas de lavar roupa, sendo um tubo simples ligado a uma pia ou diretamente às tubagens de escoamento de casa. Esse tubo irá estar ligado ao tanque também através de uma válvula que irá ser controlada eletricamente e com uma particularidade, realizando uma ligeira pressão negativa de modo a garantir a remoção total da solução do tanque, uma vez que esta ligação não será por baixo do tanque devido à presença do sistema de vibrações ultrassónicas. Um exemplo deste tubo está representado na Figura 24.



Figura 24 - Tubagem de extração de água [19]

O sistema de injeção do líquido de limpeza será através de tubagens pequenas a partir do depósito do mesmo e injetores para dentro do tanque. Este sistema será também controlado eletricamente, verificando através de sensores a presença de líquido de limpeza no depósito. Caso não haja líquido de limpeza, estes injetores não são ativados para não injetar ar no tanque.

O sistema de elevação do cesto e o sistema de secagem serão determinados de acordo com as soluções a implementar, uma vez que existem várias possibilidades para estes sistemas.

A tampa será um componente dependente do sistema de elevação do cesto, mas será uma tampa presa ao equipamento com abertura por molas ou completamente elétrica.

4.1.3 Requisitos

Com os objetivos definidos, e as funções estabelecidas, é agora necessário delimitar os requisitos pretendidos para o projeto. Para tal, serão definidos os requisitos exigidos, que deverão ser cumpridos, assim como alguns requisitos desejados, que são pretendidos no projeto, mas não são estritamente necessários. [18]

A automatização da solução será o objetivo global, pelo que os requisitos do equipamento devem ter a sua automatização em consideração para definir quais os requisitos necessários e quais os requisitos pretendidos.

Foram definidos, então, nove requisitos, sendo quatro requisitos exigidos e cinco desejáveis:

1. A massa máxima do equipamento com o tanque vazio deve ser preferencialmente 2500 g, ou 2,5 kg, de forma a garantir que o manuseio do equipamento é relativamente fácil, para o colocar no local desejado pelo consumidor;
2. O tanque do equipamento deve ter uma capacidade máxima de 800 ml, para garantir o espaço necessário para qualquer tipo de óculos, dadas as diferentes formas e tamanho das lentes e armações assim como o cesto de suporte;
3. As dimensões máximas do equipamento fechado devem ser: 300 x 200 x 200 mm (comprimento, largura, altura), e deve-se considerar que a altura deve ser o menor possível, uma vez que irá contemplar as soluções desenvolvidas;

4. O tipo de acionamento deve ser um display com interface de toque, com indicadores do temporizador do estado de funcionamento, assim como botões para escolher o ciclo desejado;
5. O equipamento deve ter vários ciclos predefinidos de funcionamento, escolhidos através de botões monofásicos e apresentados num visor;
6. A frequência ultrassónica deve estar compreendida entre os 42 kHz e 44 kHz;
7. A potência elétrica absorvida deve ser, no máximo, 100 W, já considerando a potência para o sistema de vibrações ultrassónicas assim como as soluções a desenvolver;
8. O ruído produzido pelas vibrações do equipamento em funcionamento não deverá ultrapassar os 80 dB;
9. O preço máximo do equipamento para venda ao consumidor deve ser de 100€. Este requisito é muito abrangente e tem uma margem alargada, uma vez que é o requisito mais difícil de estimar dado que está dependente de muitos fatores.

Na Tabela 4 é possível consultar a lista dos requisitos acima mencionados, diferenciando-os entre necessários e pretendidos, identificados com “E” para exigidos, e “D” para desejáveis.

Tabela 4 - Requisitos Pretendidos para o Projeto

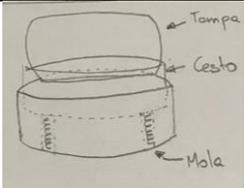
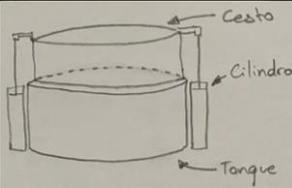
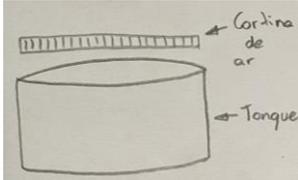
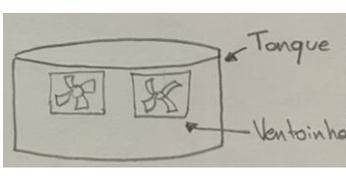
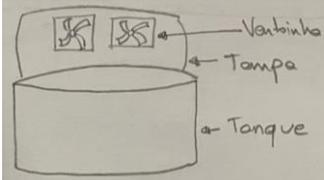
Nº	E/D	Requisito
1	D	Massa Máxima do Equipamento com o Tanque Vazio: 2,5 kg
2	E	Capacidade do Tanque Máxima: 800 ml
3	D	Dimensões Máximas do Equipamento: 300 x 200 x 200 mm (comp., larg., alt.)
4	E	Tipo de Acionamento: display com botões de toque
5	E	Mínimo de 3 Ciclos de Limpeza Temporizados: 90 s, 180 s, 270 s
6	E	Frequência Ultrassónica entre 42 kHz e 44 kHz
7	D	Potência Elétrica Absorvida Máxima: 100 W
8	D	Ruído do Equipamento em Funcionamento Máximo: 80 dB
9	D	Preço Máximo do Equipamento para Venda ao Consumidor: 100€

4.1.4 Mapa morfológico

A conceção do projeto deve ser contemplada pelo desenvolvimento de soluções inovadoras para o mesmo. O método do mapa morfológico permite analisar as melhorias inovadoras, isto é, melhorias completamente diferentes das existentes atualmente no equipamento, assim como melhorias de conceitos já existentes no equipamento. Deste modo, é possível combinar várias soluções pensadas, de modo a ser possível visualizar as diferentes combinações de soluções e ser mais simples efetuar a escolha da melhor combinação. [18]

No mapa morfológico apresentado na Tabela 5 serão apresentadas as várias soluções preparadas para o desenvolvimento do sistema de secagem e para o desenvolvimento do sistema de elevação do cesto.

Tabela 5 - Mapa morfológico

Subfunções	1	2	3
Sistema de elevação do tanque			
Sistema de secagem			

Relativamente ao sistema de elevação, a subfunção associada é elevar o cesto do tanque e, para esta subfunção, as soluções pensadas foram:

- Subsolução 1: o cesto sobe em relação ao tanque a partir de molas quando a tampa é aberta, sendo a tampa de molas com um fecho de gancho;
- Subsolução 2: o cesto sobe em relação ao tanque através de cilindros, sendo a tampa controlada eletricamente;

Relativamente ao sistema de secagem, a subfunção associada é secar os óculos após o esvaziamento do tanque e, para esta subfunção, as soluções pensadas foram:

- Subsolução 1: a colocação de um sistema tipo cortina de ar, colocada horizontalmente acima do tanque, que permita a secagem durante a elevação do cesto;

- Subsolução 2: a colocação de uma ou mais ventoinhas semelhantes às de um computador, na parte frontal do tanque, que se elevem após o esvaziamento do tanque, que permitam a secagem durante a elevação do cesto;
- Subsolução 3: a colocação de uma ou mais ventoinhas semelhantes às de um computador, na parte inferior da tampa, e que se ativem antes da abertura da tampa e da consequente elevação do cesto, permitindo a secagem antes da elevação do cesto.

Analisando o mapa morfológico, é possível determinar que:

1. Em relação ao sistema de elevação, ambas as subsoluções parecem solucionar alguns dos problemas. Apesar disso, a subsolução 2 parece ser mais automatizada, uma vez que não dependerá da unilateralidade da utilização de molas.
2. Em relação ao sistema de secagem, a subsolução 1 aparenta ser demasiado complexa após uma breve pesquisa sobre cortinas de ar, principalmente em tamanhos reduzidos, como é o caso desta subsolução. As subsoluções 2 e 3 permitem um processo de secagem simples e, a subsolução 3 permite também não aumentar a altura do equipamento em relação às outras duas subsoluções, parecendo ser a melhor opção.

Analisando as subsoluções do mapa morfológico, é possível definir quatro combinações possíveis como soluções alternativas, que são:

- Solução alternativa 1: a subsolução 1 do sistema de elevação e a subsolução 2 do sistema de secagem;
- Solução alternativa 2: a subsolução 1 do sistema de elevação e a subsolução 3 do sistema de secagem;
- Solução alternativa 3: a subsolução 2 do sistema de elevação e a subsolução 2 do sistema de secagem;
- Solução alternativa 4: a subsolução 2 do sistema de elevação e a subsolução 3 do sistema de secagem.

Das combinações entre as soluções pensadas para cada sistema, as soluções alternativas 2 e 4 permitem o melhor desenvolvimento de melhorias possíveis de implementar sem alterar em grande escala as dimensões estruturais do equipamento, principalmente a altura que, como analisado previamente nos requisitos, é um requisito desejado. Assim sendo, estas serão as soluções alternativas escolhidas para continuar o estudo.

4.1.5 Soluções alternativas possíveis de implementar

De seguida, vão ser analisadas ambas as soluções alternativas obtidas a partir do mapa morfológico acima representado.

Solução alternativa 2

A solução alternativa 2 passa pelo desenvolvimento do sistema de elevação através de molas, juntamente com o desenvolvimento do sistema de secagem através de ventoinhas colocadas na parte inferior da tampa.

O mecanismo das molas irá fazer subir o cesto do tanque aquando da abertura da tampa. Para tal, a tampa deverá ter um sistema de bloqueio tipo gancho, quando fechada, que consiga suportar as forças exercidas pelas molas. A abertura da tampa poderá ser realizada manualmente através de um botão, ou eletricamente.

Este sistema será semiautomático, e quando a tampa abrir o cesto irá subir devido à força das molas. A tampa poderá também abrir eletricamente, uma vez que o sistema de secagem será ativado após o esvaziamento do tanque e com a abertura da tampa e respetiva subida do cesto. Porém, o cesto terá de ser manualmente descido com o fecho da tampa, pelo que irá adicionar esta tarefa ao utilizador.

O sistema de secagem será colocado na parte inferior da tampa e irá ser ativado eletricamente, tal como uma ventoinha de um computador, após o esvaziamento do tanque, de modo a secar os óculos antes da tampa abrir. Este processo será temporizado, após o qual as ventoinhas serão desativadas e a tampa aberta, seguidamente da elevação do cesto através do sistema de molas.

Solução alternativa 4

A solução alternativa 4 passa pelo desenvolvimento do sistema de elevação através da utilização de cilindros, juntamente com o desenvolvimento do sistema de secagem por cortina de ar.

O mecanismo de cilindros será semelhante ao que se vê em algumas malas ou capôs de carros. Este sistema irá fazer subir o cesto do tanque após a abertura da tampa, e permitirá também descer o cesto eletricamente, pelo que será um sistema completamente automatizado.

Neste caso, a tampa poderá ser controlada eletricamente, tanto na abertura como no fecho, podendo também ser aberta manualmente a partir de um botão, no caso de alguma avaria ou emergência.

Tal como na solução alternativa 2, o sistema de secagem será colocado na parte inferior da tampa e irá ser ativado eletricamente, tal como uma ventoinha de um computador, após o esvaziamento do tanque, de modo a secar os óculos antes da tampa abrir. Este processo será temporizado, após o qual as ventoinhas serão desativadas e a tampa aberta, seguidamente da elevação do cesto através dos cilindros.

4.2 Análise das Soluções

Neste capítulo será realizada uma análise crítica às soluções pensadas, seguida de uma comparação entre as mesmas, podendo determinar qual a melhor solução para a conceção deste projeto. Posteriormente, a melhor solução será comparada ao equipamento em estudo, o Grundig UC5620.

4.2.1 Comparação entre as soluções alternativas

O objetivo principal deste projeto é desenvolver uma solução automatizada para a limpeza de lentes de óculos. A partir do equipamento escolhido, foi possível implementar algumas melhorias diretas e ainda pensar em soluções para automatizar outros processos, como descrito anteriormente.

As soluções pensadas apresentam vantagens e desvantagens e estas devem ser comparadas antes de escolher uma solução como conceito final. Segue-se uma comparação entre essas soluções, apresentando as vantagens e desvantagens de cada solução, considerando também as características.

Para tal, escolheram-se alguns parâmetros para realizar uma comparação de acordo com os objetivos deste projeto. Os parâmetros escolhidos foram a facilidade de utilização, fiabilidade, simplicidade, inovação e eficácia.

Ambas as soluções foram pensadas considerando a facilidade de utilização para o consumidor, uma vez que este equipamento será destinado a qualquer tipo de consumidor, tanto jovens, como adultos e ainda idosos. Deste modo, o equipamento deve ser fácil de utilizar, não contemplando operações complexas nem trabalhosas. A utilização de um sistema como o da solução alternativa 2 é fácil de utilizar, pois apenas requer que o utilizador coloque os óculos no cesto, selecione o ciclo de limpeza e feche a tampa. A utilização de um sistema como o da solução alternativa 4 é ainda mais fácil de utilizar, pois apenas requer que o utilizador coloque os óculos no cesto e selecione o ciclo de limpeza.

Em relação à fiabilidade, é possível afirmar que o sistema de molas será em princípio mais fiável, uma vez que um sistema com componentes como cilindros será, à partida, mais propício a ter uma possível avaria, apesar de este sistema ter sido pensado de forma a garantir o bom funcionamento e sem fugas de água do tanque para os cilindros.

Em relação à simplicidade do equipamento, é possível afirmar que ambas as soluções são muito simples, mas a solução alternativa 4 permite ao equipamento uma maior simplicidade por retirar a tarefa de fechar a tampa.

Em termos de soluções inovadoras, ambas as soluções são bem inovadoras, pois conseguem tornar um equipamento parcialmente automatizado num equipamento automatizado e, de momento, não há nenhum equipamento disponível no mercado com este nível de automatização.

Quanto à eficácia, é possível apenas estimar que ambas as soluções serão bastante eficazes, porém, o facto da solução alternativa 4 ter um sistema de elevação controlado. Considerando estas avaliações hipotéticas e teóricas, é possível demonstrar essa comparação na Tabela 6, onde cada parâmetro é avaliado pela seguinte classificação:

- +++ Excelente;
- ++ Bom;
- + Suficiente;
- - Insuficiente.

Tabela 6 - Comparação dos parâmetros entre as soluções alternativas

Parâmetro	Solução alternativa 2	Solução alternativa 4
Facilidade de utilização	++	+++
Fiabilidade	++	+
Simplicidade	++	+++
Inovação	+	+++
Eficácia	++	+++
Total	9	13

Comparando diretamente as soluções alternativas pelos parâmetros acima descritos, é possível determinar que a solução alternativa 4 é a melhor solução para este projeto, pois se enquadra melhor nos objetivos definidos e consegue garantir a automatização total do equipamento.

4.2.2 Comparação entre a melhor solução e o Grundig UC5620

Neste subcapítulo será realizada uma comparação entre a melhor solução alternativa e o equipamento escolhido no início deste trabalho, o Grundig UC5620, de modo a demonstrar que a solução alternativa cumpre os objetivos e é sem dúvida um projeto com melhorias significativas aos equipamentos atualmente no mercado.

O equipamento Grundig UC5620 requer tarefas manuais como a remoção da tampa, enchimento de água, colocação do líquido de limpeza e colocação manual do cesto no tanque, antes de iniciar o processo do ciclo de limpeza através de vibrações ultrassônicas. Requer ainda a remoção do cesto, esvaziamento do tanque, e apresenta uma grande desvantagem, pois os óculos permanecem molhados. Ora, estas tarefas não garantem uma automatização do equipamento. A solução alternativa tem uma ligação a uma fonte de água e uma ligação de esvaziamento de água, um depósito de líquido de limpeza com injeção direta no tanque, um sistema de elevação do cesto de suporte e uma tampa eletricamente controlada, pelo que o utilizador apenas tem de ligar o equipamento, abrir a tampa pelo botão, colocar os óculos no cesto e escolher o ciclo de limpeza desejado. A automatização deste equipamento pretende facilitar a utilização e garantir que não há tarefas maçadoras que impeçam o utilizador de as usar, de modo a garantir a limpeza apropriada das lentes de óculos.

De seguida, vai ser realizada uma comparação direta entre a solução pensada e o equipamento Grundig UC5620, na Tabela 7, através dos seguintes parâmetros: facilidade de utilização, fiabilidade, simplicidade, eficácia, automatização, multifuncionalidade, atratividade e segurança. Será apresentada uma tabela com a mesma legenda utilizada anteriormente.

Tabela 7 - Comparação entre o equipamento Grundig UC5620 e a solução alternativa

Parâmetro	Grundig UC5620	Solução alternativa
Facilidade de utilização	-	+++
Fiabilidade	+++	+
Simplicidade	+++	++
Eficácia	++	+++
Automatização	+	+++
Multifuncionalidade	+	+++
Atratividade	+	+++
Segurança	+++	+++
Total	13	21

Relativamente à facilidade de utilização, o equipamento Grundig UC5620 apresenta algumas tarefas que dificultam a sua utilização, nomeadamente o enchimento e o esvaziamento do equipamento. Tarefas como estas irão ser maçadoras para o utilizador, sendo que este irá optar por uma opção de limpeza mais fácil e prática de utilizar, mesmo que não realize uma limpeza tão apropriada. Na solução alternativa, estas tarefas foram eliminadas através da implementação da ligação à fonte de água e de esvaziamento de água. Relativamente à fiabilidade, o equipamento Grundig UC5620 é bastante fiável, uma vez que não contempla mecanismos complexos ou passíveis de ocasionais avarias, como é o caso da solução pensada, nomeadamente a tampa elétrica, as válvulas das ligações de tubagens e ainda dos cilindros do sistema de elevação do cesto.

Quanto à simplicidade, o equipamento Grundig UC5620 é ligeiramente mais simples por não ter tantas partes para realizar tarefas autónomas. Porém, é de notar que a solução alternativa não é assim tão mais complexa quanto o equipamento UC5620.

A eficácia da solução é garantidamente melhor, pois para além de efetuar a limpeza ultrassónica, permite a secagem dos óculos.

Um parâmetro muito importante e muito diferente entre o equipamento Grundig UC5620 e a solução alternativa é a automatização. O equipamento Grundig UC5620 é um equipamento parcialmente automatizado, pelo que requiere várias tarefas manuais ao utilizador. Já a solução alternativa é completamente automatizada, como desejado neste projeto, sendo um parâmetro com diferenças notórias.

Como foi possível compreender, a solução alternativa irá apresentar vários ciclos de limpeza, o que permite uma limpeza mais superficial, uma limpeza intermédia e uma limpeza mais profunda. Deste modo, a multifuncionalidade desta solução é, novamente, um parâmetro onde a solução se destaca pela positiva.

Com estas funcionalidades extra e a automatização total da solução, a atratividade desta será também superior, pelo que irá ser um produto mais apelativo ao consumidor cujo desejo é ter os óculos limpos com o mínimo de trabalho possível.

Por fim, a segurança dos equipamentos será igualmente elevada, pois tanto o equipamento Grundig UC5620 que cumpre as normas de segurança do Espaço Económico Europeu (Marcação CE), também a solução terá de as cumprir para ser comercializado.

Assim, pode-se concluir que a solução alternativa é o conceito final obtido neste projeto de melhorias ao equipamento Grundig UC5620.

5. DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

Neste capítulo serão demonstrados os desenvolvimentos do sistema de elevação do cesto e do sistema de secagem, que irá incluir a tampa, assim como uma breve apresentação do depósito de líquido de limpeza.

5.1 Sistema de elevação do cesto

O sistema de elevação do cesto será realizado através de cilindros. Estes cilindros irão colocados lateralmente ao tanque. O cesto da nova solução terá umas saliências para fora do tanque com furos onde será colocado o cilindro. Para melhor compreensão deste sistema, está representada na Figura 25 uma modelação deste sistema, que inclui o tanque, que será semelhante ao do equipamento Grundig UC5620, o cesto com as saliências referidas, assim como a colocação dos cilindros nas laterais do tanque e presos às saliências do cesto.



Figura 25 - Modelação do sistema de elevação do cesto

Esta solução permite um deslocamento vertical do cesto em relação ao tanque, controlado por eletroválvulas e atuado pelos cilindros, que irá permitir a elevação e descida do cesto completamente automatizadas.

Na Figura 26 está representado o mesmo sistema, mas com o cesto elevado, que será obtido através da atuação dos cilindros.

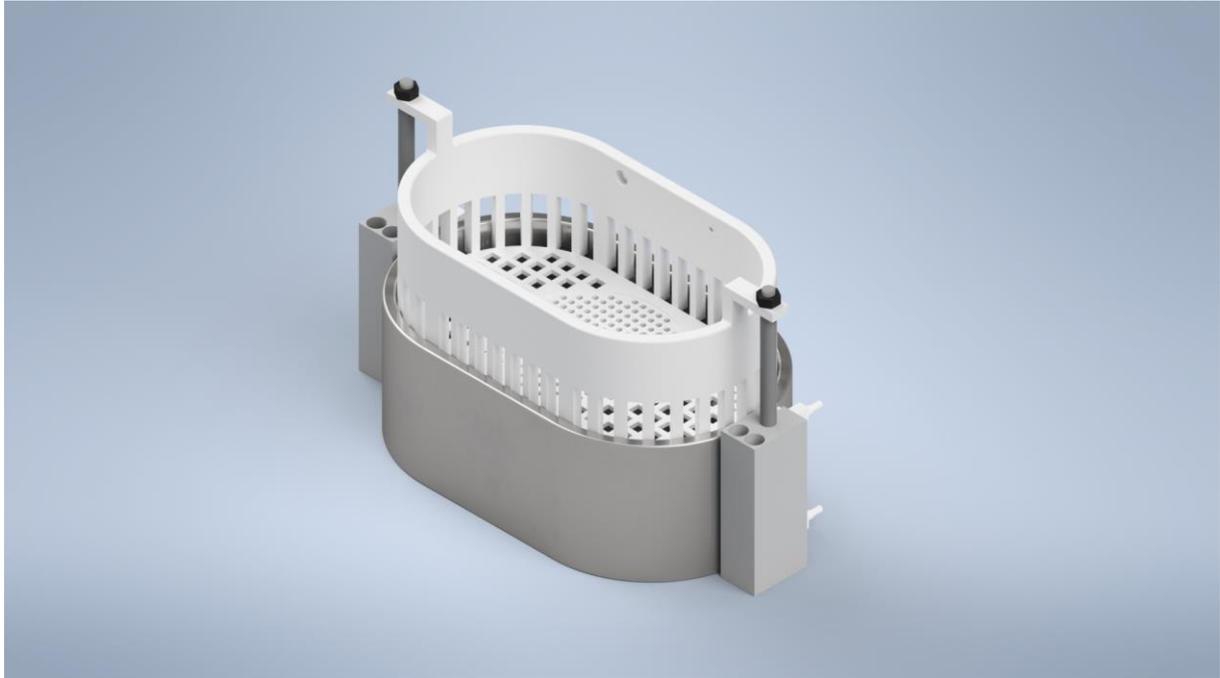


Figura 26 - Modelação do sistema de elevação do cesto com o cesto em cima

Os novos componentes deste mecanismo serão então os cilindros e as respetivas eletroválvulas. Dado que a massa do cesto é de cerca de 100 g (calculada através das propriedades físicas do *software Inventor 2020*, considerando o material como ABS) e os óculos comuns têm massas de entre as 10 e 40 g, é possível concluir que as forças necessárias para a elevação são relativamente baixas, portanto é possível utilizar cilindros pneumáticos.

5.1.1 Cesto de Suporte e Tanque

O tanque será semelhante ao tanque do equipamento Grundig UC5620, com pequenas alterações. Essas alterações baseiam-se nos furos para as ligações necessárias já definidas, isto é, a ligação à fonte de água, a ligação ao tubo de esvaziamento e a ligação ao líquido de limpeza. Assim, o tanque tem os seguintes furos, todos na face traseira do tanque:

- Furo 1: diâmetro 2 mm, para a ligação ao depósito de líquido de limpeza;
- Furo 2: diâmetro 6 mm, para a ligação à fonte de água;
- Furo 3: diâmetro 10 mm, para a ligação ao tubo de esvaziamento de água.

O tanque da solução, tal como o tanque do equipamento Grundig UC5620, será de aço inoxidável. Na Figura 27, é possível ver a modelação do tanque a partir da face frontal, onde é possível notar os detalhes dos três furos realizados na face traseira.



Figura 27 - Modelação do tanque da solução, com os 3 furos

O cesto de suporte será semelhante ao do equipamento Grundig UC5620 com as seguintes alterações. Irá ter as saliências que irão servir de guias para o deslocamento vertical do cesto, como referido anteriormente. Estas saliências irão permitir uma ligação fixa entre o cesto e os pistões dos cilindros, garantindo desta forma um deslocamento em simultâneo. O cesto terá também 2 furos adicionais:

- Furo 1: diâmetro 2 mm, na face traseira, para a ligação ao depósito de líquido de limpeza;
- Furo 2: diâmetro 6 mm, na face traseira, para a ligação à fonte de água.

Estes furos estão alinhados com os furos do tanque, garantindo a entrada de água e a entrada do líquido de limpeza com as menores restrições possíveis.

Uma vez que o esvaziamento do tanque será feito com a elevação do cesto, e o cesto já é composto por várias zonas abertas na parte inferior, não será necessário ter um furo para a ligação ao tubo de esvaziamento, como no tanque. O cesto da solução, tal como o cesto do equipamento, será do mesmo material, ABS. Na Figura 28 é possível ver a modelação do cesto já adaptado para a solução, isto é, com as saliências e com os furos mencionados.



Figura 28 - Modelação do Cesto de Suporte da solução, com destaque para os furos e saliências

De modo a garantir a segurança no caso de uma eventual falha do controlo de entrada de água, foi garantido que as saliências e as respetivas ligações aos cilindros ficam acima da linha mais elevada do tanque, garantindo assim que os cilindros ficam protegidos no caso de uma falha. Terá de ser adicionado também um sistema de segurança, por exemplo com um sensor de presença de água rodeando a superfície exterior do tanque, que quando for ativado pela presença de água, permita abrir a ligação de esvaziamento e fechar a ligação à fonte de água.

5.1.2 Cilindros pneumáticos

Este sistema de elevação irá funcionar através de cilindros pneumáticos, como referido anteriormente. Para compreender qual o tipo de cilindros pneumáticos escolher, foi realizada uma consulta no catálogo da SMC [20] [21], com o objetivo de escolher cilindros pneumáticos com o curso desejado e com o menor diâmetro possível, de modo a garantir o cilindro mais compacto, tanto para garantir a menor massa adicionada à solução, como para garantir a facilidade de colocação no mesmo.

Através da modelação criada da solução do cesto e do tanque, foi possível determinar que o curso desejado será no mínimo de 45 mm. Assim, consultando o catálogo da SMC, e de acordo com os cilindros existentes representados na Figura 29, com o curso definido, foi

possível escolher um cilindro com 12 mm de diâmetro que cumpre os 45 mm de curso desejado.

Series	Bore size (mm)	Action	Stroke (mm)													Clean series	Auto switch	Rod end				
			4	5	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50							
CUJ	4	Double acting	●		●	●	●	●	●	●											None	Male threaded Without thread
		Single acting, spring return	●		●	●	●	●	●	●												
	6	Double acting	●		●	●	●	●	●	●	●	●									Solid state switch D-F8□ D-M9□ D-M9□W	Female threaded Male threaded
		Single acting, spring return	●		●	●	●	●	●	●	●	●										
	8	Double acting	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●									
		Single acting, spring return	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●									
	10	Double acting	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
		Single acting, spring return	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
	12	Double acting		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●							
		Single acting, spring return		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●							
	16	Double acting		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
		Single acting, spring return		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
	20	Double acting		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
		Single acting, spring return		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					

Figura 29 - Opções de Cilindros Pneumáticos do Catálogo da SMC [21]

Verificando as especificações necessárias no catálogo, isto é, considerando que é necessário um cilindro pneumático de duplo efeito, com os furos de suporte paralelos ao curso do cilindro, diâmetro de 12 mm e curso de 45 mm, foi possível escolher o cilindro “CDUJS12-45DMF8P”. Este cilindro tem também a ligação do pistão do tipo macho e ainda um “auto-switch”, isto é, sensores de posição do pistão no cilindro, com detecção da localização do pistão no início e no fim de curso, enviando um sinal positivo. Caso não detete nenhuma destas posições, irá enviar um sinal negativo. Estes sensores são muito importantes, uma vez que a tampa será controlada eletricamente e, esta, apenas poderá iniciar o fecho quando o cesto estiver descido completamente. Na Figura 30 e na Figura 31 é possível visualizar o cilindro escolhido, tanto uma representação maciça como uma vista interna. Estas figuras foram possíveis através de uma ferramenta de visualização diretamente no site da SMC. [22] Através do catálogo, é possível retirar várias outras especificações deste cilindro:

- Pressão máxima de prova: 1,05 MPa;
- Pressão mínima de operação: 0,07 MPa;
- Pressão máxima de operação: 0,7 MPa;
- Temperatura do fluido: -10 °C a 60 °C;
- Amortecimento: Anéis de borracha;
- Velocidade do pistão: 50 a 500 mm/s;

- Tolerância do curso do pistão: entre 0 e 1,0 mm.

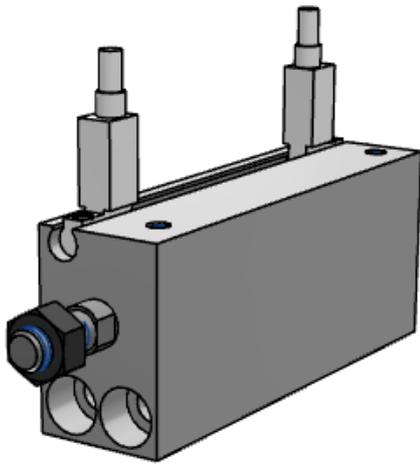


Figura 30 - Representação do Cilindro CDUJS12-45DMF8P

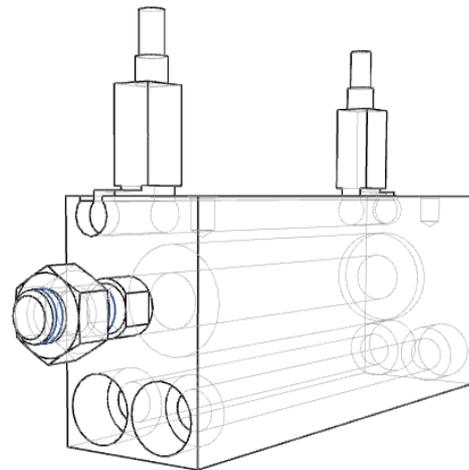


Figura 31 - Vista de estrutura de arame do Cilindro
CDUJS12-45DMF8P

É possível ainda retirar do catálogo a massa deste cilindro, de apenas 60 g, às quais são adicionadas 6 g do ímã incluído e 4 g da ligação do pistão do tipo macho, o que perfaz um total de 70 g por cilindro. Dado que a solução apresentada irá ter 2 cilindros pneumáticos, isto irá adicionar uma massa de 140 g à solução, que é um valor completamente aceitável.

5.2 Sistema de secagem

O sistema de secagem será realizado com a implementação de duas ventoinhas na parte inferior da tampa. Estas ventoinhas são controladas eletricamente, e devem ser ativadas após o esvaziamento do tanque, de modo a secar os óculos antes de os devolver ao utilizador. Na Figura 32 está representada a modelação deste sistema, representando as duas ventoinhas na tampa.

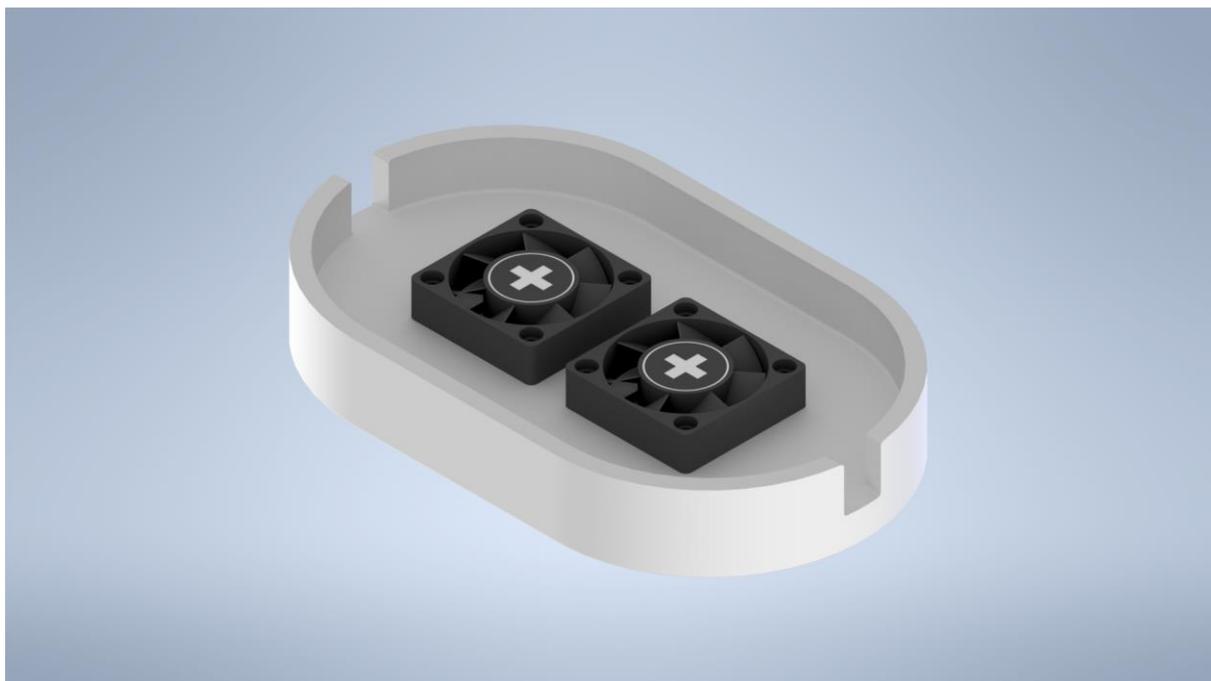


Figura 32 - Perspetiva Isométrica da modelação da tampa com as ventoinhas colocadas na parte inferior na tampa

5.2.1 Ventoinhas

As ventoinhas devem ser compactas, de tamanhos menores que as dimensões do tanque, e leves. Assim, verificou-se que tipo de ventoinhas se utilizam nos computadores, e após compreender o tipo de ventoinhas utilizado, modelaram-se as seguintes ventoinhas com as dimensões de 40 mm de comprimento, 40 mm de altura e 11 mm de largura. Assim, conseguem ser menores que as dimensões do tanque, garantindo a possibilidade de as colocar na tampa, sem alterar demasiado o formato estético desta. Na Figura 33 está representada a modelação de uma ventoinha.

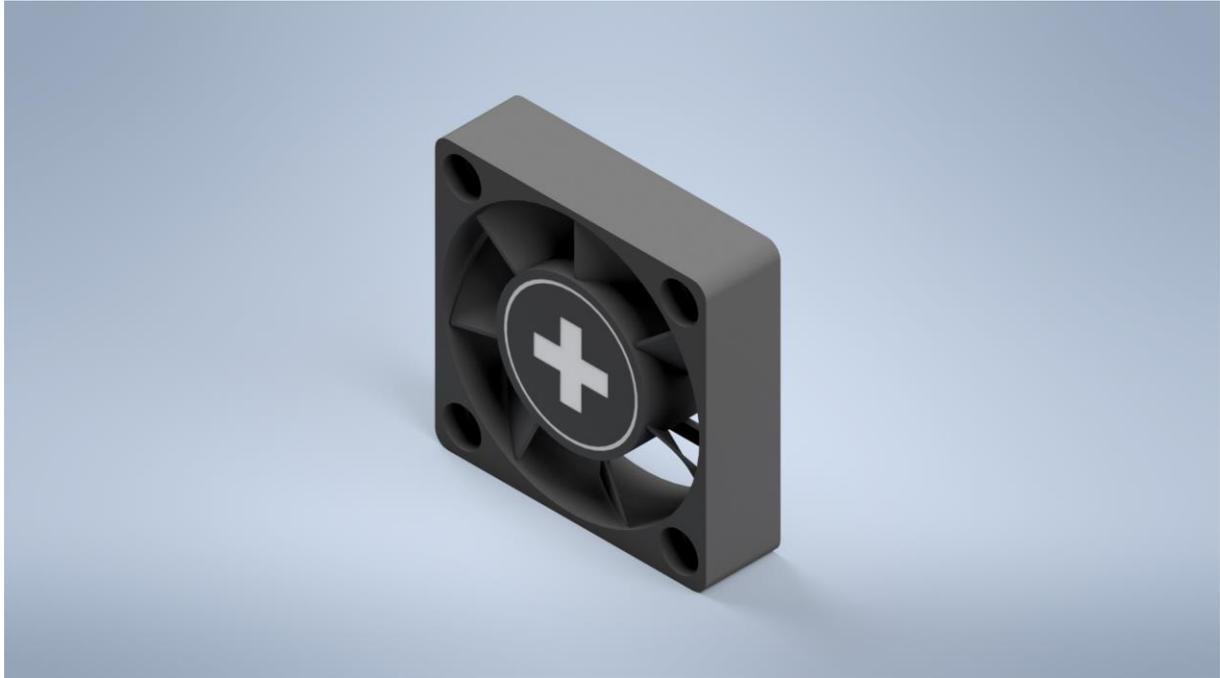


Figura 33 - Perspectiva Isométrica da modelação da ventoinha do sistema de secagem

5.2.2 Tampa

A tampa da nova solução é modelada de acordo com o sistema de elevação já desenvolvido previamente. Assim terá de ter duas reentrâncias nas laterais, devido às saliências do cesto que ligam aos cilindros. Assim, a tampa consegue cobrir a área do tanque e fechar o equipamento enquanto este é utilizado. Não poderá ser do mesmo material da tampa do equipamento Grundig UC5620, que é ABS, uma vez que irá ter as ventoinhas colocadas na tampa e presas através de parafusos. Assim, o seu material poderá ser de uma liga metálica ou de aço inoxidável.

5.3 Sistema de injeção do líquido de limpeza

O sistema de injeção do líquido de limpeza será relativamente simples, com um depósito para este líquido e uma ligação por um tubo ao tanque, que permita injetar pequenas quantidades do líquido de limpeza. Este depósito deverá ter um sensor de presença do líquido, garantindo que apenas ativa o sistema de injeção com líquido presente no depósito. Caso não haja líquido, não deve ativar o sistema de injeção, e a limpeza será efetuada apenas com água proveniente da ligação à fonte de água. Na Figura 34 está representado o depósito do líquido de limpeza.

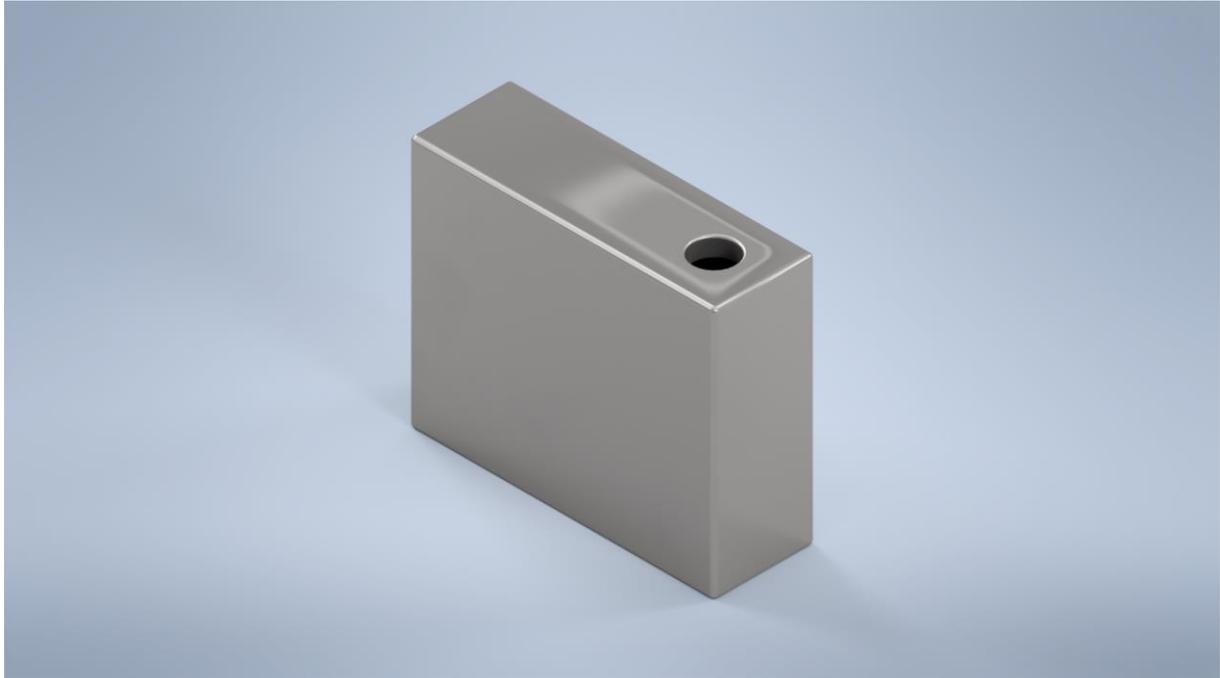


Figura 34 - Perspetiva Isométrica da modelação do Depósito de Líquido de Limpeza de Lentes de Óculos

Deste modo, é possível obter uma modelação geral da solução concetual desenvolvida. Esta solução engloba todos os sistemas acima mencionados, desde o sistema de elevação do cesto, o sistema de secagem, e ainda o sistema de injeção do líquido de limpeza. Essa modelação geral está representada na Figura 35. De notar que o depósito do líquido de limpeza se encontra por trás do equipamento.



Figura 35 - Perspetiva Isométrica da modelação Geral da Solução Desenvolvida

6. CONCLUSÕES

O processo de limpeza de lentes de óculos é uma tarefa que necessita de uma intervenção, não só dado que o método mais comum de limpar as lentes não é eficaz, como também porque a sociedade atualmente exige muito e muito rápido, seja qual for o tipo de tarefa.

O desenvolvimento de um equipamento automatizado de limpeza de lentes de óculos é uma solução para este problema. O principal objetivo deste projeto foi esse mesmo, garantindo que o conceito final atingiria esse objetivo. No entanto, foi necessário avaliar múltiplas variáveis e encontrar soluções para problemas que iriam surgindo, assim como adaptar soluções encontradas de modo a ser possível implementar num projeto com estes requisitos. Com isto, foram encontradas diversas soluções, e através dos métodos apresentados, escolheu-se a solução mais apropriada, o conceito final.

Através deste trabalho, foi possível desenvolver melhorias a um equipamento, concebendo uma nova solução concetual completamente automatizada, requerendo apenas ao consumidor as simples tarefas de ligar o equipamento e de escolher o ciclo de limpeza desejado. Através desta solução concetual, as tarefas seguintes não exigem nada do consumidor: permite a descida do cesto, o enchimento de água até ao nível máximo, a injeção de algum líquido de limpeza, o processo de limpeza ultrassónica, assim como o esvaziamento do tanque, a secagem dos óculos e a subida do cesto de modo a devolver os óculos ao utilizador. Com vários ciclos de limpeza, permite também ao utilizador a garantia de uma limpeza rápida e mais superficial, ou uma limpeza mais demorada e mais profunda.

Deste modo, é possível concluir que o objetivo principal deste projeto foi cumprido, desenvolvendo um equipamento automatizado de limpeza de lentes de óculos. Porém, não é possível afirmar que este trabalho esteja concluído, uma vez que há passos a seguir em frente para desenvolver completamente este projeto e torná-lo num produto comerciável. Trata-se de um nicho de mercado que atualmente não tem equipamentos completamente automatizados e, como se tem noção, a população jovem com a utilização excessiva de ecrãs, é mais propícia a utilizar óculos, seja atualmente, seja brevemente.

7. TRABALHOS FUTUROS

Para a continuação deste projeto, devem ser realizadas as escolhas das eletroválvulas, assim como dos mecanismos de abertura da tampa e sistema de injeção, a partir do depósito de líquido de limpeza para o tanque.

Devem ainda ser estudadas as formas de ligação do equipamento à fonte de água e ao esvaziamento, isto é, quais as válvulas a utilizar no equipamento, quais os tubos escolhidos e garantir medidas de segurança nesses mesmos mecanismos.

De seguida, as peças desenvolvidas devem ser colocadas a testes computarizados, de modo a garantir o bom funcionamento sem possíveis falhas dos materiais. Da mesma maneira, o tanque deve ser analisado relativamente à implementação de vibrações ultrassónicas diretamente no mesmo.

Relativamente à parte eletrónica, esta deve ser estudada de modo a garantir os vários ciclos possíveis, assim como o temporizador, botão de abertura da tampa e botão de acionamento do ciclo de limpeza, tudo numa interface de toque. A componente eletrónica relativa à implementação do sistema de oscilação deve também ser alvo de estudo, principalmente para garantir as frequências corretas e a dissipação de calor apropriada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Dados do Estudo TGI da Marktest realizado em julho de 2019. Consultado em abril de 2021. <https://www.marktest.com/wap/a/n/id~25ab.aspx>
- [2] Collins, Allison, (2020). "Why people wear glasses may surprise you" em *All About Vision*. Consultado em março de 2021. <https://www.allaboutvision.com/eyeglasses/faq/why-people-wear-glasses/>
- [3] Aggarwal, Shruti, MD & Oke, Isdin, & Reddy, Vandana, MD, "Lens Material Properties" (2021). Consultado em abril de 2021. https://eyewiki.aao.org/Lens_Material_Properties#Common_Eyeglass_Lens_Materials
- [4] Kohn, Rachel. "Ultrasonic Cleaners and How they Work". Consultado em maio de 2021. <https://tovatech.com/blog/27929/ultrasonic-cleaner/how-ultrasonic-cleaning-works>
- [5] Riesz, P. & Berdahl, D. & Christman, C.L. (1985). "Free radical generation by ultrasound in aqueous and nonaqueous solutions". Consultado em maio de 2021.
- [6] Brennen, Christopher. "Cavitation and Bubble Dynamics". Consultado em maio de 2021.
- [7] Gevari, Moein Talebian & Abbasiasl, Taher & Niazi, Soroush & Ghorbani, Morteza & Koşar, Ali (2020). "Direct and indirect thermal applications of hydrodynamic and acoustic cavitation: A review". *Applied Thermal Engineering*. Consultado em maio de 2021.
- [8] Mello, Heber & Alves, Luiz & Dias, Evellyn & Magalhães, Sabrina & Cotta-de-Almeida, Vinícius & Bisaggio, Rodrigo. (2020). Sonodynamic and Photodynamics Used as a Combined Therapy in the Treatment of Malignant Neoplasms: Facts and Open Questions. Consultado em junho de 2021. https://www.researchgate.net/figure/Scheme-depicting-the-development-of-cavitation-bubbles-The-ultrasound-waves-cause-the_fig1_347921729
- [9] "Limpeza Zeiss para Ecrãs". Consultado em junho de 2021. <https://www.zeiss.pt/vision-care/produtos-zeiss/limpeza-zeiss-para-lentes-e-ecras.html>
- [10] "Data sheet for ZEISS lens cleaning spray". Consultado em junho de 2021. <https://www.zeiss.com/content/dam/Vision/Vision/International/Pdf/en/data-sheet-for-zeiss-lens-cleaning-spray.pdf>
- [11] "Best glass cleaners of 2021". Consultado em junho de 2021. <https://www.popsi.com/story/reviews/best-glasses-cleaner/>
- [12] Fuchs, F. John. (1995). "Ultrasonic Cleaning: Fundamental Theory and Application". Consultado em junho de 2021. <http://www.novchem.com/F.-John-Fuchs-Blackstone-Net-Ultrasonics.pdf>
- [13] "Máquinas de Limpeza Ultrassom", em Aquário Electrónica. Consultado em junho de 2021. <https://www.aquario.pt/pt/produtos/maquinas-de-limpeza-ultrasom>
- [14] "Ultrasonic cleaner UC5620", em Grundig. Consultado em junho de 2021. <https://www.grundig.com/de-de/koerperpflege/wellness-pflege/alle/uc-5620>
- [15] "Aparelho de Limpeza Ultrassónica: BP-USC07", em Velleman. Consultado em junho de 2021. <https://www.velleman.eu/products/view/?id=455074>
- [16] "Aparelho de Limpeza Ultrassónica: BP USC02", em Velleman. Consultado em junho de 2021. <https://www.velleman.eu/products/view/?id=452314>

[17] “Aparelho de Limpeza Ultrassônico com Temporizador: VTUSC3”, em Velleman. Consultado em junho de 2021. <https://www.velleman.eu/products/view?id=372810&country=be&lang=pt>

[18] Silva, Luís F. “Apontamentos de Teoria de Projeto Mecânico” (2019). Consultados em agosto de 2021.

[19] “Acessórios de Máquinas de Lavar e Secar Roupa”, em Aquário Eletrónica. Consultados em fevereiro de 2022. <https://www.aquario.pt/pt/produtos/acessorios-para-maquinas-de-lavar>

[20] “Compact Air Cylinders, WEB Catalog”, em SMC. Consultado em abril de 2022. <https://www.smcworld.com/webcatalog/en-jp/air-cylinders/compact-air-cylinders/>

[21] “Digital Catalog: Mini Free Mount Cylinder, CUJ Series”, em SMC. Consultado em abril de 2022. https://ca01.smcworld.com/catalog/en/actuator/CUJ-CDUJ-E/6-2-1-p0593-0617-cuj_en/index.html#target/page_no=1

[22] “Product Catalogue, C(D)UJ Mini Free Mount Cylinder”, em SMC. Consultado em abril de 2022. <https://www.smc.eu/en-eu/products/c-d-uj-miniature-free-mount-cylinder~43900~cfg?partNumber=CDUJS12-45DM-F8P>

ANEXO 1 – EQUIPAMENTO GRUNDIG UC5620 EM FUNCIONAMENTO

Com a aquisição do equipamento Grundig UC5620, foi possível realizar testes ao equipamento. Deste modo, decidiu-se comparar uma limpeza ultrassónica apenas num banho de água a uma limpeza ultrassónica num banho de solução (água com líquido de limpeza). Para tal, foi utilizado um par de óculos graduados, já com sujidade, representados na Figura 37 e na Figura 36.



Figura 36 - Lente direita dos óculos graduados, com sujidade

Para realizar esta comparação, a lente direita será limpa apenas num banho de água, enquanto a lente esquerda será limpa num banho de solução (água com líquido de limpeza). Como é possível verificar, ambas as lentes apresentam sinais visíveis de sujidade, com várias partículas espalhadas pelas lentes. Para esta experiência utilizou-se água da torneira para ambas as lentes e utilizou-se o Líquido de Limpeza de Lentes da marca Well's, com 10 borrifadelas, para a lente esquerda. Este líquido de limpeza está representado na Figura 38.



Figura 37 - Lente esquerda dos óculos graduados, com sujidade



Figura 38 - Líquido de Limpeza de Lentes, da marca Well's

Durante a utilização do equipamento, o ruído destacou-se pela negativa, pelo que se utilizou um “Apple Watch Series 5” para medir aproximadamente os decibéis deste

equipamento durante a utilização. O resultado foi de 89 dB, o que representa um valor elevado. Porém, este valor é imediatamente junto ao equipamento, como é possível verificar na Figura 39.



Figura 39 - Medição do Ruído do equipamento Grundig UC5620, com um Apple Watch Series 5

Após as limpezas de ambas as lentes, deixou-se secar sem utilizar qualquer tipo de pano, para não comprometer a experiência. Os resultados são claros: a lente esquerda, limpa no banho de solução (água com líquido de limpeza) está visivelmente mais limpa do que a lente direita. Aquando da colocação dos óculos, a diferença era ligeiramente visível entre as lentes, mas isso estará sempre dependente da capacidade de visão de cada olho. As lentes limpas estão representadas na figura.



Figura 40 - Lente direita dos óculos graduados, após a limpeza num banho de água



Figura 41 - Lente esquerda dos óculos graduados, após a limpeza num banho de solução (água com líquido de limpeza)

ANEXO 2 – CATÁLOGO DE CILINDROS PNEUMÁTICOS DO MODELO CUJ DA SMC

Neste anexo será mostrado o catálogo de cilindros pneumáticos dos modelos CUJ da SMC e como foi possível obter o cilindro desejado para a solução da elevação do cesto. Primeiramente, a especificação necessária seria o curso de pelo menos 45 mm. Para tal, através do catálogo, foi possível determinar que o cilindro com menor diâmetro que têm pelo menos 45 mm de curso é o cilindro com 12 mm de diâmetro, como foi já possível verificar na Figura 29.

O catálogo indica também como designar o cilindro de acordo com as várias especificações, como é possível verificar na Figura 42.

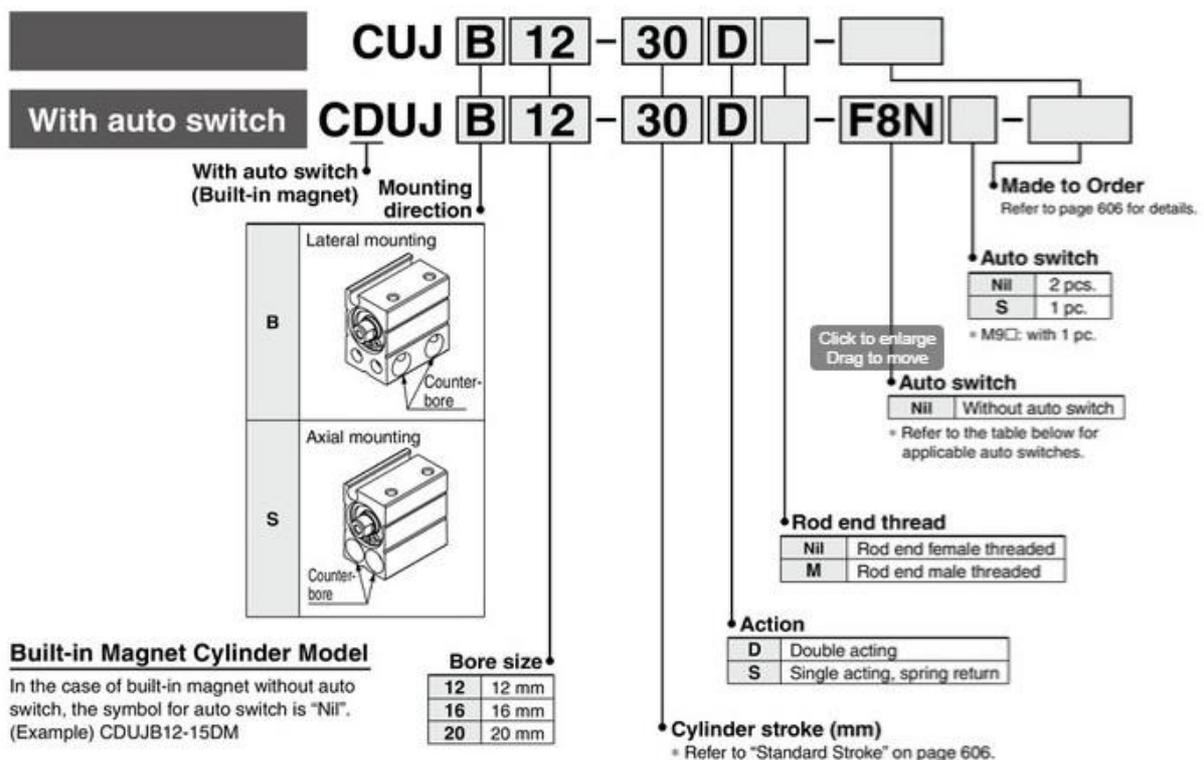


Figura 42 - Determinação da designação do cilindro CUJ da SMC, de acordo com as especificações

Sabendo que os sensores de detecção de posição são desejados, pode-se logo determinar a letra "D", no catálogo definido por "auto-switch". De seguida, foi necessário pensar a direção de montagem do cilindro. Ora, como este deve estar preso à base do equipamento, deverá ser uma montagem axial sendo, portanto, a letra "S". O diâmetro e o curso do cilindro já estão definidos, como 12 mm e 45 mm, respetivamente. Quanto ao tipo de ação do cilindro, é desejado ser um cilindro de duplo efeito para evitar a injeção de ar

constante quer na posição do cilindro recuado ou avançado definindo, portanto, a letra “D”. Relativamente ao tipo de ligação do eixo, é desejado ser uma ligação macho, para se conectar à saliência do cesto, que terá um furo.

Por fim, a definição do tipo de sensores é através de uma tabela, também esta no catálogo, representada na Figura 43.

Applicable Auto Switches/Refer to pages 1575 through to 1701 for additional information on auto switches.

Type	Special function	Electrical entry	Indicator light	Wiring (Output)	Load voltage		Auto switch model		Lead wire length (m) *				Pre-wired connector	Applicable load		
					DC	AC	Perpendicular	In-line	0.5 (Nil)	1 (M)	3 (L)	5 (Z)				
Solid state auto switch	—	Grommet	Yes	3-wire (NPN)	5 V, 12 V	—	—	M9N	●	●	●	○	○	IC circuit	Relay, PLC	
				3-wire (PNP)			F8N	—	●	—	●	○	○			
				2-wire	12 V	—	M9P	●	●	●	○	○				
				3-wire (NPN)	24 V	5 V, 12 V	—	F8P	—	●	—	●	○			○
				3-wire (PNP)			—	M9B	●	●	●	○	○			
				2-wire	12 V	—	F8B	—	●	—	●	○	○			
	Diagnostic indication (2-color indicator)	Grommet	Yes	3-wire (NPN)	5 V, 12 V	—	—	M9NW	●	●	●	○	○	IC circuit	Relay, PLC	
				3-wire (PNP)			—	M9PW	●	●	●	○	○			
				2-wire	12 V	—	M9BW	●	●	●	○	○				
				3-wire (NPN)	24 V	5 V, 12 V	—	M9NA**	○	○	●	○	○			
				3-wire (PNP)			—	M9PA**	○	○	●	○	○			
				2-wire	12 V	—	M9BA**	○	○	●	○	○				
Water resistant (2-color indicator)	Grommet	Yes	3-wire (NPN)	5 V, 12 V	—	—	M9NA**	○	○	●	○	○	IC circuit	Relay, PLC		
			3-wire (PNP)			—	M9PA**	○	○	●	○	○				
2-wire	12 V	—	M9BA**	○	○	●	○	○								

** Water resistant type auto switches can be mounted on the above models, but in such case SMC cannot guarantee water resistance. Consult with SMC regarding water resistant types with the above model numbers.

* Lead wire length symbols: 0.5 m Nil (Example) M9N * Auto switches marked with "○" are produced upon receipt of order.
1 m M (Example) M9NM
3 m L (Example) M9NL
5 m Z (Example) M9NZ

Figura 43 - Possibilidades de "Auto-Switches" para os cilindros do modelo CUJ da SMC

Através da análise a esta tabela, é possível ver as 3 hipóteses para a ligação de fios: 2 fios, 3 fios com PNP e 3 fios com NPN. Ora, para este sistema, e considerando as hipóteses, o melhor sistema será o PNP (positivo, negativo, positivo), pois assim consegue garantir um sinal positivo tanto com o cilindro recuado, como com o cilindro avançado, e um sinal negativo quando o cilindro estiver no percurso do mesmo. Assim sendo, e desejando sensores perpendiculares ao cilindro, foi possível determinar a designação “F8P”.

Assim, foi possível então, definir o cilindro desejado como o CDUJS12-45DMF8P.