



# Otimização de Sistemas de Lubrificação de cabos

**RICARDO JORGE COSTA RIBEIRO**

dezembro de 2018

## OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO DE CABOS

Ricardo Jorge Costa Ribeiro

**2017/2018**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

## **OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO DE CABOS**

Ricardo Jorge Costa Ribeiro  
Nº 1110593

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

**2017/2018**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

# JÚRI

## **Presidente**

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho  
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Orientador**

Doutor Francisco José Gomes da Silva  
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Co-orientador**

Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto  
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**

Doutor José Manuel Ferreira Duarte  
Professor Auxiliar, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



## AGRADECIMENTOS

Ao Doutor Francisco Silva, pela orientação dada durante todo o processo de realização desta dissertação, com todos os conselhos, tanto a nível de desenvolvimento da tese, como solução para as dificuldades existentes.

Ao Engenheiro Paulo Rebelo, pela introdução no ambiente industrial e ajuda na resolução dos problemas e contratempos ao longo do processo, e orientação durante o estágio, para integração no projeto.

Aos meus colegas Mário Soares, João Quadrado, António Gomes, entre outros, que me transmitiram bastante conhecimento durante este percurso e me ajudaram a ultrapassar todas as barreiras, que iam aparecendo.

À FicoCables, que permitiu não só a realização do estágio e projeto, como também financiou toda a implementação do protótipo do trabalho.

De agradecer à minha família e amigos, que me ajudaram a continuar o meu percurso académico sem nunca desistir apesar das adversidades, e que me apoiaram para conseguir concluir este capítulo da minha vida.



## **PALAVRAS CHAVE**

Indústria de componentes automóvel, sistemas de lubrificação de cabos, automatização de processos, otimização dos sistemas de enchimento e injeção.

## **RESUMO**

Em Portugal, a produção de componentes para a indústria automóvel é uma atividade com um crescente valor das exportações e do número de postos de trabalho. Este setor da indústria tem sabido apostar na inovação, na formação e na qualidade, permitindo atrair investimento estrangeiro e criar empresas líderes mundiais em algumas das suas componentes mais tecnológicas. Contudo, inúmeras vezes surgem problemas associados ao fabrico dos mais diversos componentes que têm de ser ultrapassados, para garantir a qualidade dos mesmos e satisfazer os clientes.

Este trabalho foi realizado na FicoCables, do grupo FICOSA, tendo em vista ultrapassar diversos problemas dos sistemas envolvidos na injeção de massa lubrificante em cabos de comando, utilizados para o acionamento de diversos dispositivos em veículos automóveis como, por exemplo, do tampão de combustível, do travão de mão, da tampa da mala, da elevação e descida de janelas, entre outros. A empresa possui 38 linhas de injeção de massa lubrificante e o custo anual deste produto é de aproximadamente 50000 €.

Um dos problemas reside na quantidade de massa lubrificante desperdiçada que é de aproximadamente 20% da quantidade adquirida. Além disso, por vezes, o sistema existente injeta massa lubrificante com ar o que prejudica a lubrificação do cabo, compromete a sua funcionalidade e provoca reclamações dos clientes. Existem também problemas de produtividade. De facto, o reservatório existente numa determinada linha de injeção, com capacidade de 1,5 litros, tem de ser regularmente abastecido com massa lubrificante. Contudo, durante este abastecimento, que pode ser demorado, a linha de injeção não está a trabalhar provocando os referidos problemas.

Neste trabalho foi desenvolvida uma solução para estes problemas que consistiu no projeto de sistemas versáteis e de melhor qualidade para o processo de injeção, enchimento e armazenamento da massa lubrificante, que permitisse diminuir o seu desperdício e detetasse possíveis erros de lubrificação. A solução proposta permite separar o sistema de enchimento dos reservatórios do sistema de injeção da massa lubrificante nas linhas de injeção, o que evita o transporte dos baldes de massa lubrificante através da empresa e aumenta a produtividade.

De salientar que a empresa aprovou o projeto desenvolvido tendo proporcionado o fabrico de um protótipo para o reservatório e a realização de ensaios para verificar a sua funcionalidade.



**KEYWORDS**

*Automotive components industry, lubrication systems for cables, process automation, optimization of filling and injection systems.*

**ABSTRACT**

*In Portugal, the production of components for the automobile industry is an activity with an increasing number of jobs and exportations. This sector of the industry has been able to invest in innovation, training and quality, attracting foreign investment and creating world leading companies in some of its most technological components. However, there are often problems associated with the manufacture of several components that have to be overcome, to guarantee the quality of the components and to satisfy the customers.*

*This work was performed at FicoCables, member of the FICOSA group, and the goal was to overcome several problems of the systems involved in the injection of lubricating grease in control cables, used to engage various devices in automobiles such as fuel-lid opener, parking brake, trunk opener, window regulator, etc. The company has 38 lines of lubricating grease injection and the annual cost of this product is approximately 50000 €.*

*One of the problems is the amount of wasted lubricating grease that is approximately 20% of the amount purchased. In addition, the existing system sometimes injects lubricating grease with air that damages the lubrication of the cable, compromises its functionality and causes customer complaints. There are also productivity problems. In fact, the existing tank in a given injection line, with a capacity of 1,5 liters, must be regularly filled with lubricating grease. However, during this filling, which can take a long time, the line of injection is not working causing such problems.*

*In this work, a solution was developed for these problems, which consisted in the design of versatile systems of better quality for the injection process, filling and storage of the lubricating grease that would allow reducing its waste and detecting possible lubrication errors. The proposed solution allows separating the filling system from the injection system of the lubrication grease in the injection lines, which avoids the transport of the buckets of lubricating grease through the company and increases the productivity.*

*It should be noted that the company approved the project developed having provided the manufacture of a prototype for the tank and the realization of tests to verify its functionality.*



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

$\mu_{\text{atrito estático}}$	Coeficiente de atrito estático
$\mu_{\text{atrito massa}}$	Coeficiente de atrito da massa lubrificante
€	Euro
$\sigma_{\text{apc}}$	Tensão aplicada na peça
$\sigma_{\text{ced}}$	Tensão de cedência do material
$\rho_{\text{massa}}$	Densidade da massa lubrificante
$a_{\text{gravitica}}$	Aceleração gravítica
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
CS	Coeficiente de segurança
DIN	<i>Deutsches Institut Normung</i>
$F_{\text{atrito estático}}$	Força de atrito estático
$F_{\text{atrito massa}}$	Força de atrito da massa lubrificante
$F_{\text{cilindro}}$	Força do cilindro
FMS	<i>Ficosa Manufacturing Systems</i>
$F_y$	Forças no eixo Y
H	Horas
INE	Instituto nacional de estatística
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
kg	Quilograma
kN	QuiloNewton
m	Metro
$m_{\text{balde}}$	Massa do balde
min	Minuto
mm	Milímetro
MPa	MegaPascal
$m_{\text{sistema}}$	Massa do sistema
N	Newton
NAFTA	<i>North American Free Trade Agreement</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
P	Peso
$P_{\text{balde}}$	Peso do balde
$P_{\text{massa}}$	Peso da massa lubrificante
$P_{\text{sist}}$	Peso do sistema
PA	Poliamida

---

PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de Vinila
s	segundo
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats Analysis</i>
TQC	<i>Total Quality Control</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
$V_{balde}$	Volume do balde

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - QUANTIDADE DE VEÍCULOS PRODUZIDOS E RESPECTIVO IMPACTO DE CADA CONTINENTE [2]	9
FIGURA 2 - EXPORTAÇÕES DE VEÍCULOS EM PORTUGAL PARA OUTROS PAÍSES EM 2015 [4]	10
FIGURA 3 - UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS PELA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL	12
FIGURA 4 - PRINCIPAIS PONTOS DE UMA CADEIA DE FORNECIMENTO AUTOMÓVEL [19]	13
FIGURA 5 - BRAÇO ROBOT AUTOMATIZADO [12]	14
FIGURA 6 - SISTEMA AUTOMATIZADO DE PRODUÇÃO AUTOMÓVEL [25]	15
FIGURA 7 - DIVERSIDADE DE PRODUTOS DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL [29]	16
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL NA PENÍNSULA IBÉRICA [30]	17
FIGURA 9 - EMPRESAS DE PRODUÇÃO DE COMPONENTES PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL [30]	18
FIGURA 10 - ETAPAS DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL [6]	19
FIGURA 11 - CRESCIMENTO DO SETOR AUTOMÓVEL ENTRE 1961-76 [6]	20
FIGURA 12 - GRÁFICO DE PRODUÇÃO, EXPORTAÇÃO E MERCADO INTERNO DE AUTOMÓVEIS [6]	21
FIGURA 13 - REDE DE PRODUTOS AUTOMÓVEIS [38]	21
FIGURA 14 - FERRAMENTAS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i> [49]	23
FIGURA 15 – CONJUGAÇÃO DE MÃO DE OBRA E SISTEMAS AUTOMATIZADO E ROBOTIZADO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL [53]	24
FIGURA 16 - RELAÇÃO ENTRE QUALIDADE E LUCRO [55]	25
FIGURA 17 - MODULARIZAÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL [58]	26
FIGURA 18 - DIVISÃO DOS VÁRIOS PRODUTOS OU MÓDULOS DE UM VEÍCULO [58]	27
FIGURA 19 - LAYOUTS POSSÍVEIS DOS CABOS METÁLICOS [60]	27
FIGURA 20 - SISTEMAS COM ACIONAMENTO POR CABO [61]	28
FIGURA 21 - CONSTITUIÇÃO DE UM CABO METÁLICO (A) E VISTA EM CORTE DOS SEUS ELEMENTOS (B) [61]	29
FIGURA 22 - EXEMPLOS DE SEÇÃO DE CORDAS OU CABOS	29
FIGURA 23 - EXEMPLOS DE SEÇÕES DE CABO COM MAIS DO QUE UM NÚCLEO [60]	30
FIGURA 24 - CABO <i>PUSH/PULL</i> ( A)NÚCLEO REFORÇADO, B) NÚCLEO REFORÇADO COM CORDA, C) NÚCLEO REFORÇADO COM CABO) [60]	31
FIGURA 25 - CONJUNTO E CONSTITUIÇÃO DE UM CABO DE COMANDO [61]	31
FIGURA 26 - SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRIFICAÇÃO [63]	34
FIGURA 27 - BOMBA DE EXTRAÇÃO DE LUBRIFICANTE COM MECANISMO PRÓPRIO [67]	37
FIGURA 28 - SISTEMA DE INJEÇÃO DE MASSA LUBRIFICANTE PROJETADO EM SOLIDWORKS®	39
FIGURA 29 - POSICIONAMENTO DA ESPIRAL NO BATENTE	40
FIGURA 30 - RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE MASSA LUBRIFICANTE	40
FIGURA 31 - BASE DE LIGAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS	41
FIGURA 32 - SISTEMA DE ENCHIMENTO FIXO NA LINHA (A) E SISTEMA MÓVEL (B)	41
FIGURA 33 - VÁLVULAS DE LIGAÇÃO PARA ENCHIMENTO	42
FIGURA 34 - DISCOS METÁLICOS COM DISCO DE BORRACHA	42
FIGURA 35 - BOMBA DE ENCHIMENTO E CILINDRO PNEUMÁTICO	43
FIGURA 36 - LOGÓTIPO DA FICOCABLES (FICOCABLES)	47

FIGURA 37 - PRODUTOS DO GRUPO FICOSA	48
FIGURA 38 - SISTEMA INJEÇÃO DE MASSA LUBRIFICANTE	49
FIGURA 39 - BALDES DE MASSA LUBRIFICANTE (1); EXTRAÇÃO DA MASSA LUBRIFICANTE DOS BALDES (2); ENCHIMENTO DOS RESERVATÓRIOS (3); POSICIONAMENTO DA ESPIRAL NA AGULHA DA LINHA (4); INJEÇÃO DE MASSA LUBRIFICANTE (5)	50
FIGURA 40 - BALDES DE MASSA LUBRIFICANTE	51
FIGURA 41 - EXEMPLO DE MASSA LUBRIFICANTE DESPERDIÇADA NOS BALDES	52
FIGURA 42 - SISTEMA DE ENCHIMENTO FIXO NA LINHA	53
FIGURA 43 - SISTEMA DE ENCHIMENTO MÓVEL	53
FIGURA 44 - MASSA LUBRIFICANTE EM CONTACTO COM O AR	54
FIGURA 45 - LOCAL DE ARMAZENAMENTO DOS SISTEMAS DE ENCHIMENTO MÓVEIS	63
FIGURA 46 - <i>LAYOUT</i> DOS SISTEMAS DE ENCHIMENTO	65
FIGURA 47 - COMBOIO LOGÍSTICO DA EMPRESA	66
FIGURA 48 - <i>LAYOUT</i> DA EMPRESA COM O CAMINHO A PERCORRER DO CARRO (ZONAS IDENTIFICADAS COM A COR REFERENTE AO TIPO DE MASSA UTILIZADO) (FICOCABLES)	67
FIGURA 49 - EXEMPLO DE SINALIZAÇÃO NA LINHA, PARA REALIZAÇÃO DA RECOLHA DO RESERVATÓRIO	70
FIGURA 50 - LIGAÇÕES APARAFUSADAS DO RESERVATÓRIO COM A LINHA	71
FIGURA 51 - EXEMPLOS DE GRAMPOS DE FIXAÇÃO [75]	72
FIGURA 52 - GRAMPOS ESTICADORES HORIZONTAIS: SIMPLES (A) E DE DUPLO PONTO DE FIXAÇÃO (B); TABELA DE CARACTERÍSTICAS (C) [76]	72
FIGURA 53 - FIXAÇÃO DO RESERVATÓRIO À LINHA UTILIZANDO GRAMPOS	73
FIGURA 54 - ALINHAMENTO DO CONJUNTO DA LINHA COM OS GRAMPOS	74
FIGURA 55 - PEGAS PLÁSTICAS PARA FACILITAR O TRANSPORTE DO RESERVATÓRIO	75
FIGURA 56 - VÁLVULA DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO	75
FIGURA 57 - SISTEMA PNEUMÁTICO DO RESERVATÓRIO	76
FIGURA 58 - SISTEMA DE VEDAÇÃO DO RESERVATÓRIO	77
FIGURA 59 - (A) SITUAÇÃO DA VEDAÇÃO, QUANDO O RESERVATÓRIO ESTÁ FORA DA LINHA; (B) SITUAÇÃO DO SISTEMA DE VEDAÇÃO QUANDO ESTÁ INSERIDO NA LINHA	78
FIGURA 60 - SISTEMA DE VEDAÇÃO VISTO NO INTERIOR DO RESERVATÓRIO	79
FIGURA 61 - EXTREMIDADE DO BATENTE DE VEDAÇÃO	79
FIGURA 62 - PINOS-GUIA ROSCADOS NA BASE DO RESERVATÓRIO	80
FIGURA 63 - BASE DE LIGAÇÃO DA LINHA DE INJEÇÃO COM O RESERVATÓRIO	81
FIGURA 64 - BASE DE LIGAÇÃO NA LINHA (A); TAMPA INFERIOR DO RESERVATÓRIO (B)	83
FIGURA 65 - SISTEMA DE INJEÇÃO DE MASSA LUBRIFICANTE	84
FIGURA 66 - SISTEMA DE DETEÇÃO DE AR	85
FIGURA 67 - VISTA DE CORTE DO SISTEMA DE DETEÇÃO DE AR	85
FIGURA 68 - SISTEMA DE DETEÇÃO SEM A TAMPA INSERIDA	86
FIGURA 69 - SISTEMA SEM MASSA LUBRIFICANTE NO SEU INTERIOR	86
FIGURA 70 - SISTEMA DURANTE O PROCESSO DE INJEÇÃO	87
FIGURA 71 - SENSOR FESTO SMEO-1-B	87
FIGURA 72 - VISTA EXPLODIDA DO SISTEMA	88

FIGURA 73 - CONJUNTO COMPLETO DE TODOS OS EQUIPAMENTOS QUE CONSTITUEM O SISTEMA DE INJEÇÃO FINAL	88
FIGURA 74 - BANCADA PARA O ENCHIMENTO	90
FIGURA 75 - SUPORTE DOS RESERVATÓRIOS	90
FIGURA 76 – RANHURAS PARA ENCAIXE DO RESERVATÓRIO (A); RESERVATÓRIOS ENCAIXADOS E FIXOS NA BANCADA PARA ENCHIMENTO (B)	91
FIGURA 77 - ABERTURA NA PARTE DE TRÁS DA BANCADA, PARA PERMITIR A LIGAÇÃO DA TUBAGEM AOS RESERVATÓRIOS PARA O ENCHIMENTO (A); BANCADA COM AS PORTAS FECHADAS (B)	91
FIGURA 78 - DISCO DE EXTRAÇÃO DA MASSA LUBRIFICANTE	92
FIGURA 79 - MECANISMO DE EXTRAÇÃO DE MASSA	93
FIGURA 80 – PEÇA DE ARMAZENAMENTO DE MASSA LUBRIFICANTE	94
FIGURA 81 - SISTEMA DE BOMBEAMENTO E ENCHIMENTO DOS RESERVATÓRIOS	94
FIGURA 82 - BANCADA DE POSICIONAMENTO DO BALDE PARA ENCHIMENTO	95
FIGURA 83 - SISTEMA DE FIXAÇÃO E CENTRAGEM DO BALDE	96
FIGURA 84 - GARRAS DE APERTO DO BALDE	96
FIGURA 85 - SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO DAS GARRAS	97
FIGURA 86 - CAIXA PARA ROLAMENTO, PARA ROTAÇÃO DOS BRAÇOS	98
FIGURA 87 - BRAÇO DE LIGAÇÃO DA GARRA COM O SISTEMA DE POSICIONAMENTO	98
FIGURA 88 - CAIXA DE ROLAMENTOS PARA ROTAÇÃO DO DISCO	99
FIGURA 89 - DISCO DE TRANSMISSÃO DO MOVIMENTO PARA AS GARRAS E A RESPECTIVA CAIXA DE POSICIONAMENTO	100
FIGURA 90 - SISTEMA DE FIXAÇÃO COMPLETO	100
FIGURA 91 - SISTEMA PINHÃO/CREMALHEIRA	101
FIGURA 92 - VEIO COM CHAVETA PARA TRANSMISSÃO DO MOVIMENTO PARA O DISCO	101
FIGURA 93 - ENCAIXE DO VEIO NO DISCO	102
FIGURA 94 - TAMPA DE SUPORTE DOS ROLAMENTOS	102
FIGURA 95 - EXEMPLO DE DISTRIBUIDOR DE CAUDAL [78]	103
FIGURA 96 - SISTEMA DE ENCHIMENTO COMPLETO	103
FIGURA 97 - BANCADA PARA TRANSPORTE	104
FIGURA 98 - BANCADA PARA TRANSPORTE (VISTA DE TRÁS)	105
FIGURA 99 - POSICIONAMENTO DOS BATENTES	105
FIGURA 100 - SISTEMA DE TRANSPORTE DOS RESERVATÓRIOS	106
FIGURA 101 - BANCADA DE RECEÇÃO DOS RESERVATÓRIOS	106
FIGURA 102 - BANCADA DE RECEÇÃO VAZIA	107
FIGURA 103 - ESFORÇOS DOS CILINDROS VERTICAIS	108
FIGURA 104 - CILINDRO STANDARD ISO 15552 FESTO DE DUPLO EFEITO [79]	109
FIGURA 105 - FORÇAS APLICADAS DURANTE O PROCESSO DE FIXAÇÃO DO BALDE	110
FIGURA 106 - CILINDRO <i>STANDARD</i> COMPACTO ISO 21287 DA FESTO [81]	111
FIGURA 107 - ESFORÇOS APLICADOS NO SISTEMA DE ENCHIMENTO	111
FIGURA 108 - ESFORÇOS APLICADOS NA PEÇA PMPVEI1574	114
FIGURA 109 - TENSÕES DE VONMISES NA PEÇA PMPVEI1574	114
FIGURA 110 - DESLOCAMENTO DA PEÇA PMPVEI1574	115
FIGURA 111 -- ESFORÇOS APLICADOS NA PEÇA PMPBRA0053	116

---

FIGURA 112 - TENSÕES DE VONMISES NA PEÇA PMPBRA0053	116
FIGURA 113 - DESLOCAMENTO NA PEÇA PMPBRA0053	117
FIGURA 114 - ESFORÇOS APLICADOS NA PEÇA PMPBAS4841	118
FIGURA 115 - TENSÕES DE VONMISES NA PEÇA PMPBAS4841	119
FIGURA 116 - DESLOCAMENTOS NA PEÇA PMPBAS4841	119
FIGURA 117 - ESFORÇOS APLICADOS NA PEÇA PMPCHA2062	120
FIGURA 118 - TENSÕES DE VONMISES NA PEÇA PMPCHA2062	121
FIGURA 119 - DESLOCAMENTOS NA PEÇA PMPCHA2062	121
FIGURA 120 - NOVAS TENSÕES DE VONMISES PARA ALTERAÇÃO DA ESPESSURA DA PEÇA PARA 6 MM	122
FIGURA 121 – NOVO DESLOCAMENTO DA PEÇA MODIFICADA	123
FIGURA 122 - FIXAÇÃO POR GRAMPOS DO RESERVATÓRIO	141
FIGURA 123 - VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE VEDAÇÃO	142
FIGURA 124 - VERIFICAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DO SISTEMA NA INJEÇÃO	142

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ANÁLISE SWOT DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL EM PORTUGAL [13], [14], [15]	11
TABELA 2 - TABELA DE COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS VÁRIOS TIPOS DE CABOS [62]	30
TABELA 3 - COMPONENTES CONSTITUINTES DO CABO DE COMANDO	32
TABELA 4 - PROCESSOS DE MONTAGEM INTERNOS	33
TABELA 5 - VANTAGENS DOS SISTEMAS DE EXTRAÇÃO DE LUBRIFICANTE	35
TABELA 6 - COMPONENTES DUM SISTEMA DE EXTRAÇÃO DE LUBRIFICANTE	36
TABELA 7 - DESVANTAGENS DOS SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO CENTRALIZADOS	38
TABELA 8 - <i>BRAINSTORMING</i> PARA ENCONTRAR SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS EXISTENTES	55
TABELA 9 - <i>BRAINSTORMING</i> PARA ENCONTRAR SOLUÇÕES PARA OS PROBLEMAS EXISTENTES (CONTINUAÇÃO)	56
TABELA 10 - IDEIAS POSSÍVEIS PARA SOLUÇÕES PARA O SISTEMA DE INJEÇÃO	57
TABELA 11 - IDEIAS POSSÍVEIS PARA SOLUÇÕES PARA O SISTEMA DE INJEÇÃO (CONTINUAÇÃO)	58
TABELA 12 - IDEIAS POSSÍVEIS PARA SOLUÇÕES PARA O SISTEMA DE INJEÇÃO (CONTINUAÇÃO)	59
TABELA 13 - POSSÍVEIS SISTEMAS DE ENCHIMENTO A SER PROJETADOS	60
TABELA 14 - POSSÍVEIS SISTEMAS DE ENCHIMENTO A SER PROJETADOS (CONTINUAÇÃO)	61
TABELA 15 - VÁRIOS TIPOS DE MASSA LUBRIFICANTE E A COR CORRESPONDENTE	64
TABELA 16 - OPERAÇÕES DE TRANSPORTE, COM RESPECTIVA DURAÇÃO E MÃO DE OBRA	68
TABELA 17 - TABELA DE MEDIDAS DOS GRAMPOS E SELEÇÃO [75]	73
TABELA 18 - LINHAS DE INJEÇÃO DE MASSA LUBRIFICANTE E A RESPECTIVA REFERÊNCIA	82
TABELA 19- MEDIDAS DAS FURAÇÕES DAS PEÇAS, CONSOANTE O TIPO DE MASSA LUBRIFICANTE UTILIZADO	83
TABELA 20 - ORÇAMENTO PARA AS MODIFICAÇÕES DOS RESERVATÓRIOS E DAS LINHAS DE INJEÇÃO	124
TABELA 21 - ORÇAMENTO PARA O SISTEMA DE DETEÇÃO DE AR	124
TABELA 22 - CUSTO TOTAL POR LINHA	124
TABELA 23 - ORÇAMENTAÇÃO DO SISTEMA DE ENCHIMENTO	125
TABELA 24 - ORÇAMENTAÇÃO DO MECANISMO DE BOMBEAMENTO DO SISTEMA DE ENCHIMENTO	125
TABELA 25 - ORÇAMENTAÇÃO DO SISTEMA DE FIXAÇÃO DOS BALDES	126
TABELA 26 - ORÇAMENTAÇÃO DA BANCADA DE ENCHIMENTO	126
TABELA 27 - CUSTO TOTAL DE UM SISTEMA DE ENCHIMENTO	127
TABELA 28 - ORÇAMENTO DA BANCADA DE RECEÇÃO	127
TABELA 29 - ORÇAMENTO DA BANCADA DE TRANSPORTE	127
TABELA 30 - CUSTO DE TODOS OS SISTEMAS DO PROCESSO	128
TABELA 31 - DADOS DA EMPRESA	128
TABELA 32 - DADOS SOBRE A PRODUTIVIDADE DA EMPRESA	129
TABELA 33 - MANUAL DE UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS NA LINHA	131
TABELA 34 - MANUAL DE UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS NA LINHA (CONTINUAÇÃO)	132
TABELA 35 - PROCEDIMENTOS PARA O TRANSPORTE DOS RESERVATÓRIOS	133

---

TABELA 36 - MANUAL PARA O ENCHIMENTO DOS RESERVATÓRIOS	134
TABELA 37 - MANUAL PARA O ENCHIMENTO DOS RESERVATÓRIOS (CONTINUAÇÃO)	135
TABELA 38 - MANUAL PARA O ENCHIMENTO DOS RESERVATÓRIOS (CONTINUAÇÃO)	136
TABELA 39 - TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO PARA CADA SISTEMA	137
TABELA 40 - LISTA DE COMPONENTES DO PROTÓTIPO IMPLEMENTADO	139
TABELA 41 - PROCEDIMENTO DE MONTAGEM DO SISTEMA	139
TABELA 42 - PROCEDIMENTO DE MONTAGEM DO SISTEMA (CONTINUAÇÃO)	140
TABELA 43 - OBJETIVOS ALCANÇADOS E CONCLUSÕES	145
TABELA 44 - SINTETIZAÇÃO DOS SISTEMAS PROJETADOS	146

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
1.1	Enquadramento.....	3
1.2	Objetivos.....	4
1.3	Metodologia seguida.....	4
1.4	Estrutura da dissertação.....	5
1.5	Breve apresentação da empresa envolvida.....	5
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>9</b>
2.1	A indústria automóvel.....	9
2.1.1	O mercado automóvel	9
2.1.2	Evolução da indústria automóvel	12
2.2	A indústria de componentes para o setor automóvel.....	16
2.2.1	Evolução da indústria de componentes em Portugal	19
2.2.2	Principais estratégias utilizadas na indústria de componentes	21
2.3	Fabrico de cabos para comando em veículos automóveis.....	27
2.3.1	Constituição de um cabo de comando	28
2.3.2	Processos envolvidos na produção de cabos de comando	33
2.4	Sistemas de extração de lubrificante.....	34
2.4.1	Componentes usualmente utilizados	35
2.4.2	Problemas geralmente associados	38
2.5	Sistema de injeção de massa lubrificante.....	39
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>47</b>
3.1	FICOCABLES e o Grupo FICOSA.....	47
3.2	Descrição do problema.....	49
3.3	Tempestade de ideias referente a possíveis soluções.....	55
3.4	Comparação das várias soluções propostas.....	56
3.5	Projeto.....	62
3.5.1	Modelo de gestão a adotar	62

3.5.2	Sistema de garantia da qualidade relacionado com o modelo	68
3.5.3	Projeto dos reservatórios	70
3.5.4	Projeto do sistema de enchimento do reservatório	88
3.5.5	Projeto do mecanismo de transporte dos reservatórios	104
3.5.6	Dimensionamento dos cilindros pneumáticos	107
3.5.7	Esforços críticos nas peças	112
<b>3.6</b>	<b>Orçamentação .....</b>	<b>123</b>
3.6.1	Orçamento para os reservatórios e linha de injeção	123
3.6.2	Orçamento para sistema de enchimento e respetiva bancada	125
3.6.3	Orçamento para bancadas de transporte	127
<b>3.7</b>	<b>Cálculo do tempo de retorno do investimento.....</b>	<b>128</b>
<b>3.8</b>	<b>Manual de utilização e conservação dos sistemas.....</b>	<b>130</b>
3.8.1	Remoção dos reservatórios	130
3.8.2	Transporte dos reservatórios	132
3.8.3	Enchimento dos reservatórios	134
<b>3.9</b>	<b>Implementação.....</b>	<b>138</b>
3.9.1	Produção de um protótipo	138
3.9.2	Testes do protótipo	140
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>145</b>
<b>4.1</b>	<b>Principais conclusões do projeto e melhorias futuras .....</b>	<b>145</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO</b>	<b>151</b>
<b>5.1</b>	<b>ARTIGOS, LIVROS E OUTROS .....</b>	<b>151</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>161</b>

# INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia seguida

1.4 Estrutura da dissertação

1.5 Breve apresentação da empresa envolvida



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

Hoje em dia, a indústria automóvel é uma das indústrias com maior importância, representando grande parte da economia mundial. É uma área em constante crescimento e desenvolvimento, apresentando enormes oportunidades para as empresas deste setor. No entanto, este elevado crescimento exige também que cada vez mais as empresas apostem na inovação, melhorando todo o processo de fabrico, aumentando a produtividade e diminuindo os custos de fabrico.

O problema é que nem sempre estes pontos andam interligados e, por vezes, para conseguir ser competitivo neste mercado, a diminuição do custo de produção em alguns casos pode significar perda de qualidade, e esta pode ser problemática, caso não cumpra os requisitos do cliente. Portanto, é necessário realizar uma boa análise de prós e contras, aquando feitas alterações nos produtos e processos envolvidos.

Os produtos nesta área vão sofrendo alterações e melhorias, que por sua vez implicam alterações dos processos para aumentar a eficiência. Estes inicialmente, precisam de ser estudados, para realmente verificar que melhoramentos podem ser aplicadas e se o investimento é viável e compensador.

Nos sistemas de cabo de comando de viaturas automóveis, para além do processo de fabrico dos próprios cabos, existe também um parâmetro muito importante, que define a qualidade do produto, que é a lubrificação. Para isso, são utilizados sistemas de lubrificação adaptados aos diversos tipos de cabos, permitindo assim garantir a qualidade pretendida. Estes sistemas também realizam a extração da massa lubrificante de baldes, adquiridos dos fornecedores, mas nem sempre estes vêm adaptados, o que acaba por dificultar a utilização de toda a massa lubrificante fornecida, criando assim desperdício e prejuízo.

Assim sendo, é necessário tentar minimizar este prejuízo, melhorando os processos em redor e equipamentos projetados para o efeito, sem interferir com a sua produtividade e flexibilidade, permitindo a adaptação a possíveis alterações no futuro.

## 1.2 Objetivos

Este projeto surgiu, devido a vários problemas existentes numa empresa associada ao mercado automóvel, com foco em cabos utilizados em sistemas de travagem, conforto, etc. O problema está diretamente relacionado com a lubrificação no interior dos cabos, com grande desperdício a nível da massa lubrificante utilizada, provocando custos associados. Isto tem vindo a persistir, apesar das constantes alterações e melhorias deste tipo de sistemas e, por isso, a empresa viu-se impulsionada para desenvolver uma solução que permita ultrapassar estes problemas.

Como tal, foram definidos os seguintes objetivos do projeto:

- Otimizar o processo de fornecimento de massa lubrificante nas linhas e os respetivos equipamentos;
- Melhorar os equipamentos do processo de injeção de massa lubrificante nos cabos;
- Reduzir os desperdícios de massa lubrificante nos processos de fabrico de cabos;
- Aumentar a produtividade dos processos mencionados;
- Reduzir os problemas nos cabos por deficiente lubrificação;
- Minimizar todo o investimento necessário para a implementação das melhorias;
- Implementar todo o projeto e verificar a sua eficácia.

## 1.3 Metodologia seguida

Para que seja possível cumprir os objetivos traçados, com eficácia, definiu-se a seguinte metodologia para o projeto:

- Estudo do funcionamento dos sistemas de injeção de massa lubrificante utilizados na empresa;
- Identificar e analisar todas as causas adjacentes aos problemas existentes;
- Pesquisa e estudo de possíveis soluções em literatura especializada;
- Estudo de várias soluções e adaptações possíveis aos sistemas utilizados para eliminar os problemas atuais, realizando um *brainstorming*;
- Apresentar à empresa as várias possibilidades de solução para os problemas atuais;
- Desenvolvimento da solução mais vantajosa e projeto da mesma;
- Procura de normalizados, orçamentação e estudo do *Payback*;

- Redação da presente Dissertação.

## 1.4 Estrutura da dissertação

Estruturada em quatro capítulos principais:

1. Introdução na qual é realizada uma contextualização e integração do projeto.
2. Revisão Bibliográfica, onde é realizada uma pesquisa em literatura especializada, com vista a permitir estabelecer os conceitos teóricos de projeto.
3. Desenvolvimento, onde é realizado um estudo e projeto dos novos sistemas, para solucionar os problemas existentes.
4. Conclusões, onde são apresentados todos os objetivos que foram alcançados com este trabalho.

## 1.5 Breve apresentação da empresa envolvida

Este projeto foi desenvolvido na empresa FicoCables, que fica sediada na Maia e pertence ao grupo FICOSA, grupo com grande competitividade no mercado de componentes de automóvel. O trabalho foi desenvolvido através de um estágio curricular, com orientação tutorial na empresa assegurada pelo Eng.º Paulo Rebelo, durante o período de nove meses. A informação mais detalhada sobre a empresa será abordada novamente no capítulo 3.1.



# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A indústria automóvel

2.2 A indústria de componentes para o setor automóvel

2.3 Fabrico de cabos para comando em veículos automóveis

2.4 Sistemas de lubrificação centralizados

2.5 Injeção de massa lubrificante



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A indústria automóvel

#### 2.1.1 O mercado automóvel

A Europa, cada vez mais, tem maior impacto na indústria automóvel, apresentando dos melhores veículos automóveis a nível mundial, graças à grande qualidade que apresentam, inovação de design e potência, produzidos nas suas linhas de montagem (Figura 1) [1].

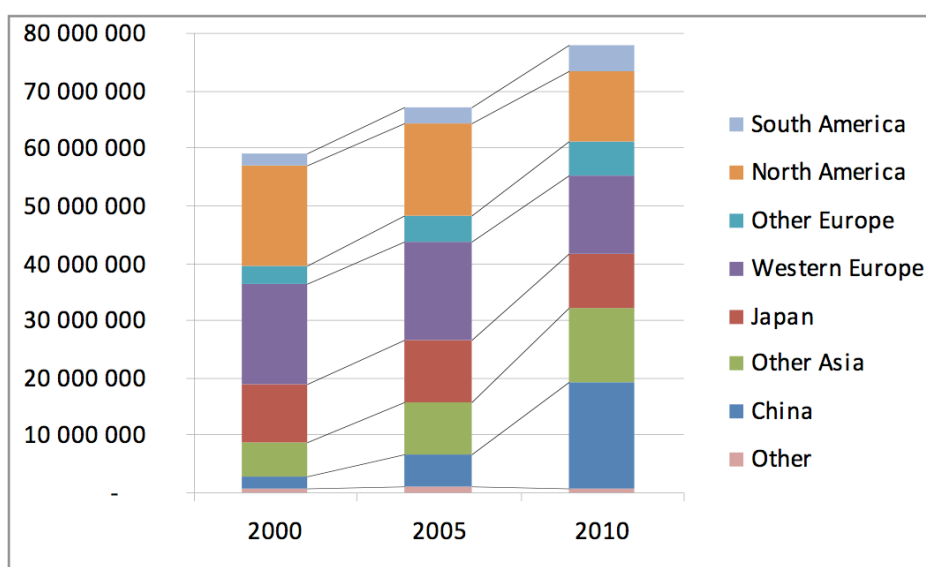


Figura 1 - Quantidade de veículos produzidos e respetivo impacto de cada continente [2]

A indústria automóvel na União Europeia, tem anualmente cerca de 17 milhões de veículos fabricados e mais de 2 milhões de pessoas extremamente especializadas na área, dentro das várias empresas, as quais representam apenas 8% de toda a mão-de-obra ligada a esta indústria a nível mundial [2], [3].

Em Portugal, esta indústria é responsável por uma densidade de negócio a rondar os 7 mil milhões de euros por ano, distribuído por mais de 400 empresas e companhias, e proporcionam cerca de 32 000 postos de trabalho. No ranking do INE, a categoria de produtos mais exportada são os veículos automóveis, reboques e semirreboques, apresentando valores mais elevados que os produtos petrolíferos, alimentares, químicos e de vestuário.

Na Figura 2 podemos ver que no setor automóvel, só em 2015, a taxa de exportação portuguesa de veículos para os vários continentes sendo que este setor representa 10% de toda a exportação de Portugal [4].

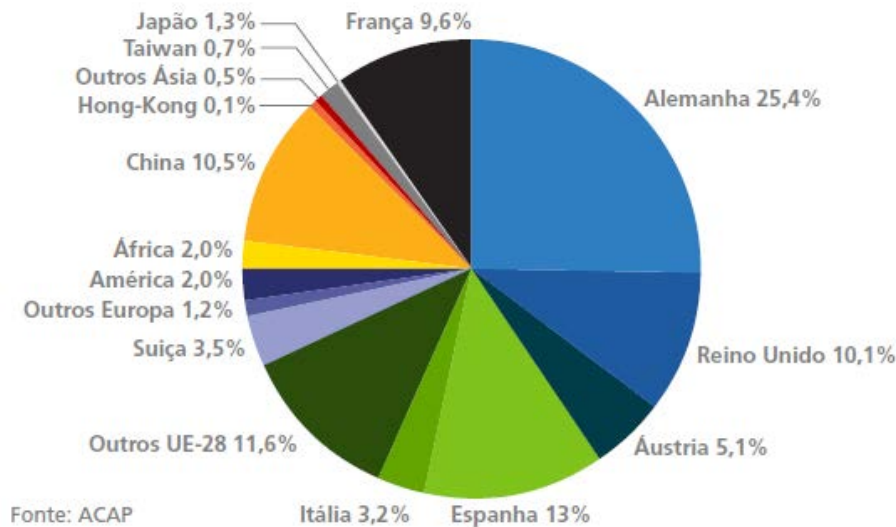


Figura 2 - Exportações de veículos em Portugal para outros países em 2015 [4]

O setor automóvel necessita definir objetivos a médio e longo prazo, para que este crescimento económico do mercado automóvel se torne absoluto [6].

No mercado global, a vantagem competitiva não só é necessária para conseguir maior participação no mercado, mas também é necessária para sobreviver, uma vez que o mercado está em constante evolução, provocando uma grande pressão nas empresas, para que estas se destaquem a vários níveis como, por exemplo, ao nível de:

- Custo;
- Design;
- Flexibilidade;
- Sustentabilidade;
- Qualidade.

Um dos fatores que influencia a competitividade de uma empresa no ramo automóvel, é o fator económico, nomeadamente ligado ao custo do produto. O controlo de custos leva condições bastante difíceis, que levam à necessidade de realizar estimativas sólidas dos mesmos, com grande precisão [7], [8].

A indústria automóvel tem um grande impacto na economia mundial, incitando a conceção de uma grande cadeia de fornecimento e originando uma elevada diversidade de serviços e fontes de valor acrescentado [7], [9].

O mercado automóvel nacional, incluindo o setor de componentes, consegue combater a concorrência de outros países ligados à indústria automóvel, uma vez que apresenta boas condições e oportunidades para ser competitivo [13], [14], [15]. No entanto, também apresenta fragilidades no setor e ameaças, como se pode verificar na análise SWOT na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise SWOT da Indústria Automóvel em Portugal [13], [14], [15]

<b>S</b> trengths	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresenta-se como um setor bastante unificado e consolidado;</li> <li>• Grande competitividade das OEMs nacionais em grandes grupos;</li> <li>• Grande desenvolvimento e inovação dos equipamentos de produção;</li> <li>• Estabelece cadeias de fornecimento prioritariamente nacionais;</li> <li>• Boas competências de engenharia;</li> <li>• A nível de transporte e tecnologia apresenta infraestruturas de grande qualidade;</li> <li>• Apresenta um mercado de trabalho eficaz.</li> </ul>
<b>W</b> eaknesses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidade de capital nas empresas para investimento;</li> <li>• Falta de competências em certas áreas;</li> <li>• Baixo apoio das cadeias de fornecimento na internacionalização;</li> <li>• Baixa autonomia das OEMs na gestão das cadeias de fornecimento;</li> <li>• O setor, noutras regiões mundiais, apresenta um melhor desempenho de qualidade;</li> <li>• Limitação da capacidade de investimento e capacidade produtiva.</li> </ul>
<b>O</b> pportunities	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oportunidade de reforço do posicionamento do setor no mercado;</li> <li>• Aposta no desenvolvimento tecnológico e ideias inovadoras;</li> <li>• Desenvolvimento de aptidões nacionais nas áreas inerentes;</li> <li>• Abertura dos mercados globais;</li> <li>• Possibilidade de apoio económico para elevar a competitividade e internacionalização.</li> </ul>
<b>T</b> hreats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Países com mão de obra barata, apresentam forte concorrência;</li> <li>• Redução ou estagnação da procura no mercado automóvel europeu;</li> <li>• Sistema fiscal volátil e penalizador do transporte automóvel;</li> <li>• As empresas procuram fornecedores que agrupem vários componentes, devido a carência de fornecedores;</li> <li>• Baixa competitividade do fabrico de veículos com volumes de venda médio/elevado.</li> </ul>

### 2.1.2 Evolução da indústria automóvel

A indústria automóvel representa a maior atividade industrial no mundo, uma vez que utiliza 15% do aço, 40% da borracha e 25% do vidro comercializado em todo o mundo, e ainda 40 % do petróleo produzido anualmente (Figura 3) [16].

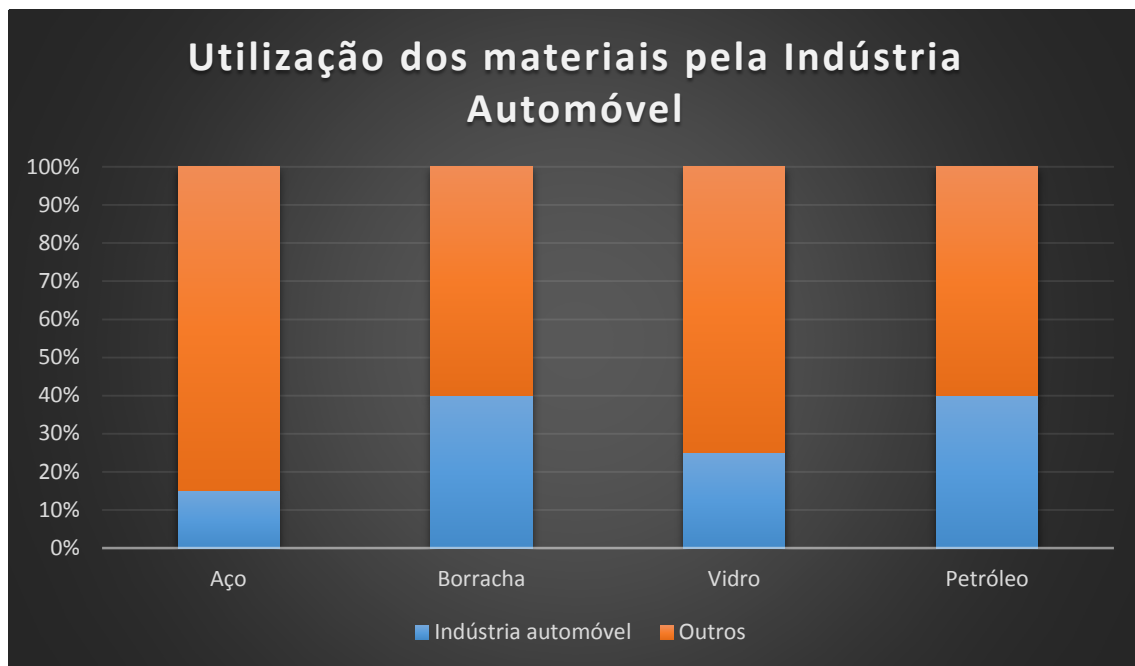


Figura 3 - Utilização dos materiais pela Indústria Automóvel

Dos anos 50 aos anos 70 existiu um elevado crescimento da produção, mas, posteriormente, esse crescimento diminuiu, até estabilizar. Isto deveu-se à crise do petróleo e à saturação do mercado nos países desenvolvidos. Mais de 70 % do mercado automóvel está inserido nos países desenvolvidos, apesar de nos países em desenvolvimento existir um grande potencial de crescimento do mercado. No entanto, estes países apresentam reduzido nível económico, o que dificulta o seu crescimento [6].

A crescente capacidade de produção das empresas desta indústria, juntamente com a procura menor em várias regiões do mundo, pode resultar num excessivo número de automóveis produzidos e utilização mais baixa da sua capacidade de produção, implicando que o lucro das mesmas diminua, e o seu desempenho decresça, provocando alterações do mercado e influenciando as decisões dos investidores [16].

Atualmente, a prática da cadeia de fornecimento da indústria automóvel está num período de transição, em que a prática comum está principalmente ligada às previsões. A variação ou incerteza da procura faz-se devido à previsão que é produzida de cadeia para cadeia, causando efeito “chicote”. A cadeia de abastecimento automóvel fundamenta-se ainda na previsão, com maior destaque nas operações logísticas (Figura 4) [16], [17].

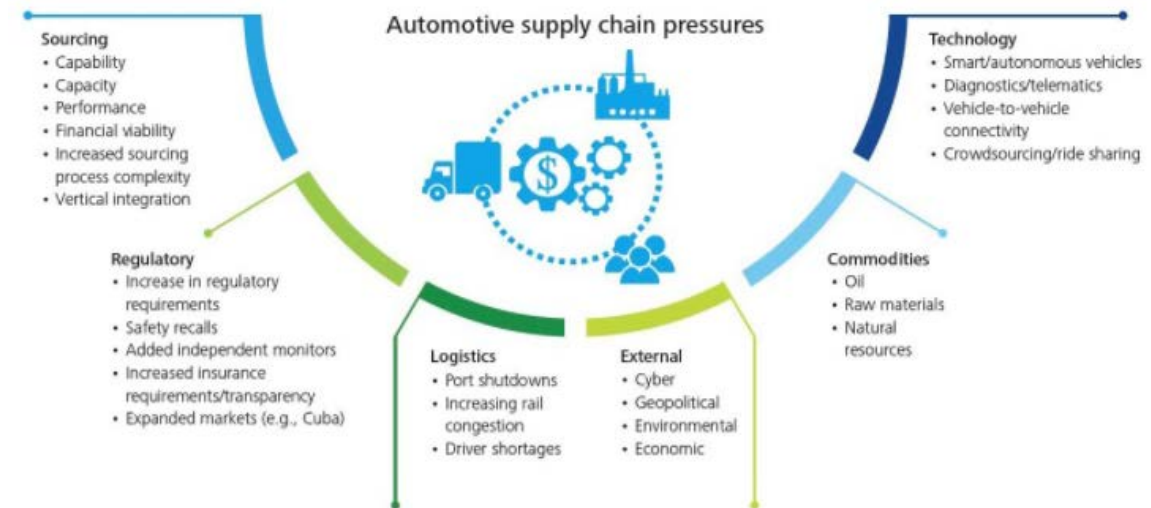


Figura 4 - Principais Pontos de uma Cadeia de fornecimento Automóvel [19]

Atualmente, também são utilizadas estratégias que permitam tirar partido das economias de escala e de eficiência da montagem, a partir da divisão e partilha de responsabilidades com os fornecedores na conceção, desenvolvimento e fabrico dum produto [18].

Estas estratégias são:

- Modularização;
- Plataformas e componentes partilhados;
- Subcontratação de empresas.

Com o avanço tecnológico, as empresas sentiram a necessidade de substituir o trabalho humano por sistemas com o mínimo de intervenção humana e maior capital, utilizando equipamentos automatizados, como o exemplo apresentado na Figura 5 [20].



Figura 5 - Braço robot automatizado [12]

Os sistemas integrados de produção, em comparação com as linhas fixas de produção em série, apresentam uma maior flexibilidade e correspondem com maior eficácia à diversificação da procura e à segmentação do mercado [21].

Consoante a complexidade destes produtos, as operações necessitam de fazer chegar um maior número de componentes à montagem, tendo sido desenvolvidos algoritmos para otimizar esses processos [13], [14].

Os fatores, que exigiu às empresas a necessidade de aumentar o nível de automatização, são:

- Aumentar a produtividade;
- Reduzir os custos de fabrico;
- Melhorar a qualidade dos produtos;
- Reduzir prazos de entrega;
- Evitar mão de obra extra;
- Permitir operações impossíveis de realizar manualmente;
- Remover rotinas manuais.

Para atender à procura dos clientes por novos produtos, é necessário ter uma resposta rápida às suas necessidades, a nível de capacidade do processo. O aumento da flexibilidade dos sistemas de produção é muito estudado, de forma a desenvolver novos conceitos, que consigam acompanhar as últimas tendências do mercado [23].

Este aumento da automatização na indústria permite, por consequência, obter:

- Aumento significativo da qualidade dos produtos;
- Melhorar o ambiente de trabalho;
- Maior eficiência;
- Melhor controlo de custos;
- Crescimento elevado da flexibilidade dos processos, para permitir o fabrico de variados produtos.

Sem esta automatização, os operadores, para obter os mesmos resultados, necessitam de um grau de concentração elevado durante longos períodos de tempo e, por vezes, a produção e a qualidade são afetadas devido à fadiga que, por sua vez, podem provocar um decréscimo muito acentuado no empenho dos operários. Portanto, em inúmeras situações, os operários podem ser substituídos por sistemas automatizados (Figura 6), que tornam as operações diárias menos cansativas, mais seguras, mais fáceis e produtivas [13], [16].



Figura 6 - Sistema automatizado de produção automóvel [25]

Normalmente, considera-se o sucesso de uma empresa, pela sua capacidade industrial depender de sistemas flexíveis e conseguirem reajustar-se de acordo com as solicitações do mercado. Pode-se facilmente perceber que a automatização está ligada à flexibilidade, agilidade, ergonomia, qualidade e tempo de produção. O aumento da diversidade de produtos na Indústria Automóvel, como exemplificado na Figura 7, tem sido uma tendência em muitas indústrias por todo o mundo, proporcionando uma superioridade competitiva para as empresas [18], [19].

A grande variedade pode trazer à empresa um desempenho reduzido em muitas das suas atividades da cadeia de fornecimento e com impacto negativo nos preços dos componentes, *lead time* e níveis de inventário de componentes. O número de peças em stock aumenta, o que induz maiores custos de stock. Isso leva ao que pode ser chamado de "custo da complexidade impulsionada pela variante" [13], [20].



Figura 7 - Diversidade de produtos da Indústria Automóvel [29]

## 2.2 A indústria de componentes para o setor automóvel

Atualmente, a indústria automóvel caracteriza-se como um dos principais suportes da economia portuguesa, atribuído devido à sua contribuição para o Produto Interno Bruto. Este setor tem um *feedback* bastante positivo a nível internacional, permitindo que grandes investidores estrangeiros se associem a este mercado, e ao seu desenvolvimento, criando um crescimento de habilitações técnicas e oportunidades de emprego [5].

Esta indústria localiza-se maioritariamente no norte de Portugal (Figura 8), mais especificamente no Porto, Aveiro e Braga, uma vez que o custo de trabalho e de espaço é mais baixo, comparativamente com o Sul, e estando mais próximas existe uma maior sinergia entre elas [4].



Figura 8 - Distribuição da Indústria Automóvel na Península Ibérica [30]

Esta indústria investe constantemente, com vista a implementar novos projetos e produtos, transmitindo um elevado grau de confiança aos investidores. Este investimento foca-se no desenvolvimento das engenharias de processos e de produtos, para permitir um aumento da produtividade, criação de postos de trabalho e aumentar as exportações e respetivos lucros [31].

Estes avanços tecnológicos permitem que este setor se destaque a nível mundial, visto que apresenta níveis de qualidade crescentes e obrigatoriedade de existência de trabalhadores com aptidões mais elevadas, para este desenvolvimento. Portugal situa-se numa zona favorável, de ligação da Europa com o restante mundo, o que se torna uma característica apelativa para investimento e aumento da competitividade [10].

As empresas ligadas à indústria de componentes, instaladas em Portugal, são constantemente inseridas em projetos de expansão para várias zonas do país, verificando-se uma mais valia tanto para a economia, como empregabilidade e desenvolvimento. As unidades de fabrico destas empresas têm sido reforçadas, permitindo um impacto positivo no crescimento da rede de fornecedores da indústria automóvel.

Portugal apresenta-se como um dos países mais competitivos da Europa neste setor. No entanto, tem adversários bastante competitivos, nos mercados do Norte de África e Europa Oriental. Esta competitividade deve-se também à mão de obra bastante qualificada, grande desenvolvimento da engenharia e inovação constante, principalmente na Europa Oriental.

Apesar de Portugal não ser um grande produtor, apresenta-se bem posicionado no *ranking* mundial de fabricantes, à frente de países como a Holanda e a Suécia [32].

As grandes fábricas em Portugal de produção automóvel são a Mitsubishi Fuso Truck Europe, Toyota Caetano, PSA Peugeot Citroen e Volkswagen Autoeuropa e, quanto à de produção de componentes para esta indústria, pode-se referir fabricantes importantes como a Continental, Faurecia, Delphi, Bosch e Renault, entre outros exemplos mostrados na Figura 9.



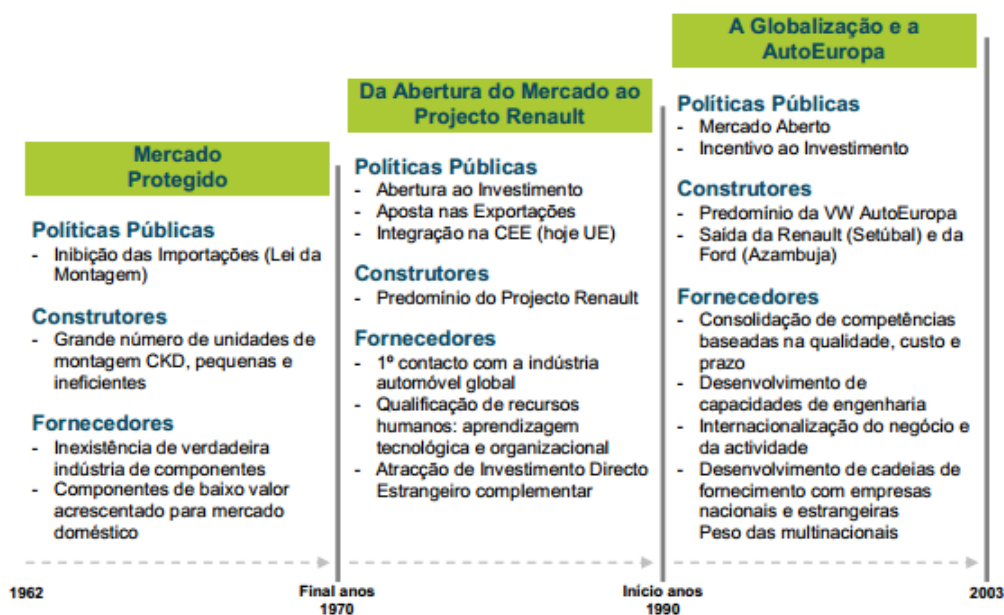
Figura 9 - Empresas de produção de componentes para a Indústria Automóvel [30]

### 2.2.1 Evolução da indústria de componentes em Portugal

No começo, a indústria automóvel em Portugal era pouco qualificada, dispersa e fraca a nível tecnológico e de recursos, mas foi sofrendo alterações e, atualmente, é de se notar o grande crescimento a nível tecnológico e competitivo [33].

As principais etapas da história da indústria de componentes automóvel em Portugal, apresentadas na Figura 10, são caracterizadas por [6]:

- Primeira fase: a indústria apresentava grandes limitações relativamente à importação;
- Segunda fase: a entrada de Portugal na União Europeia permitiu expandir a indústria e abertura dos mercados. Por volta dos anos 80 e 90, o maior projeto existente em Portugal era o Projeto Renault;
- Terceira e última fase: grande globalização do setor, permitindo a abertura dos mercados, verificando-se a instalação e domínio da Volkswagen AutoEuropa [5], [18].



Fonte: Inteli

Figura 10 - Etapas da Indústria Automóvel [6]

A primeira fase caracterizou-se por uma época onde existiam grandes limitações em relação à importação e exportação, devido à existência da Lei da Montagem, que obrigava que todos os automóveis fabricados em Portugal, só poderiam ser vendidos para consumo interno. Para incentivar o avanço das indústrias, promoveu-se a isenção de direitos alfandegários dos automóveis montados dentro de Portugal, o que permitiu a multiplicação de unidades de montagem (Figura 11) [34].

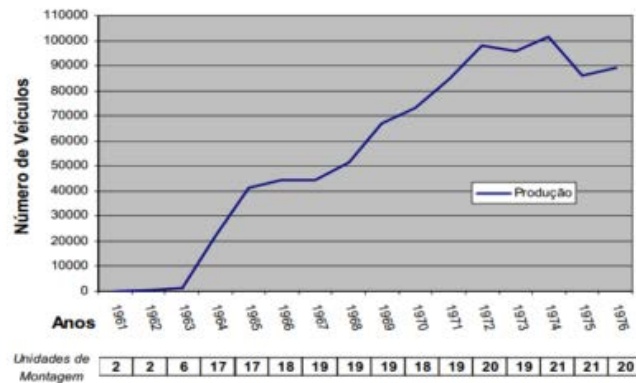


Figura 11 - Crescimento do Setor Automóvel entre 1961-76 [6]

Existia uma grande diversificação de modelos de automóveis, mas em pequenas séries de produção, o que se demonstrou ser insuficiente a nível económico, provocando uma diminuição do investimento dos fabricantes e desaparecimento de algumas indústrias de componentes.

Após essa fase, começou a fortalecer-se a junção entre Portugal e o resto da Europa, permitindo que o setor automóvel promovesse a exportação, apesar de algumas limitações. No início dos anos 80, a Renault instalou-se em Portugal com duas grandes fábricas de produção e montagem. Isto permitiu o aparecimento das primeiras ligações de Portugal com fornecedores de grande dimensão mundial [18] e [25]. Começou a desenvolver-se novas tecnologias de fabrico no setor, como injeção plástica, soldadura e revestimentos, descontinuando processos mais antigos e menos evoluídos. Daqui em diante, presenciou-se uma grande intensificação da abertura do mercado à Europa, com o aparecimento do projeto AutoEuropa [35]. Houve um crescimento de conhecimentos, tecnologias e processos avançados, com grande impacto nesta fase. Verificou-se também um grande crescimento na indústria de componentes de automóveis e das exportações (Figura 12) [36], [37].

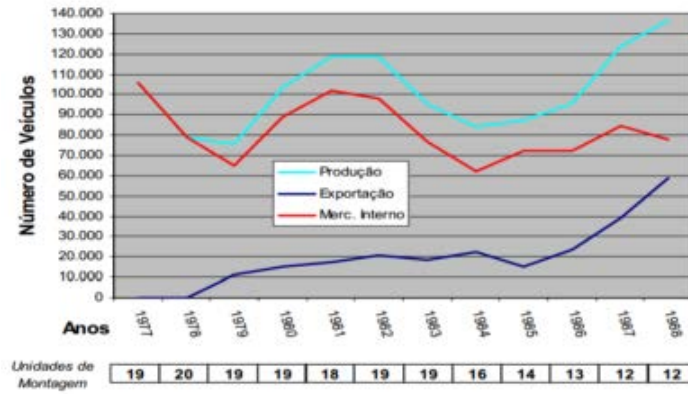


Figura 12 - Gráfico de Produção, Exportação e Mercado Interno de Automóveis [6]

### 2.2.2 Principais estratégias utilizadas na indústria de componentes

Uma rede de fornecedores engloba, usualmente, produtores de automóveis (OEM, fabricantes de equipamentos originais), produtores de componentes ou subconjuntos finais, distribuidores e clientes (Figura 13).



Figura 13 - Rede de produtos Automóveis [38]

Estes OEMs procuram sempre fornecedores que tenham possibilidade de desenvolver, abastecer e planejar, o que provoca pressão nos mesmos, para diminuir custos e forçar que as datas de entrega sejam cumpridas, sem influenciar a qualidade do produto [39]. Estas são as características, que distinguem a qualidade dos fornecedores e os permitem destacar-se diante dos outros [40], [41].

Na indústria automóvel, a elevada competitividade gerou a criação e aceitação de vários tipos de estratégias para acompanhar a restante concorrência, utilizando políticas de *Sloan*, *Lean Manufacturing*, entre outras [42]. Mesmo os fabricantes de automóveis de luxo foram obrigados pelo mercado a implementar estas características.

O *Lean Manufacturing* é cada vez mais utilizado como recurso em muitas organizações, nomeadamente na indústria automóvel. Apesar de em certa parte algumas ferramentas e princípios parecerem retiradas do *Just-in-Time*, células de fabrico e fabricação de nível mundial, o *Lean Manufacturing*, surgiu como uma abordagem onde incorpora ferramentas distintas, concentrando-se na eliminação de desperdícios na produção [43], [44], [45], [46] .

As principais áreas de foco do *Lean Manufacturing* estão associadas com os seguintes princípios [47]:

- Flexibilidade;
- Eliminação de desperdícios;
- Otimização e controlo de processos;
- Utilização mais racional da mão de obra.

Estas áreas e princípios utilizam, nas suas operações, ferramentas e técnicas específicas, estando algumas indicadas na Figura 14 [17], [48].

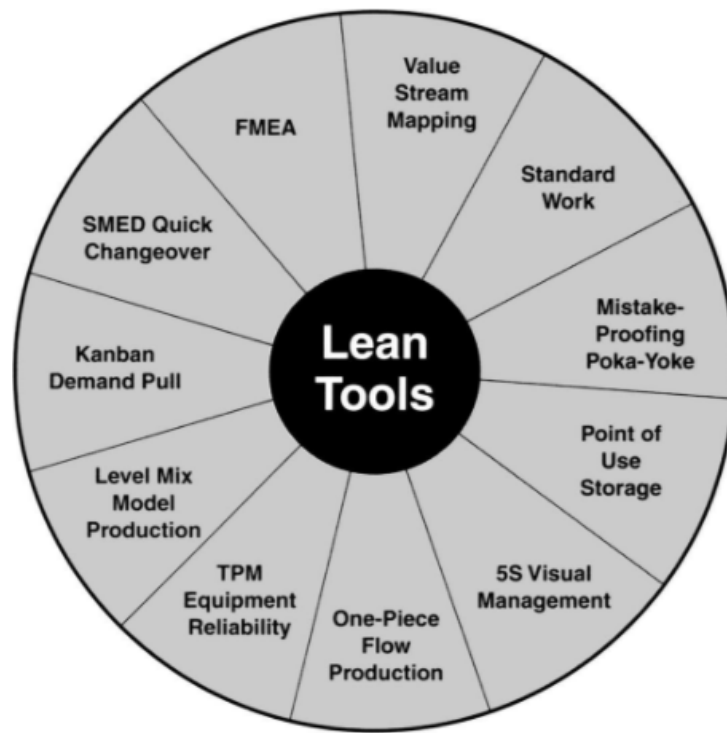


Figura 14 - Ferramentas do *Lean Manufacturing* [49]

Uma das estratégias adotadas pela indústria automóvel, foi a de produção em massa de automóveis a baixo custo. No entanto, hoje em dia, o cliente pretende participar no *design* do produto, e isto levou a alterações das estratégias de produção, uma vez que a indústria tinha no mercado modelos únicos com poucas características. Hoje em dia, as organizações de produção devem ser flexíveis e capazes de construir uma grande diversidade de produtos para se manterem competitivas. Ou seja, as empresas devem adaptar-se às constantes alterações do mercado e às inovações tecnológicas [20], [50].

A grande variedade de produtos, pode afetar o prazo de entrega que, evidentemente, também é de elevada importância para a competitividade de uma empresa. É necessário ter em atenção que os produtos padronizados, quando comparados com os personalizados, apresentam prazos de entrega mais curtos [51]. Por isso, as empresas podem escolher reduzir o prazo de entrega, focando-se em produtos padronizados. No entanto, as que apresentam produtos mais personalizados devem ter capacidade de cumprimento dos prazos de entrega, através do aumento da flexibilidade para os mesmos produtos [18] e [52].

A indústria automóvel, atualmente, conjuga abundante mão de obra com elevadas taxas de automatização, como se observa no exemplo da Figura 15. Algumas empresas, de países

menos desenvolvidos, são menos automatizadas e utilizam mão de obra intensiva, para diminuir os custos de produção, apesar de nos países mais industrializados, as empresas fabricantes usem sistemas altamente automatizados e robotizados [40].



Figura 15 – Conjugação de mão de obra e sistemas automatizado e robotizado na Indústria Automóvel [53]

O cliente é um importante fator na cadeia de valor e pretende que os seus requisitos sejam cumpridos, o que provoca às empresas a necessidade de estar em constantes modificações, devido às alterações do mercado, e aplicar novos processos e tecnologias de produção ligados à automatização. Normalmente, as empresas utilizam sistemas automatizados, para aumentar a sua competitividade e produtividade, permitindo também atingir níveis elevados de qualidade e repetibilidade mas, em contrapartida, o sequenciamento da produção numa linha de montagem implica novos desafios [9], [17].

Linhas de produção e montagem com altos níveis de produtividade tendem a ser especializadas e não um sistema flexível. A indústria automóvel apresenta produtos muito idênticos que podem ser equipados na mesma linha de produção adaptando suas linhas com pequenos ajustes. A automatização e a robotização desempenham também um papel importante nos problemas ergonómicos e ajudam as empresas a aumentar a produtividade e a versatilidade.

A automatização permite à empresa reduzir o tempo de instalação, aumentar a produtividade, melhorar a precisão de montagem e, retirando as operações manuais, o excesso de mão de obra pode ser utilizado noutras operações com maior exigência de qualificação [12].

Na indústria de componentes automóveis, nomeadamente em Portugal, as empresas assumem como fatores mais importantes de competitividade no mercado: o preço, a qualidade e os prazos. Nos últimos anos, a importância dos dois últimos fatores, tem-se sobreposto ao fator preço. Para as empresas, a qualidade, quando comparada com os restantes fatores, é mesmo o ponto forte. Quanto melhor qualidade o produto apresenta, maior será o lucro obtido (Figura 16) [37] e [54].

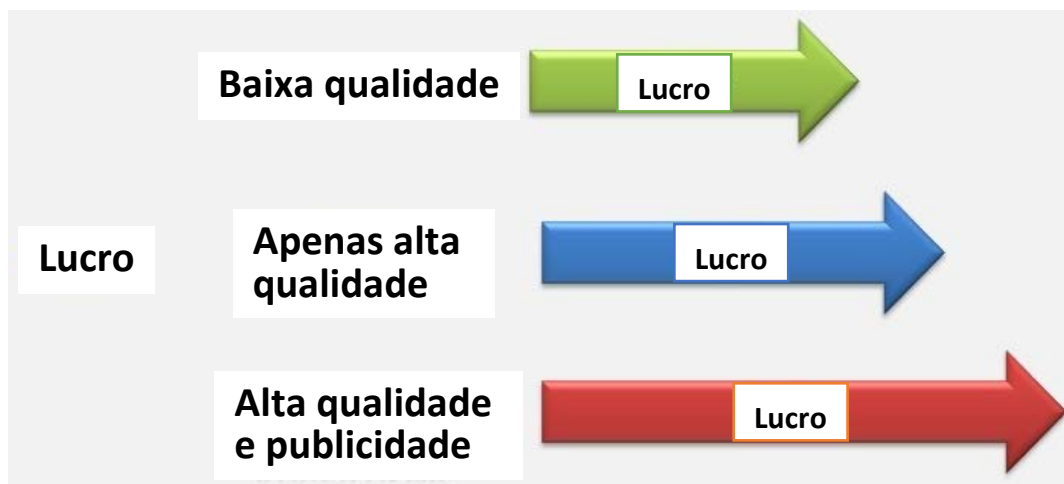


Figura 16 - Relação entre Qualidade e Lucro [55]

O crescimento da indústria automóvel, levou a que fosse necessária uma reformulação das empresas de componentes. Estas apresentavam um atraso a nível económico e tecnológico, e não conseguiam acompanhar os novos requisitos do mercado. Isto levou ao aparecimento de um novo conceito de inovação, a Modularização. Este sistema de produção concebe a união entre produtores e fornecedores, no sentido de criar parcerias. Ambos trabalham e investem na produção, com objetivos e resultados em comum. Isto surgiu da necessidade de aumentar a produtividade e, conseqüentemente, a sua competitividade.

Os fabricantes conseguem simplificar a cadeia de produção, com a diminuição do número de fornecedores, aplicando o uso do *outsourcing*, representado na Figura 17, sendo definidas as necessidades essenciais a serem cumpridas pelos fornecedores. Estes participam igualmente

no desenvolvimento do produto, participando de forma ativa no processo de construção do produto [58], [59].

As empresas têm de ter a capacidade de desenvolver projetos, sistemas, montar o produto final e ainda controlar os seus fornecedores.



Figura 17 - Modularização na Indústria Automóvel [58]

Existe uma mudança de estratégia do fabricante, que anteriormente utilizava uma estratégia de gestão de produção, e passou então a utilizar uma organização modular, que se foca no projeto, qualidade, *marketing* e distribuição, e a produção fica a cargo dos fornecedores, implicando que as empresas do setor de componentes apresentem novas soluções.

A Modularização baseia-se na transferência dos sistemas de montagem da empresa principal do projeto, para os fornecedores em parceria. As responsabilidades são distribuídas e definidas entre as aliadas, e a qualidade final do produto depende da empresa principal. O produto final é repartido em módulos, como o exemplo na Figura 18, produzidos em diferentes empresas e montados em conjunto, garantindo a qualidade do mesmo. Os processos anteriores de produção passam a ser responsabilidade dos fornecedores, e estes controlam a qualidade da interface com o cliente e comercialização do produto final. Os consórcios têm a função de fornecer, fabricar os módulos e garantir a qualidade destes [40], [59].

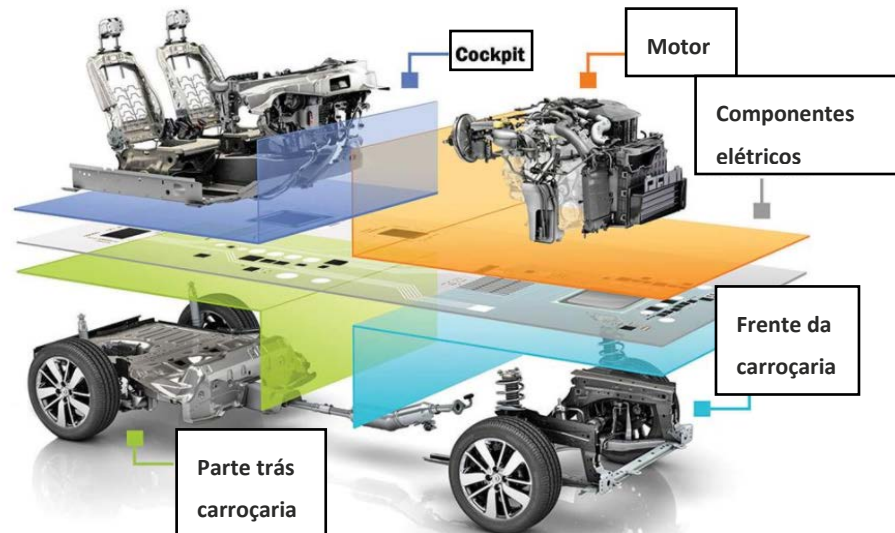


Figura 18 - Divisão dos vários produtos ou módulos de um veículo [58]

Para que exista crescimento e desenvolvimento, é necessário que ambas as partes evoluam, unindo as suas habilitações e capacidades, visando o futuro dos produtos e do seu crescimento económico.

### 2.3 Fabrico de cabos para comando em veículos automóveis

Num automóvel, a transmissão de movimento entre sistemas é normalmente efetuada pela utilização de cabos de transmissão. Estes sistemas podem ser divididos em sistemas atuadores e recetores. As forças de acionamento são aplicadas nos sistemas atuadores que, por intermédio de um ou mais cabos, são transmitidas aos sistemas recetores. Com este meio de transmissão, o trajeto que a força tem de percorrer não tem de ser obrigatoriamente retilíneo, podendo realizar diversos *layouts* (Figura 19).



Figura 19 - Layouts possíveis dos cabos metálicos [60]

Na indústria automóvel, existem diversos cabos de transmissão de movimento que são utilizados para diversas operações como, por exemplo, o travão de mão, elevação e descida de janelas, abertura de *capots*, entre outros. A Figura 20 apresenta alguns sistemas existentes nos automóveis, com acionamento através de cabos de comando [61] e [62]. A constituição destes depende da função que irão desempenhar e das necessidades do cliente.

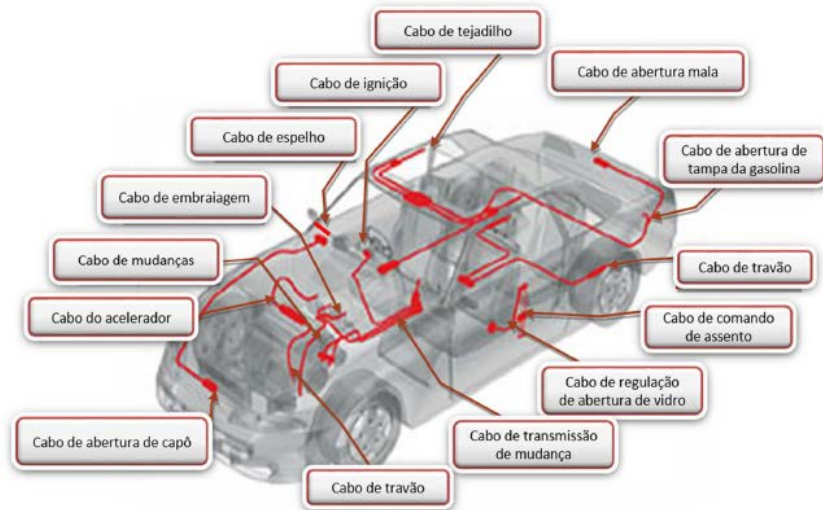


Figura 20 - Sistemas com acionamento por cabo [61]

### 2.3.1 Constituição de um cabo de comando

Os cabos metálicos apresentam diversos tipos de construção, com propriedades e aplicações específicas, pelo que a sua seleção deve ser realizada com critério. Consistem basicamente numa construção uniforme helicoidal de vários filamentos. A Figura 21 mostra a constituição de um cabo metálico. O cabo pode ter um revestimento, normalmente em PP, PA ou PVC, que garante uma elevada resistência à corrosão, evitando a degradação das propriedades do cabo [61], [62].

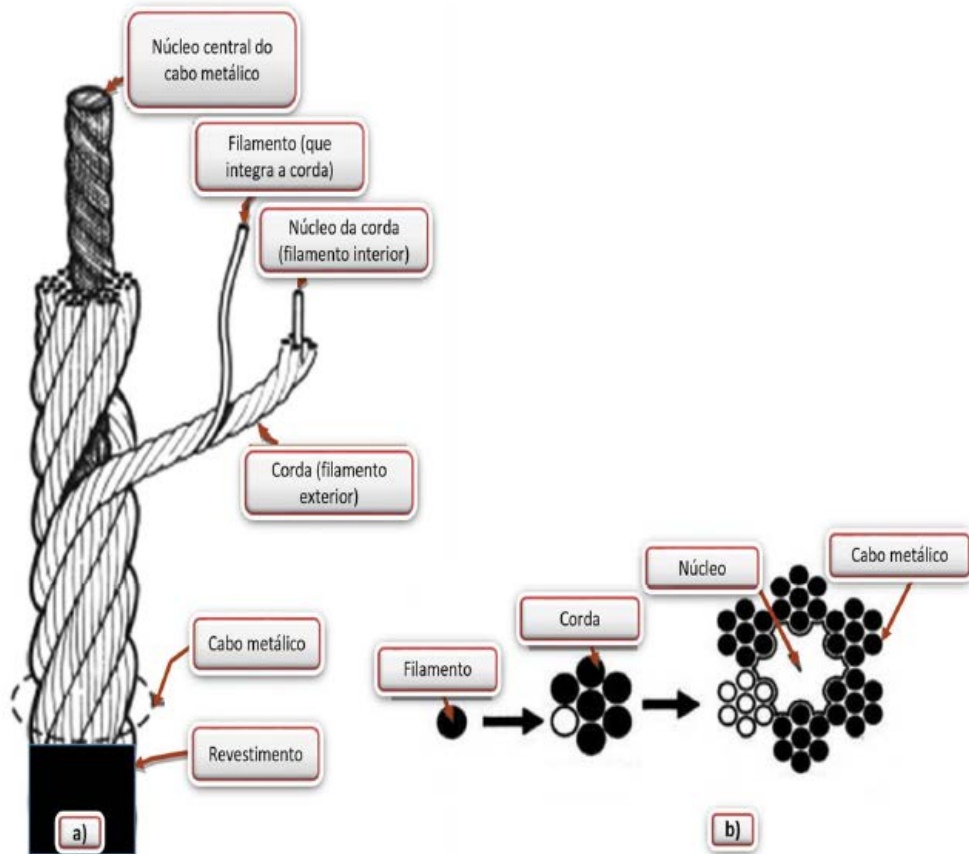


Figura 21 - Constituição de um cabo metálico (a) e vista em corte dos seus elementos (b) [61]

O enrolamento de dois ou mais filamentos origina a corda e o enrolamento de várias cordas em torno de um núcleo central forma o cabo. As Figura 22 e Figura 23 apresentam algumas construções de cordas e cabos, respetivamente. A corda tem uma construção normalmente referida por "1x" em que o "x" representa no número total de filamentos, incluindo o filamento do núcleo. No exemplo da Figura 22 podemos ver a secção de duas cordas, sendo uma referida por 1x7 e a outra por 1x19. Já o cabo (Figura 23), tem três ou mais cordas unidas e a construção é normalmente referida utilizando o número de cordas e o número de filamentos total de cada corda (exemplo: 7x7).



Figura 22 - Exemplos de seção de cordas ou cabos



Figura 23 - Exemplos de seções de cabo com mais do que um núcleo [60]

As construções em corda, que podem ser utilizados como cabo, têm filamentos maiores, maior resistência à abrasão e menos flexibilidade. As construções em cabo têm mais filamentos e, conseqüentemente, são mais flexíveis e com menor resistência à abrasão.

Para a seleção de um determinado cabo, é necessário ter em consideração inúmeros fatores como, por exemplo, a temperatura, humidade, pó, radiação, atrito, vibração e elementos corrosivos a que o cabo pode estar sujeito. O custo, comprimento, diâmetro, peso, material e construção do cabo, bem com a força que têm de suportar e a trajetória que tem de percorrer, são também fatores importantes para a seleção adequada de um cabo. A Tabela 2 apresenta várias características para cabos com diferentes construções. A comparação realizada nesta tabela pode auxiliar a seleção de cabos.

Tabela 2 - Tabela de comparação das propriedades mecânicas dos vários tipos de cabos [62]

Propriedades	Maior			Menor
<b>Flexibilidade</b>	7x19	7x7	1x19	1x7
<b>Resistência à tração</b>	1x19	1x7	7x19	7x7
<b>Resistência ao estiramento</b>	1x7	1x19	7x7	7x19
<b>Custo</b>	7x19	7x7	1x19	1x7
<b>Resistência à corrosão</b>	Aço inoxidável revestido	Aço inoxidável	Aço galvanizado revestido	Aço galvanizado

Podemos então distinguir duas grandes variedades de cabos para a sua produção:

- Os sistemas *Pull* (Puxar), em que os cabos estarão sujeitos a forças de tração durante a sua utilização, como exemplo: cabos de travão, embraiagem, abertura de malas, etc.
- Os sistemas *Push and Pull* (Empurrar e Puxar), como apresentado na Figura 24, onde os cabos estão sujeitos não só a forças de tração como de compressão durante a sua utilização. Uma vez que nestas situações são requisitados maiores esforços aos cabos,

o diâmetro do seu núcleo necessita de ser maior e mais entrelaçado por vários filamentos e, em alguns, é necessário levar ainda um revestimento para aumentar a sua resistência mecânica [60].

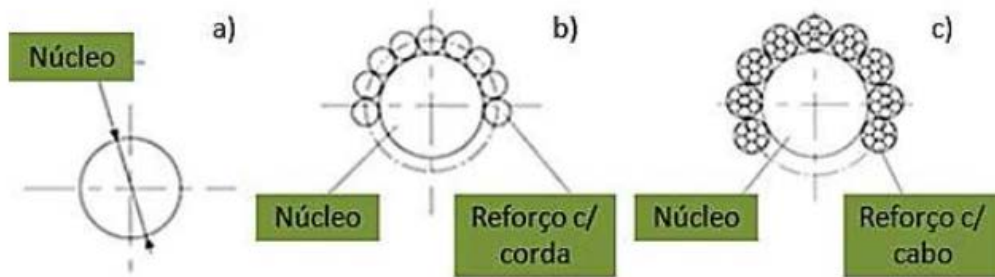


Figura 24 - Cabo *Push/Pull* ( a)Núcleo reforçado, b) Núcleo reforçado com corda, c) Núcleo reforçado com cabo) [60]

Um cabo de comando é constituído por vários componentes, sendo que o mais importante é o próprio cabo. Os vários componentes que formam o cabo de comando são diversos, e dependem fundamentalmente da função que este deverá executar. Na Tabela 3 é feito um sumário dos componentes frequentemente utilizados neste tipo de cabos.

Os componentes anteriormente referidos são apenas alguns dos componentes utilizados em cabos de comando. Grande parte dos componentes é adquirida pela empresa onde este trabalho foi desenvolvido. Na empresa é executada a espiral, o revestimento dos cabos, a lubrificação dos cabos e também são injetados e sobreinjetados os terminais em Zamak e plástico [61].

Por fim, a título de exemplo, a Figura 25 apresenta um cabo de comando completo, com todos os componentes anteriormente referidos.



Figura 25 - Conjunto e constituição de um cabo de comando [61]

Tabela 3 - Componentes constituintes do cabo de comando

<b>Componente</b>	<b>Ilustração</b>	<b>Função</b>
<b>Espiral</b>		Proteger o cabo metálico durante o seu movimento e na sua utilização.
<b>Terminais de espiral</b>		Posicionamento da espiral no sistema.
<b>Grommet</b>		Isola as zonas húmida e seca, impedindo a passagem entre elas de humidade e resíduos.
<b>Tubo exterior</b>		Isolamento sonoro proveniente da movimentação do cabo.
<b>Tubo interior</b>		Impede a fricção da espiral com o cabo durante a sua movimentação.
<b>Guarda pó</b>		Impede a entrada de resíduos no interior da espiral, que pode influenciar na boa funcionalidade do cabo.
<b>Clips</b>		São utilizados na fixação do cabo em alguns pontos ao longo do seu trajeto.
<b>Terminais de cabo metálico</b>		Fixação do cabo ao sistema atuador.

### 2.3.2 Processos envolvidos na produção de cabos de comando

A produção dos cabos envolve vários processos, os quais podem ser divididos em processos de fabrico e processos de montagem. Os processos de fabrico, ligados à produção dos componentes do cabo são:

- Fabricação de espiral, desde o fabrico de espiral laminada, armada e *braided*;
- Revestimento por extrusão do cabo e espiral;
- Corte, desde corte de cabo metálico, espiral e tubo;
- Injeção com Zamak dos terminais de cabo;
- Sobreinjeção de plástico;

Para além do fabrico, existem também os processos associados à montagem dos componentes necessários e acabamento do produto final, que dependem da aplicação e da função que o cabo terá de executar. Os processos de montagem executados na empresa, estão sintetizados na Tabela 4, juntamente com o seu objetivo [61].

Este trabalho incidiu essencialmente na injeção da massa lubrificante (penúltimo item da Tabela 4), tornando-se assim necessário realizar um estudo prévio dos sistemas associados a esta operação.

Tabela 4 - Processos de montagem internos

<b>Processo</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Lixagem da espiral</b>	Remoção de rebarbas da espiral.
<b>Montagem de tubo exterior na espiral</b>	Posicionar o tubo na espiral na forma pretendida.
<b>Puncionamento dos terminais</b>	Posicionamento e fixação dos terminais na espiral.
<b>Introdução do cabo na espiral</b>	Garante o posicionamento do cabo na espiral e o seu comprimento, permitindo a injeção do terminal de Zamak.
<b>Injetar 2ª terminal de cabo com zamak</b>	Possibilita a ligação do cabo aos restantes mecanismos de acionamento.
<b>Termogração</b>	Marcação e referenciação no produto.
<b>Injetar massa lubrificante</b>	Lubrificação do interior da espiral para permitir a movimentação do cabo metálico, diminuindo o seu desgaste.
<b>Banco de ensaios</b>	Verificação e validação do produto, segundo as especificidades.

## 2.4 Sistemas de extração de lubrificante

Um qualquer equipamento que esteja sujeito ao atrito necessita de lubrificação, de modo a garantir o seu bom funcionamento. A lubrificação é um fator muito importante na operação e manutenção de equipamentos. Um dos aspetos a ter em consideração na lubrificação, reside na forma de fornecer o lubrificante e, para isso, existem os designados sistemas de extração de lubrificante, tal como o exemplo apresentado na Figura 26. Estes sistemas são uma solução de boa qualidade, alta produtividade e custo reduzido. A existência de uma grande quantidade de pontos de fornecimento de lubrificante permite efetuar a lubrificação de forma precisa e fiável, com poucos recursos humanos.

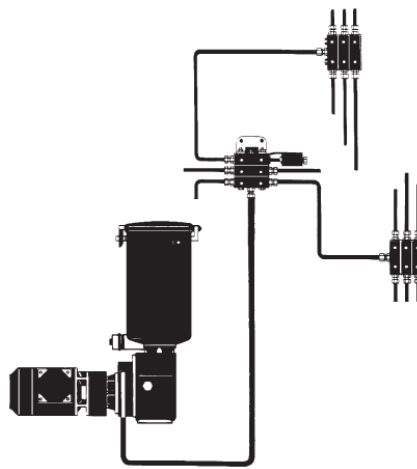


Figura 26 - Sistema centralizado de Lubrificação [63]

Os sistemas de extração de lubrificante permitem a transferência de lubrificante existente num reservatório central, para um ou vários equipamentos nas quantidades, pressões e frequências corretas [64]. Existem sistemas com características diferentes, que permitem adaptar-se a diversas situações. Podem ser sistemas automáticos ou manuais e existem sistemas específicos para lubrificantes de óleo e para lubrificantes de massa [65], [66].

O funcionamento destes mecanismos baseia-se, resumidamente, na extração do lubrificante do reservatório central, por ação da bomba, para as tubulações e, conseqüente, pressurização dos distribuidores que, em função da linha e do tempo de pressurização, lubrificam ou enchem os locais desejados [67].

O sistema de lubrificação centralizado oferece muitas vantagens, sendo que algumas das mais importantes são referidas na Tabela 5 [66] e [68].

Tabela 5 - Vantagens dos sistemas de extração de lubrificante

<b>Vantagem</b>	<b>Justificação</b>
<b>Eficiente Lubrificação</b>	Fornece a quantidade adequada de lubrificante, em todos os pontos necessários, e nos intervalos de tempos corretos.
<b>Menor custo</b>	Não necessita de tanta mão-de-obra para gerir o processo e os custos com lubrificante são fortemente reduzidos. Além disso, os custos associados a falhas de lubrificação são minimizados.
<b>Maior Produtividade</b>	Um equipamento, que controle bem as quantidades necessárias de lubrificante, implica menos movimentações para realizar as operações, maior velocidade de operação e diminuição do tempo de inatividade, permitindo assim uma maior da produtividade.
<b>Maior Segurança</b>	O operador não precisa de se deslocar nas áreas de difícil acesso e perigosas da máquina. Com a redução da perigosidade, a probabilidade de ocorrerem acidentes de trabalho é menor.
<b>Prevenção da deterioração dos lubrificantes e mais amigo do ambiente</b>	Os lubrificantes, pelo menos até à sua aplicação, não estão expostos ao meio ambiente, evitando a contaminação de ambos.

#### 2.4.1 Componentes usualmente utilizados

Os sistemas de lubrificação centralizada são compostos por vários componentes, desde bombas de extração, distribuidores, tubagem, conexões e acessórios, como apresentados na Tabela 6, com a respetiva função.

Na escolha da bomba para o sistema, é necessário saber qual a quantidade de consumo de lubrificante requerido pelo mecanismo, segundo o ciclo de lubrificação. É o equipamento responsável por transformar energia mecânica ou elétrica em energia hidrodinâmica do fluxo de lubrificante.

O método de funcionamento das bombas é realizado através de uma operação mecânica, que cria vácuo na entrada da bomba, obrigando o fluido a entrar na bomba por sucção. Esta passa o lubrificante para a zona de descarga, e obriga-o a circular pelo sistema. Grande parte dos sistemas de bomba para extração de lubrificante, tem um mecanismo pneumático incorporado para facilitar o processo, como o exemplo da Figura 27 [71], [72].

Tabela 6 - Componentes dum sistema de extração de lubrificante




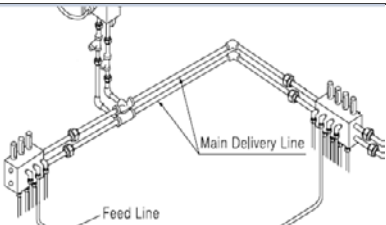
Componente	Função	Ilustração
<b>Bomba hidráulica</b>	<b>Manual</b> [69]  Bombear o lubrificante para os locais destinados.	
	<b>Automática</b> [67]	
<b>Distribuidores</b>	Distribuir e controlar o caudal de lubrificante a enviar [70].	
<b>Tubagem</b>	Meio de transporte de do lubrificante [65].	



Figura 27 - Bomba de extração de lubrificante com mecanismo próprio [67]

Os distribuidores podem ser de dois tipos:

- Distribuidores de saída simples: válvulas que realizam o enchimento de lubrificante num único lugar;
- Distribuidores de saída dupla: válvulas, com a mesma função, mas que possibilitam a lubrificação em dois pontos por elemento. Normalmente, é utilizada apenas uma série que permita a lubrificação nas zonas pretendidas [66], [70].

A tubagem divide-se em três grupos:

- Linha principal, correspondente aos tubos que saem diretamente da bomba até aos distribuidores;
- Linha intermédia, sendo constituída pela tubagem que deriva da principal e estabelece ligações entre os distribuidores;
- Linha secundária, toda a restante tubagem que leva o lubrificante dos distribuidores até aos destinos finais.

O material das tubagens nestes sistemas depende de vários fatores:

- Tipo de lubrificante e sua composição;
- Meio envolvente e a sua agressividade;
- Condições do processo.

O dimensionamento da tubagem (diâmetro e comprimento), depende do lubrificante utilizado e da pressão de trabalho [66], [73].

#### 2.4.2 Problemas geralmente associados

Estes sistemas não apresentam só vantagens. Por vezes, também existem problemas inerentes à sua utilização. Muitas vezes, estes problemas estão relacionados com práticas incorretas de utilização. As principais desvantagens destes sistemas estão listadas na Tabela 7 [66], [68].

Tabela 7 - Desvantagens dos sistemas de lubrificação centralizados

<b>Desvantagem</b>	<b>Justificação</b>
<b>Reutilização do lubrificante sem uma filtragem adequada</b>	Por vezes, é impossível utilizar todo o lubrificante existente no reservatório. A sua reutilização, sem uma filtragem eficaz, pode provocar a contaminação do novo lubrificante.
<b>Variação e mistura de vários tipos de lubrificante num sistema</b>	A necessidade de trocar os lubrificantes utilizados num sistema, pela existência de novos produtos, ou até pela melhoria das propriedades que oferecem, nem sempre é simples, e pode criar incompatibilidades entre o sistema e o lubrificante.
<b>Reabastecimento dos reservatórios de forma errada</b>	As diferentes especificidades das bombas de lubrificação, têm também diferentes maneiras de reabastecimento dos reservatórios. Por vezes, ocorre a entrada de ar nas bombas, o que provoca problemas de sucção do lubrificante e, posteriormente, problemas no equipamento.
<b>Manutenção dos equipamentos por pessoal não especializado</b>	Quando existem anomalias, o mais adequado e seguro será contactar pessoal qualificado, ou até os próprios fornecedores dos equipamentos, o que normalmente não acontece.

## 2.5 Sistema de injeção de massa lubrificante

O sistema de injeção de massa lubrificante nos cabos, apresentado na Figura 28, é o sistema em foco neste projeto. Este sistema necessita de alterações, porque apresenta vários problemas, que serão mencionados mais à frente. Nesta fase, interessa conhecer o funcionamento deste sistema, para conhecer as suas limitações e, numa fase posterior, apresentar soluções para as ultrapassar. O sistema de injeção pode dividir-se em três grupos distintos, com funções diferentes, mas muito importantes para o processo. Os três grupos são os seguintes:

- Sistema de posicionamento e fixação da espiral;
- Sistema de armazenamento da massa lubrificante (Reservatório);
- Sistema base de injeção de massa lubrificante na espiral.

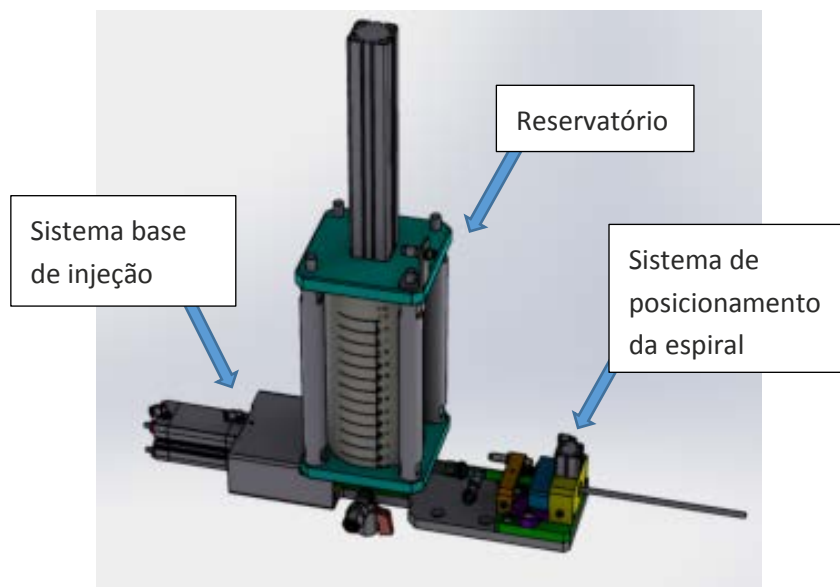


Figura 28 - Sistema de inieção de massa lubrificante projetado em  
Figura 38 - Sistema de injeção e massa projetado em SolidWorks

A lubrificação dos cabos é muito importante para a qualidade do seu funcionamento, desgaste e vida útil. Uma lubrificação deficiente pode provocar sérios problemas no futuro do cabo, sendo então o processo adjacente essencial na montagem, e necessitando de um grande controlo.

O sistema de posicionamento, tal como o próprio nome indica, permite ao operador centrar e fixar a espiral na posição pretendida, para que possa existir a respetiva injeção, sem a possibilidade de fugas de massa lubrificante ou até da espiral. A espiral é posicionada e

centrada no batente pelo operador (Figura 29), e inserida na agulha de injeção de massa lubrificante. De seguida, o batente aperta a espiral para impedir a sua movimentação durante a entrada de massa lubrificante. Quando termina a injeção, o operador desaperta o batente e retira a espiral, para repetir o processo para uma nova espiral.

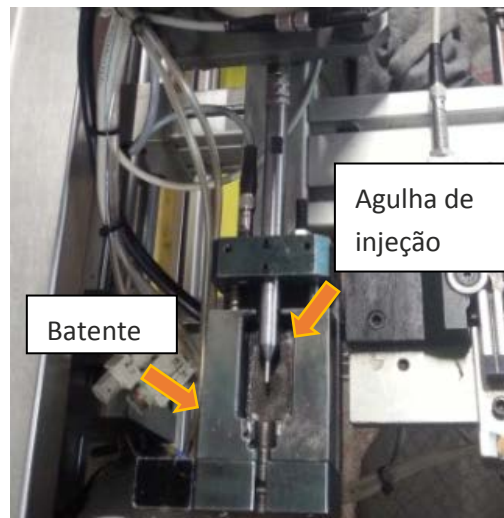


Figura 29 - Posicionamento da espiral no batente

O sistema apresenta um reservatório (Figura 30), onde é armazenada a massa lubrificante, que será injetada. O reservatório possui na tampa inferior um orifício por onde a massa lubrificante, por força gravítica e com a ajuda de um cilindro pneumático vertical, vai entrar numa base de ligação, onde será depositada. Esta base é a peça de ligação entre todos os sistemas (Figura 31).

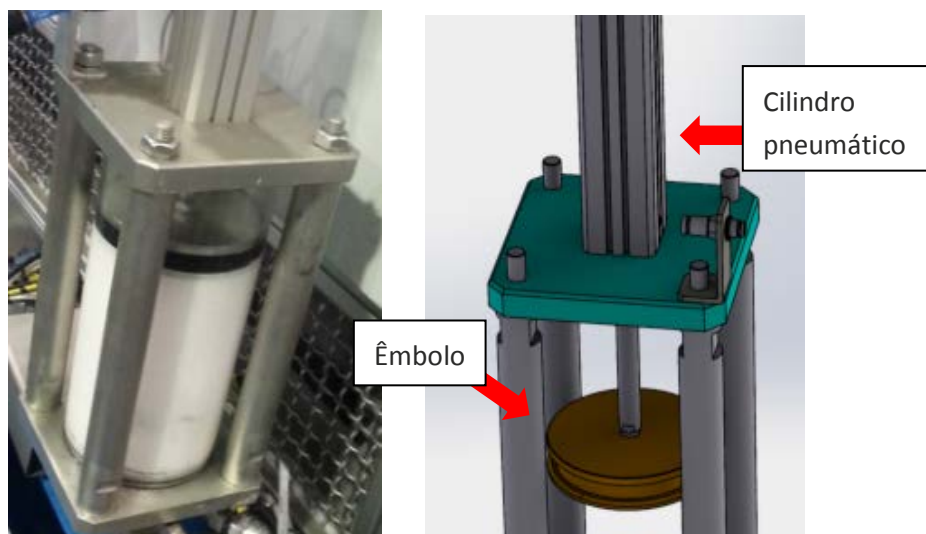


Figura 30 - Reservatório de armazenamento de massa lubrificante

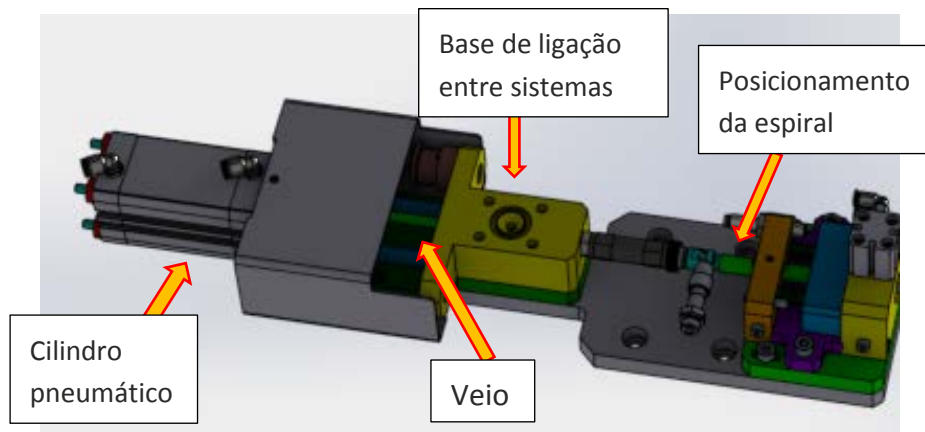


Figura 31 - Base de ligação entre os sistemas

O sistema base de injeção, apresenta igualmente um cilindro pneumático de duplo efeito horizontal, que se encontra acoplado a um veio. O veio entra na base de ligação, e empurra a massa lubrificante depositada no seu interior, para dentro da espiral (Figura 31). Quando o cilindro e o êmbolo recuam, permitem novamente a entrada de massa lubrificante para o interior da base. No entanto, estes reservatórios tem uma capacidade máxima de 1,5 litros de massa lubrificante, o que é insuficiente para um dia de produção, devido à grande quantidade de cabos fabricados por dia. Por esta razão, quando o reservatório se encontra vazio, é necessário proceder ao reenchimento, o mais rapidamente possível, para minimizar o tempo de paragem da linha. Para isso, existem sistemas de enchimento, ligados diretamente nas linhas (Figura 32), ou em grande parte das situações, existem sistemas móveis de enchimento que são transportados em “carrinhos de mão” até às linhas, quando necessário.



Figura 32 - Sistema de enchimento fixo na linha (a) e Sistema móvel (b)

Para realizar a ligação entre o sistema de injeção e o sistema de enchimento, ambos possuem uma válvula de ligação, em que no reservatório está aplicada a válvula macho e no sistema de enchimento está uma válvula fêmea, apresentados na Figura 33, que são diferentes consoante o tipo de lubrificante que transmitem.

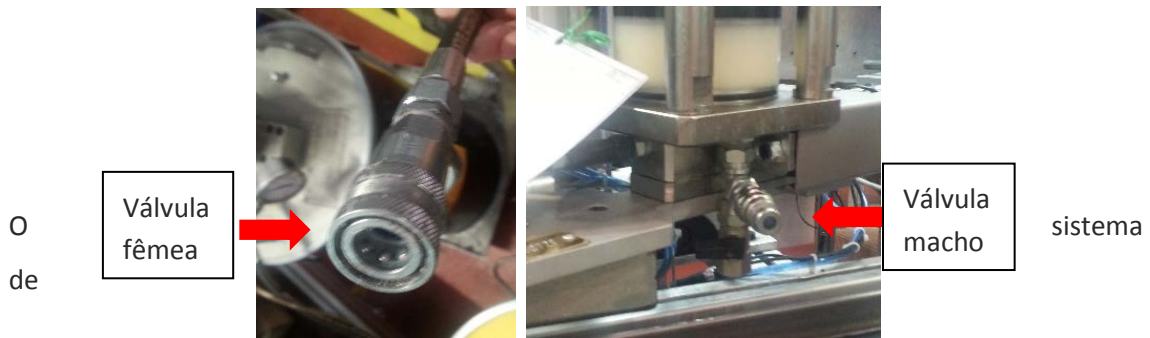


Figura 33 - Válvulas de ligação para enchimento

enchimento utiliza uma bomba para extrair a massa lubrificante do interior do balde, e enviá-la para o reservatório. Esta bomba está acoplada a um disco metálico e outro de borracha, com um diâmetro adequado ao diâmetro interno do balde (Figura 34).

O disco vai ser empurrado no interior do balde por um cilindro pneumático de duplo efeito, como pode ser observado na Figura 35, e vai ajudar a bomba na extração da massa lubrificante. O disco de borracha permite a adaptação a baldes com diferentes diâmetros. Além disso, este disco permite um maior aproveitamento de toda a massa lubrificante existente no balde.



Figura 34 - Discos metálicos com disco de borracha

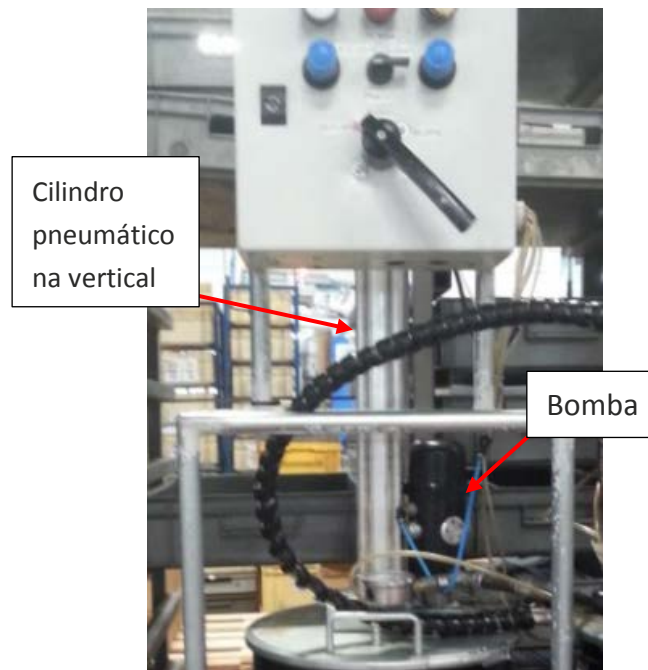


Figura 35 - Bomba de enchimento e cilindro pneumático

Quando o balde estiver vazio, o cilindro faz o movimento de retorno e retira todo o sistema do balde, permitindo a substituição por um cheio, sem grandes dificuldades.



# DESENVOLVIMENTO

3.1 FicoCables e o Grupo FICOSA

3.2 Descrição do problema

3.3 Tempestade de ideias referente a possíveis soluções

3.4 Comparação das várias soluções propostas

3.5 Projeto

3.6 Orçamentação

3.7 Cálculo do tempo de retorno do investimento

3.8 Manual de utilização e conservação dos sistemas

3.9 Implementação



## 3 DESENVOLVIMENTO

### 3.1 FicoCables e o Grupo FICOSA

A FicoCables é uma empresa que se destina à produção de componentes para a indústria automóvel com 46 anos de atividade, tendo sido o primeiro investimento do grupo FICOSA em Portugal. Inicialmente, a empresa em Portugal designava-se por Teledinâmica, a qual foi fundada pelo Eng.º Franco Dias, juntamente com três colaboradores, em Vila Nova de Gaia, numa garagem. Hoje em dia, este nome ainda se encontra ligado à empresa, apresentando-se a sua inicial no logótipo mostrado na Figura 36.



Figura 36 - Logótipo da FicoCables (FicoCables)

Em 1972, Pujol e Tarragó, os líderes do grupo FICOSA, propuseram ligação com a Teledinâmica, e assim nasceu a FicoCables. No início, grande parte das exportações estavam ligadas à Fiat e outras empresas europeias, tendo-se expandido cada vez mais. Vendo este crescimento, foi necessário a empresa mudar de localização, transferindo as suas instalações para a Maia, onde atualmente opera com o apoio de mais de um milhar de colaboradores.

A FicoCables é o maior investimento em Portugal pelo grupo FICOSA, apresentando bons rendimentos anuais, tendo apostado bastante na inovação e qualidade dos componentes produzidos, e também na implementação de sistemas que garantam uma melhor distribuição e organização da produção, sem nunca descorar as normas de segurança, higiene e ambiente. A empresa é gerida pelas normas ISO 9001 e ISO/TS 16949:2002 de qualidade e ISO 14001:2004 de ambiente.

Como consequência do sucesso apresentado e do enorme volume de negócio atingido, devido ao crescente aumento de clientes e encomendas, a empresa tem sentido a necessidade de aumentar a sua área fabril. A FicoCables apresenta duas áreas distintas de negócio com maior relevância, sendo estas os Sistemas de conforto e os Sistemas de abertura de portas, janelas, *capots*, travões e assentos, em que este último representa a maior parte do volume de produção e negócio. Esta área foca-se então na produção de diferentes tipos de cabos para acionamento mecânico, com variadas configurações e características, os quais serão inseridos em diversos componentes da indústria automóvel, como sistemas de travagem, abertura de portas, malas e *capots*, elevação de janelas, entre outros. Nos sistemas de conforto, tal como o próprio nome indica, são desenvolvidos sistemas lombares (*suspension mat*) e para os assentos (*cushions*).

Esta dissertação vai estar focada nos sistemas de cabos, uma vez que é neste que se apresentam os equipamentos de lubrificação que necessitam de otimização. Apesar da ligação a grandes empresas da indústria automóvel, a FicoCables não está diretamente a produzir para estas, mas sim para empresas associadas, que posteriormente fornecem essas marcas de automóveis. Ou seja, os sistemas de cabos são implementados em sistemas mais globais dos automóveis por essas empresas que posteriormente fornecem aos montadores de automóveis (OEM's). Na Figura 37 podem observar-se alguns dos produtos usualmente fabricados pelo grupo FICOSA [74].

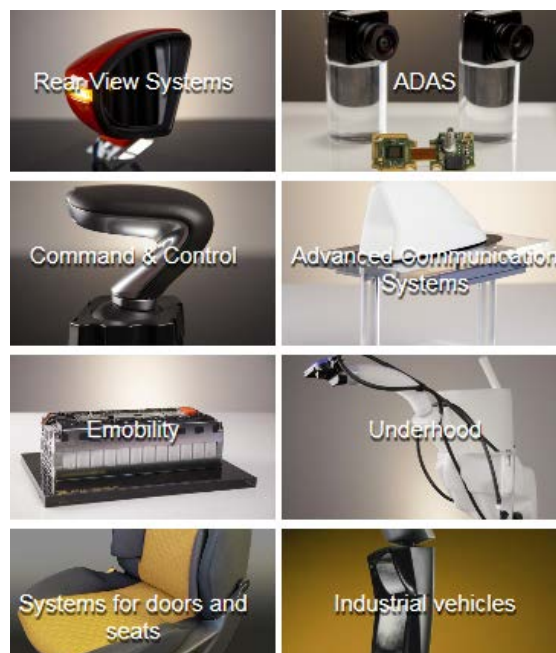


Figura 37 - Produtos do Grupo FICOSA

O Grupo apresenta a sua sede em Barcelona mas está presente na Europa, Ásia, América do Norte e América do Sul, num total de 16 países, contando com mais de 10 000 colaboradores e apresentando-se como líder na produção de cabos de acionamento mecânico para a indústria automóvel.

Os altos níveis de prestação de serviço são garantidos pelo sistema desenvolvido pela FICOSA, o FMS (*Ficosa Manufacturing System*), que se baseia em quatro princípios: *Just-in-Time*, Foco na Qualidade, Melhoria Contínua e Alto Desempenho.

Em 30 de Junho de 2015, surgiu a aliança do Grupo com a Panasonic, que ficou a deter 69% do grupo FICOSA, permitindo um maior desenvolvimento e crescimento no mercado tecnológico, dando mais poder ao grupo na indústria automóvel.

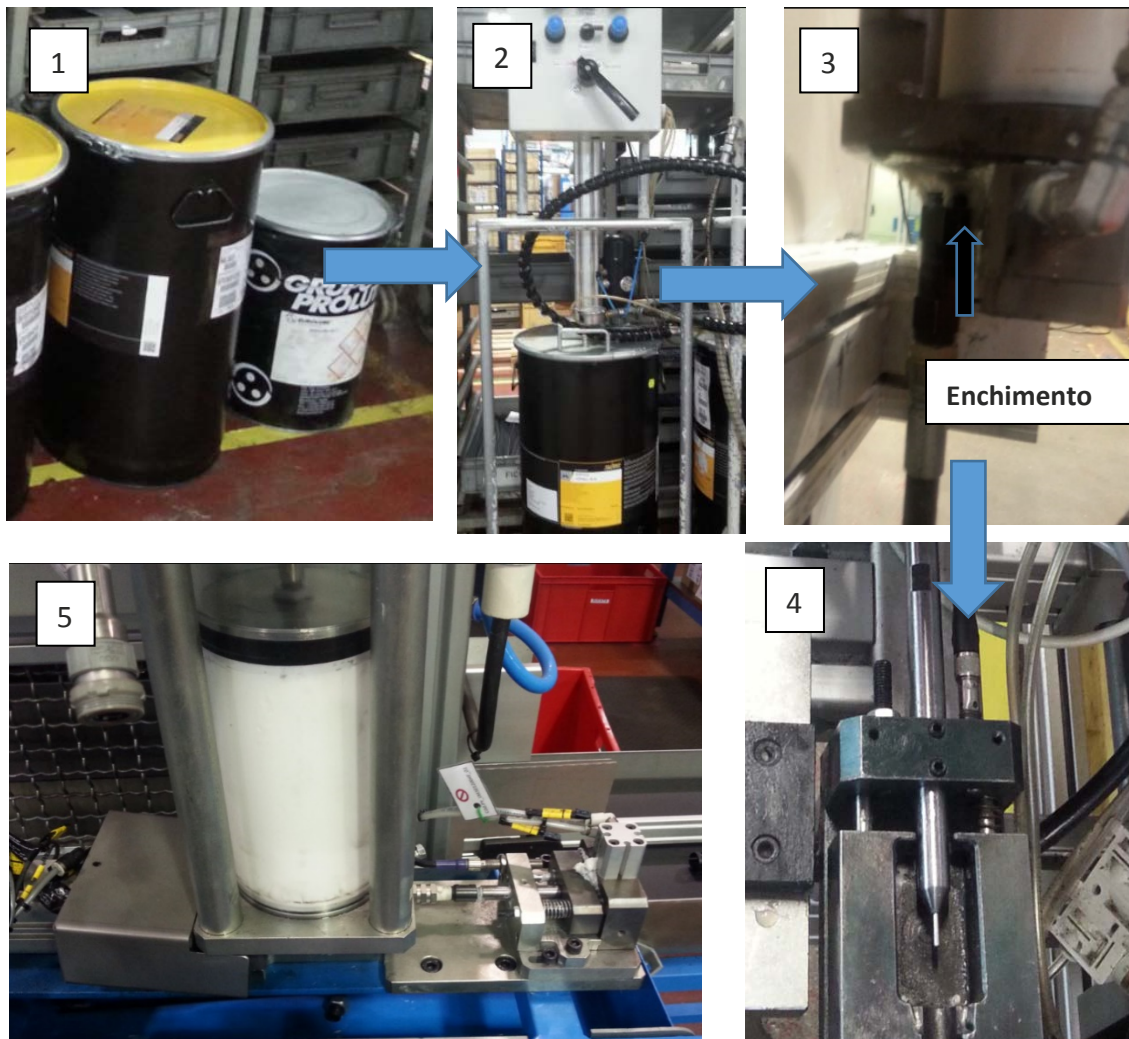
### 3.2 Descrição do problema

Dentro da empresa, verificam-se problemas sistemáticos ao nível da lubrificação de cabos, principalmente ligados com o sistema de lubrificação utilizado pelas linhas de montagem, representado na Figura 38.



Figura 38 - Sistema injeção de massa lubrificante

A massa lubrificante, durante a sua utilização, passa por várias etapas até chegar ao cabo (Figura 39).



Atualmente, estes sistemas estão a necessitar de bastantes melhorias e adaptações, para evitar a ocorrência de paragens e defeitos no produto final, os quais trazem repercussões, a nível de qualidade da lubrificação, assim como também a nível financeiro.

Dentro dos vários problemas existentes, podem identificar-se os mais visíveis e com maior influência na qualidade do processo, sendo necessário intervir com a maior urgência, para que não cheguem a um estado crítico que possa prejudicar a empresa.

O maior problema detetado e identificado pelo grupo FICOSA, para o qual é necessário urgentemente encontrar soluções, está relacionado com o desperdício de massa lubrificante, que tem sido crescente ao longo dos anos. Apesar das várias alternativas e modificações efetuadas nos sistemas, continua a existir um desperdício demasiado elevado de massa lubrificante nos mesmos, o que implica um maior investimento em massa lubrificante para as quantidades de produção existentes que, por sua vez, se traduzirá numa diminuição do lucro da empresa ou então na necessidade de aumento do preço por produto.

Uma vez que se trata do mercado automóvel, onde existe uma elevada competitividade, estas consequências tornam-se extremamente prejudiciais para o negócio. É necessário então minimizar este desperdício ao máximo, para que se possa ter um maior retorno do investimento. De salientar que a quantidade de massa lubrificante desperdiçada no sistema é de aproximadamente 20% da massa adquirida anualmente. O desperdício elevado tem várias razões associadas. A massa lubrificante, sendo um material extremamente viscoso durante a sua extração dos baldes, tende a ficar “presa”, o que dificulta a completa remoção de toda a massa lubrificante. Os extratores têm um diâmetro equivalente ao diâmetro dos baldes, apresentando uma pequena folga. No entanto, os baldes não são perfeitamente cilíndricos, pelo que apresentam zonas com saliências, em que o diâmetro é maior (Figura 40), e onde a massa lubrificante lá localizada se torna difícil de extrair.



Figura 40 - Baldes de massa lubrificante

Para além disso, durante a extração, como se pode observar pela Figura 41, o cilindro à medida que vai descendo, a massa lubrificante tem tendência a escapar pela folga existente, devido à falta de adaptabilidade do extrator aos vários tipos de balde. Todo o material que escapa, acaba por não ser utilizado e torna-se desperdício.

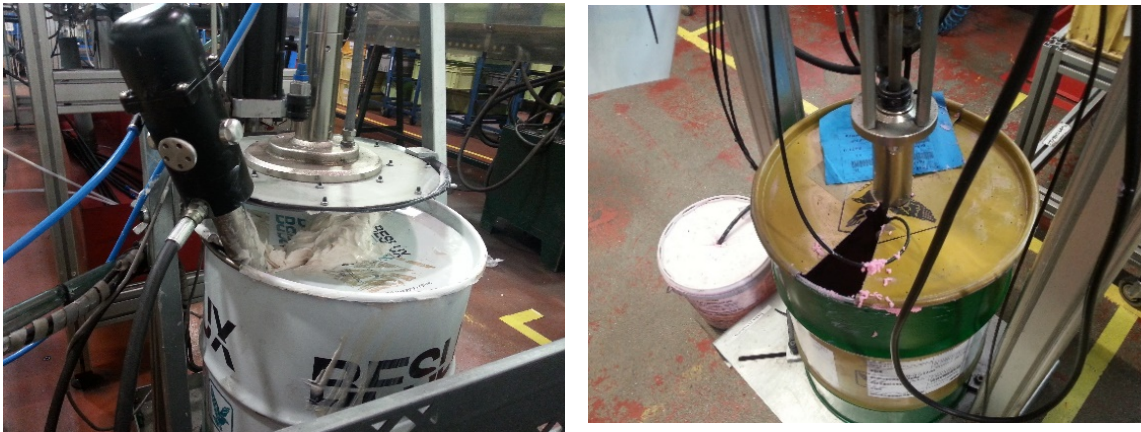


Figura 41 - Exemplo de massa lubrificante desperdiçada nos baldes

Devido às condições de temperatura e humidade na zona fabril, a massa lubrificante tende a ficar mais viscosa, por falta de bom isolamento da mesma, dificultando a sua extração. Outro problema presente é o tempo de enchimento dos reservatórios ser elevado. Isto torna-se nefasto, uma vez que durante o seu enchimento as linhas de produção têm de estar paradas implicando uma menor produtividade.

De facto, o operador de uma determinada linha de injeção, quando fica com o respetivo reservatório de massa vazio, tem de realizar toda a montagem e ligações do reservatório ao sistema de enchimento, quando este é móvel, o que pode ser demorado e, além disso, tem de esperar pelo seu enchimento para continuar a produção.

Outro fator que influencia negativamente estes tempos não está diretamente relacionado com o enchimento dos reservatórios, mas com o transporte dos baldes de enchimento para as linhas de injeção, sempre que necessitem de reencher o reservatório. De facto, tal como já foi referido, apenas um reduzido número de linhas de injeção possuem um sistema de enchimento fixo (Figura 42) e diretamente ligado à linha. Na maioria das linhas, que não possuem este sistema de enchimento fixo, é necessário utilizar um sistema de enchimento móvel (Figura 43). Neste caso, o operador tem de se deslocar até à linha onde se encontra este sistema e transportá-lo até à linha que necessita de reencher o reservatório.



Figura 42 - Sistema de enchimento fixo na linha

Este transporte é realizado por um carrinho de mão, que suporta o balde e todo o sistema de enchimento (Figura 43). Por vezes, têm de percorrer longas distâncias tornando o processo demorado e devido ao peso do conjunto, torna-o também relativamente difícil.



Figura 43 - Sistema de enchimento móvel

O enchimento dos reservatórios das linhas que não possuem um sistema fixo de enchimento tem de ser realizado através do procedimento anteriormente apresentado. Tal acontece porque os reservatórios de massa estão fixos nas linhas fazendo que, neste caso, seja mais adequado transportar os baldes até às linhas e não o contrário. De facto, para transportar os reservatórios até aos sistemas de enchimento seria necessário retirá-los da linha o que, devido à forma de fixação, seria uma operação demorada, tal como já foi referido nos pontos anteriores. Além disso, os reservatórios não contêm dispositivos, por exemplo pegas, que permitam o seu fácil transporte e manuseamento.

Por último, mas sendo um dos problemas mais importantes a resolver, é a lubrificação deficiente dos cabos. Esta deficiência pode ser causada por vários motivos. Um dos motivos é a introdução de ar durante a injeção da massa lubrificante na espiral. Esta situação é bastante crítica, uma vez que os cabos não estão a ser abastecidos com massa lubrificante suficiente, o que pode causar problemas posteriores na sua utilização, e implicar reclamações por parte dos clientes, o que pode ser muito negativo para a empresa, tanto a nível financeiro como a outros níveis. Isto deve-se ao facto de os baldes por vezes estarem abertos e a massa lubrificante se encontrar em contacto com o ar (Figura 44), e esta ser contaminada pelas impurezas durante o processo. Este é um problema difícil de identificar visualmente nos reservatórios e, mesmo durante a injeção, a sua deteção é bastante complicada, uma vez que atualmente não existe nenhum mecanismo que impeça o mesmo de acontecer.



Figura 44 - Massa lubrificante em contacto com o ar

Outro fator que pode implicar este problema é também a contaminação da massa lubrificante com agentes prejudiciais que alteram as suas propriedades. Visto que o enchimento dos reservatórios é realizado dentro da área fabril, a massa lubrificante que se apresenta em contacto constantemente com o ar, que contém várias impurezas, pode contaminá-la e prejudicar o seu efeito no produto final, uma vez que não é realizada nenhuma verificação do estado da massa lubrificante antes do enchimento das linhas. Existem mais situações que poderiam ser melhoradas, mas o trabalho vai estar focado essencialmente nas situações acima descritas, uma vez que apresentam um grau de criticidade mais elevado e necessitam rapidamente de soluções, com baixo custo.

### 3.3 Tempestade de ideias referente a possíveis soluções

Para encontrar soluções para os problemas já mencionados, foram realizados vários *Brainstormings* com vários departamentos da empresa. Estas reuniões tiveram a colaboração dos Engenheiros de Processos, dos diretores do departamento da Qualidade e de Higiene e Segurança e também dos chefes de produção. As possíveis soluções apresentadas estão mencionadas na Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 8 - *Brainstorming* para encontrar soluções para os problemas existentes

Problemas	Grupo	Possíveis soluções / ideias
<b>Desperdício de massa lubrificante</b>	Departamento de Engenharia de Processos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolver um sistema que garanta a total remoção da massa lubrificante dos baldes com, por exemplo, a utilização de um mecanismo de borracha que se adapte às formas do balde, para conseguir recolher quase toda a massa lubrificante, mas de fácil remoção;</li> <li>- Sistema com uma boa vedação, para que não exista fuga de massa lubrificante no processo de enchimento;</li> <li>- O reservatório tem que apresentar um mecanismo de vedação de massa lubrificante, para não permitir fugas nos processos de enchimento e injeção.</li> </ul>
<b>Sistema de fixação do Reservatório</b>	Departamento de Engenharia de Processos e Higiene e Segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Criar um reservatório móvel de fácil adaptação às linhas, que permita o seu enchimento num local próprio;</li> <li>- O reservatório tem de conter um sistema de posicionamento versátil e de fácil utilização para o operador, mas que garanta uma boa fixação do equipamento;</li> <li>- O reservatório tem de possuir um sistema de vedação automático, que permita a saída de massa lubrificante quando aplicado na linha e que vede quando este é transportado;</li> <li>- O equipamento tem de preencher os requisitos de segurança. Não pode ultrapassar os 12 kg de peso e tem de ser prático para transportar.</li> </ul>

Tabela 9 - *Brainstorming* para encontrar soluções para os problemas existentes (continuação)

<b>Problemas</b>	<b>Grupo</b>	<b>Possíveis soluções / ideias</b>
<b>Contaminação da massa lubrificante</b>	Departamento da Qualidade	- O sistema de armazenamento, enchimento e o reservatório, têm que isolar a massa lubrificante, para que não exista contaminação do mesmo.
<b>Tempos de enchimento elevados</b>	Departamento Logístico	- Criação de um sistema de enchimento centralizado, que realize o enchimento de vários reservatórios ao mesmo tempo; - Para evitar que a linha se encontre parada para realizar o enchimento do reservatório, devem existir outros reservatórios cheios de massa lubrificante, para substituição imediata.
<b>Stocks intermédios</b>	Departamento Logístico	- O sistema de enchimento centralizado será colocado no armazém de logística com a eliminação dos sistemas de enchimento móveis. Traçar um plano logístico para recolha dos reservatórios das linhas e transporte até ao armazém.
<b>Baixa segurança</b>	Departamento de Higiene e Segurança	- O sistema de lubrificação centralizado, referido anteriormente, deve eliminar os sistemas móveis, eliminando o risco de lesões físicas dos operadores que transportam esses sistemas.
<b>Entrada de ar nos cabos</b>	Departamento de Engenharia de Processos e Qualidade	- Visto que controlar o ar que entra no sistema é complicado de gerir, pode-se pelo menos controlar a massa lubrificante que entra para o interior dos cabos. A existência de bolhas de ar na massa lubrificante, se injetado nos cabos, pode gerar grandes problemas na sua funcionalidade; - Para evitar a passagem de ar durante a injeção, sugeriu-se a criação de um mecanismo que detetasse, por intermédio de sensores, este problema, e interrompesse a operação.

### 3.4 Comparação das várias soluções propostas

Nas Tabelas 10, 11 e 12 pode-se observar todas as ideias sugeridas para o projeto dos novos reservatórios da linha de injeção de massa lubrificante, com a respetiva descrição, as vantagens e desvantagens da sua aplicação.

Tabela 10 - Ideias possíveis para soluções para o sistema de injeção

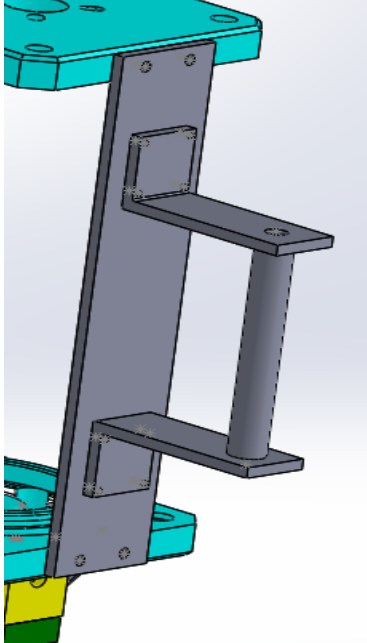
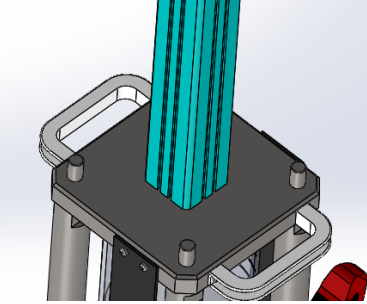
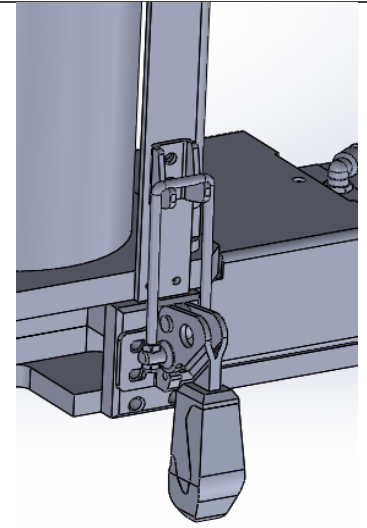
Nº	Ilustração	Descrição e Avaliação
1		<p><b>Descrição:</b> Pegas metálicas laterais, fixas numa chapa que liga as tampas superior e inferior.</p> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pegas de grande dimensão e boa rigidez;</li> <li>- Posicionamento lateral permite uma maior facilidade na remoção e transporte do reservatório.</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de acessibilidade e espaço em algumas linhas, devido à grande dimensão;</li> <li>- A chapa de apoio vai tender a empenar com o esforço;</li> <li>- Elevado custo.</li> </ul>
2		<p><b>Descrição:</b> Pegas de plástico fixas na tampa.</p> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Melhor acessibilidade e menor espaço necessário;</li> <li>- Baixo custo;</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior dificuldade que a ideia anterior para remover o reservatório da linha.</li> </ul>
3		<p><b>Descrição:</b> Fixação através de dois grampos fixos na linha, e que apertam o reservatório pelo contra grampo fixo no reservatório.</p> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Boa fixação;</li> <li>- Fácil utilização pelo operador da linha.</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de acessibilidade e espaço em algumas linhas;</li> <li>- Dificuldade no aperto para linhas com proteção metálica;</li> <li>- Impossível realizar o aperto em algumas linhas, devido ao punho estar abaixo da base na bancada.</li> </ul>

Tabela 11 - Ideias possíveis para soluções para o sistema de injeção (continuação)

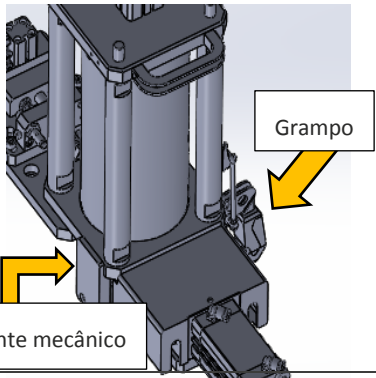
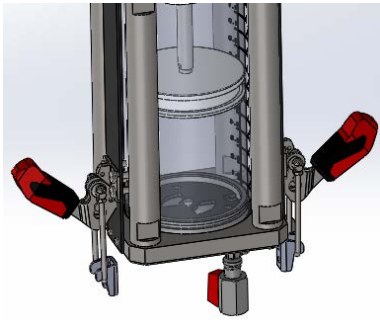
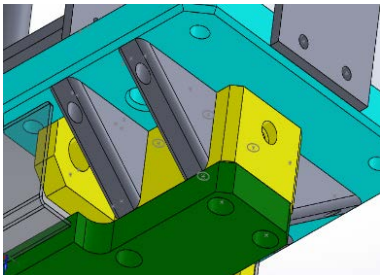
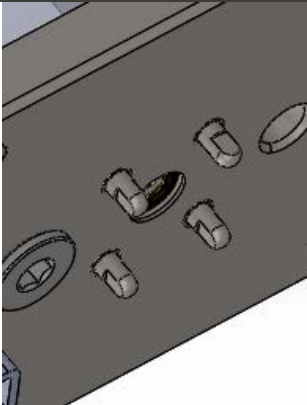
Nº	Ilustração	Descrição e Avaliação
4		<p><b>Descrição:</b> Fixação de um grampo em apenas um lado, e batente mecânico no outro.</p> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior facilidade de fixação nas linhas com rede de proteção;</li> <li>- Menor custo.</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa estabilidade do reservatório;</li> <li>- Possibilidade de queda do reservatório, em caso de mau aperto.</li> </ul>
5		<p><b>Descrição:</b> Fixação através de dois grampos fixos no reservatório, com o contra grampo fixo na linha.</p> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Boa fixação;</li> <li>- Fácil utilização pelo operário;</li> <li>- Possibilidade de aplicação em todas as linhas.</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rede de proteção que em alguns casos, pode dificultar o aperto;</li> <li>- Aumento de peso no reservatório.</li> </ul>
6		<p><b>Descrição:</b> Batentes mecânicos na linha que suportam o reservatório.</p> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminação das ligações aparafusadas;</li> <li>- Bom suporte do reservatório na tampa inferior.</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não garante o bom posicionamento do reservatório;</li> <li>- Elevado custo.</li> </ul>
7		<p><b>Descrição:</b> Pinos-guia, que encaixam na linha.</p> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Boa fixação;</li> <li>- Eliminação das ligações aparafusadas;</li> <li>- Baixo custo;</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessário mais força para remover o reservatório.</li> </ul>

Tabela 12 - Ideias possíveis para soluções para o sistema de injeção (continuação)

Nº	Ilustração	Descrição e Avaliação
8	 <p data-bbox="549 584 651 645">Íman</p>	<p data-bbox="719 465 1342 622"><b>Descrição:</b> Utilização de chapa metálica, inserida na tampa inferior, numa ranhura, que passa no orifício central para vedar o reservatório no transporte. A tampa contém um íman, que segura a chapa.</p> <p data-bbox="719 629 858 658"><b>Vantagens:</b></p> <ul data-bbox="719 667 919 741" style="list-style-type: none"> <li>- Fácil utilização;</li> <li>- Baixo custo.</li> </ul> <p data-bbox="719 750 903 779"><b>Desvantagens:</b></p> <ul data-bbox="719 788 1249 824" style="list-style-type: none"> <li>- Não garante a 100% a vedação do sistema;</li> </ul>
9		<p data-bbox="719 987 1342 1144"><b>Descrição:</b> Sistema automático de vedação incorporado no reservatório, de abertura e fecho do orifício de saída de massa lubrificante, através de um batente com um anel de vedação.</p> <p data-bbox="719 1153 858 1182"><b>Vantagens:</b></p> <ul data-bbox="719 1191 1278 1391" style="list-style-type: none"> <li>- Garante a vedação do reservatório quando removido da linha;</li> <li>- Não necessita do operário para realizar a sua função;</li> <li>- Sistema incorporado no reservatório.</li> </ul> <p data-bbox="719 1400 903 1429"><b>Desvantagens:</b></p> <ul data-bbox="719 1438 1286 1556" style="list-style-type: none"> <li>- Maior custo;</li> <li>- Necessário realizar a manutenção do sistema, devido ao desgaste no anel de vedação.</li> </ul>

As Tabela 13 e 14 apresentam igualmente as ideias sugeridas, com os prós e contras das mesmas, mas para os novos sistemas de enchimento de massa lubrificante dos reservatórios.

Tabela 13 - Possíveis sistemas de enchimento a ser projetados

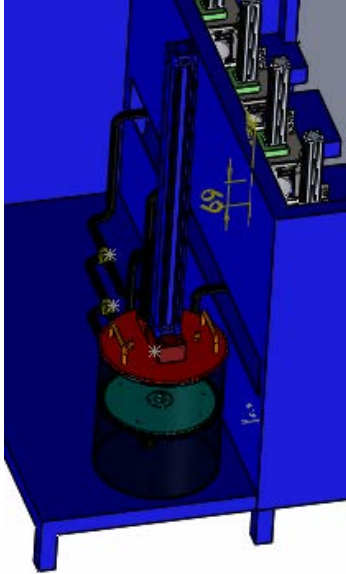
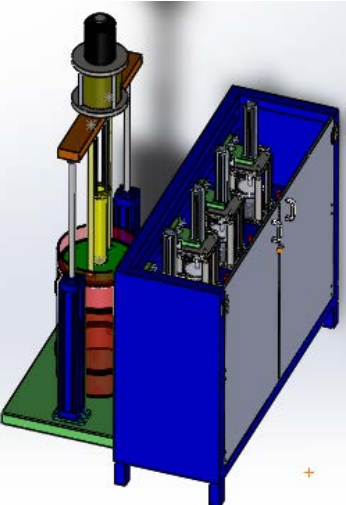
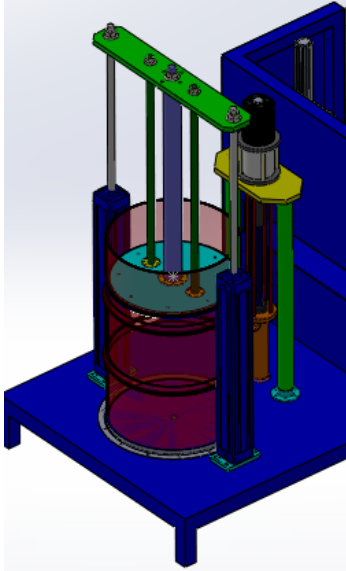
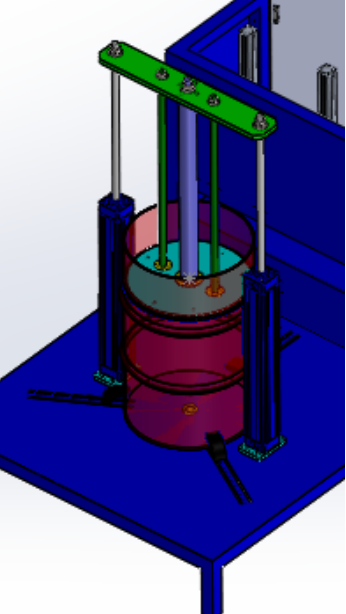
Nº	Ilustração	Características e Avaliação
1		<p><b>Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização de um cilindro pneumático, que comprime a massa lubrificante através de um disco metálico;</li> <li>- A massa lubrificante é extraída por uma bomba e será distribuída para os vários reservatórios;</li> <li>- O cilindro é suportado numa tampa metálica, que se aperta no balde de massa lubrificante.</li> </ul> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de pequenas dimensões;</li> <li>- Rápido enchimento dos reservatórios.</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema diferente para cada tipo de balde;</li> <li>- Dificuldade na troca de balde;</li> <li>- Sistema com pouco suporte durante o enchimento.</li> </ul>
2		<p><b>Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização de dois cilindros pneumáticos;</li> <li>- A sucção da massa lubrificante é realizada pela bomba, posicionada no centro do disco;</li> <li>- Os cilindros movimentam uma base, que suporta o disco metálico e a bomba.</li> </ul> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior velocidade no enchimento;</li> <li>- Maior facilidade na remoção do disco do interior do balde, graças aos dois cilindros.</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema bastante caro;</li> <li>- Para executar o processo, é necessário utilizar cilindros de grande dimensão;</li> <li>- Sistema pesado.</li> </ul>

Tabela 14 - Possíveis sistemas de enchimento a ser projetados (continuação)

Nº	Ilustração	Características e Avaliação
3		<p><b>Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização de dois cilindros pneumáticos;</li> <li>- Bomba colocada ao lado do balde, diminuindo a força necessária dos cilindros;</li> <li>- A massa lubrificante é empurrada para o orifício existente no fundo da bancada, e daí é puxada pela bomba;</li> <li>- Chapa quinada, para posicionamento do balde.</li> </ul> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor esforço dos cilindros;</li> <li>- Sistema centrado durante o enchimento;</li> <li>- Enchimento rápido e eficaz.</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado custo, apesar de mais reduzido que o sistema anterior;</li> <li>- É necessária uma bancada diferente para cada tamanho diferente de balde;</li> <li>- Necessário furar o balde, antes de colocar no sistema.</li> </ul>
4		<p><b>Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização de dois cilindros pneumáticos na compressão da massa lubrificante;</li> <li>- Sistema pneumático utilizado para o enchimento dos reservatórios, colocado debaixo da bancada;</li> <li>- Sistema de posicionamento e fixação do balde flexível.</li> </ul> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema mais económico, eliminação da utilização de bomba;</li> <li>- Sistema de centragem flexível para diferentes tamanhos de baldes;</li> <li>- Garante a fixação do balde durante o enchimento.</li> </ul> <p><b>Desvantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessidade de furar o balde;</li> <li>- Enchimento mais lento do que com bomba.</li> </ul>

Através de uma análise das vantagens e desvantagens que cada ideia apresenta, foi possível selecionar as mais adequadas para cada sistema. Para o sistema de injeção (Tabelas 10, 11 e 12), foram selecionadas as seguintes ideias:

- Nº 2 para permitir a mobilidade do equipamento;
- Nº 5 e 7 para a fixação do reservatório na linha de injeção;
- Nº 9 para o sistema de vedação de massa lubrificante durante todo o processo.

Dos vários tipos de sistemas de enchimento desenvolvidos (tabela 13 e 14), o que apresenta melhores condições para o desenvolvimento deste projeto, porque garante com maior eficiência todo o processo de enchimento, é o sistema nº 4. Este sistema, com os melhoramentos necessários em função dos objetivos pretendidos, servirá de base a este trabalho.

### 3.5 Projeto

Neste capítulo vai ser abordado o projeto dos sistemas para solucionar os problemas anteriormente referidos.

#### 3.5.1 Modelo de gestão a adotar

Para garantir que as modificações aos sistemas de injeção e enchimento de massa lubrificante vão trazer benefícios a nível económico e de rendimento produtivo, é necessário ter em atenção toda a gestão do processo envolvente que terá de ser alterado. A nível da gestão do processo é necessário ter em conta os seguintes aspetos:

- Processo logístico, relacionado com a entrada e saída de matérias primas, deslocamento e utilização das ferramentas integrantes nos sistemas;
- Novo *layout*, necessário para a implementação do processo;
- Percurso de transporte dos reservatórios, tempos de produção e enchimento;
- Mão de obra necessária para a execução das várias funções relacionadas com o processo.

### 3.5.1.1 Processo logístico

A nível logístico, a massa lubrificante percorre um percurso desde que entra na empresa até quando sai, inserida no produto final. A massa lubrificante é entregue no armazém em baldes com vários volumes, consoante o seu fluxo de utilização, podendo variar entre 20 a 60 Litros. Os baldes são recebidos e colocados em *stock*. Os sistemas de enchimento móveis, quando se encontram com baldes vazios, são transportados até ao armazém para realizar a substituição por um balde igual, mas cheio de massa lubrificante. Após esta substituição, o sistema é transportado de novo para a zona de produção.

Os sistemas de enchimento móveis, apresentam um local específico na zona de produção onde são armazenados (Figura 45). Quando são necessários para abastecer alguma linha, o operador desloca-se até este local para levantar o sistema e, após o enchimento da linha, volta a entregá-lo no mesmo local.



Figura 45 - Local de armazenamento dos sistemas de enchimento móveis

Nos sistemas de enchimento fixos às linhas, quando o balde está vazio, é informado o armazém sobre a falta de massa lubrificante, o carro transportador recolhe um balde no armazém, e leva até à linha, e é realizada a substituição.

No novo sistema, há a eliminação dos sistemas de enchimento móveis dos sistemas fixos às linhas e, conseqüentemente, eliminação do transporte dos baldes de massa lubrificante pela zona de produção. Vai existir um sistema de enchimento no armazém para cada tipo de massa lubrificante utilizada, que estará identificada com a respetiva cor, tal como mostra a Tabela 15, para informar o operador que vai realizar o enchimento.

Tabela 15 - Vários tipos de massa lubrificante e a cor correspondente

Nº da Massa	Cor	Referência da Massa lubrificante
1	Vermelho	FL20 000 000
2	Azul	0 51015603
3	Verde	0 5107318 A00
4	Amarelo	0 51024401 A00
5	Preto	0 5107128 A00
6	Laranja	0 51021704 A00
7	Rosa	0 5107146 A00
8	Roxo	0 5107130 A00

O único equipamento que vai ser transportado entre o armazém e a zona de produção, serão os reservatórios das linhas. O *stock* de baldes vai estar junto dos respetivos sistemas de enchimento para, quando for necessária a substituição do balde, a deslocação do mesmo seja a menor e mais segura possível, sem afetar a produtividade. Assim sendo, a matéria prima será entregue logo na zona de enchimento, e depois será distribuída pelos reservatórios, que vão permitir o transporte da massa lubrificante até às linhas de produção.

### 3.5.1.2 *Layout do armazém*

Para que realmente possam ser implementadas todas estas alterações, é preciso ter em consideração o espaço necessário para alocar estes sistemas de enchimento, e as respetivas bancadas que vão receber os reservatórios. Uma vez que existem oito tipos de massa lubrificante, serão necessários oito sistemas de enchimento para cobrir a produção.

Considerando que vão ser necessários oito sistemas de enchimento, e estipulando uma área máxima utilizada por sistema de  $4\text{ m}^2$ , sabemos então que para todo o conjunto vamos precisar de  $32\text{ m}^2$  disponíveis no armazém. Para além deste conjunto, ainda será preciso disponibilizar no armazém  $6\text{ m}^2$ , para uma bancada de receção dos reservatórios. A sua disposição vai ter o *layout* apresentado na Figura 46.

Sistema de enchimento nº1	Sistema de enchimento nº2	Bancada de receção dos reservatórios nº1
Sistema de enchimento nº3	Sistema de enchimento nº4	
Sistema de enchimento nº5	Sistema de enchimento nº6	Bancada de receção dos reservatórios nº2
Sistema de enchimento nº7	Sistema de enchimento nº8	

Figura 46 - *Layout* dos sistemas de enchimento

### 3.5.1.3 Percurso dos reservatórios

Outro ponto importante na implementação do novo sistema, é o percurso que será realizado pelos reservatórios desde o armazém, onde se vai fazer o enchimento, e a linha de montagem. O transporte deste equipamento, vai ser executado pelo comboio logístico (Figura 47) existente na empresa, que terá no reboque uma bancada para fixar os reservatórios, para garantir a sua integridade durante o seu transporte.

O comboio logístico é muito utilizado dentro da zona fabril, uma vez que é este que transporta todos os equipamentos necessários às linhas de montagem e também transporta o produto acabado e embalado para o armazém de distribuição.



Figura 47 – Comboio logístico da empresa

O percurso terá que ser o menor possível, para que garanta a recolha e entrega de todos os reservatórios existentes na produção com o menor tempo de paragem das linhas de produção. Através do *layout* da zona de produção, apresentado na Figura 48, podemos observar todas as zonas que utilizam reservatórios de massa lubrificante. Nesta Figura, as várias zonas estão assinaladas com elipses traçadas com a cor correspondente ao tipo de massa lubrificante que utilizam.

Admitindo, que a cada oito horas de trabalho, uma linha de montagem utiliza 1,5 litros de massa lubrificante, correspondente à quantidade máxima de um reservatório, pode-se definir a substituição do reservatório no final de cada turno. Na empresa onde foi realizado este trabalho, existem três turnos de trabalho (6 h-14 h, 14 h-22 h e 22 h-6 h) e, portanto, será necessário realizar o transporte e substituição dos reservatórios três vezes por dia.

Esta substituição pode não ser obrigatória para todas as linhas, uma vez que os cabos não levam todos o mesmo tipo e quantidade de massa lubrificante. Podem existir linhas de montagem, que não consumam a quantidade de massa lubrificante total no reservatório num turno.

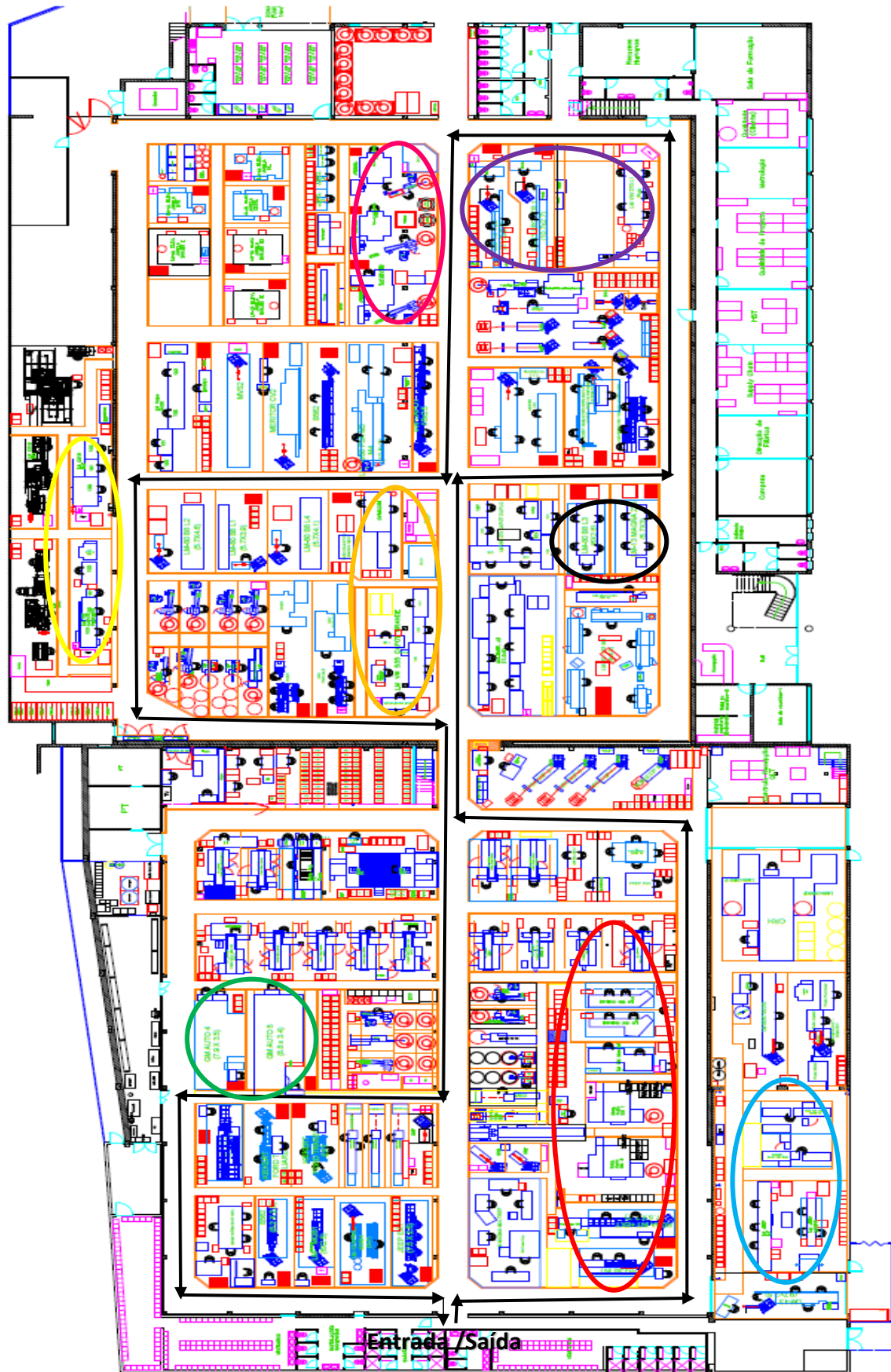


Figura 48 - Layout da empresa com o caminho a percorrer do carro (zonas identificadas com a cor referente ao tipo de massa utilizada) (FicoCables)

### 3.5.1.4 Duração das operações e mão de obra aplicada

Para além de todas as movimentações agregadas ao processo a implementar, a duração das operações e os recursos humanos necessários para a sua realização, são pontos fundamentais para o seu bom funcionamento.

As operações intrínsecas ao processo proposto estão listadas na Tabela 16, com a respetiva descrição, duração estimada e mão de obra necessária para a sua execução.

Tabela 16 - Operações de transporte, com respetiva duração e mão de obra

<b>Operação</b>	<b>Duração (estimada)</b>	<b>Mão de obra</b>
Transporte dos reservatórios na zona de produção e descarregamento junto da linha.	20 min	1 operário (realiza o carregamento e também o transporte).
Substituição dos reservatórios na linha.	1 min	1 operário correspondente à linha.
Montagem dos reservatórios no sistema de enchimento.	4 min	1 operário por sistema de enchimento existente
Enchimento de todos os reservatórios num sistema.	8 min	(tanto faz a montagem como controla o enchimento).

### 3.5.2 Sistema de garantia da qualidade relacionado com o modelo

Com vista a garantir que este processo funcione sem problemas e no máximo de rendimento, é necessário ter em consideração alguns aspetos. Começando pelo mecanismo principal deste processo, sistema de enchimento, os possíveis problemas que podem aparecer durante o processo de enchimento, são:

- Problemas de adaptação do sistema aos baldes;
- Má fixação dos baldes;
- Trocas de massa lubrificante.

No transporte, também é necessário existir um controlo na deslocação dos reservatórios, uma vez que podem existir problemas, a nível de:

- Possível dano dos reservatórios durante o transporte;
- Trocas dos reservatórios nas linhas;
- Falha na recolha e substituição do equipamento em alguma linha.

Para garantir que o sistema de enchimento se adequa ao balde de massa lubrificante a ser utilizado, teremos de ter um mecanismo que se adapte aos vários diâmetros dos baldes, permitindo o fácil ajuste, sem necessitar de modificações do sistema. A fixação dos baldes será automatizada, para garantir que o balde não se move durante o processo de enchimento.

Para não existir trocas de massa lubrificante no enchimento, o sistema terá que ser diferenciado para cada tipo de massa lubrificante, ou seja, existindo um sistema de enchimento para cada massa lubrificante, com um sistema anti erro, que apenas permite ligar o reservatório de massa lubrificante ao sistema de enchimento correto. Este sistema anti erro, será não só visual, através das respetivas cores que identificam o tipo de massa lubrificante, como também mecânico. Estes sistemas mecânicos também serão aplicados nas linhas.

Durante o transporte, para que os equipamentos não sejam danificados, vai existir um sistema de fixação para transportar os reservatórios e evitar o choque entre eles ou a sua queda, mas de rápida aplicação. Durante a substituição dos reservatórios nas linhas, o operário que vai transportar os reservatórios terá um documento com a sequência de paragens a realizar, e que terá de ser preenchido pelo respetivo operário da linha de montagem. As próprias linhas de produção estarão identificadas com um sinal, como o apresentado na Figura 49, para que o operário responsável pelo transporte saiba que se encontra num determinado ponto de recolha.



Figura 49 - Exemplo de sinalização na linha, para realização da recolha do reservatório

### 3.5.3 Projeto dos reservatórios

Para o projeto dos reservatórios novos, é necessário considerar alguns aspetos simples, mas bastante importantes, que serão fundamentais para se utilizar como base. Tal como foi referido, a intenção da empresa é remover o processo atual de enchimento dos reservatórios nas linhas, para passar a ser realizado no armazém de logística, onde se encontra o *stock* de massa lubrificante.

Os objetivos desta alteração passam por eliminar paragens longas da linha de produção para realizar o enchimento dos reservatórios, aumentar a produtividade, remover os vários dispositivos móveis de enchimento de massa lubrificante, aumentar a segurança dos operários que transportam os mesmos, reduzir custos de *stocks* intermédios e facilitar a remoção dos reservatórios para execução da manutenção do equipamento.

Os reservatórios atuais não se enquadram com a ideia pretendida, criando vários contratempos à implementação da mesma. Por isso, tentando aproveitar ao máximo o equipamento que já existe, é necessário adaptá-lo para tornar a ideia viável, minimizando o investimento inicial.

O desenvolvimento do projeto dos reservatórios de massa lubrificante é apresentado nos subcapítulos seguintes, e foi dividido segundo os seguintes aspetos:

- Método de fixação;
- Mecanismo para transporte;
- Sistema de vedação;
- Sistema de posicionamento na linha;

- Sistema anti-erro;
- Sistema de detecção de ar.

De salientar que os desenhos técnicos dos componentes desenvolvidos para os vários sistemas enumerados estão apresentados no Anexo I.

### 3.5.3.1 Método de fixação

Os novos reservatórios devem ser projetados de forma a que sejam fáceis de transportar, de remover e fixar na linha. A fixação atual é realizada por ligações aparafusadas, que apertavam o reservatório, por baixo, à base da linha de injeção (PMPSUP6410 C) (Figura 50). Apesar de ser uma forma que garante bastante estabilidade ao equipamento durante o processo de injeção, este tipo de fixação dificulta e torna demorada a remoção do reservatório da linha para o levar ao enchimento. Com este sistema de fixação é preciso, em várias ocasiões, desmontar os componentes da linha para remover os parafusos, o que pode trazer problemas de segurança do trabalhador e também da condição do equipamento.

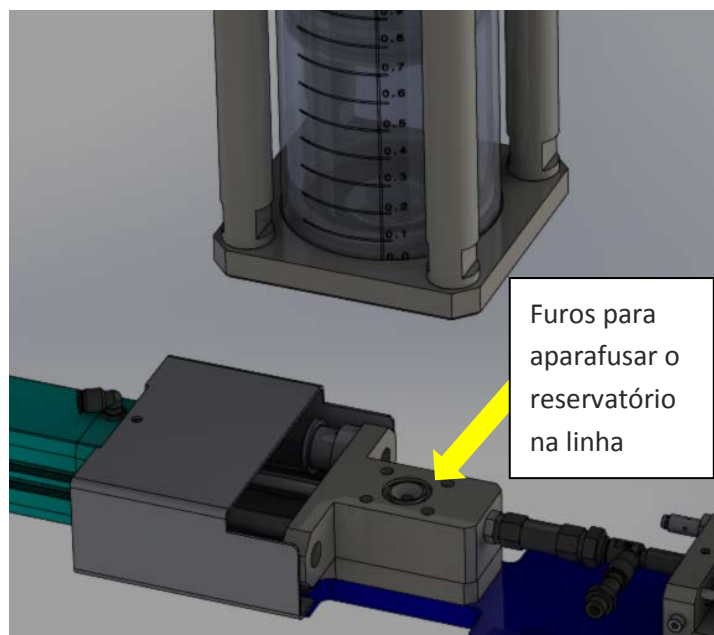


Figura 50 - Ligações aparafusadas do reservatório com a linha

A ideia foi então trocar este tipo de fixação, por um sistema de substituição mais simples dos reservatórios que, ao mesmo tempo, garantisse uma boa firmeza do equipamento e o correto posicionamento sem danificar a estrutura. Para alcançar isto, optou-se pela utilização de

grampos (Figura 51). Trata-se de um método simples e eficiente, para garantir a uma boa fixação, apresentando uma grande versatilidade no seu manuseamento.

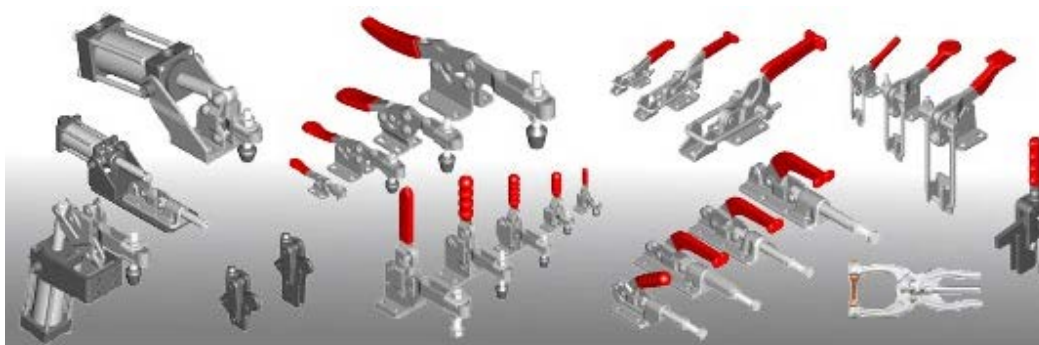
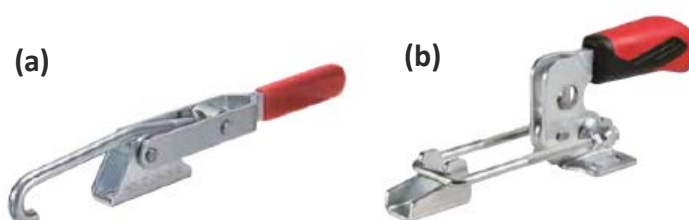


Figura 51 - Exemplos de grampos de fixação [75]

Foram escolhidos grampos esticadores horizontais de duplo ponto de fixação uma vez que apresentam uma elevada resistência à fadiga e, ao contrário dos grampos esticadores simples, permitem suportar esforços através de dois pontos de fixação (Figura 52).



## Grampos esticadores

(c)

Nº da encomenda	Tam.	F1 [kN]	Peso [g]
94698	2	1,6	120
94700	3	3,2	300
94714	4	7,0	810

Figura 52 - Grampos esticadores horizontais: simples (a) e de duplo ponto de fixação (b); Tabela de características (c) [76]

Uma vez que a força necessária não é maior que 1,6 kN, e devido ao espaço existente nas linhas para esta adaptação, foram escolhidos os grampos de menor tamanho (Tabela 17). O significado de cada dimensão apresentada na tabela está nos catálogos em Anexo IV.

Tabela 17 - Tabela de medidas dos grampos e seleção [75]

Nº da encomenda	Tam.	B mín.	B máx.	C	D	D1	E mín.	E máx.	F	G	H	H1	K	L1	L5	M	N	P	S
94698	2	42	74	13	5,2	4	38	70	11	19	12	47	6,5	156	70	24	38	26	23
94706	3	53	95	19	6,5	6	48	90	14	25	19	70	8,0	210	95	32	48	35	30
94714	4	72	127	32	8,5	8	65	120	19	36	25	92	9,5	270	113	45	65	51	44

Foi necessário definir a melhor maneira de aplicar os grampos no mecanismo. O grampo vai apertar num contra-grampo, garantindo que o reservatório não se mova ou rode durante a injeção. Os grampos ficam inseridos no reservatório, uma vez que é mais fácil apertar para cima, visto existir mais espaço de manobra, e apertam nos contra-grampos localizados nas bases das linhas.

No entanto, o reservatório e a linha não estão preparados para receber este equipamento. Por isso, adquiriu-se duas chapas (PMPCHA2062), que se fixam entre as tampas do reservatório (PMPTAM1092\_D e PMPTAM1093\_E), e vão suportar os grampos e a carga exercida no aperto (Figura 53).

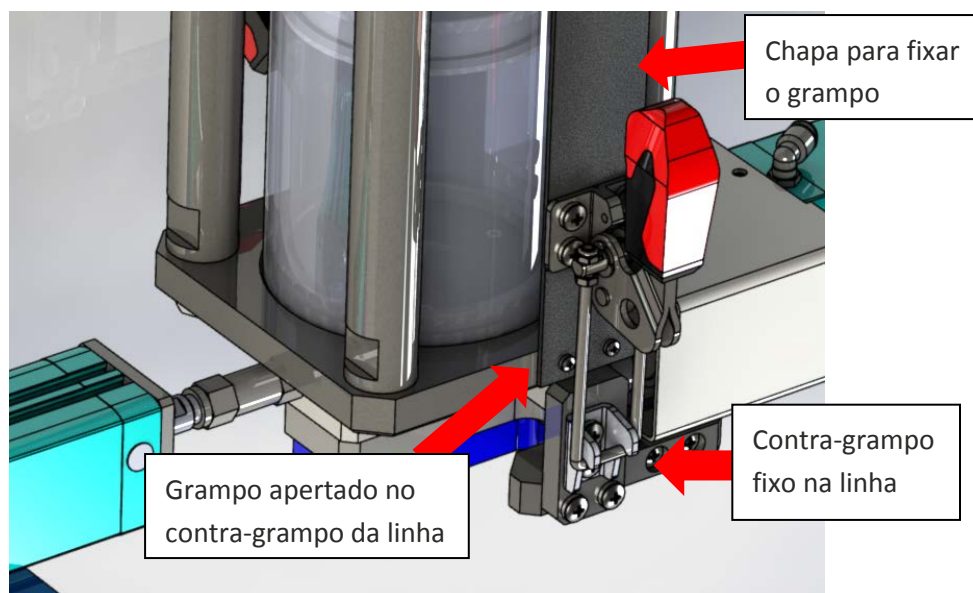


Figura 53 - Fixação do reservatório à linha utilizando grampos

Os contra-grampos a fixar na base da linha, têm de estar alinhados com os grampos para permitir o aperto. Para conseguir isto, foi necessário projetar dois apoios (PMPAPO2308 e PMPAPO 2309) que serão aparafusados à base. Estas peças vão permitir a fixação, o alinhamento e a distância adequada do contra-grampo (Figura 54).

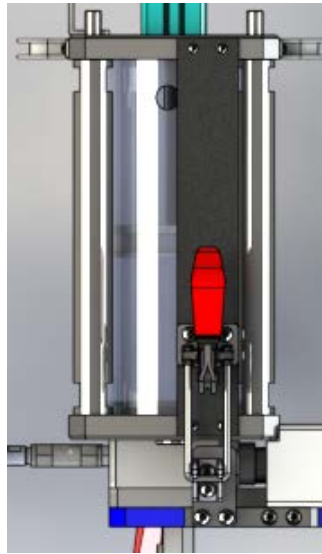


Figura 54 - Alinhamento do conjunto da linha com os grampos

### 3.5.3.2 Mecanismo para transporte

O reservatório, neste novo processo, irá ser bastante movimentado, visto que terá que ser removido da linha quando estiver vazio, transportado até ao armazém da logística para encher e voltar de novo para a linha. Todos os desenhos das peças individuais e conjuntos estão apresentados no Anexo I.

Para facilitar neste transporte, foram adicionadas umas pegas de mão (ELESA M.443/110) na tampa superior do reservatório (Figura 55), para permitir que os trabalhadores conseguissem segurar com facilidade o equipamento, sem o danificar, e para ajudar no posicionamento na linha.

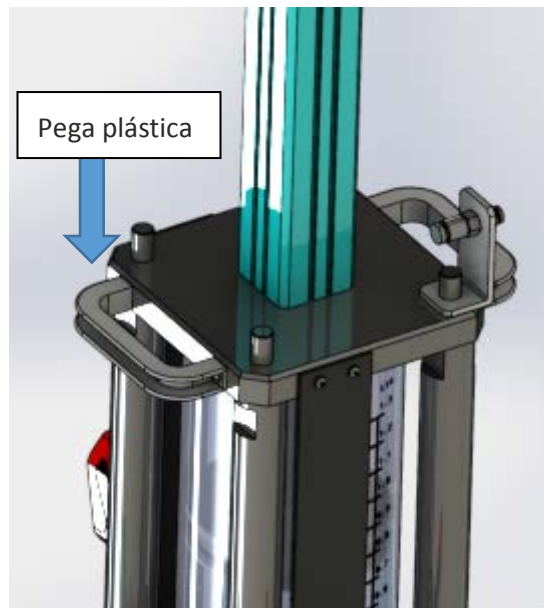


Figura 55 - Pegas plásticas para facilitar o transporte do reservatório

As características essenciais para a escolha das pegas são:

- Baixo peso (para evitar aumentar o peso do conjunto);
- Boa resistência mecânica (para aguentar os esforços existentes);
- Comprimento elevado (para permitir que todos os trabalhadores consigam pegar com facilidade no conjunto).

### 3.5.3.3 Sistema de vedação

O enchimento do reservatório é feito através duma válvula localizada na tampa inferior (Figura 56).



Figura 56 - Válvula de enchimento do reservatório

Durante a injeção de massa lubrificante na espiral do cabo, essa válvula encontra-se fechada, e existe um orifício no centro da tampa inferior por onde vai passar a massa lubrificante, com a ajuda dum êmbolo (PMPEMB002 C) ligado a um cilindro pneumático (Figura 57), existente na tampa superior do reservatório.



Figura 57 - Sistema pneumático do reservatório

Uma vez que o enchimento do reservatório irá ser realizado fora da linha, foi necessário projetar um mecanismo que permita abrir e fechar o orifício por onde passa a massa lubrificante, para que esta não escorra e exista desperdício durante a movimentação dos reservatórios.

Pretendeu-se que este mecanismo fosse o mais independente possível de intervenção humana, ou seja, que o fecho e a abertura do orifício fossem realizados de forma automática, quer na remoção, quer na colocação do reservatório na linha de injeção.

A ideia estruturada para realizar estas operações, foi a utilização de uma peça mecânica que tapa o orifício, através de uma mola de compressão que se situa entre uma base, neste caso uma chapa, e a respetiva peça (Figura 58).

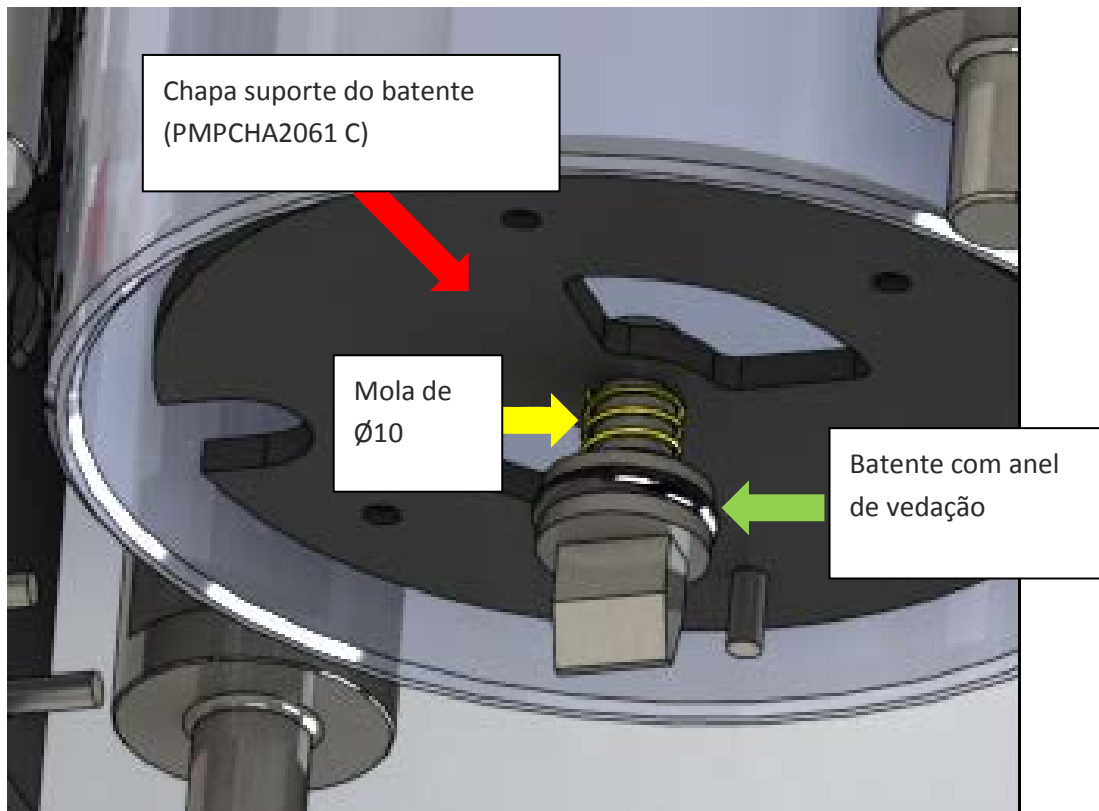


Figura 58 - Sistema de vedação do reservatório

O sistema funciona da seguinte maneira:

- Quando o reservatório está fora da linha, a mola empurra o Batente (PMPAPO2307 B) contra o orifício de saída de massa lubrificante, e este fica vedado pelo O-ring de  $\varnothing 14$ , localizado numa cavidade existente na peça, fechando a tampa inferior e impedindo assim a saída da massa lubrificante do interior (Figura 59 (a)).
- Quando o reservatório é encaixado e fixo na linha, a peça é empurrada pela base da linha para dentro do reservatório, comprimindo a mola e abrindo o orifício, permitindo a saída de massa lubrificante para a injeção (Figura 59 (b)).

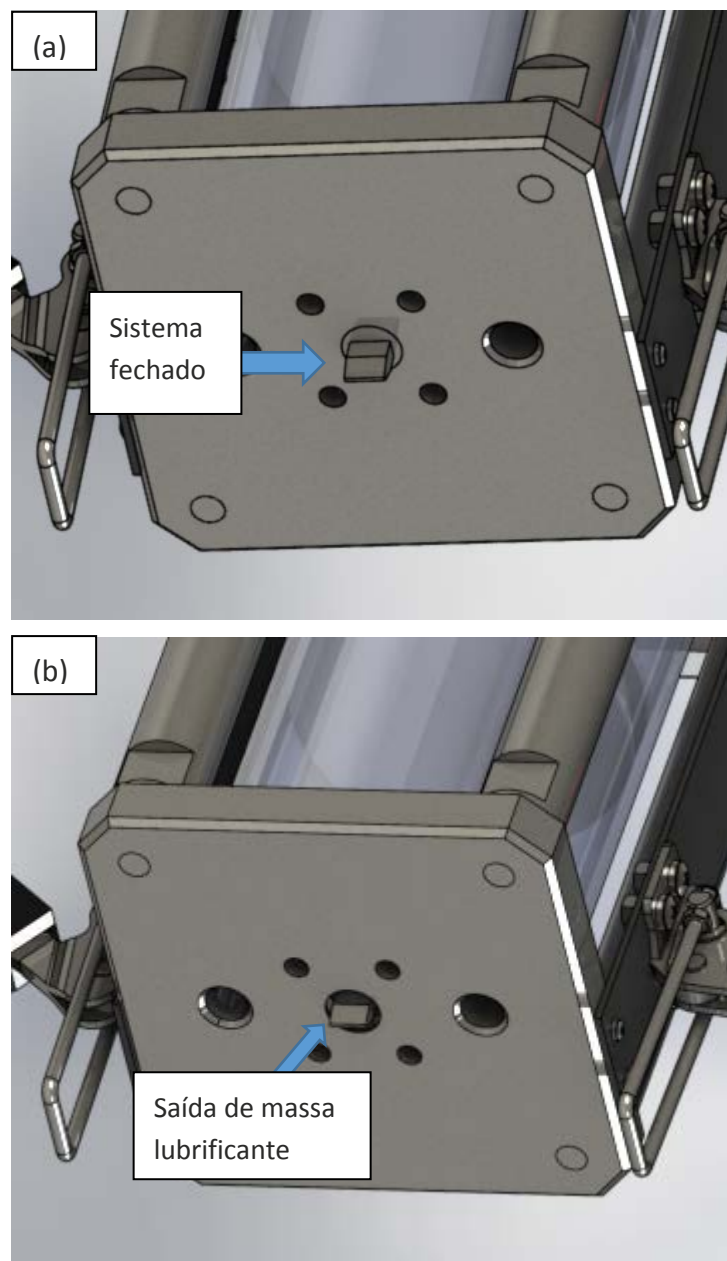


Figura 59 – (a) Situação da vedação, quando o reservatório está fora da linha; (b) Situação do sistema de vedação quando está inserido na linha

A chapa (PMPCHA2061 C), que serve de base da mola (Figura 60), tem forma circular com diâmetro igual ao interior da tampa inferior e é aparafusada à mesma para, assim, impedir que ela se desloque no interior do copo quando estiver a ser pressionada pela mola. Esta chapa apresenta duas cavidades, com o tamanho de um quarto de círculo cada, simétricas. Estas cavidades têm como função permitir a passagem de massa lubrificante durante o processo de injeção, sem criar muita pressão na mesma.

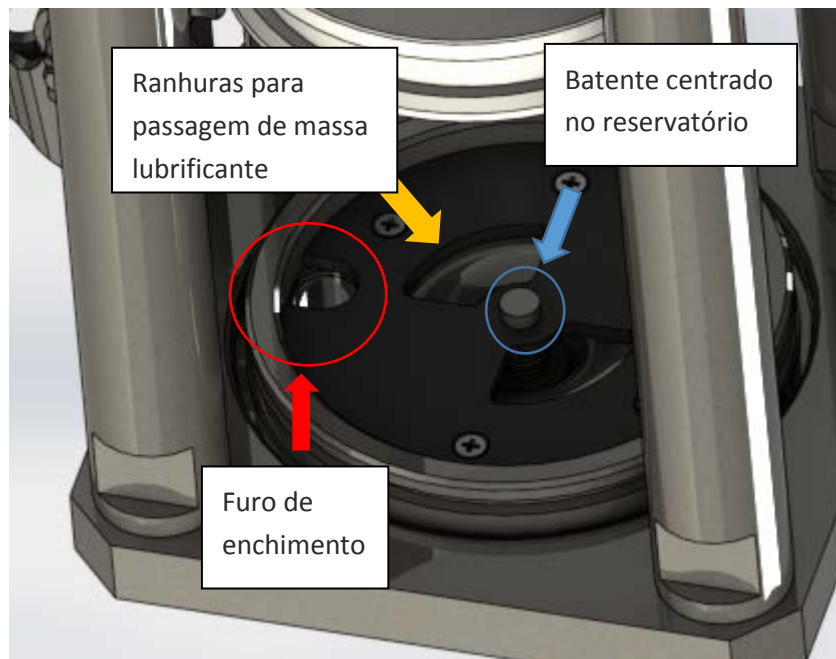


Figura 60 - Sistema de vedação visto no interior do reservatório

O furo assinalado na Figura 60 a vermelho permite a realização do enchimento do reservatório, sem necessitar de remover o sistema. Tem o diâmetro igual ao da válvula, para minimizar a acumulação de massa lubrificante nessa cavidade. No centro da chapa, existe um furo assinalado a azul que permite centrar a peça de vedação, uma vez que esta apresenta um veio no topo que se desloca na vertical, e que suporta a mola de compressão, para que a mesma não se deforme durante as operações.

O batente de vedação, para além da forma cilíndrica e do veio no topo, como já foi referido, também contém uma saliência com uma extremidade triangular (Figura 61). De referir que a forma triangular da extremidade do batente deixa que a massa lubrificante escorra por essas faces para o interior do orifício da base da linha, para que seja posteriormente injetada para o interior da espiral.

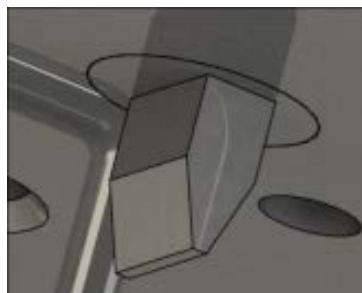


Figura 61 – Extremidade do batente de vedação

### 3.5.3.4 Sistema de posicionamento na linha

Apesar dos grampos conseguirem fixar bem o reservatório, também é necessário garantir o seu correto posicionamento na linha de injeção, mas sem provocar grandes alterações na própria linha e no reservatório.

Assim, foram aproveitadas as roscas existentes na tampa inferior para roscar pinos-guia (PMPPIO0548). Estes, durante o posicionamento do reservatório, garantem estabilidade ao equipamento inserido e uma ajuda para o aperto dos grampos, sendo inseridos nos furos correspondentes na base da linha (Figura 62).

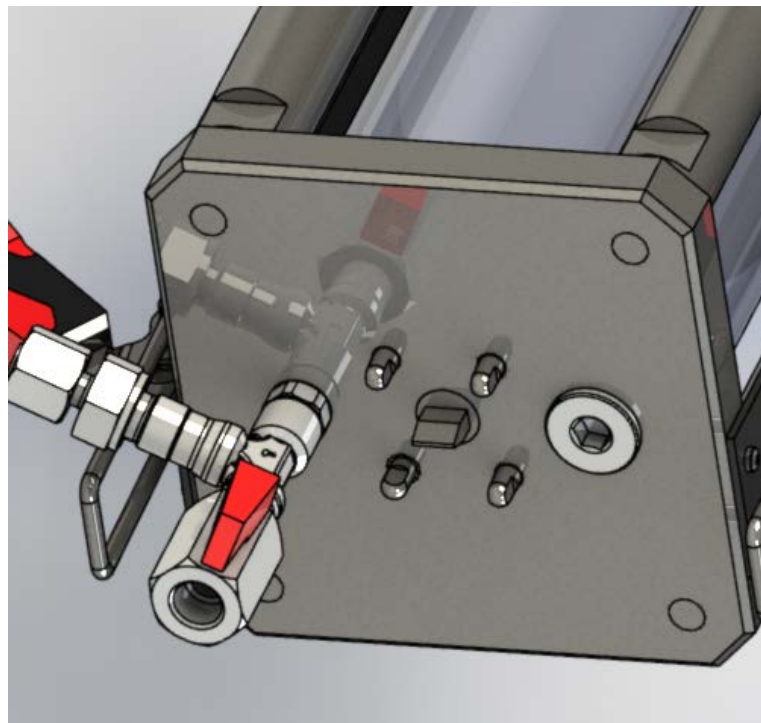


Figura 62 – Pinos-guia roscados na base do reservatório

Os pinos são cilíndricos, com ponta esférica, mas contêm duas ranhuras nas laterais que facilitam a roscagem dos mesmos pelo operador, sem os danificar. Nos furos existentes na base da linha de injeção, onde vão encaixar os pinos, foram abertos uns chanfros (Figura 63), para permitir ao operador maior facilidade no encaixe do reservatório na linha.

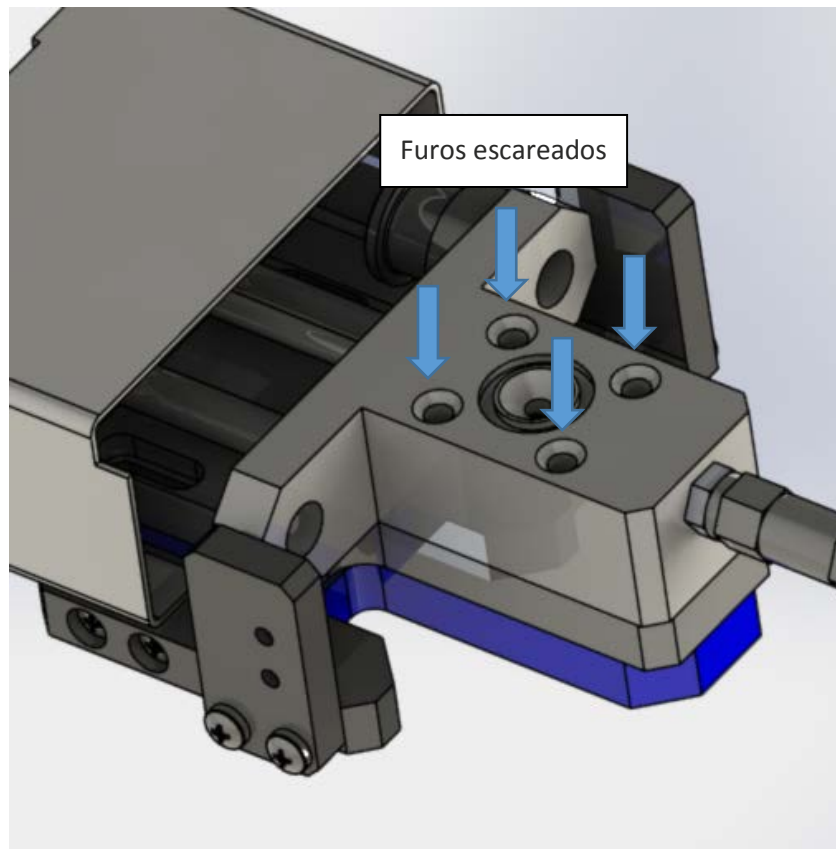


Figura 63 - Base de ligação da linha de injeção com o reservatório

### 3.5.3.5 Sistema anti-erro dos reservatórios

Os cabos não levam todos o mesmo tipo de massa lubrificante, ou seja, cada linha injeta um tipo de massa lubrificante. Os reservatórios são iguais em todas as linhas, à exceção das válvulas de enchimento, que são diferentes consoante o tipo de massa lubrificante que levam. No entanto, essa diferença não é suficiente para garantir que, durante as movimentações, não exista troca de reservatórios e, conseqüentemente, troca de massas lubrificante.

A injeção num cabo de um tipo de massa lubrificante diferente do estipulado, pode criar não só desperdício de massa lubrificante, como perda de tempo e, em situações mais críticas, reclamação dos clientes. Houve então a necessidade de criar um sistema que prevenisse este erro, ou seja, que impedisse as referidas trocas. Para isso, foi necessário que os reservatórios, mecanicamente, não entrassem em qualquer linha. Primeiro, é preciso saber quantos tipos de massa lubrificante diferentes existem e qual o tipo para cada linha, para saber quantas variações é necessário criar e para que linhas.

Na Tabela 18 encontra-se a informação de cada referência de massa lubrificante, as respetivas linhas que a utilizam e a quantidade de reservatórios que possuem.

Tabela 18 - Linhas de injeção de massa lubrificante e a respetiva referência

Definição	Reservatórios	Massa	Linha de Montagem
C1 ext.	2	FL20 000 000	LM9913004F
Land Rover 1	1	0 5107318A00	LM5713001C
B479 int. (B299)	1	FL 20 000 000	LM4413005F
Cabo de capot duplo	1	051021704A00	LM0980007F
Magna 225	1	FL 20 000 000	LM5413003F
travão M3M4	1	05107130A00	LM3330001F
CD391	1	0 5107128A00	LM99160018F
KL	1	FL20 000 000	LM9916020F
Capot L5 MVS-2	1	FL20 000 000	LM9912001F
Capot M3M4	1	FL20 000 000	LM3380002F
VW120	1	05107318A00	LM0913005F
C519	1	FL 20 000 000	LM9913014F
T7-T8 Ficotriad (BVH2)	1	FL20 000 000	LM0107001C
Cabo capot grandes	1	0 51021704A00	LM0980006F
GM 4 AUTO	1	0 51015603	LM6613005F
GM 5 AUTO	1	0 51015603	LM6613008F
X351	2	FL20 000 000	LM9913006F
Magna G2 (A6A8)	2	FL 20 000 000	LM5413001F
MQB1	2	051024401A00	LM0913012F
Inteva M3M4	1	FL20 000 000	LM2613003F
Jeep 520 ext.	2	FL20 000 000	LM9913008C
RG3 int.	1	FL20 000 000	LM2613007C
Inteva RG3	2	FL 20 000 000	LM2613003C
Magna Multiref. Cabos porta	2	0 51021704A00	LM0013001F
GM Manual 4	1	0 51015603	LM6613010F
GM Manual 3	1	0 51015603	LM6613009F
GM Manual 2	1	0 51015603	LM6613006F
SE 270	1	FL 20 000 000	LM0980010F
Jeep 520 int.	1	0 5107318A00	LM9913007C
Jeep Locks	1	0 5107318A00	LM9913010C
LINHA GL3	1	05107146A00	LM4413012F
<b>Total</b>	<b>38</b>		

A alteração que vai permitir diferenciar o tipo de reservatório para cada linha, consiste na diferença entre a distância dos furos da base de ligação onde entram os pinos-guia (Figura 64), ou seja, a posição dos pinos-guia, existentes num determinado reservatório, apenas será compatível com a posição dos furos da base da linha em que o reservatório pode ser posicionado.

Uma vez que existem oito tipos de massas lubrificante, serão necessárias oito combinações entre as dimensões A e B da Figura 64. Estas combinações, em função do tipo de massa lubrificante, são apresentadas na Tabela 19. Assim, com este sistema, garante-se que não se coloca um reservatório com massa lubrificante errada numa determinada linha.

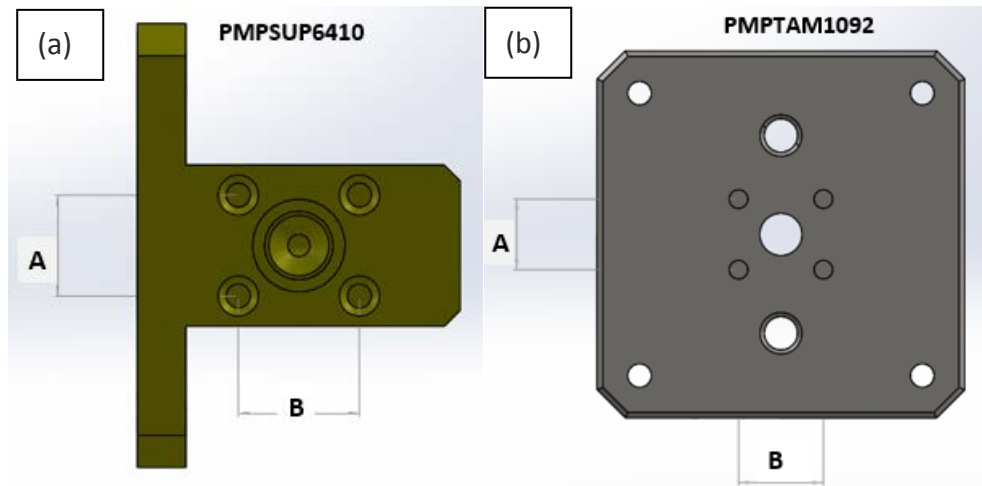


Figura 64 - Base de ligação na linha (a); Tampa inferior do reservatório (b)

Tabela 19- Medidas das furações das peças, consoante o tipo de massa lubrificante utilizado

Nº de combinação	Ref. da massa	A (mm)	B(mm)
1ª	<b>FL20000000</b>	25	25
2ª	<b>051015603</b>	25	30
3ª	<b>05107318 A00</b>	25	35
4ª	<b>051024401 A00</b>	25	40
5ª	<b>05107130 A00</b>	30	30
6ª	<b>05107128 A00</b>	30	35
7ª	<b>051021704 A00</b>	30	40
8ª	<b>05107146 A00</b>	30	45

### 3.5.3.6 Sistema de deteção de ar na injeção

A lubrificação deficiente dos cabos, devido à existência de bolsas de ar na massa lubrificante, é um dos principais problemas existentes nas linhas de injeção. Para ultrapassar este problema, foi projetado um sistema que pode ser utilizado nas linhas e no sistema de enchimento. O funcionamento deste sistema na linha de injeção é descrito neste subcapítulo, que termina com a apresentação do conjunto completo do sistema de injeção.

Na linha, durante o processo de injeção, a massa lubrificante é empurrada para fora do reservatório pela ação de um cilindro pneumático, entrando na base da linha através do orifício central existente nesta base. Um outro cilindro pneumático empurra, na horizontal, a massa lubrificante para a agulha que direciona e injeta a mesma no interior da espiral (Figura 65).

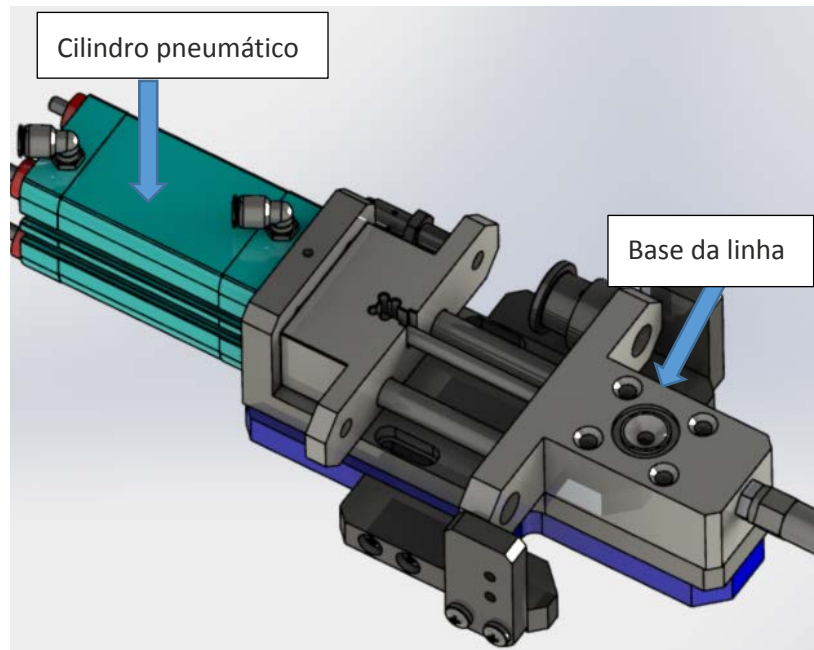


Figura 65 - Sistema de injeção de massa lubrificante

O sistema de detecção de ar na lubrificação de um cabo, idealizado neste trabalho, pode ser observado na Figura 66. Neste sistema, colocado entre a base da linha e a agulha de injeção, a massa lubrificante entra pelo orifício existente na tampa (PMPTAM2112) (Figura 66).

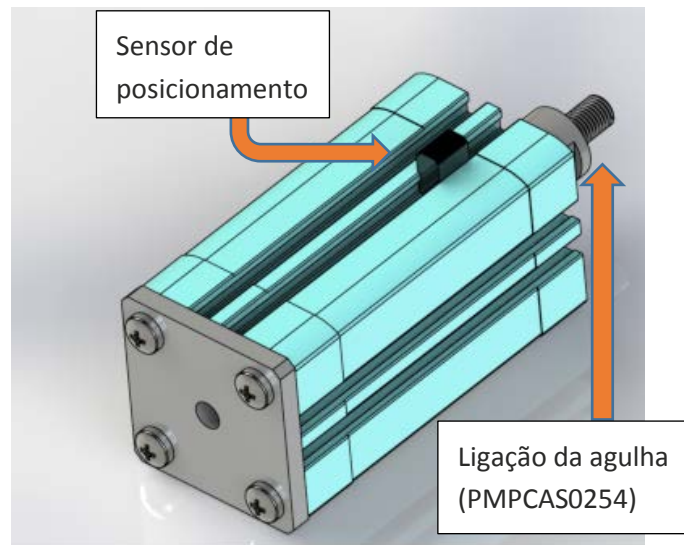


Figura 66 - Sistema de detecção de ar

Na Figura 67 pode-se observar o interior do sistema que permite detetar a presença de ar no momento da injeção. A massa lubrificante existente na base, é empurrada para o sistema de detecção de ar, provocando o deslocamento do veio (PMPVE11572) e, conseqüentemente, do êmbolo (PMPDIS0024). A massa lubrificante vai deslocar o veio até sair pelos orifícios indicados na Figura 67. De seguida, a massa lubrificante passa pelas ranhuras existentes no êmbolo e sai do sistema de detecção para a agulha de injeção.

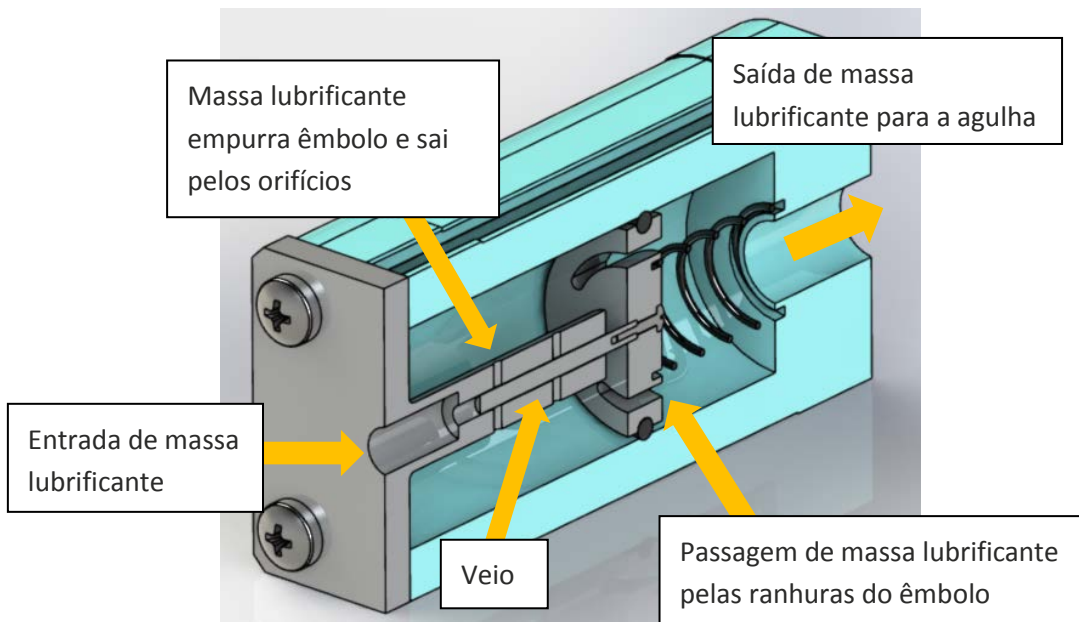


Figura 67 - Vista de corte do sistema de detecção de ar

Na Figura 68 pode-se observar o sistema de detecção de ar no lado de entrada de massa lubrificante, sem a tampa. Também se pode observar o sensor de posicionamento que serve para detetar a posição do êmbolo.

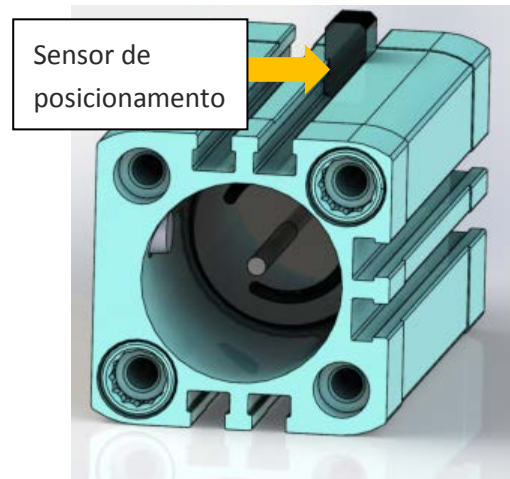


Figura 68 - Sistema de detecção sem a tampa inserida

O êmbolo, ao ser empurrado pela massa lubrificante, desloca-se até uma determinada posição. O sensor deverá ser colocado de forma a ficar alinhado com esta posição. Na injeção de apenas massa lubrificante, a posição do êmbolo, para um determinado cabo, é sempre a mesma, e será detetado pelo sensor. Contudo, caso exista passagem de ar, a força exercida no veio é menor e o deslocamento do êmbolo também será menor, ou mesmo nulo. Desta forma, o êmbolo não vai ficar alinhado com o sensor. O sensor, ao não detetar o êmbolo, dá a informação ao operário de que não foi injetada massa lubrificante, e que o sistema contém ar, permitindo que a operação seja interrompida e possa ser resolvida. Nas Figuras 69 e 70, podemos observar as posições do êmbolo, quando existe ar no sistema e quando é injetada apenas massa.

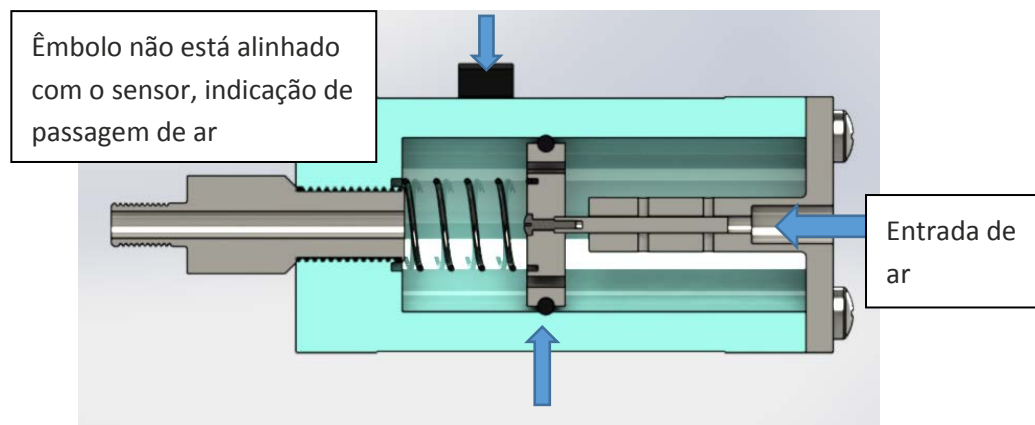


Figura 69 - Sistema sem massa lubrificante no seu interior

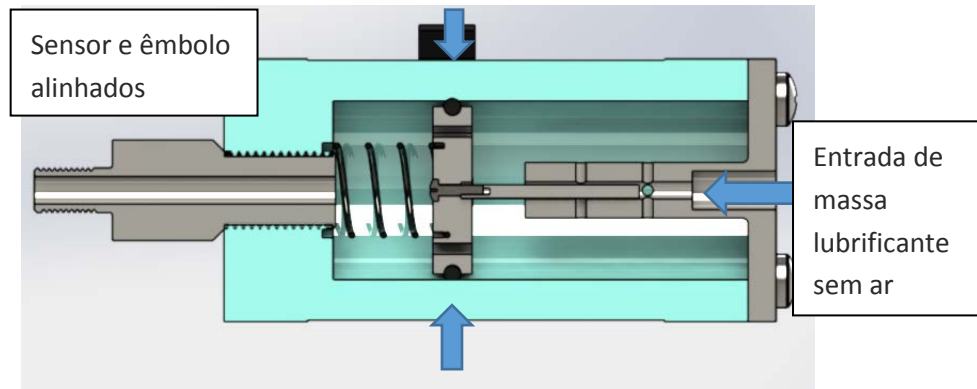


Figura 70 - Sistema durante o processo de injeção

O sensor de posicionamento selecionado para o sistema, foi um sensor magnético de proximidade FESTO SMEO-1-B, uma vez que apresenta um bom alcance de detecção e é de fácil adaptação (Figura 71) [77].



Figura 71 - Sensor FESTO SMEO-1-B

Podemos observar na Figura 72, a vista explodida dos vários componentes que compõem o sistema de detecção de ar. Na Figura 73 temos o conjunto completo da linha de injeção de massa lubrificante.

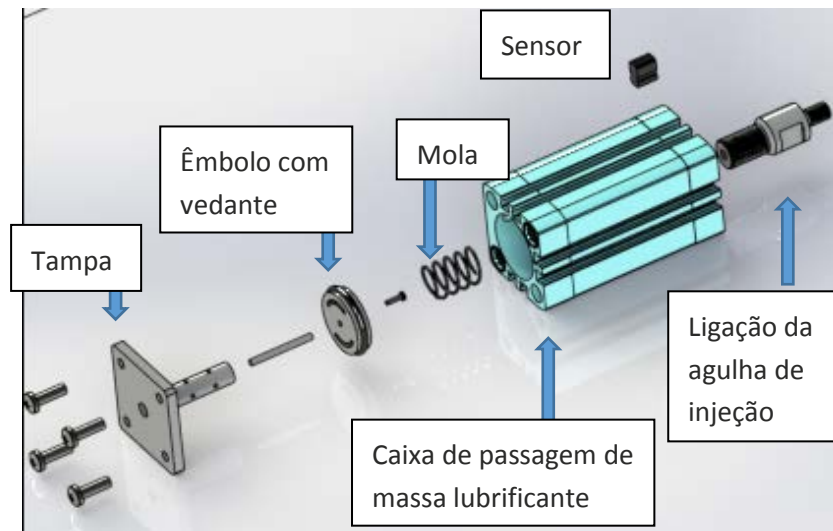


Figura 72 - Vista explodida do sistema

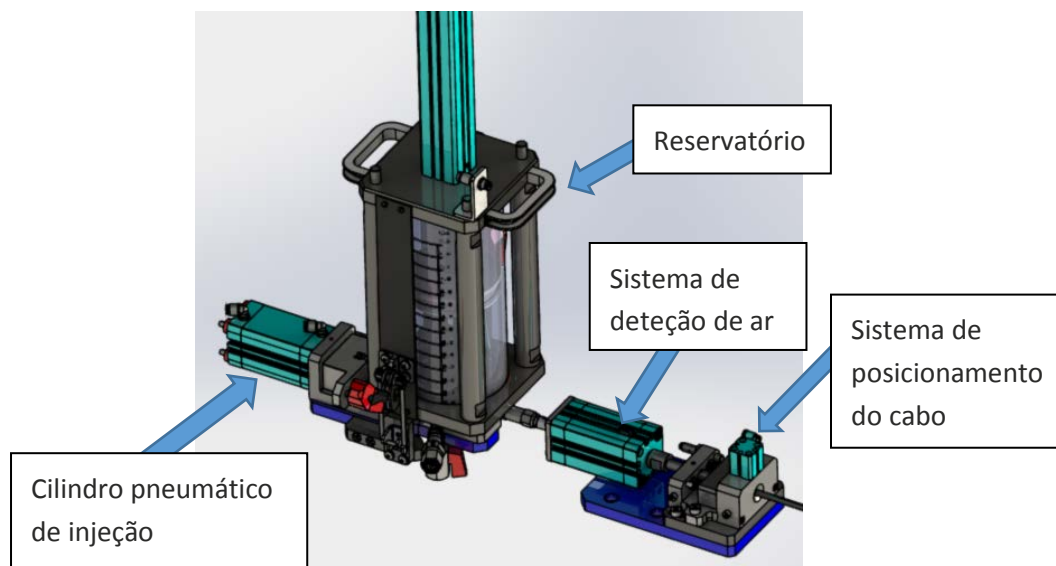


Figura 73 - Conjunto completo de todos os equipamentos que constituem o sistema de injeção final

### 3.5.4 Projeto do sistema de enchimento do reservatório

Neste trabalho, pretendeu-se realizar o projeto dos reservatórios, dos sistemas para o seu enchimento e para o seu transporte. O projeto dos reservatórios já foi apresentado e, neste subcapítulo, será apresentado o desenvolvimento do sistema de enchimento dos reservatórios.

O projeto do sistema de enchimento foi dividido em duas fases:

- Bancada de enchimento: estrutura onde são devidamente colocados os reservatórios para serem abastecidos de massa lubrificante;
- Mecanismo de enchimento: engloba o posicionamento e fixação do balde, que contém massa para o enchimento. Engloba também o mecanismo de extração de massa do balde e seu envio para os reservatórios.

Todos os desenhos de conjunto e de peças individuais estão apresentados no Anexo II.

#### 3.5.4.1 *Bancada de enchimento*

Uma vez retirados os reservatórios das linhas, estes têm de ir para o enchimento. Esta operação será realizada no armazém de logística, onde se encontra o *stock* de massa lubrificante. O sistema de enchimento será colocado neste armazém, deixando de ser um sistema móvel ou fixo na linha. Para o projeto deste sistema, foi necessário considerar os seguintes aspetos:

- O sistema deve permitir encher vários reservatórios ao mesmo tempo;
- A extração da massa do balde deve ser eficaz;
- A boa receção e fixação dos reservatórios durante o enchimento deve ser garantida;
- O correto posicionamento do balde deve ser conseguido com facilidade;
- O processo deve ser automatizado, o mais possível;
- O investimento inicial deve ser baixo.

Primeiramente, foi pensado um sistema que permita receber os reservatórios vazios e fixá-los corretamente, garantindo que durante a operação de enchimento estão estáveis e sem possibilidade de sofrerem danos. Para alcançar estes aspetos, foi desenvolvida a bancada apresentada na Figura 74. Esta bancada permite receber quatro reservatórios de cada vez, para o enchimento. Os perfis quadrangulares, juntamente com a chapa, suportam os reservatórios porque permitem o encaixe das suas tampas inferiores, mantendo-os na posição vertical.

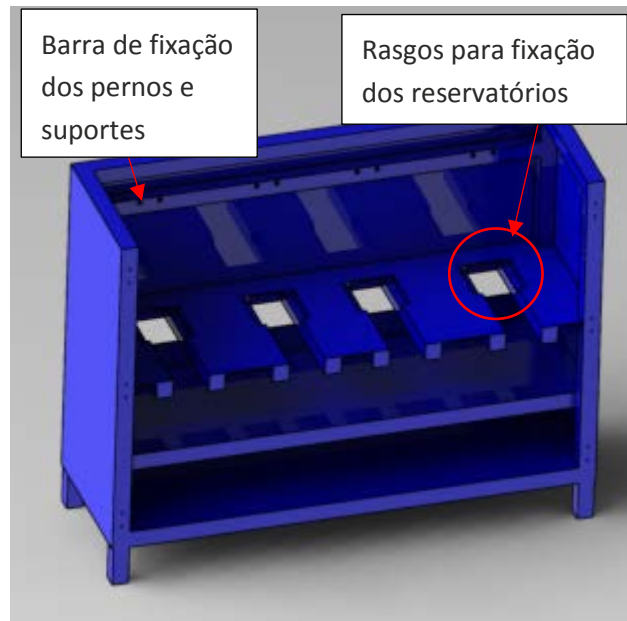


Figura 74 - Bancada para o enchimento

Para o apoio da parte superior de cada um dos reservatórios, é utilizado um suporte em “L” (PMPBAT1707) com um rasgo em “U”, para permitir a passagem do cilindro pneumático existente no reservatório (Figura 75). Existem dois pernos fixos (PMPCAS0254) na estrutura da bancada, com extremidades roscadas que atravessam o suporte através de duas ranhuras verticais. Estas permitem deslocar o suporte na vertical, para facilitar a entrada do reservatório (suporte subido). Após a colocação do reservatório, o suporte é deslocado para baixo de forma a encostar na tampa superior e fixar o reservatório, através do aperto das porcas borboleta.

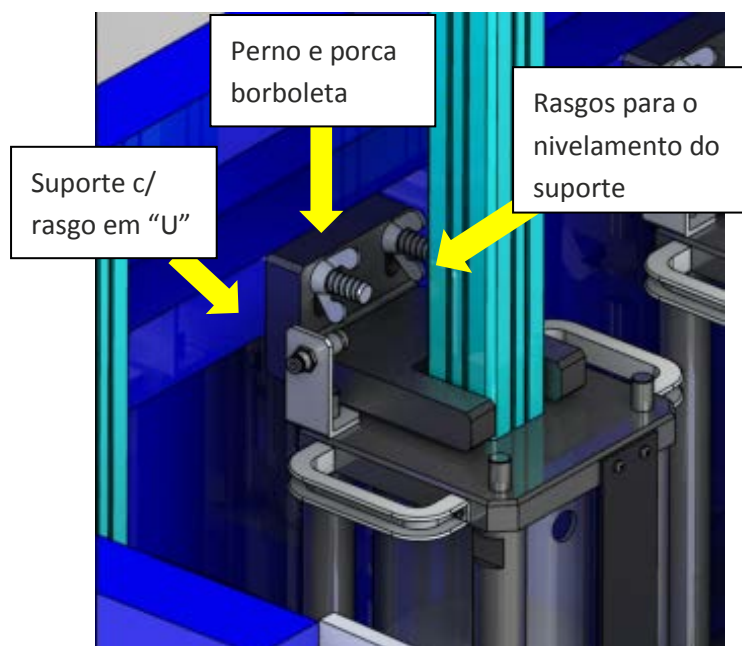


Figura 75 - Suporte dos reservatórios

Como já foi referido, as ranhuras existentes na bancada ajudam no encaixe dos reservatórios, permitindo colocá-los sem danificar os grampos ou os pinos (Figura 76). A abertura na parte de trás da bancada (Figura 77 (a)), dá acessibilidade para ligar a tubagem de enchimento nas válvulas dos reservatórios.

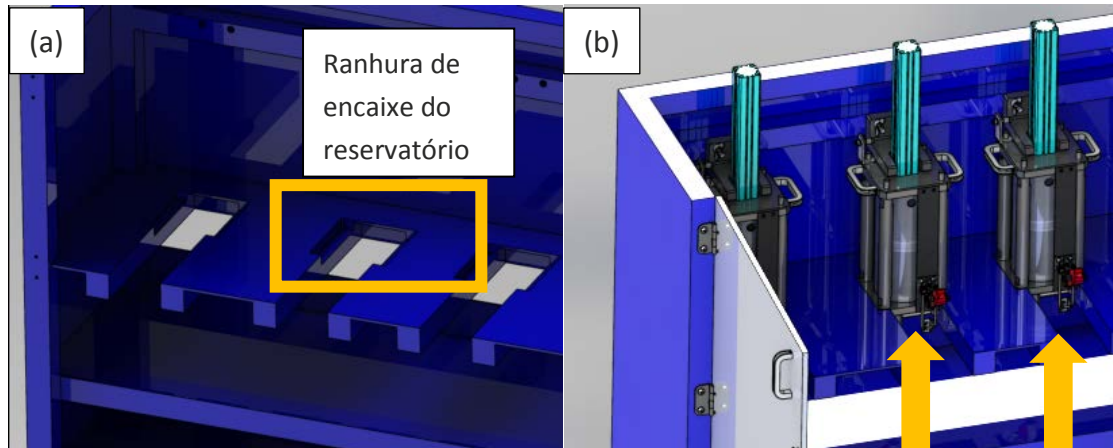


Figura 76 – Ranhuras para encaixe do reservatório (a); Reservatórios encaixados e fixos na bancada para enchimento (b)

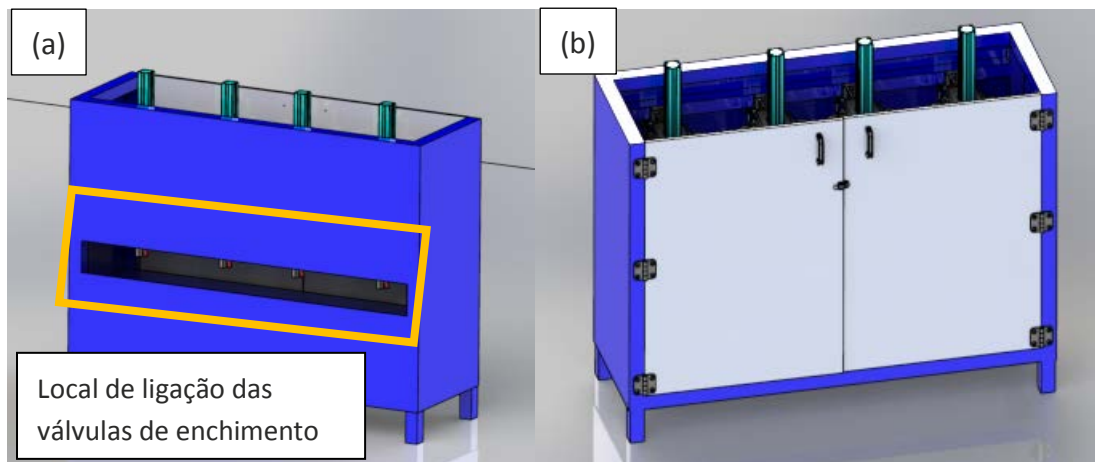


Figura 77 - Abertura na parte de trás da bancada, para permitir a ligação da tubagem aos reservatórios para o enchimento (a); Bancada com as portas fechadas (b)

A bancada na parte frontal, pode ser fechada por duas portas que evitam o manuseamento indevido dos reservatórios durante o enchimento (Figura 77 (b)).

### 3.5.4.2 Mecanismo de enchimento

Uma das intenções, no projeto do novo sistema de enchimento, foi eliminar a bomba de extração que faz a sucção da massa. Para remover a bomba, pensou-se em retirar a massa do balde através da sua base mas, para isto, será necessário abrir um furo no fundo do balde. Contudo, o escoamento da massa através deste furo, e apenas por ação da força gravítica, será demasiado lento, levando a tempos de enchimento muito elevados o que, evidentemente, não é benéfico para a produção. Além disso, seria muito difícil garantir a remoção de toda a massa do balde.

Foi então pensado um mecanismo que auxiliasse a extração da massa do balde, e que também permitisse o maior aproveitamento possível de toda a massa lubrificante existente no seu interior, reduzindo desperdícios. Para reduzir desperdícios, foi desenvolvido um disco com um diâmetro adaptado ao interior do balde, que conseguisse empurrar toda a massa existente no seu interior. Uma vez que o mesmo será empurrado contra a massa, de maneira a conseguir aproveitar o máximo possível de massa lubrificante, o diâmetro do disco tem de ser maior ou igual ao do balde. O disco é composto por dois discos metálicos (PMPDIS0030), com um disco de borracha entre eles (PMPDIS0031) (Figura 78). Os discos metálicos devem apresentar um diâmetro ligeiramente inferior ao diâmetro interior do balde, para não danificar a sua parede. Já o disco de borracha deve ter um diâmetro superior para ser pressionado contra a parede do balde e, assim, empurrar também a massa aí existente. A borracha nitrilica é flexível e deforma-se ligeiramente durante a descida, ao longo do balde, adaptando-se ao seu diâmetro interno e é adequada para contactos com lubrificantes.

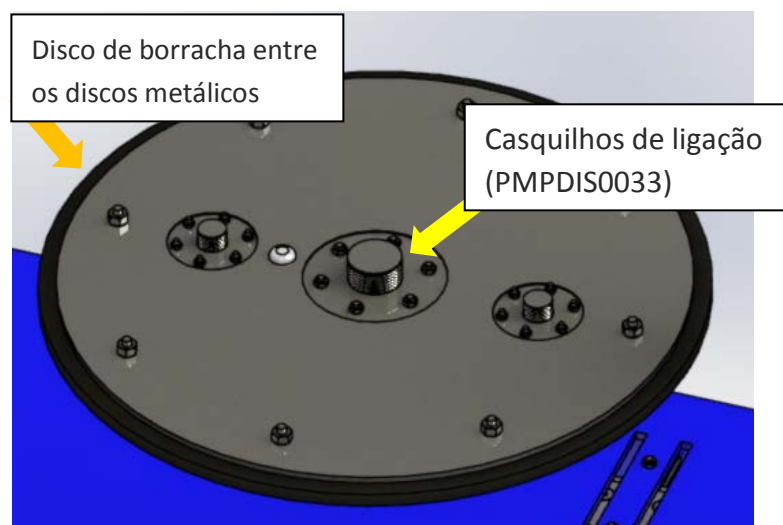


Figura 78 - Disco de extração da massa lubrificante

Para auxiliar a extração da massa, o disco terá de ser empurrado, durante o processo, por dois cilindros pneumáticos, posicionados na vertical e ligados a uma barra retangular (PMPBAS4841) (Figura 79). Esta barra é ligada ao disco através de três veios cilíndricos (PMPVEI1578). Assim, os cilindros pneumáticos permitem deslocar o disco na vertical. No sentido descendente, o disco auxilia a extração da massa, enquanto o movimento ascendente permite retirá-lo do interior do balde. O veio central é mais robusto e de maior diâmetro, uma vez que é o que está sujeito a maior esforço durante o processo. Os dois veios de menor diâmetro garantem a estabilidade do disco, não permitindo que o mesmo se deforme, uma vez que este vai estar em contacto com as paredes do balde.

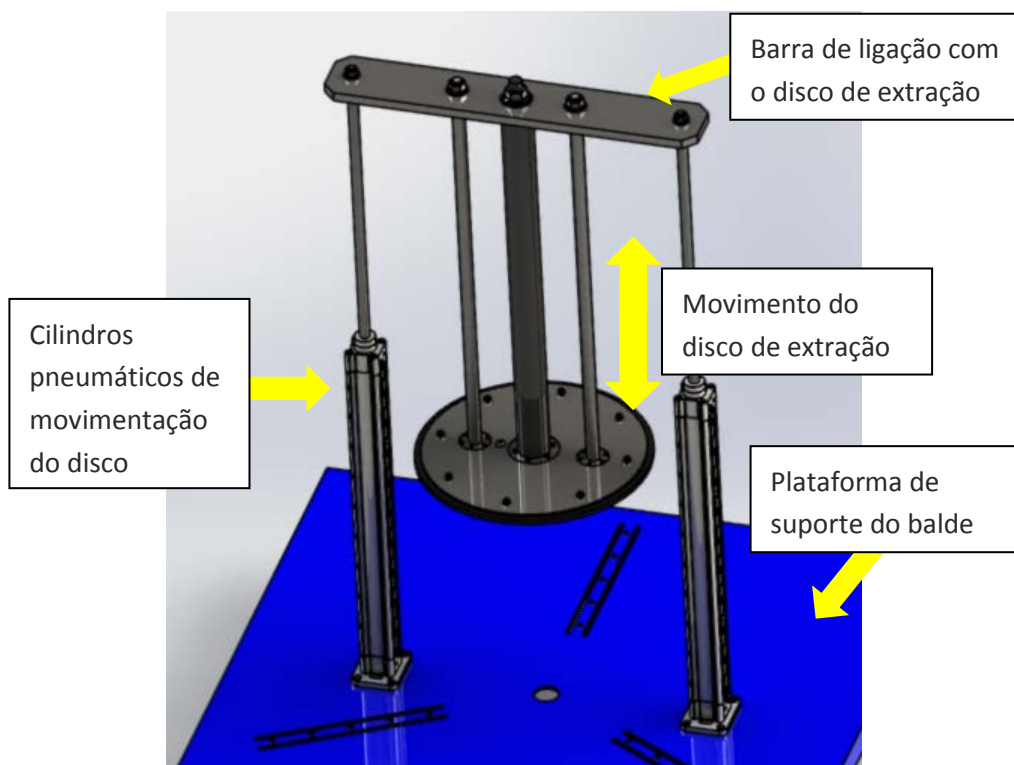


Figura 79 - Mecanismo de extração de massa

O mecanismo de enchimento dos reservatórios utilizado neste sistema, irá utilizar a mesma base dos sistemas de injeção de massa nos espiral, mas com uma dimensão e velocidade maior. Durante o esvaziamento do balde, a massa é empurrada pelo furo no balde, que se vai encontrar por cima do mecanismo de enchimento. A massa lubrificante vai entrar na peça de armazenamento (PMPAPO2465) (Figura 80) e, posteriormente, será empurrada por um êmbolo (PMPAPO2469) para o seu orifício de saída, ao qual está ligada à tubagem que transporta a massa lubrificante para os reservatórios. Esta peça está fixa à plataforma de suporte do balde e também suporta todo o mecanismo.

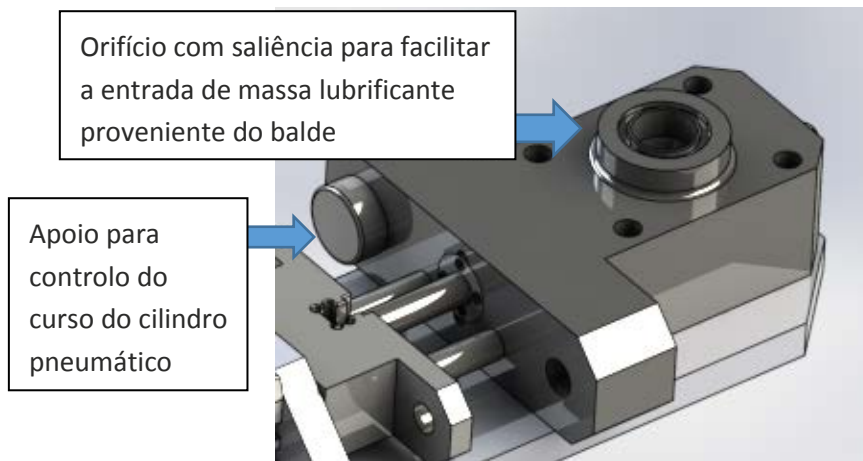


Figura 80 – Peça de armazenamento de massa lubrificante

Quem transmite o movimento ao êmbolo para empurrar a massa lubrificante existente na peça de armazenamento, será um cilindro pneumático (Figura 81).

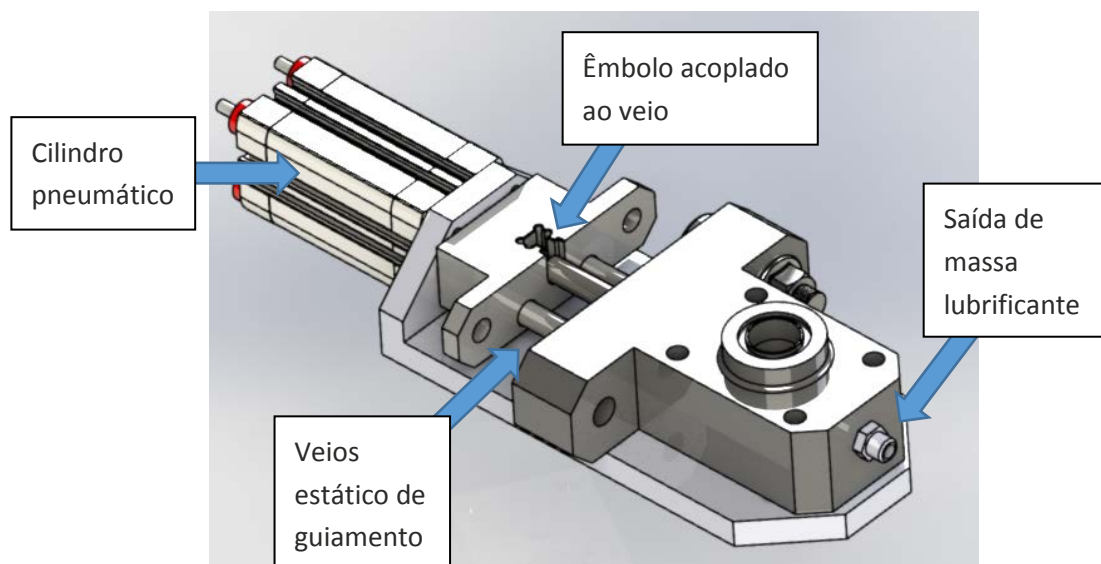


Figura 81 - Sistema de bombeamento e enchimento dos reservatórios

O êmbolo tem na sua extremidade um veio (PMPVEI1576) que empurra a massa lubrificante do interior da peça de armazenamento para a tubagem. Este êmbolo é guiado por dois veios estáticos, sendo o seu retorno realizado quando encosta no apoio (Figura 80). Este apoio pode ter dimensões diferentes, consoante o deslocamento pretendido para o veio que injeta a massa lubrificante. O êmbolo contém furos, que permitem levar apoios de borracha para amortecer o impacto e evitar contactos entre peças metálicas.

A presença da saliência no orifício de entrada de massa lubrificante na peça de armazenamento, permite que esta entrada fique ligeiramente acima do nível da plataforma de suporte do balde (Figura 82). Desta forma, durante o enchimento, o fundo do balde é pressionado contra esta saliência. O furo no fundo do balde deverá estar coincidente com esta saliência. Ao redor da mesma, existe um O-ring que irá impedir possíveis fugas de massa lubrificante por esta zona.

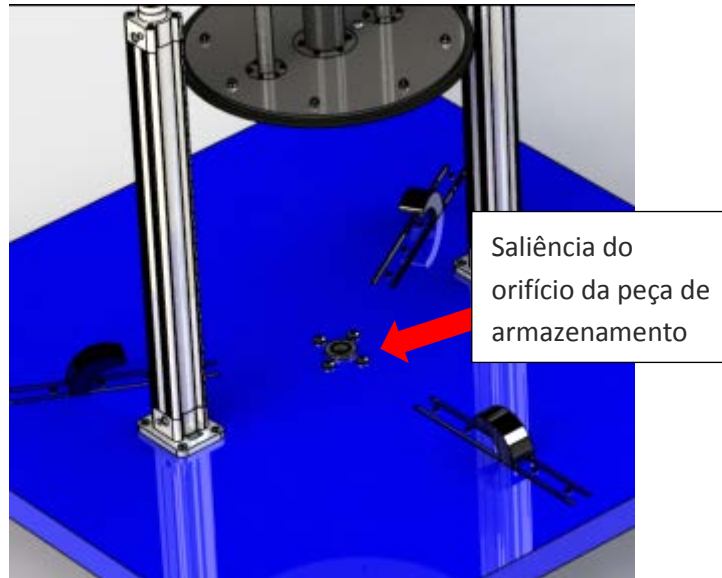


Figura 82 - Bancada de posicionamento do balde para enchimento

À frente da peça de armazenamento irá ser montado um adaptador para a ligação da tubagem, que pode ser variável, consoante o tamanho pretendido para o tubo (Figura 81).

O balde, durante a extração da massa lubrificante do seu interior, para o conseqüente enchimento dos reservatórios, deve encontrar-se fixo e corretamente posicionado, ou seja, de forma a que a sua saída coincida com o orifício de entrada da massa lubrificante na peça de armazenamento. Para alcançar isto, foi desenvolvido um mecanismo de fixação do balde que também deverá permitir a utilização de baldes com diferentes diâmetros. Isto fica a dever-se ao facto de na empresa serem utilizados baldes cujo diâmetro pode variar entre 300 e 500 mm.

De forma simplificada, este mecanismo, apresentado nas Figuras 83 e 84, é acionado por um cilindro pneumático que empurra uma cremalheira (22420), provocando a rotação de um pinhão (22400). Esta rotação é transmitida a um disco (PMPDIS0025) com três braços

(PMPBRA0053), cujo movimento provoca o deslocamento simultâneo de três patins e, conseqüentemente, das três garras (PMPGAA0130) que se encontram fixas nos patins.

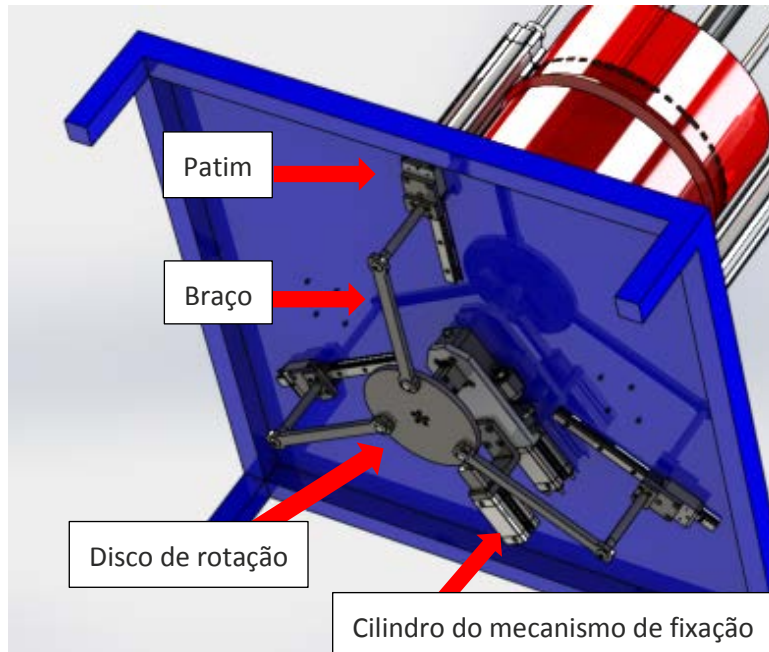


Figura 83 - Sistema de fixação e centragem do balde

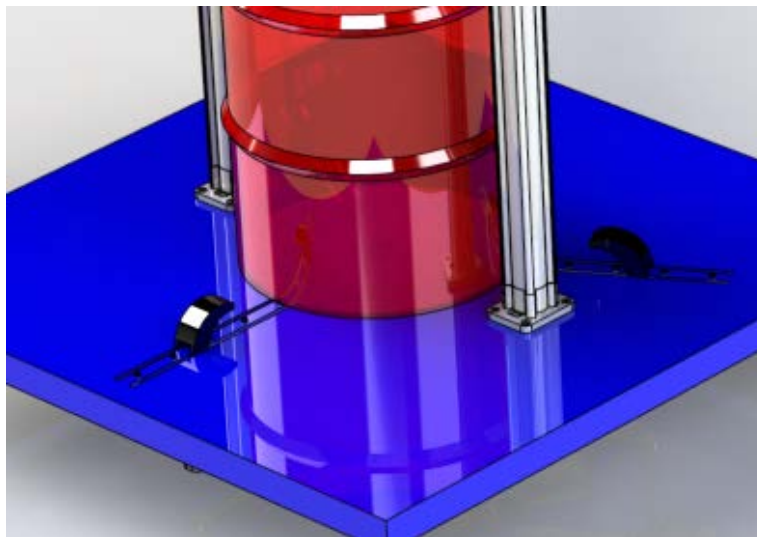


Figura 84 - Garras de aperto do balde

A rotação do disco num determinado sentido provoca o deslocamento das garras em direção ao centro, realizando o posicionamento e fixação do balde. A rotação do disco em sentido contrário afasta as garras do balde, permitindo que este seja removido. A Figura 85 mostra o sistema de movimentação das garras.

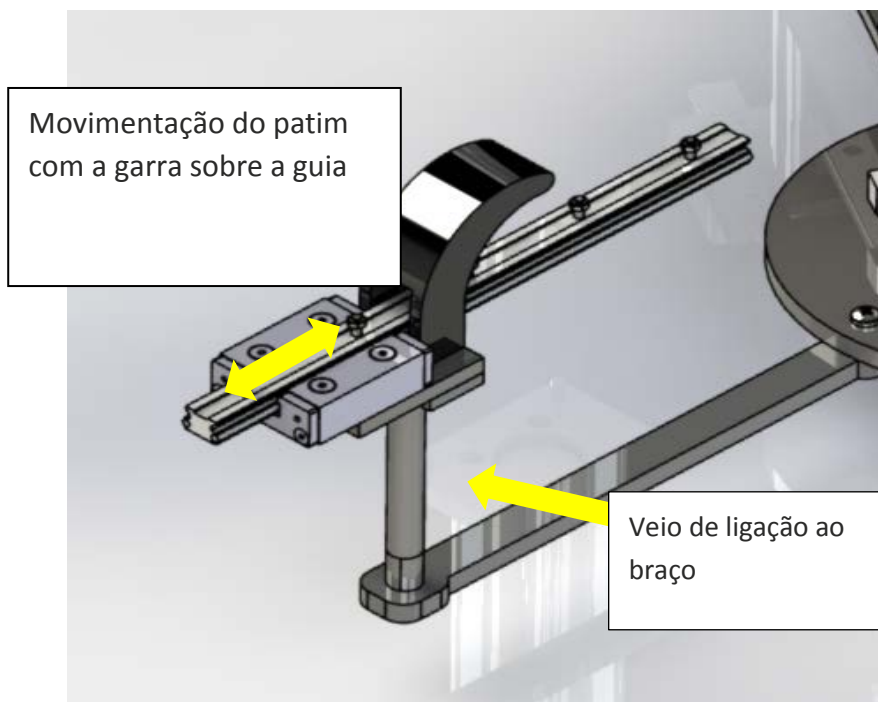


Figura 85 - Sistema de movimentação das garras

Os patins estão separados entre eles de 120 graus, e transportam com grande facilidade as garras até ao balde. Estes patins são guias de rolos ajustáveis de simples montagem, e foram escolhidos por apresentarem altas velocidades, baixo atrito, deslocamentos ajustados às necessidades e baixo ruído. Estas guias de rolos são compostas por um carro de alumínio, ou patim, de rolos perfilados e um trilho reto. O fator mais importante na escolha das guias foi o tamanho do trilho, que teria de permitir receber todo o tipo de baldes, desde grandes a pequenos, cobrindo todas as variações de diâmetro.

Como já foi referido, na empresa existem baldes com diâmetros entre os 300 e 500 mm. Assim, para ser possível fixar e remover todos os tipos de baldes, o deslocamento dos patins nos respetivos trilhos tem de ser superior a 200 mm. Para isso, foram selecionadas guias lineares com patim da INA LFS20 (ver o Anexo IV). Para existir a liberdade de rotação do veio de ligação ao braço durante o movimento das garras, este apresenta um rolamento 626-Z (Figura 86).

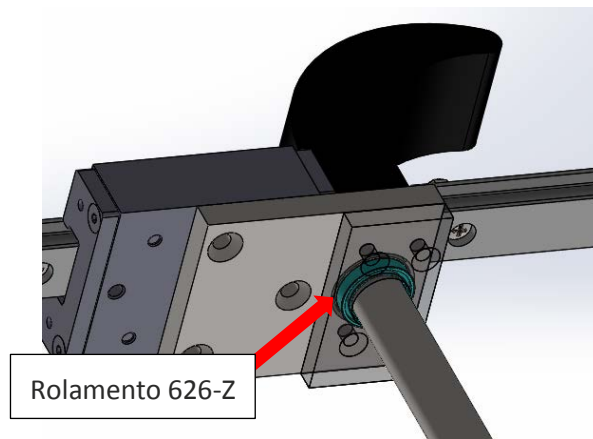


Figura 86 - Caixa para rolamento, para rotação dos braços

A garra não contacta com a plataforma de suporte do balde (AMPBAC0366), para não criar mais atritos, e apresenta a ponta fina para “cravar” no balde e impedir que o mesmo se desloque para algum dos lados. Estas garras apoiam em três pontos distintos, para garantir uma fixação eficaz do balde. O comprimento das garras permite que estas, no fim do trilho dos patins, consigam apertar o balde mais pequeno que existe na empresa.

O braço horizontal possui um rolamento 626-Z na extremidade, junto ao disco, e está alojado no próprio braço. Na ligação do braço com o disco, passa pelo orifício do braço uma peça de ligação, que é aparafusada ao disco (Figura 87).

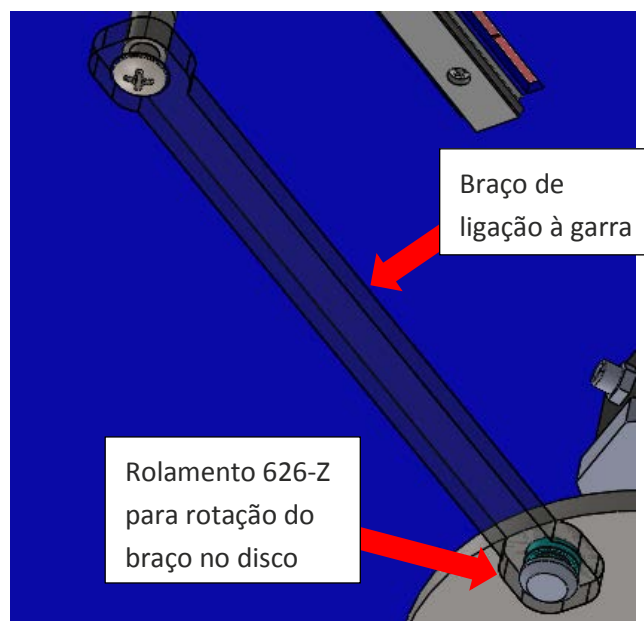


Figura 87 - Braço de ligação da garra com o sistema de posicionamento

O disco é a base deste mecanismo, uma vez que é a peça que transmite o movimento do cilindro pneumático para os braços e garras. Para centrar o mecanismo de fixação, existe um veio posicionado no centro do disco (PMPVEI1575), que centra o mecanismo na plataforma de suporte do balde. Este veio está acoplado a dois rolamentos 61900, que permitem a liberdade de movimento de rotação do disco e garantem um correto nivelamento e estabilidade à estrutura (Figura 88).

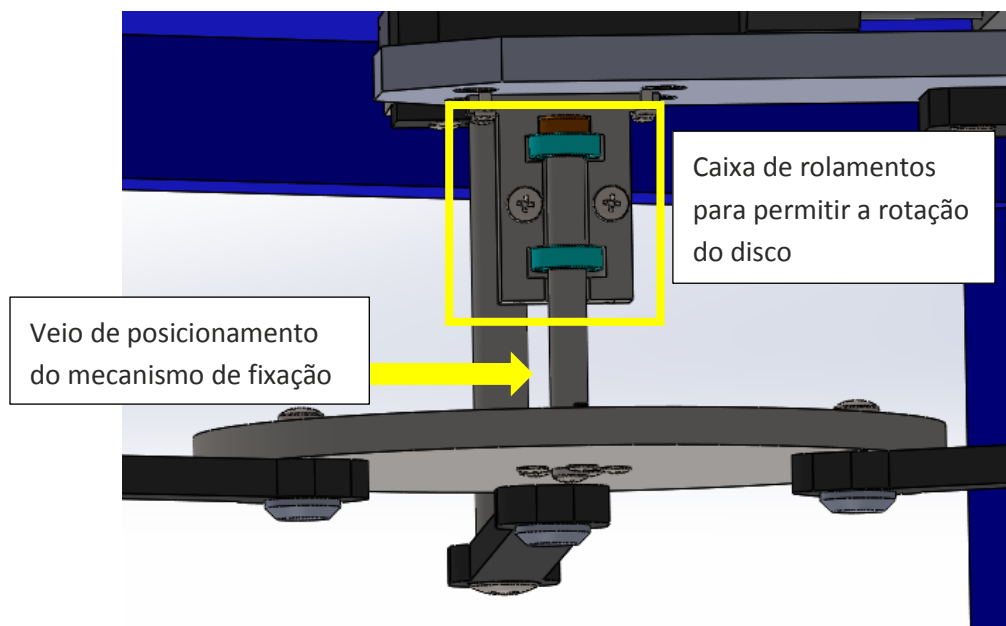


Figura 88 - Caixa de rolamentos para rotação do disco

A caixa de suporte dos rolamentos (PMPCAX0304 e PMPCAX0305), que aloja o veio e que por sua vez suporta o disco, é fixa por baixo do mecanismo de bombeamento (Figura 89). O veio deverá estar alinhado com o orifício de saída da massa lubrificante do balde.

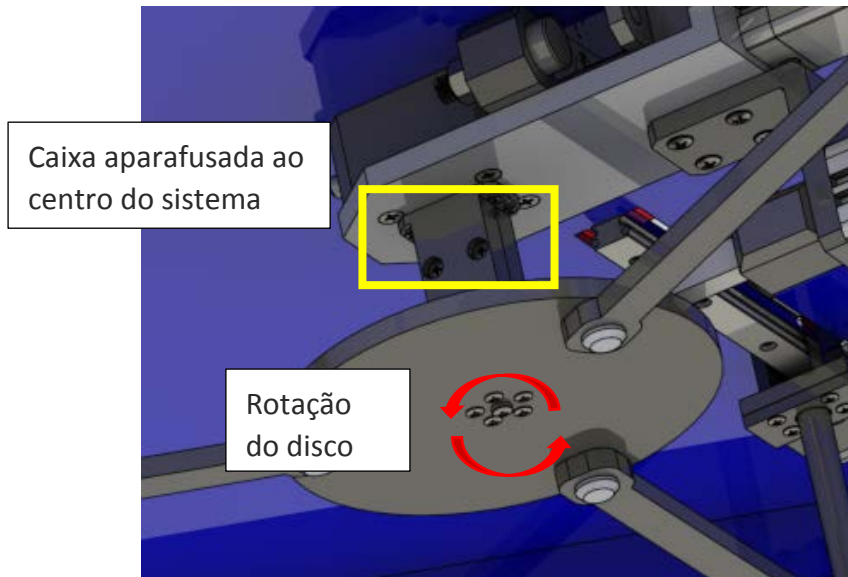


Figura 89 - Disco de transmissão do movimento para as garras e a respetiva caixa de posicionamento

Uma parte importante é o mecanismo que cria o movimento no sistema e o transmite a todos os componentes do mesmo. O pilar principal, é o cilindro pneumático que vai empurrar o êmbolo (PMPACAX0303) que suporta uma cremalheira (Figura 90). O deslocamento da cremalheira provoca a rotação de um pinhão que se encontra fixo no veio e a rotação do disco e, conseqüentemente, o deslocamento das garras.

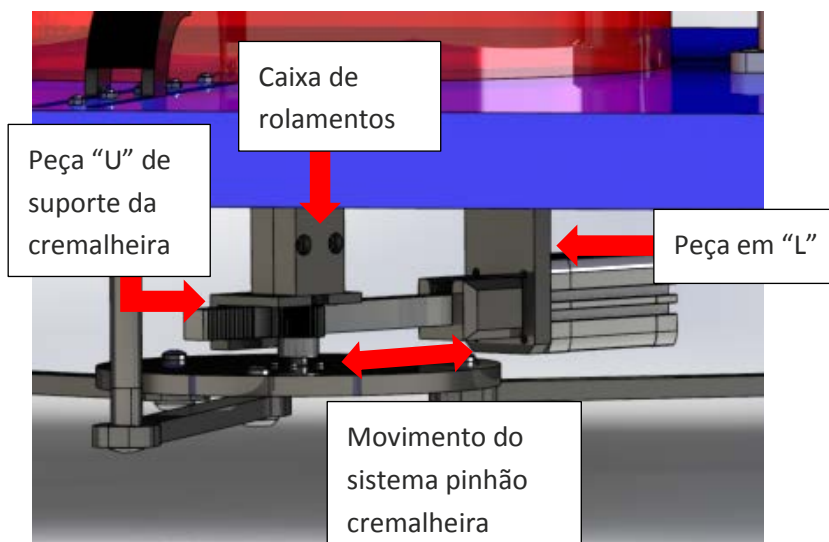


Figura 90 - Sistema de fixação completo

A peça em "L" (PMPAPO2464) (Figura 90) tem como função suportar o cilindro e está ligada ao sistema de bombeamento da massa lubrificante para os reservatórios. Para guiar a

cremalheira, existe uma peça em “U” (PMPAPO2466), por onde desliza e impede o seu desalinhamento. Esta peça está fixa na caixa de rolamentos (Figura 91).

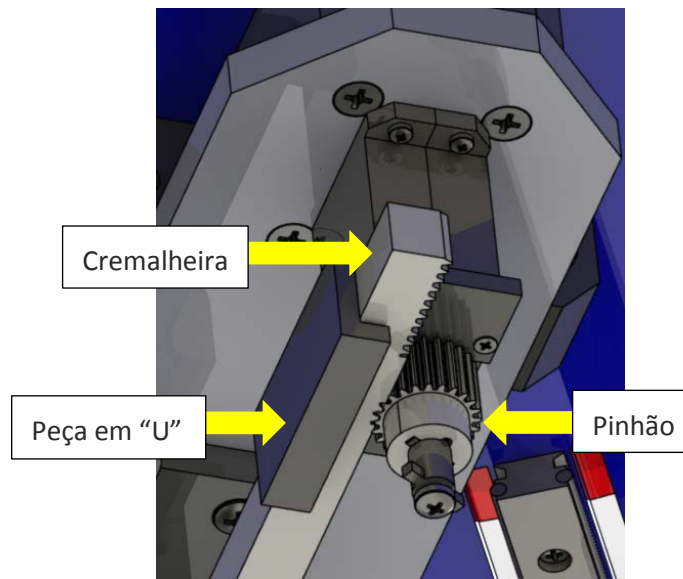


Figura 91 - Sistema Pinhão/Cremalheira

Para o pinhão conseguir transmitir o movimento ao veio, é necessário que os mesmos estejam ligados. A transmissão do movimento do pinhão para o veio é efetuada pela aplicação de uma chaveta (Figura 92). A cremalheira é toda dentada ao longo do seu comprimento, apesar de não parecer na Figura 92.

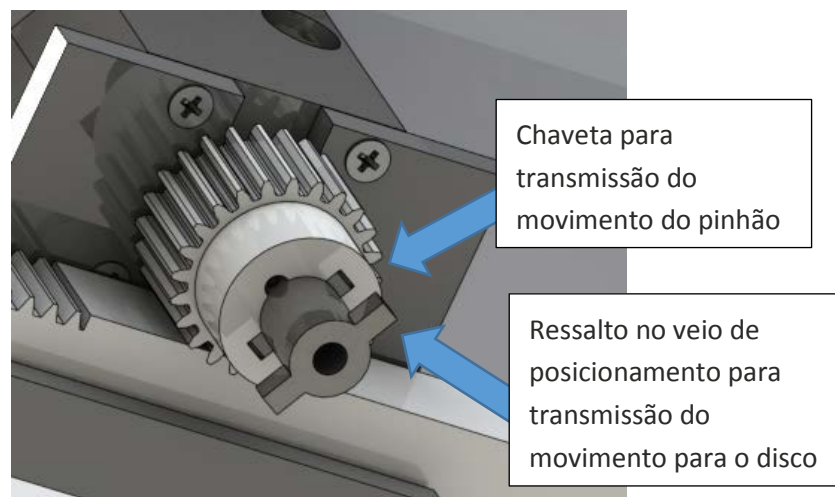


Figura 92 - Veio com chaveta para transmissão do movimento para o disco

O veio, além de roscado ao disco, tem dois ressalto que encaixam em dois rasgos existentes no furo central do disco. O deslizamento dos ressalto ao longo dos rasgos é impedido pela tampa circular aparafusada ao disco (Figura 93).



Figura 93 - Encaixe do veio no disco

Por fim, na outra extremidade do veio vai existir uma peça (tampa) de suporte roscada no veio e fixa na caixa de rolamentos. Esta tampa irá suportar o veio e conseqüentemente o disco, impedindo o seu deslocamento vertical, mas sem restringir a sua rotação. A tampa no momento de montagem do pinhão e da peça de ligação do veio ao disco, é removida para facilitar este processo. O interior da caixa pode ser observado na Figura 94.

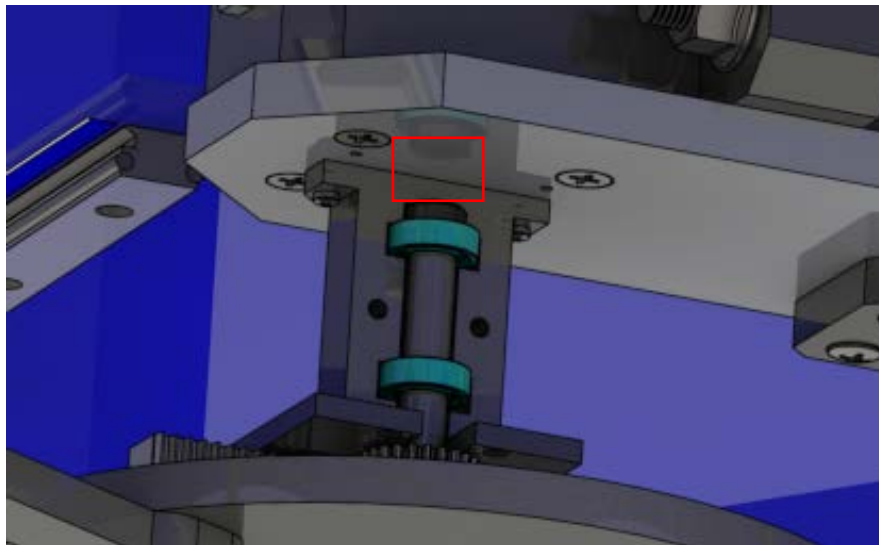


Figura 94 - Tampa de suporte dos rolamentos

Por último, mas não menos importante, é necessário definir como será realizada a transição de massa lubrificante do sistema de enchimento para os respectivos reservatórios. Uma vez que era intenção encher mais do que um reservatório ao mesmo tempo, para minimizar o tempo de operação, foi necessário alterar a tubagem utilizada no processo.

Todos os acessórios hidráulicos utilizados nos reservatórios, não se alteraram. No entanto, existem algumas alterações no dimensionamento das tubagens e respetivos acessórios do sistema de enchimento. Para realizar a distribuição da massa lubrificante pelos diferentes reservatórios, foi necessário aplicar um distribuidor, que dividisse o caudal de massa lubrificante para cada equipamento, minimizando perdas de carga ou possíveis desperdícios. Foi definido, como se pode verificar pela bancada, que seriam enchidos quatro reservatórios de cada vez e, portanto, o distribuidor tem de possuir pelo menos quatro saídas de massa lubrificante, como o exemplo da Figura 95.



Figura 95 - Exemplo de distribuidor de caudal [78]

Para controlar a quantidade de massa lubrificante, que é inserida nos reservatórios, o distribuidor possui em cada saída uma válvula de passagem, que permite abrir ou fechar qualquer uma das saídas. Assim, será possível encher pelo menos quatro reservatórios ao mesmo tempo e se, por exemplo, o enchimento de um determinado reservatório for mais rápido do que os outros, pode-se fechar apenas a alimentação desse reservatório, continuando o enchimento dos restantes. Podemos ver na Figura 96, o conjunto final da bancada com o sistema de enchimento completo.

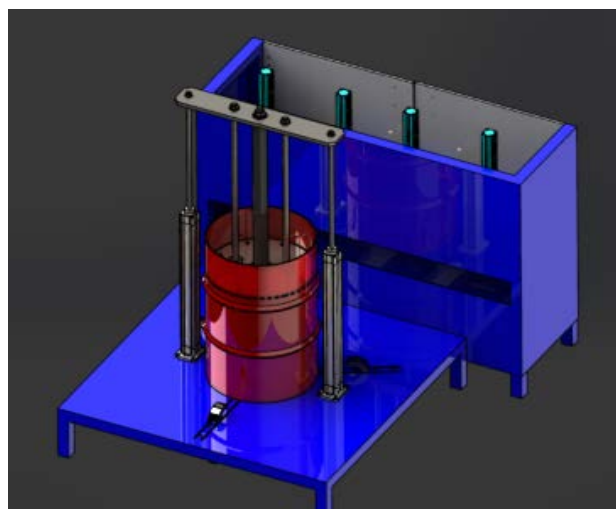


Figura 96 - Sistema de enchimento completo

### 3.5.5 Projeto do mecanismo de transporte dos reservatórios

Para transportar os reservatórios das linhas para o armazém, e para realizar o enchimento e voltar a transportá-los para a linha novamente, é proposta a utilização do comboio logístico da empresa, que circula pelo interior da fábrica a entregar e recolher produtos. Estes comboios permitem acoplar vários atrelados para realizar o respetivo transporte. Contudo, os atrelados existentes na empresa não estão preparados para o transporte dos reservatórios. Assim, foi necessário projetar uma estrutura (bancada) para transportar, em segurança, diversos reservatórios. Todos os desenhos técnicos de conjunto e de peças individuais projetados para este sistema estão apresentados no Anexo III.

A bancada (AMPBAC0364) projetada para transportar os reservatórios é composta por perfis quadrangulares de 30 mm de lado e com uma chapa de aço de 5 mm de espessura. Esta bancada permite a colocação de três reservatórios (Figura 97).

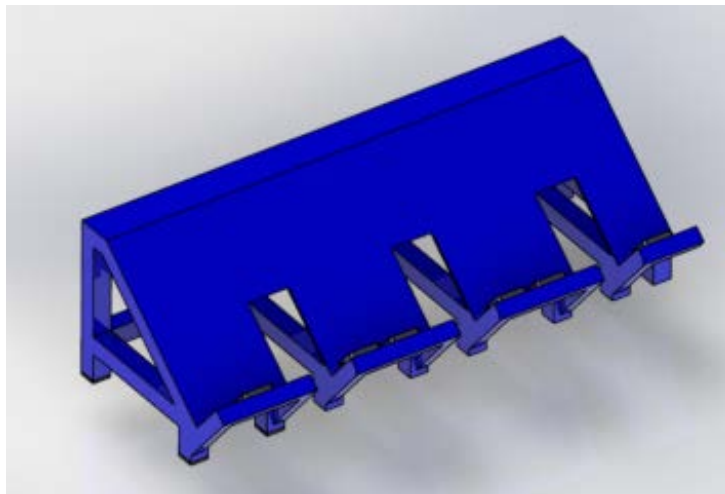


Figura 97 - Bancada para transporte

A inclinação dada à chapa da bancada permite apoiar os reservatórios pela sua lateral, conferindo maior estabilidade aos mesmos e, além disso, diminuir a altura da bancada. Se os reservatórios fossem colocados na vertical, não iriam caber na estrutura de transporte ou, pelo menos, não iriam caber o mesmo número de reservatórios. As ranhuras existentes na chapa inclinada (Figura 98), facilitam o posicionamento dos reservatórios, permitindo que não tenham de ser removidos os grampos ou que fiquem encostados na chapa, o que, neste caso, poderia provocar danos em ambos. Estas ranhuras também evitam a interferência da bancada de transporte com os pinos-guia e com a válvula de enchimento.



Figura 98 - Bancada para transporte (vista de trás)

A chapa é quinada no fundo, e suportada por perfis quadrangulares de 30 mm de lado, assegurando o suporte dos reservatórios pela tampa inferior. Esta zona da chapa possui dois batentes metálicos (PMPAPO2463) para cada reservatório, posicionados e distanciados de forma a que a tampa inferior encaixe entre os batentes (Figura 99). Cada batente possui um íman na face lateral (ver anexo IV), que contacta com a tampa do reservatório (Figura 99), melhorando a fixação deste.

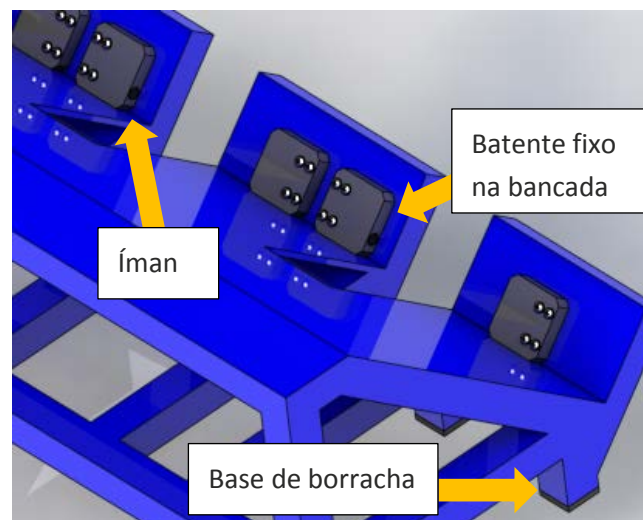


Figura 99 - Posicionamento dos batentes

Os pés da bancada têm bases de borracha (PMPAPO2599), que evitam danificar a superfície onde vai assentar e aumentam o atrito entre os pés da bancada e a referida superfície, evitando possíveis escorregamentos. Em cada patamar do reboque de transporte, já existente na empresa, é possível colocar duas bancadas, sendo até aconselhável, visto que, uma faz de apoio à outra e vice-versa, garantindo estabilidade durante o transporte. Uma vez que cada

reboque apresenta três patamares, consegue-se levar seis bancadas de transporte e dezoito reservatórios (Figura 100).

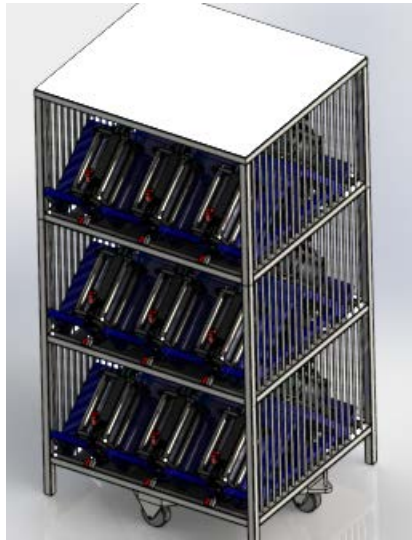


Figura 100 - Sistema de transporte dos reservatórios

Apesar de o sistema de enchimento, como já se verificou, apresentar uma bancada de fixação dos reservatórios, esta apenas permite colocar quatro, sendo o número total de reservatórios, de todas as linhas, trinta e oito. Por este motivo, se existirem mais de quatro para encher, é necessário colocá-los num local ou estrutura, onde possam permanecer até que seja possível colocá-los no sistema de enchimento. Para ultrapassar este problema, foram projetadas duas estruturas iguais, designadas por bancadas de receção (AMPBAC0363) (Figura 101).

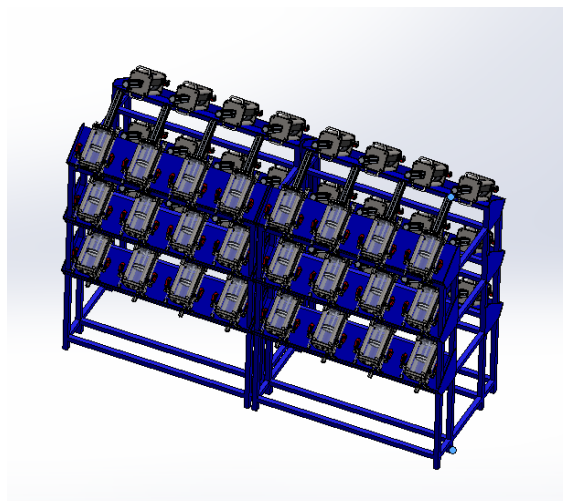


Figura 101 - Bancada de receção dos reservatórios

Cada bancada permite colocar reservatórios de ambos os lados, com três patamares cada. A altura máxima da bancada é de aproximadamente um metro e meio, o que facilita a colocação de reservatórios mesmo no patamar mais alto. São utilizados perfis quadrangulares de 30 mm de lado e chapas quinadas e planas, soldadas aos perfis. A estrutura apresenta inclinação nos patamares para suportar os reservatórios, tal como a bancada de transporte. No entanto, não necessita de ranhuras, uma vez que nem as pegas, nem os grampos ou os pinos, ficam pressionados contra a estrutura. O comprimento de um patamar é suficiente para colocar quatro reservatórios, bem afastados entre si e da estrutura lateral da bancada de receção. Além disso, a disposição dos patamares foi pensada, de forma a evitar o contacto entre cilindros dos reservatórios, quando colocados na bancada. Os pés, tal como a abancada de transporte, também apresentam uns apoios de borracha. Podemos observar estas características na Figura 102, onde é apresentada apenas uma bancada de receção.



Figura 102 - Bancada de receção vazia

### 3.5.6 Dimensionamento dos cilindros pneumáticos

A escolha dos cilindros teve em conta os seguintes fatores:

- Força necessária;
- Curso necessário do cilindro;
- Espaço ocupado e modo de fixação;
- Cilindro de duplo efeito;

- Custo.

Para a seleção dos cilindros pneumáticos a utilizar no sistema de enchimento, foi preciso considerar todos os esforços existentes em cada uma das situações. No sistema temos três tipos de cilindros pneumáticos, com funções distintas e forças necessárias diferentes, para executar a sua funcionalidade com o máximo de eficiência.

Nos cilindros verticais (Figura 103), que realizam a movimentação vertical do mecanismo de extração da massa lubrificante do interior do balde, a situação mais crítica ocorre na remoção do mecanismo de extração do interior do balde (ou seja, no movimento ascendente), devido ao peso da estrutura e ao atrito proveniente do disco de borracha sobre as paredes do balde. Além disso, é criado vácuo no movimento ascendente, que aumenta a dificuldade na extração do disco.

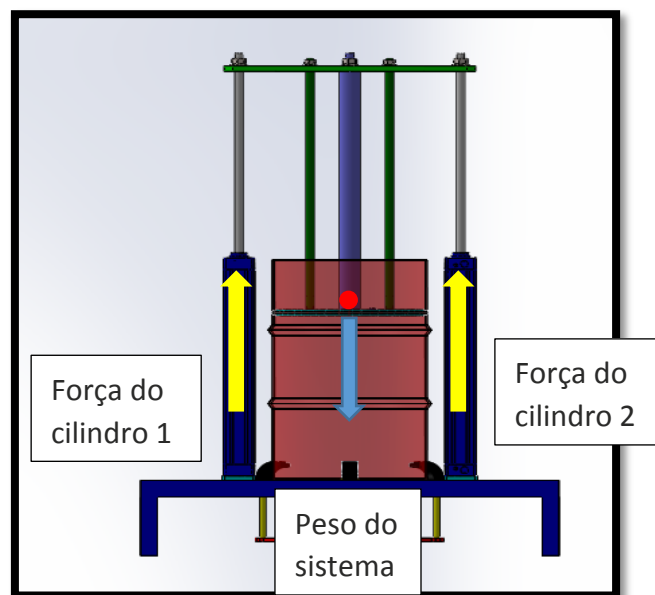


Figura 103 - Esforços dos cilindros verticais

A Equação 1 representa a situação de esforços existentes no processo mencionado:

$$\begin{aligned} \sum Fy &= P - 2 \cdot F_{cilindro} = 0 & (1) \\ \Leftrightarrow P &= 2 \cdot F_{cilindro} \\ \Leftrightarrow m_{sistema} \times a_{gravitica} &= 2 \cdot F_{cilindro} \\ \Leftrightarrow F_{cilindro} &= \frac{(m_{sistema} \times a_{gravitica})}{2} \end{aligned}$$

Em que:

$Fy$  – Força no eixo Y (N)

$P$  – Peso do sistema (N)

$F_{cilindro}$  – Força do cilindro pneumático (N)

$m_{sistema}$  – Massa do sistema de extração (kg)

$a_{gravitica}$  – Aceleração gravítica ( $m/s^2$ )

Através do SolidWorks®, podemos tirar uma estimativa da massa do sistema de 27,5 kg e substituindo os valores na Equação 1, temos:

$$F_{cilindro} = \frac{27,5 \times 9,81}{2} = 134,89 \text{ N}$$

No entanto, em algumas situações temos também de considerar a força de atrito entre o disco de borracha e o balde de massa lubrificante. Por isso, a este valor foi considerado um coeficiente de segurança (CS) de 3,5, ou seja:

$$F_{cilindro\ ideal} > F_{cilindro} \times CS = 134,89 \times 3,5 = 472,11 \text{ N}$$

Sabendo que o curso do cilindro, terá de ser no mínimo de 800 mm, para que consiga efetuar a remoção do disco do interior do balde, que tem uma altura máxima de 700 mm, o cilindro selecionado foi um cilindro *standard* normalizado ISO 15552 da FESTO, de duplo efeito, como o da Figura 104, com a designação DSCB – 40-800-PPSA-N3, que realiza uma força de 754 N, a 6 bar de pressão.

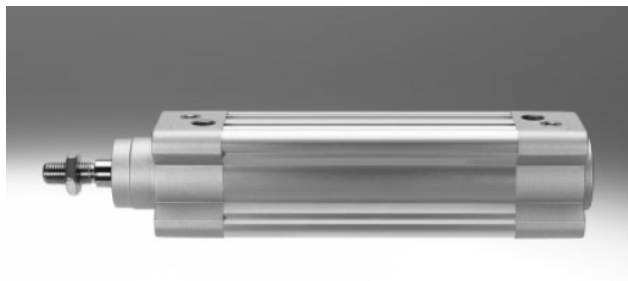


Figura 104 - Cilindro standard ISO 15552 FESTO de duplo efeito [79]

O cilindro pneumático a utilizar no sistema de fixação e centragem do balde, que está ligado ao sistema de pinhão e cremalheira, situado por baixo da bancada, terá de executar uma força suficiente para deslocar o balde cheio para o centro da bancada, com a ajuda das garras. A situação das forças aplicadas durante este procedimento, considerando o respetivo centro de massa do balde e as forças aplicadas no mesmo, estão indicadas na Figura 105.

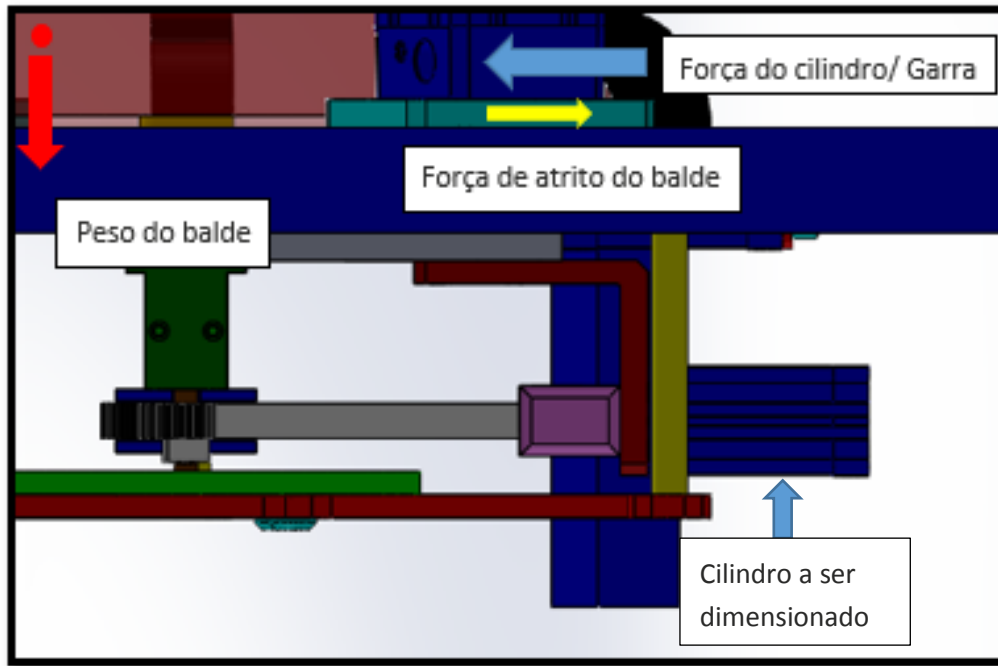


Figura 105 - Forças aplicadas durante o processo de fixação do balde

Através da Figura acima, podemos observar, que a força do cilindro terá de vencer a força de atrito provocada pelo peso do balde de massa lubrificante. Sabendo que a densidade da massa lubrificante é de  $860 \text{ kg/m}^3$ , e que o balde tem cerca de 60 litros de massa lubrificante, podemos tirar o peso do balde, pela equação 2:

$$m_{\text{balde cheio}} = (\rho_{\text{massa}} \times V_{\text{balde}}) + m_{\text{balde}} = \left( 860 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times 60 \times 10^{-3} (\text{m}^3) \right) + 4 (\text{kg}) = 55,6 \text{ kg} \quad (2)$$

Para o cálculo da força que o cilindro terá de realizar para fazer mover o balde, temos a seguinte equação 3:

$$\begin{aligned} F_{\text{cilindro}} &> F_{\text{atrito estático}} & (3) \\ \Leftrightarrow F_{\text{cilindro}} &> P_{\text{balde}} \times \mu_{\text{atrito estático}} \\ \Leftrightarrow F_{\text{cilindro}} &> m_{\text{balde}} \times a_{\text{gravitica}} \times \mu_{\text{atrito estático}} \\ \Leftrightarrow F_{\text{cilindro}} &> 55,6 \times 9,81 \times 0,61 = 332,72 \text{ N} \end{aligned}$$

Em que:

$m_{\text{balde}}$  – Massa do balde (kg)

$\rho_{\text{massa}}$  – Densidade da massa lubrificante  $\left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$

$V_{\text{balde}}$  – Volume da massa lubrificante do balde ( $\text{m}^3$ )

$F_{\text{cilindro}}$  – Força do cilindro (N)

$F_{\text{atrito estático}}$  – Força de atrito estático do balde (N)

$P_{balde}$  – Peso do balde (N)

$\mu_{atrito\ estático}$  – Coeficiente de atrito estático entre alumínio e aço (0,61) [80]

$a_{gravítica}$  – Aceleração gravítica ( $m/s^2$ )

Considerado um coeficiente de segurança (CS) de 3,5, ao valor da força necessária, é:

$$F_{cilindro\ ideal} > F_{cilindro} \times CS = 332,72 \times 3,5 = 1164,52\ N$$

Sabendo que o curso do cilindro, será de 150 mm, para que as garras se ajustem a qualquer tamanho de balde, o cilindro selecionado foi um cilindro *standard* normalizado ISO 21287 compacto da FESTO, de duplo efeito, como o da Figura 106, com a designação ADN-50-150-A-P-A, que realiza uma força de 1178 N a 6 bar de pressão.



Figura 106 - Cilindro *standard* compacto ISO 21287 da FESTO [81]

Por fim, para o cilindro de enchimento dos reservatórios com massa lubrificante, também é necessário saber a força necessária para realizar o enchimento de quatro reservatórios. Temos na Figura 107, os esforços existentes durante o funcionamento deste cilindro.

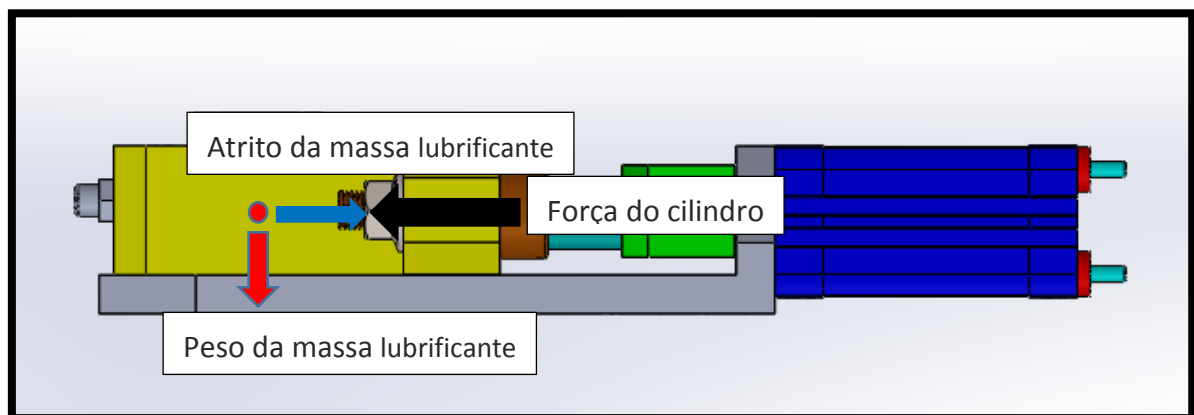


Figura 107 - Esforços aplicados no sistema de enchimento

O cilindro terá de ter a capacidade de empurrar 12 litros de massa de lubrificante, referente a quantidade máxima por reservatório, e esta provoca uma força de atrito, a qual a força do cilindro terá de vencer para realizar o enchimento por completo. Temos então, na Equação 4, o respetivo cálculo de força do cilindro:

$$\begin{aligned}
 F_{cilindro} &> F_{atrito\ da\ massa} && (4) \\
 \Leftrightarrow F_{cilindro} &> P_{massa} \times \mu_{atrito} \\
 \Leftrightarrow F_{cilindro} &> m_{massa} \times a_{gravitca} \times \mu_{atrito\ da\ massa} \\
 \Leftrightarrow F_{cilindro} &> V_{massa} \times \rho_{massa} \times a_{gravitca} \times \mu_{atrito\ da\ massa} \\
 \leq F_{cilindro} &> 0,012 \times 860 \times 9,81 \times 0,3 = 30,37\ N
 \end{aligned}$$

Em que, as variáveis correspondem:

$F_{cilindro}$  – Força do cilindro (N)

$F_{atrito\ da\ massa}$  – Força de atrito da massa lubrificante (N)

$P_{massa}$  – Peso da massa lubrificante (N)

$\mu_{atrito}$  – Coeficiente de atrito da massa lubrificante ( $\cong 0,3$ )

$m_{massa}$  – Massa do lubrificante (kg)

$a_{gravitca}$  – Aceleração gravítica ( $m/s^2$ )

$V_{massa}$  – Volume da massa lubrificante ( $m^3$ )

$\rho_{massa}$  – Densidade da massa lubrificante ( $kg/m^3$ )

Considerando um CS, igual ao dos cilindros anteriores, a Força do cilindro máxima é de 106,30 N. Foi selecionado um cilindro *standard* normalizado ISO 21287 compacto da FESTO, com curso de 100 mm, equivalente à deslocação máxima do êmbolo, com a designação ADN-32-100-A-P-A, que realiza uma força de 483 N a 6 bar de pressão.

### 3.5.7 Esforços críticos nas peças

Este capítulo vai abordar todas as peças que estão sujeitas aos esforços mais críticos, e será realizada uma análise sobre o seu comportamento.

#### 3.5.7.1 PMPVEI1574 – veio de ligação do patim com o braço

O veio PMPVEI1574, que pertence ao conjunto do sistema de fixação dos baldes durante o enchimento, vai estar sujeito a vários esforços durante o seu deslocamento no processo de

fixação. Quando o cilindro pneumático é atuado, movimentando a cremalheira, provoca a rotação do disco, o qual, por sua vez provoca o movimento dos braços móveis que contêm o veio. Este movimento termina quando as garras entrarem em contacto com o balde, impedindo a progressão das mesmas. No entanto, este contacto provoca uma grande tensão em todo o braço, em que o cilindro provoca uma força de compressão do sistema contra o balde, para que este garanta o posicionamento e a fixação do balde durante o enchimento.

O veio vai estar sujeito a um elevado esforço provocado pela força aplicado pelo atuador pneumático e pela força oposta provocada pelo balde, quando este se encontra parado. Estas forças vão provocar uma tensão de corte no veio, uma vez que a força do cilindro é aplicada na zona de ligação do veio com o braço PMPBRA0053, e a força oposta está localizada na outra ponta do veio. A força do cilindro para mover o balde tem o valor de 1081 N, para o coeficiente de segurança que utilizamos, a dividir pelos três braços, o que dá uma força de 360 N.

O veio na ponta que está mais próxima do contacto da garra com o balde, vai estar fixa, visto que esta interseção impede o movimento do patim, permanecendo imóvel, mas pressionado contra o balde.

Para realizar a simulação de esforços, define-se todos os contactos e ligações que o constituem. Sabendo então que na cabeça do veio, não vai existir movimento devido ao contacto já mencionado, esta zona será a de fixação, e na outra ponta estará sujeito à respetiva carga aplicada pelo cilindro (Figura 108).

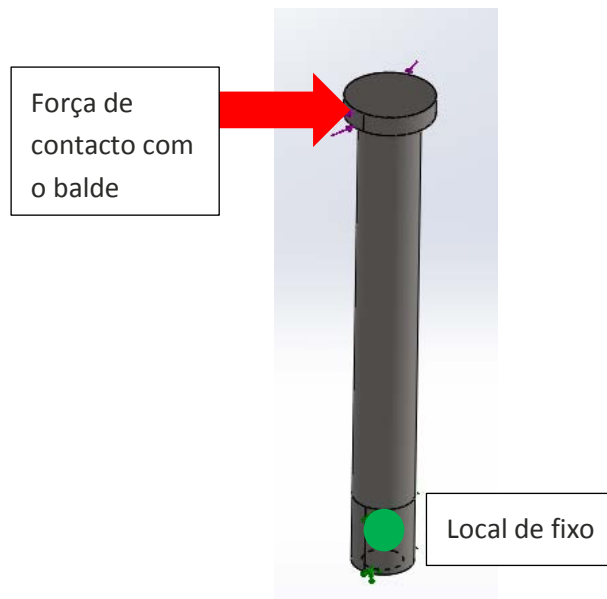


Figura 108 - Esforços aplicados na peça PMPVEI1574

Após definidas todas as restrições, podemos então proceder à simulação da peça. Na Figura 109 estão apresentadas as tensões de VonMises existentes na peça. Sabendo que a tensão de cedência do aço C45E é de 455 MPa e que a tensão máxima instalada é de 96,91 MPa, então pode-se concluir que a peça não terá problemas mecânicos.

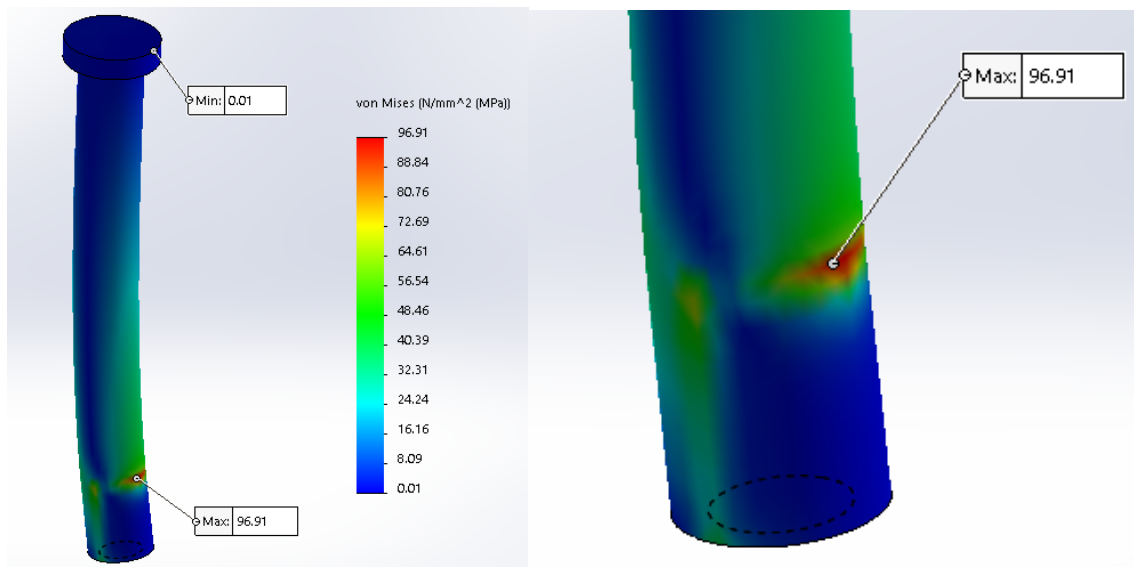


Figura 109 - Tensões de VonMises na peça PMPVEI1574

O menor coeficiente de segurança da peça para o caso em estudo, é dado pelo seguinte cálculo da equação 5:

$$\sigma_{apc} = \frac{\sigma_{ced}}{CS} \Leftrightarrow CS = \frac{\sigma_{ced}}{\sigma_{apc}} = \frac{455}{96,91} = 4,70 \quad (5)$$

Onde as variáveis correspondem a:

$\sigma_{apc}$  – Tensão aplicada na peça (MPa)

$\sigma_{ced}$  – Tensão de cedência do material da peça (MPa)

CS – Coeficiente de Segurança

O CS da peça é de 4,70, o que permite afirmar que não existe risco de o sistema falhar na respetiva situação.

Na Figura 110 também podemos observar qual o deslocamento máximo da peça quando sujeita aos respetivos esforços máximos. Este deslocamento deve ser a menor possível, para evitar um mau funcionamento do sistema. Pode-se ver que o maior deslocamento, entre ambas as pontas, é de 0,16 mm, o que é um valor aceitável para o nosso processo.

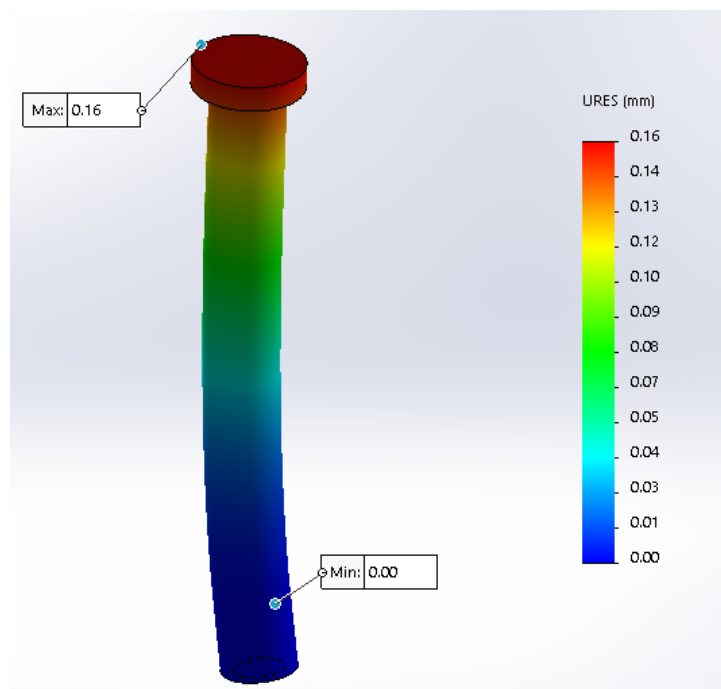


Figura 110 - Deslocamento da peça PMPVEI1574

### 3.5.7.2 PMPBRA0053 – Braço de ligação do sistema de fixação

O braço PMPBRA0053, que transmite o movimento ao veio referido anteriormente, está sujeito igualmente a esforços críticos durante a operação. O esforço é igualmente exercido pelo atuador pneumático no sistema de fixação do balde. A força é a mesma, no entanto, tem algumas diferenças em comparação com o veio, na zona onde é aplicada. O braço vai estar

sujeito a uma tensão provocada pelo aperto no balde, sendo necessário estudar se a peça conseguirá suportar a respetiva tensão, sem ceder ou deformar o suficiente para perturbar o bom funcionamento do sistema. Pelo posicionamento dos braços, quando o sistema está fechado, consegue observar-se as zonas onde vão estar atuadas as forças no braço (Figura 111).

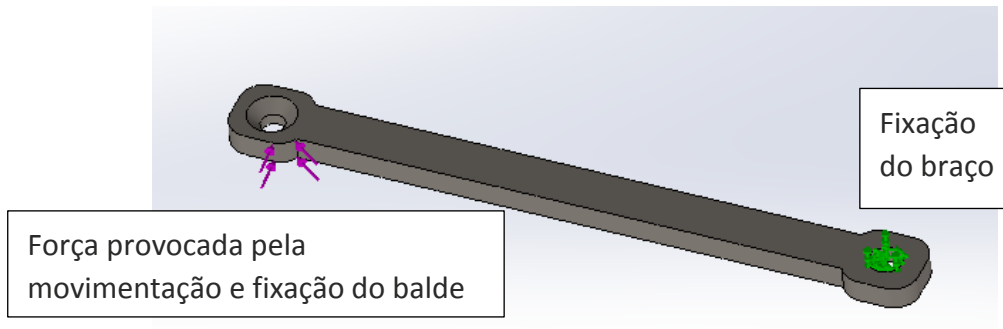


Figura 111 -- Esforços aplicados na peça PMPBRA0053

Tal como na peça anterior, são definidas todas as restrições no braço, como forças exercidas e zonas fixas, onde não existe movimento, devido a forças opostas que se anulam, e procede-se à simulação da mesma.

Na Figura 112 estão representadas todas as tensões de VonMises existentes no braço na operação de fecho do sistema, sendo os valores máximos e mínimos de tensão representados na escala ao lado. O material do braço é o mesmo do veio anterior, portanto é possível observar que a tensão máxima apresentada de 96,54 MPa, é menor que a tensão de cedência do material (455 MPa), o que indica que não existe problema de deformação plástica no braço durante o processo.

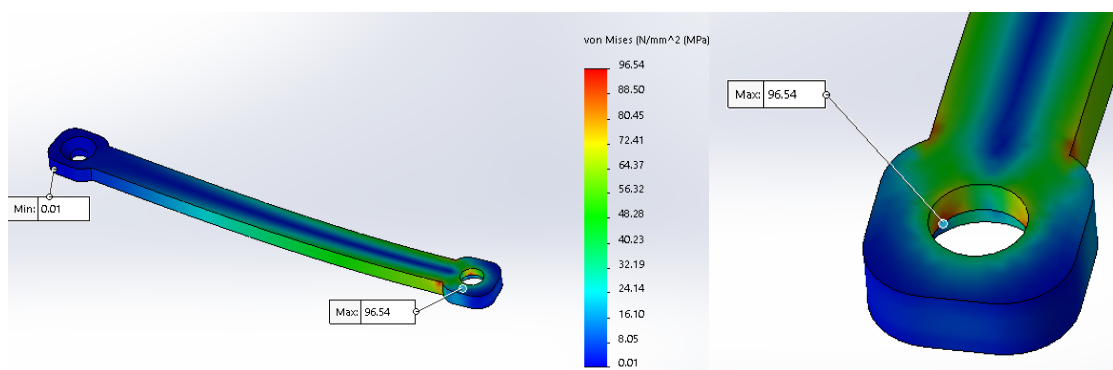


Figura 112 - Tensões de VonMises na peça PMPBRA0053

O desfasamento máximo entre as pontas do braço também é possível verificar, na simulação do deslocamento (Figura 113).

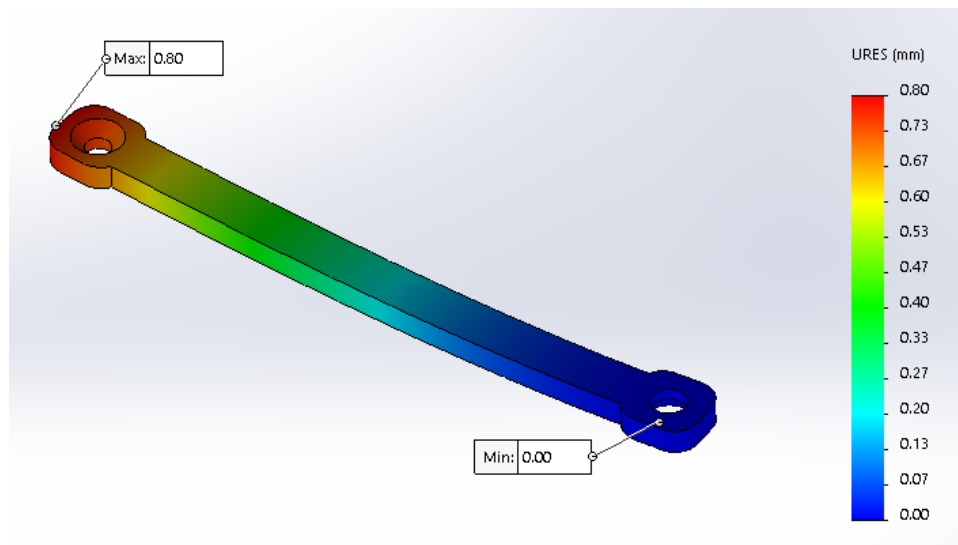


Figura 113 - Deslocamento na peça PMPBRA0053

Pode-se verificar que o deslocamento máximo observado no braço é de 0,80 mm, o que não influencia o desempenho do sistema durante o processo de fixação. O menor coeficiente de segurança da peça para o caso de estudo é dado pelo seguinte cálculo:

$$\sigma_{apc} = \frac{\sigma_{ced}}{CS} \Leftrightarrow CS = \frac{\sigma_{ced}}{\sigma_{apc}} = \frac{455}{96,54} = 4,71$$

O CS da peça é de 4,71, o que permite afirmar que não existe risco de o sistema falhar na respetiva situação.

### 3.5.7.3 PMPBAS4841 – Barra de fixação superior do mecanismo de extração de massa lubrificante

No mecanismo de extração, a peça mais crítica é a barra PMPBAS4841, uma vez que é o suporte de todo o sistema que vai comprimir a massa lubrificante dentro do balde, provocando a sua extração e conseqüente enchimento dos reservatórios.

A peça, para além do peso de toda a estrutura que tem de suportar, também é o elo de ligação que transmite a força dos cilindros pneumáticos para o disco de extração. Vai estar sujeita a vários esforços durante o processo, no entanto, a situação mais crítica não será durante a compressão da massa lubrificante, mas sim durante a remoção do disco do interior do balde. Na remoção, os cilindros vão puxar toda a estrutura pelas extremidades da barra, que no seu

centro está ligado ao disco. O peso da estrutura vai pressionar bastante a barra nas zonas de ligação ao disco, o que vai provocar maior tensão nesses locais, o que pode provocar problemas mecânicos. É preciso então estudar o comportamento da barra, quando sujeito a estas condições.

Para calcular qual a força que está aplicada no centro da barra, precisamos de saber, qual a massa da estrutura completa que está a ser carregada, e quais os locais que suportam essa carga na peça, que neste caso é nas ligações dos êmbolos dos cilindros.

O peso da estrutura é então calculado da seguinte forma na Equação 6:

$$P_{sist} = m_{sist} \times a_g = 27,5 \times 9,81 = 270 \text{ N}$$

Em que:

$P_{sist}$  – Peso do sistema (N)

$m_{sist}$  – Massa do sistema (kg)

$a_g$  – Aceleração gravítica ( $m/s^2$ )

Com o valor do peso aplicado no centro da peça, com os pontos de fixação definidos da peça durante a operação e após definir o material da peça, foi realizada a simulação no SolidWorks® (Figura 114).

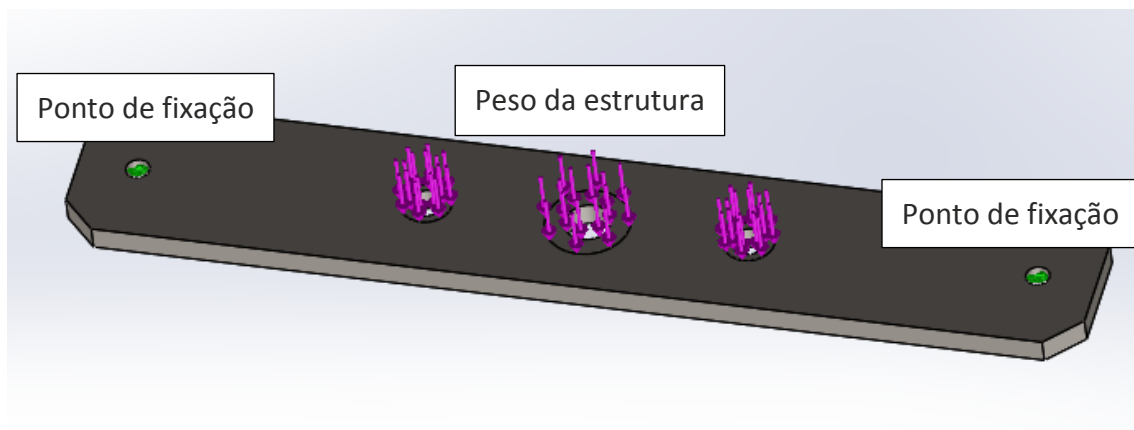


Figura 114 - Esforços aplicados na peça PMPBAS4841

Na Figura 115 é apresentado o gráfico das tensões de VonMises, tal como já foi mostrado para as outras peças, e na Figura 116 tem-se os deslocamentos existentes na peça.

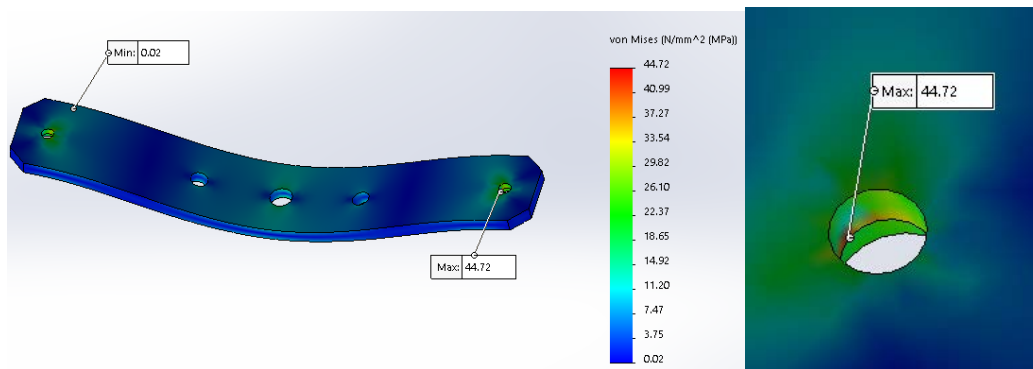


Figura 115 - Tensões de VonMises na peça PMPBAS4841

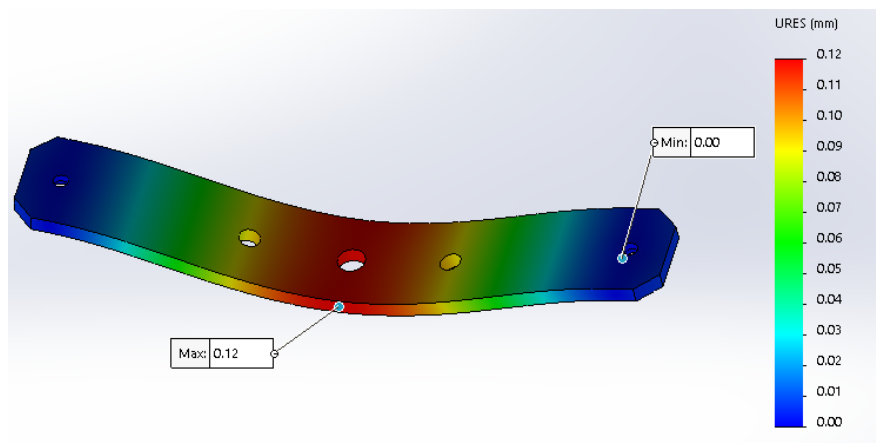


Figura 116 - Deslocamentos na peça PMPBAS4841

Podemos observar que a tensão máxima é de 44,72 MPa e o deslocamento máximo no centro da base é de 0,12 mm, o que são ambos valores que estão dentro dos parâmetros do material da peça, e que não afetam o funcionamento do sistema onde está integrado. O menor coeficiente de segurança da peça para o caso em estudo, é dado pelo seguinte cálculo:

$$\sigma_{apc} = \frac{\sigma_{ced}}{CS} \leq \Rightarrow CS = \frac{\sigma_{ced}}{\sigma_{apc}} = \frac{455}{44,72} = 10,17$$

O CS da peça é de 10,17, o que permite afirmar que não existe risco de o sistema falhar na respetiva situação.

#### 3.5.7.4 PMPCHA2062 – Chapa de fixação dos grampos

Finalmente, no sistema do reservatório de massa lubrificante, também existem algumas peças sujeitas a esforços durante as operações, seja de enchimento, injeção ou até de fixação. No entanto, a peça mais crítica do sistema é a chapa que suporta os grampos de fixação, a chapa

de fixação dos grampos, uma vez que estará sujeita ao maior esforço neste sistema, a força de aperto dos grampos na linha.

Para além do material, a espessura da chapa é um fator importante e que também determina se a mesma consegue suportar os esforços aplicados sem se deformar. Para os primeiros testes, a chapa foi definida como uma chapa de aço de 2 mm, e as restrições e esforços colocados foram, ligações aparafusadas nos furos situados nos cantos da chapa, onde se vão apertar as tampas dos reservatórios, e a força de aperto máxima dos grampos definida pelo manual de especificações do mesmo, que neste modelo é de 1,6 kN. Este esforço é aplicado na zona de contacto do grampo com a chapa (Figura 117).

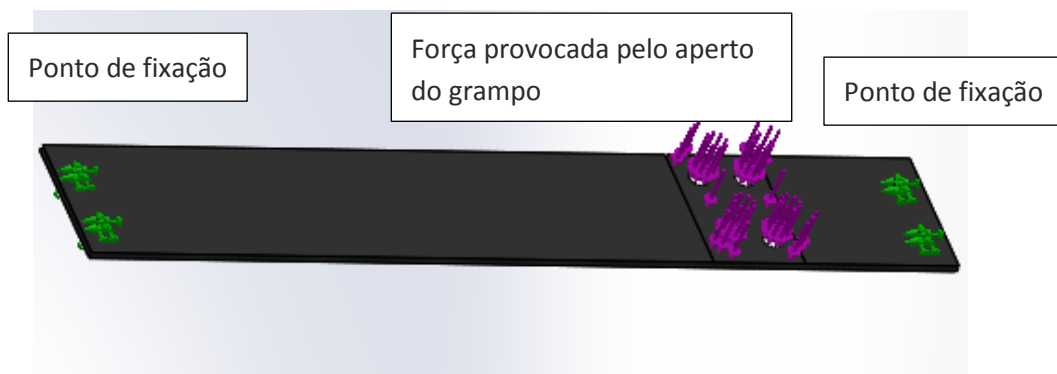


Figura 117 - Esforços aplicados na peça PMPCHA2062

Pode-se então passar para a realização da simulação de esforços, e retirar as tensões instaladas e deslocamentos máximos na peça, na situação mais crítica. Temos então definida a fronteira da força exercida pelo grampo na chapa e os pontos de fixação da chapa nas tampas.

Na Figura 118 tem-se os valores de tensões de VonMises, em que se pode verificar que a tensão máxima instalada de 3017,04 MPa, é superior ao valor da tensão de cedência da chapa de aço (450 MPa). Isto implica que a situação é incomportável quando o grampo estiver apertado na linha, o que é perigoso para a constituição do reservatório, da linha e também da segurança para o operador.

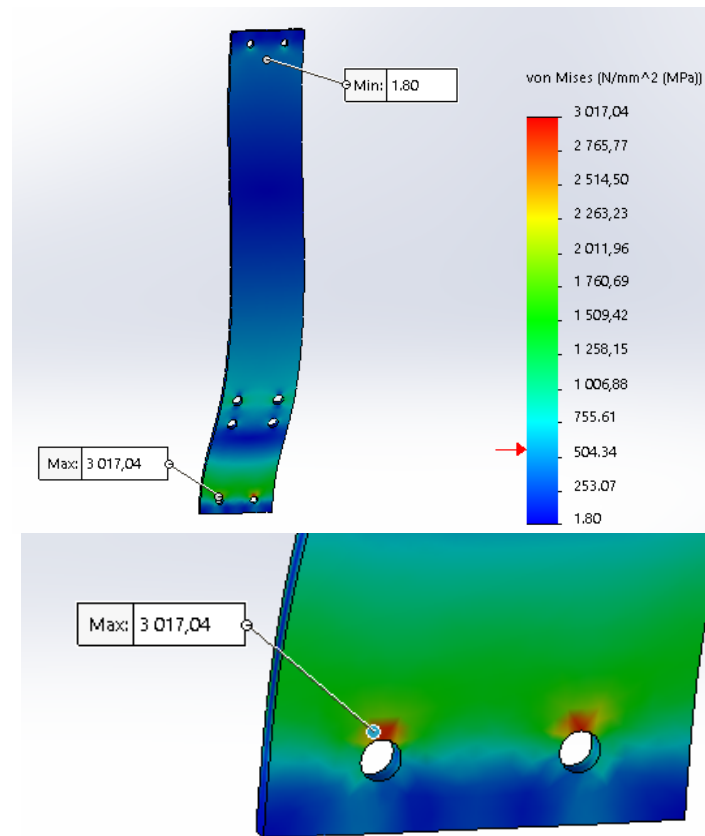


Figura 118 - Tensões de VonMises na peça PMPCHA2062

O deslocamento da chapa como se pode observar na Figura 119, na zona de suporte do grampo, é de cerca 15 mm, o que não é adequado para este sistema.

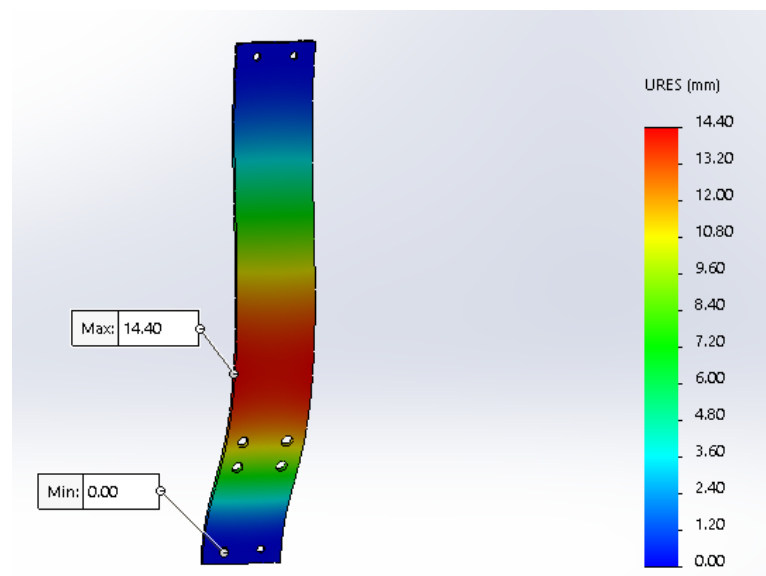


Figura 119 - Deslocamentos na peça PMPCHA2062

Foi necessário otimizar esta peça, para eliminar os problemas existentes na chapa, que podem prejudicar o funcionamento do sistema. Para resolver os problemas referidos, foi estipulado um aumento da espessura de 6 mm a dar à mesma, para que esta tenha maior resistência à deformação e diminua as tensões localizadas na peça para valores aceitáveis.

Aplicando as mesmas restrições e esforços, realiza-se a mesma simulação e os novos valores máximos de tensão de VonMises são 434,21 MPa, o que se encontram dentro das características do material (Figura 120).

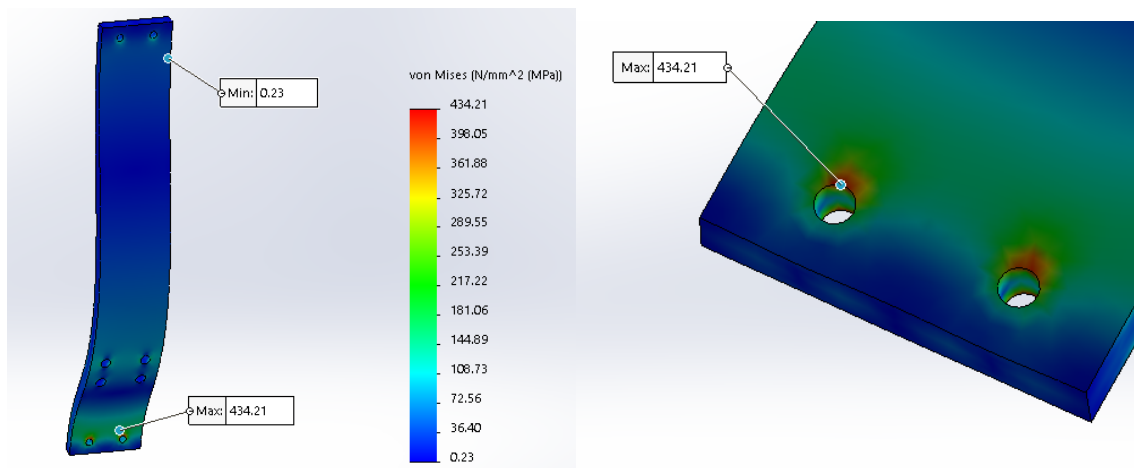


Figura 120 - Novas tensões de VonMises para alteração da espessura da peça para 6 mm

O menor coeficiente de segurança da peça para o caso em estudo, é dado pelo seguinte cálculo:

$$\sigma_{apc} = \frac{\sigma_{ced}}{CS} \leq \Rightarrow CS = \frac{\sigma_{ced}}{\sigma_{apc}} = \frac{450}{434,21} = 1,04$$

O CS da peça é de 1,04, o que permite afirmar que praticamente não existe risco de o sistema falhar na respetiva situação.

O deslocamento máximo apresentado (Figura 121), também diminuiu para 0,57 mm, o que é um valor perfeitamente aceitável para a utilização do sistema, e que não afeta o funcionamento ou a segurança do mesmo.

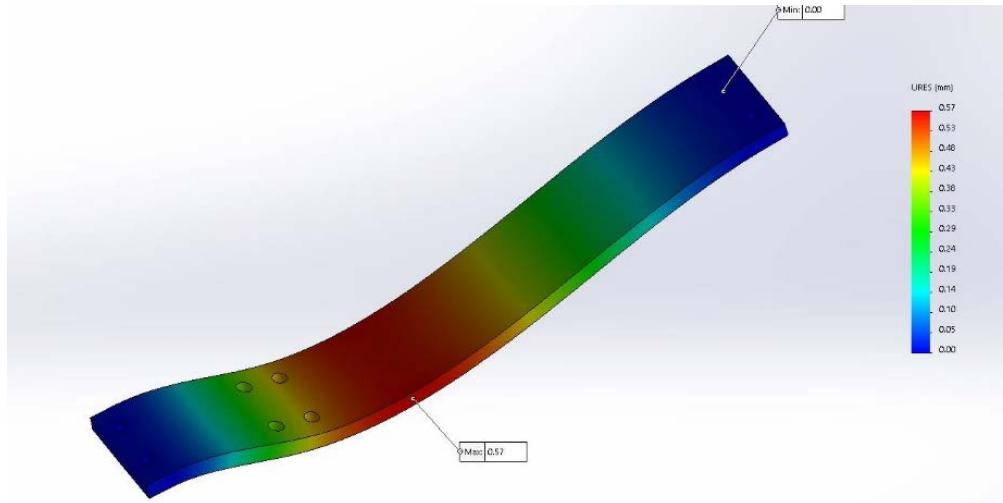


Figura 121 – Novo deslocamento da peça modificada

Face ao exposto neste capítulo 3.5.7, podemos constatar que os componentes críticos estão dimensionados de forma a suportarem convenientemente os esforços a que irão estar sujeitos.

### 3.6 Orçamentação

Neste capítulo serão abordados os orçamentos realizados para a implementação de todos os novos sistemas. Lembra-se que os desenhos técnicos dos componentes estão apresentados nos Anexos I, II e III.

#### 3.6.1 Orçamento para os reservatórios e linha de injeção

O custo, tanto de material, mão de obra e outros custos indiretos, dos novos componentes modificados utilizados nos reservatórios e nas linhas correspondentes é apresentado na Tabela 20. Este orçamento não inclui as peças já existentes.

Tabela 20 - Orçamento para as modificações dos reservatórios e das linhas de injeção

Componentes	Qt.	Custo (€)	Normalizados	Qt.	Custo (€) / unidade
PMPTAM1092_D	1	190,00	Pega (ELESA M.443/110)	2	4,32
PMPAPO2307	1		Mola Ø10	1	2,36
PMPPIO0548	4		Grampo (AMF 94698)	2	30
PMPCHA2062	2				
PMPTAM1093_D	1	100,00			
PMPCHA2061_C	1				
PMPAPO2308_B	2				
PMPAPO2309	2				
PMPSUP6410_C	1				
PMPBAS3723_A	1				
<b>Subtotal (€):</b>		290,00			71,00
<b>Total (€): 361,00</b>					

Na Tabela 21 tem o custo para o sistema de deteção de ar na massa lubrificante, contendo o valor para cada componente, seja normalizado ou maquinado.

Tabela 21 - Orçamento para o sistema de deteção de ar

Componentes	Qt.	Custo (€)	Componentes Normalizados	Qt.	Custo (€) / unidade
PMPXAX0301	1	106,76	Mola Ø 17	1	2,36
PMPDIS0024	1		Sensor (SMEO-1-B)	1	7,00
PMPTAM2112	1				
PMPVEI572	1				
PMPCAS0254	1				
<b>Subtotal (€):</b>		106,76			9,36
<b>Total (€): 116,12</b>					

O custo total por linha é apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 - Custo total por linha

Sistemas	Custo (€)
Linha de injeção e reservatório	361,00
Sistema de deteção de ar	116,12
<b>Total:</b>	<b>477,12</b>

### 3.6.2 Orçamento para sistema de enchimento e respetiva bancada

Passando agora para os custos dos novos sistemas de enchimento dos reservatórios. Dividiu-se os orçamentos em subconjuntos, caracterizados pela sua função no processo, em componentes do sistema de enchimento de massa lubrificante (Tabela 23), os do mecanismo de bombeamento (Tabela 24) e o sistema de posicionamento ou fixação dos baldes (Tabela 25). O custo apresentado é referente ao custo de material, mão de obra e outros custos indiretos.

Tabela 23 - Orçamentação do sistema de enchimento

Componentes	Qt.	Custo (€)	Componentes Normalizados	Qt.	Custo (€) / unidade
PMPDIS0030	1		Cilindro pneumático (DSBC-40-800-PPSA-N3)	2	44,50
PMPDIS0031	1				
PMPDIS0029	1				
PMPCAS0257	2				
PMPCAS0258	1	260,59			
PMPDIS0032	2				
PMPDIS0033	1				
PMPBAS4841	1				
PMPVEI1578	2				
PMPVEI1577	1				
AMPBAC0366	1	270,00			
<b>Subtotal (€):</b>		530,59			89,00
<b>Total (€): 619,59</b>					

Tabela 24 - Orçamentação do mecanismo de bombeamento do sistema de enchimento

Componentes	Qt.	Custo (€)	Componentes Normalizados	Qt.	Custo (€) / unidade
PMPAPO2465	1		Cilindro pneumático (ADN-32-100-A-P-A)	1	26,06
PMPBAT1744	1				
PMPDIS0028	1				
PMPGUI1513_A	2	697,50			
PMPVEI1576	1				
PMPAPO2469	1				
PMPVAR0024_A	4				
PMPANI0101_A	4				
PMPBAS4828	1				
<b>Subtotal (€):</b>		697,50			26,06
<b>Total (€): 723,56</b>					

Tabela 25 - Orçamentação do sistema de fixação dos baldes

Componentes	Qt.	Custo (€)	Componentes Normalizados	Qt.	Custo (€) / unidade
PMPVEI1575	1	852,5	Pinhão + Cremalheira (22400 + 22420)	1	24,66
PMPDIS0025	1				
PMPDIS0026	1		Cilindro (ADN-32-30-A-P-A)	1	21,00
PMPBRA0053	3		Rolamento 626-Z	6	21,95
PMPVEI1574	3		Rolamento 61900	3	22,31
PMPCA302	3		Guia de rolos (Inafag_lfs20_300_lfkl20)	3	29,80
PMPPIO0565	3				
PMPCA303	1				
PMPAPO2466	1				
PMPCA304	1				
PMPCA305	1				
PMPCAV0125	1				
PMPPAR0089	1				
PMPBAS4827	3				
PMPGAA0130	3				
PMPAPO2464	1				
<b>Subtotal (€):</b>		852,5			315,38
<b>Total (€): 1167,88</b>					

Ainda ligado ao sistema de enchimento foram também calculados, os custos da bancada de suporte dos reservatórios durante o enchimento (Tabela 26), e todos os componentes integrantes.

Tabela 26 - Orçamentação da bancada de enchimento

Componentes	Qt.	Custo (€)	Componentes Normalizados	Qt.	Custo (€) / unidade
AMPBAC0365	1	580,00	Porca borboleta M10	8	2,70
PMPBAT1707	4		Pega (ELESA M.443/110)	2	4,32
PMPCHA2121	1		Trinco (Indexing plunger GN 417-4-A)	1	16,76
PMPCHA2122	1		Dobradiça (Dobradi_X2_00E7_X0)	6	7,52
PMPBAT1708	1				
PMPCAS0254	8				
<b>Subtotal (€):</b>		580,00			92,12
<b>Total (€): 672,12</b>					

O custo total de um sistema completo de enchimento de reservatórios está descrito na Tabela 27.

Tabela 27 - Custo total de um sistema de enchimento

Sistemas	Custo (€)
Extração	619,59
Injeção	723,56
Fixação	1167,88
Bancada de enchimento	672,12
<b>Total:</b>	<b>3183,15</b>

### 3.6.3 Orçamento para bancadas de transporte

O custo das bancadas, tanto de receção dos reservatórios antes de irem para o enchimento, como das bancadas de fixação para os carros de transporte, estão também representados nas respetivas Tabelas 28 e 29.

Tabela 28 - Orçamento da bancada de receção

Componentes	Qt.	Custo unit. (€)	Total (€)
AMPBAC0363	1	630,00	630,00
PMPAPO2599	8	10,00	80,00
<b>Total (€):</b>			<b>710,00</b>

Tabela 29 - Orçamento da bancada de transporte

Componentes	Qt.	Custo (€)	Componentes Normalizados	Qt.	Custo (€) / unidade
AMPBAC0364	1	500,00	Iman (norelem 09067-05)	6	10,52
PMPAPO2463	6	180,00			
PMPAPO2599	10				
<b>Subtotal (€):</b>		<b>680,00</b>			<b>63,12</b>
<b>Total (€): 743,12</b>					

Agora que já foi calculado o custo de cada sistema, foi necessário para a aplicação deste projeto na empresa ter em conta que todas as linhas que utilizam reservatórios terão de ser modificadas e criados mais reservatórios suplentes. A quantidade de bancadas necessárias que possibilitem o transporte de todos os reservatórios e o total de sistemas de enchimento novos, também foram definidos. Temos então a contabilização total destes custos na Tabela 30.

Tabela 30 - Custo de todos os sistemas do processo

Sistemas	Nº de sistemas necessário	Custo unitário (€)	Total (€)
<b>Linha de injeção completa</b>	38	477,12	18 130,56
<b>Reservatórios suplentes</b>	38	261,00	9 918,00
<b>Sistema de enchimento</b>	8	3183,15	25 465,2
<b>Bancadas de transporte</b>	6	743,12	4 458,72
<b>Bancadas de receção</b>	2	710,00	1 420,00
<b>Total:</b>			<b>59 392,58</b>

### 3.7 Cálculo do tempo de retorno do investimento

Sabendo qual o investimento total para implementar este projeto, foi necessário verificar o tempo de amortização para a implementação dos novos sistemas na empresa. Para esta análise, foi necessário fazer uma estimativa da quantidade de cabos a produzir pela empresa durante um ano, e qual o ganho de produtividade conseguido com a utilização deste novo conceito.

Neste estudo, existem alguns dados que são bastante importantes sobre o funcionamento da empresa e o custo de investimento necessário, apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 - Dados da Empresa

<b>DADOS</b>	
<b>Estimativa de produção para 2018</b>	12820950 unidades
<b>Dias de trabalho / ano</b>	252 Dias
<b>Nº de turnos /dia</b>	3 Turnos
<b>Horas de trabalho /turno</b>	7,50 horas
<b>Salário operador /ano</b>	10 530,00 €
<b>Nº de reservatórios</b>	38 unidades
<b>Investimento total</b>	59392,58 €
<b>Custo de massa lubrificante / ano</b>	50000,00 €
<b>Tempo de enchimento</b>	3 min
<b>Duração de um reservatório</b>	7,5 horas
<b>Tempo de troca</b>	30 s
<b>Tempo de injeção de massa lubrificante /cabo</b>	6 s
<b>Melhoria de aproveitamento de massa lubrificante</b>	Aumento de 80% para 95%

Ao nível da produção, existe uma melhoria na quantidade de cabos injetados com massa lubrificante por hora, uma vez que determinados custos associados ao tempo de enchimento e *stocks* intermédios são reduzidos. O operador realiza o enchimento dos reservatórios no armazém de logística, o que permite que os trabalhadores das linhas possam continuar a produzir, sem necessidade de esperar pelo enchimento. Atualmente por hora, um operário injeta massa lubrificante em 165 cabos. Com os novos sistemas, um operário consegue injetar 169 cabos por hora. Com a estimativa de produção de cabos por ano, dividindo pelo número de cabos produzidos por hora, temos o total de horas de trabalho necessárias para atingir o objetivo. Podemos observar, as horas necessárias para produzir a quantidade total de cabos por ano para cada sistema na Tabela 32.

Tabela 32 - Dados sobre a produtividade da Empresa

	Antigo	Novo
<b>Produção/hora (unidades)</b>	165,00	169,00
<b>Horas de trabalho</b>	77702,73	75863,61

No entanto, para se saber qual o ganho financeiro, foi necessário saber o custo de um operador para a empresa, consoante a sua carga horária. Podemos retirar esse valor através do cálculo do custo por hora dum trabalhador, como apresentado na Equação 7.

$$\text{Custo (trabalhador/hora)} = (\text{Remuneração /ano}) / (\text{Dias trabalho/ano}) / (\text{Horas de Trabalho/Turno}) \quad (7)$$

Substituindo os valores na Equação temos:

$$\text{Custo trabalhador/hora} = 10\,530 \text{ €} / 252 \text{ dias} / 7,50 \text{ horas} = 5,57 \text{ €/hora}$$

Agora, pode-se retirar o lucro anual, que irá ter a empresa através do cálculo da Equação 8.

$$\text{Ganho euros/ano (produtividade)} = \text{Custo trabalhador/hora} \times \text{Horas ganhas} \quad (8)$$

Substituindo os valores na Equação temos:

$$\begin{aligned} \text{Ganho euros / ano (produtividade)} &= 5,57 \text{ €/hora} \times (77702,73 - 75863,61) \text{ horas} \\ &= 10\,243,90 \text{ €} \end{aligned}$$

Para além deste crescimento de produtividade, temos também de ter em conta que a utilização deste novo sistema vai diminuir o desperdício de massa lubrificante nestas

operações em cerca de 15% (valor estimado consoante as melhorias dos sistemas em relação aos anteriores).

O ganho total, dado pela implementação do novo sistema, é dado pela seguinte Equação 9.

$$\text{Ganho total/ano} = \text{Ganho euros/ano (produtividade)} + \text{Custo de massa/ano} \times 15\% \quad (9)$$

Substituindo os valores na Equação temos:

$$\text{Ganho total/ano} = 10\,243,90 \text{ €} + (50\,000 \text{ €} \times 0,15) = 17\,743,90 \text{ €}$$

Juntando ambos os ganhos relativos ao aproveitamento da massa lubrificante e aumento da produtividade, e sabendo qual o investimento inicial total, podemos então saber o tempo necessário para amortizar o investimento. Esse tempo é calculado na Equação 10.

$$\text{Tempo de amortização (meses)} = (\text{Investimento total}) / (\text{Ganho total/ano}) \times 12 \quad (10)$$

Substituindo os valores na Equação temos:

$$\text{Tempo de amortização (meses)} = 59\,392,58 \text{ €} / 17\,743,90 \text{ €} \times 12 \text{ meses} = 41 \text{ meses}$$

Temos então, que o tempo necessário para amortizar todo o investimento neste projeto é de 3 anos e 5 meses.

### 3.8 Manual de utilização e conservação dos sistemas

Nos tópicos abaixo, são apresentadas todas as tabelas com os manuais para utilização e conservação dos sistemas.

#### 3.8.1 Remoção dos reservatórios

O processo de remoção e substituição dos reservatórios é apresentado na Tabela 33 e 34, com a respetiva sequência de operações.

Tabela 33 - Manual de utilização e conservação dos reservatórios na linha

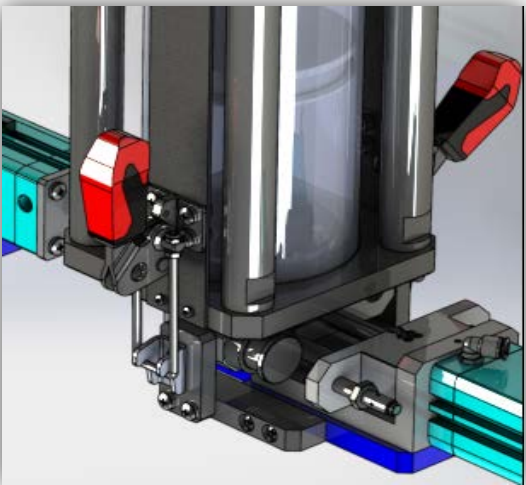
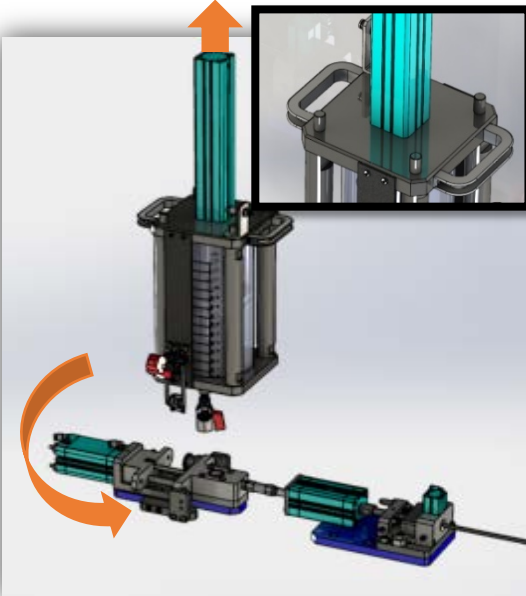

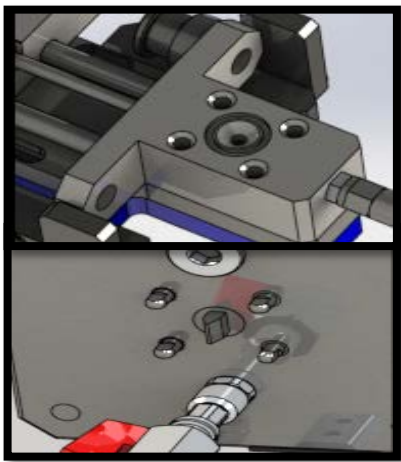
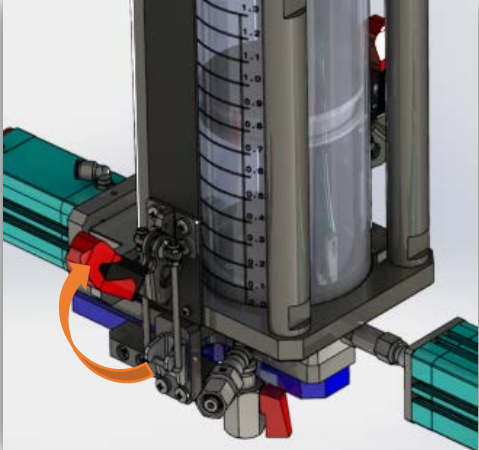
Op.	Descrição	Ilustração
1	Desapertar os grampos do reservatório de ambos os lados. Soltar a ligação com o contra-grampo.	
2	Remover o reservatório da linha, com o apoio das pegas de mão, na direção vertical, para não danificar os pinos-guia.	
3	Entregar ao operador, que transporta os reservatórios e receber um reservatório cheio.	

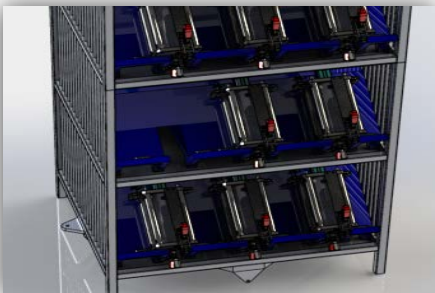
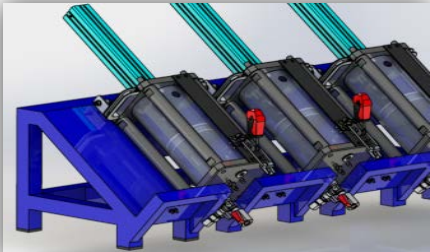
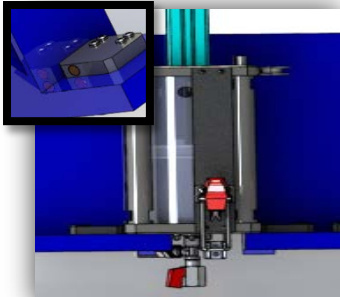
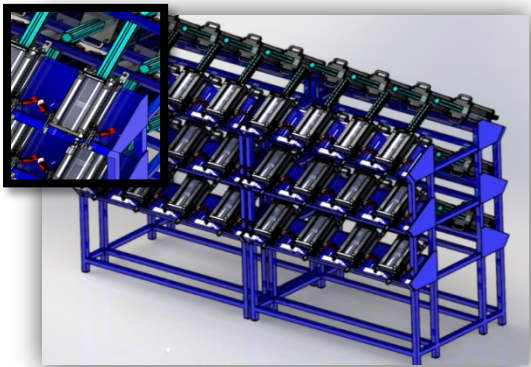
Tabela 34 - Manual de utilização e conservação dos reservatórios na linha (continuação)

Op.	Descrição	Ilustração
4	<p>Posicionar o reservatório de modo correto para encaixar os pinos-guia nos orifícios destinados ao efeito, de forma cuidada, para não danificar o equipamento.</p> <p>(Garantir que a base do reservatório está em contacto com a base da linha, e os grampos estão alinhados com os contra-grampos).</p>	
5	<p>Após estar bem apoiado, apertar os grampos até o reservatório estar bem fixo.</p> <p>(É necessário que ambos os grampos liguem primeiro no contra-grampo, e só depois apertar, para evitar desequilíbrio no equipamento).</p>	

### 3.8.2 Transporte dos reservatórios

Para o transporte dos reservatórios, o operador tem de seguir o plano de operações apresentado na Tabela 35.

Tabela 35 - Procedimentos para o transporte dos reservatórios

Op.	Descrição	Ilustração
1	Colocar o reservatório num espaço vazio na bancada de transporte, entre os apoios dos imãs (Ter cuidado ao colocar no carro, inclinar o reservatório para não bater com o equipamento).	
2	Os grampos vão na posição vertical, como observado na imagem, o cilindro virado para cima e o acessório de enchimento para baixo.	
3	Encostar a tampa inferior a pelo menos um dos apoios, para ficar preso pelos imãs.	
4	Transportar os reservatórios até à bancada de recepção.	
5	Retirar os reservatórios do carro com cuidado e colocá-los na bancada, na posição apresentada na imagem. Deixar algum espaço entre reservatórios.	

### 3.8.3 Enchimento dos reservatórios

Para o processo de extração de massa lubrificante e enchimento dos reservatórios, temos nas Tabelas 36, 37 e 38 apresentadas as operações a realizar.

Tabela 36 - Manual para o enchimento dos reservatórios

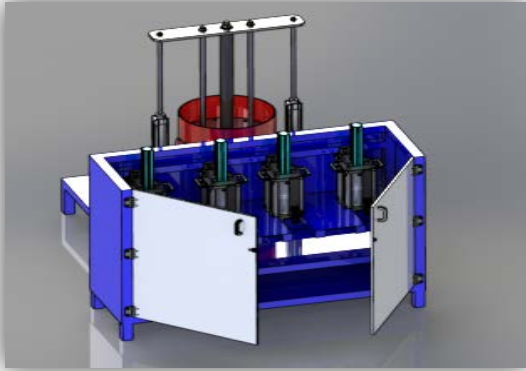
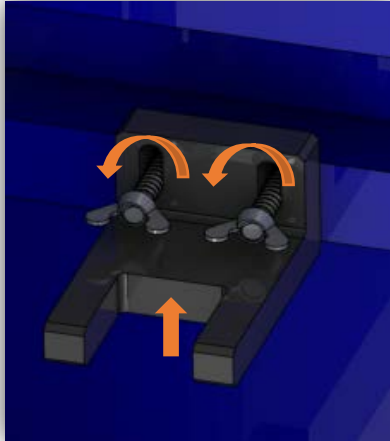

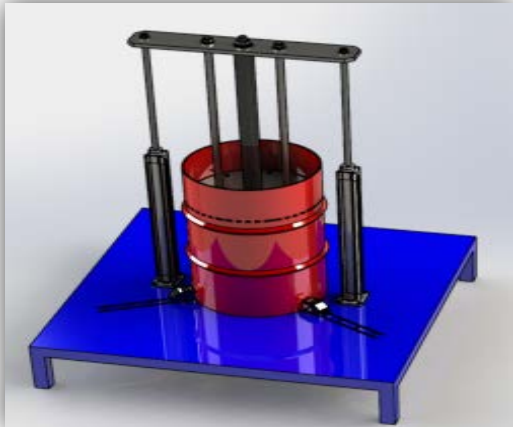
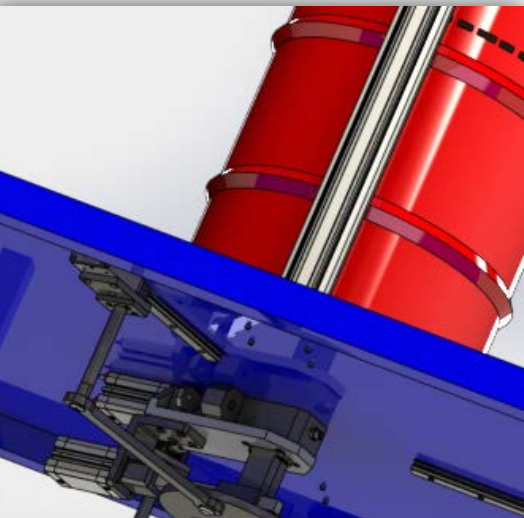

Op.	Descrição	Ilustração
1	Abrir as portas da bancada de enchimento.	
2	Desapertar as porcas borboletas (de orelhas) e elevar os batentes, para permitir a colocação dos reservatórios nos sítios destinados.	
3	Após posicionar os reservatórios, como demonstra a imagem ao lado, baixar os batentes até encostar a tampa superior e apertar as porcas até a estrutura estar bem fixa e estável.	

Tabela 37 - Manual para o enchimento dos reservatórios (continuação)

Op.	Descrição	Ilustração
4	Ligar ao acessório hidráulico de enchimento, a respectiva fêmea.	
5	Fechar as portas para começar o enchimento.	
6	Com os cilindros subidos e as garras abertas, posicionar o balde de massa lubrificante, furado no fundo, no centro da mesa de enchimento, sem a tampa.	

Tabela 38 - Manual para o enchimento dos reservatórios (continuação)

Op.	Descrição	Ilustração
7	Ativar o sistema de cremalheira, permitindo que as garras se aproximem do balde, fixando-as e centrando-as com o sistema.	
8	O mecanismo de extração vai atuar, os cilindros vão descer e colocar o disco dentro do balde de massa lubrificante, para este empurrá-la pelo furo.	
9	A massa lubrificante vai entrar no sistema de bombeamento, pela saliência que possui, e vai ser bombeada para a tubagem até aos reservatórios.	
10	Quando o balde ficar vazio, é desativado o sistema de bombeamento.	
11	Os cilindros sobem e retiram o disco do interior do balde.	

- 12 As garras retraem e é removido o balde vazio da mesa.

Na Tabela 39 temos todas as técnicas para manutenção do sistema, e garantia da qualidade de funcionamento dos mesmos.

Tabela 39 - Técnicas de manutenção para cada sistema

Equipamento	Técnicas para conservação do sistema
<b>Linha de injeção de massa lubrificante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpar zonas de passagem de massa lubrificante, para evitar contaminações;</li> <li>- Verificar o estado dos pinos e grampos para evitar possíveis defeitos de fixação devido ao desgaste;</li> <li>- Verificar possíveis folgas nos furos de posicionamento dos pinos.</li> </ul>
<b>Reservatório</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpar zonas de entrada e saídas de massa lubrificante;</li> <li>- Verificar o estado da mola de compressão, uma vez que depois de várias utilizações, a mola perde a sua força;</li> <li>- A passagem de massa lubrificante nestes componentes, ajuda a preservar o seu estado;</li> <li>- Cuidado a pousar o reservatório na linha para não danificar o batente de vedação;</li> <li>- Verificar o estado dos vedantes.</li> </ul>
<b>Bancada de transporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar uma limpeza rápida diária das bancadas;</li> <li>- Limpar os imanes para fortalecer as ligações com o reservatório.</li> </ul>
<b>Bancada de enchimento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpeza diária e verificação visual do estado da estrutura.</li> <li>- Limpeza da bancada e das ligações da tubagem;</li> <li>- Cuidado no posicionamento dos batentes sobre os reservatórios;</li> <li>- Não remover as porcas, apenas desapertar um pouco para permitir o posicionamento dos batentes.</li> </ul>
<b>Sistema de enchimento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpeza da mesa de enchimento, e das zonas de saída de massa lubrificante;</li> <li>- Manutenção cuidada de todos os atuadores pneumáticos.</li> <li>- Lubrificação nos alojamentos dos rolamentos;</li> <li>- Lubrificação esporádica na cremalheira;</li> <li>- Verificação do desgaste nas garras;</li> <li>- Manutenção dos patins de rolos e guias lineares, controlo de todo o movimento executado.</li> </ul>

### 3.9 Implementação

Sendo o investimento de todo o projeto ainda relativamente alto, e devido ao pouco tempo disponível, não houve a possibilidade de implementação de todo o processo na empresa. No entanto, foi possível contruir um protótipo do novo reservatório e respetivas alterações na linha de injeção. Apesar de não ter sido possível comprovar se todo o processo estudado e projetado iria solucionar todos os problemas existentes, com este protótipo foi possível tirar algumas informações valiosas para aplicação de todo o processo.

Foram verificados os seguintes aspetos:

- Verificação do sistema de fixação do reservatório na linha;
- Funcionalidade do sistema de vedação de massa lubrificante do reservatório;
- Verificação do processo de enchimento do reservatório;
- Verificação se o sistema cumpre os requisitos de segurança;
- Observação do processo de montagem do reservatório na linha;
- Funcionalidade do sistema no processo de injeção de massa lubrificante.

Todo o processo de fabrico dos novos reservatórios, desde o material adquirido até ao material aproveitado dos reservatórios atuais, será apresentado neste capítulo. Foram executados os testes no mecanismo para verificar a sua funcionalidade.

#### 3.9.1 Produção de um protótipo

Para a produção do protótipo, foi necessário identificar todas as peças dos antigos reservatórios que pudessem ser reutilizadas, ou que necessitassem de algumas modificações para chegar aos componentes novos.

Na Tabela 40 podemos observar uma síntese de todos os componentes novos ou modificados, que integram a linha de injeção de massa lubrificante nova, com a respetiva informação de execução dos mesmos.

Tabela 40 - Lista de componentes do protótipo implementado

Mecanismo	Ref.	Qt.	Produção	Descrição
Linha	<b>PMPAPO2309</b>	2	Novo	Fabricação da peça nova
Linha	<b>PMPAPO2308</b>	2	Novo	Fabricação da peça nova
Linha	<b>PMPSUP6410</b>	1	Modificado	Remoção das roscas nos furos e abertura de chanfros.
Reservatório	<b>Grampo</b>	2	Novo	Normalizado
Reservatório	<b>Contra Grampo</b>	2	Novo	Normalizado
Reservatório	<b>Pega de mão</b>	2	Novo	Normalizado
Reservatório	<b>PMPCHA2062</b>	2	Novo	Fabricação da peça nova
Reservatório	<b>PMPPIO0548</b>	4	Novo	Fabricação da peça nova
Reservatório	<b>PMPAPO2307</b>	1	Novo	Fabricação da peça nova
Reservatório	<b>PMPCHA2061</b>	1	Novo	Fabricação da peça nova
Reservatório	<b>O-ring</b>	1	Novo	Normalizado
Reservatório	<b>Mola</b>	1	Novo	Normalizado
Reservatório	<b>PMPTAM1093</b>	1	Modificada	Abertura de furos para fixação das chapas e das pegas.
Reservatório	<b>PMPTAM1092</b>	1	Modificada	Abertura de furos para fixação das chapas e do mecanismo de vedação.

A sequência de operações de montagem do novo reservatório e do mecanismo de fixação na linha, está descrita nas Tabelas 41 e 42.

Tabela 41 - Procedimento de montagem do sistema





Op.	Descrição	Ilustração
1	Substituição das bases de ligação da linha com o reservatório.	
2	Montagem dos suportes dos contra-grampos.	

Tabela 42 - Procedimento de montagem do sistema (continuação)

Op.	Descrição	Ilustração
3	Desmontagem da tampa de cima e remoção do copo plástico.	
4	Colocação do batente, com o vedante e a mola já incorporados, na chapa interior.	
5	Fixação deste mecanismo na tampa inferior.	
6	Montagem do copo e da tampa superior.	
7	Aplicação das chapas laterais com os grampos montados.	
8	Montagem dos pinos-guia na tampa inferior.	
9	Colocação das pegas na tampa superior.	
10	Montagem final na linha.	

### 3.9.2 Testes do protótipo

Há vários testes necessários executar, para verificar se o novo mecanismo vai ser funcional e trabalhar a 100%. Os vários pontos a verificar e testar, são:

- A fixação do reservatório na linha;
- A vedação da massa lubrificante no sistema;
- A injeção de massa lubrificante para o cabo.

Verificação da boa fixação do reservatório à linha, se elimina possíveis oscilações e outros movimentos do sistema durante a injeção, e também a facilidade do processo em si.

Pode-se observar que os pinos-guia da base do reservatório impedem o movimento de rotação do equipamento e os grampos de aperto à linha impedem a vibração do mesmo, como observado na Figura 122, durante o processo de injeção.



Figura 122 - Fixação por grampos do reservatório

A vedação da massa lubrificante no sistema, quando o reservatório está retirado da linha, é realizada pelo O-ring, de forma eficaz, uma vez que podemos observar na Figura 123, que mesmo com reservatório com massa lubrificante, não existe qualquer fuga.



Figura 123 - Verificação do funcionamento do sistema de vedação

Na situação contrária, quando o reservatório é inserido na linha, o batente é empurrado pela base da linha, e permite a passagem da massa lubrificante, sem afetar o processo de injeção no cabo. Pode-se observar na Figura 124 que a massa lubrificante sai pela agulha sem prolema, quando ligado o sistema.

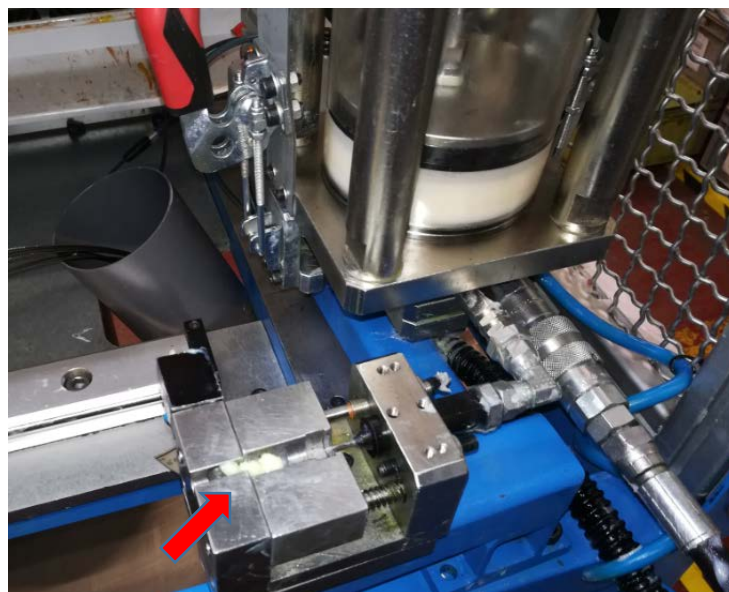


Figura 124 - Verificação da funcionalidade do sistema na injeção

Podemos concluir que o protótipo do sistema funcionou como era pretendido, sem qualquer problema, tanto para a utilização de enchimento como para a injeção.

# CONCLUSÕES

## 4.1 Principais conclusões do projeto e melhorias futuras



## 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

### 4.1 Principais conclusões do projeto e melhorias futuras

Os grandes objetivos focados no desenvolvimento deste projeto, podem ser observados na Tabela 43, e verificar como foram alcançados.

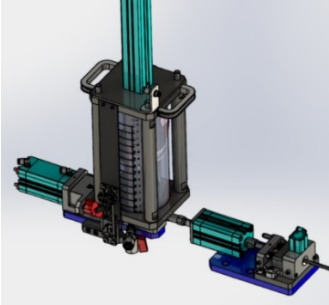
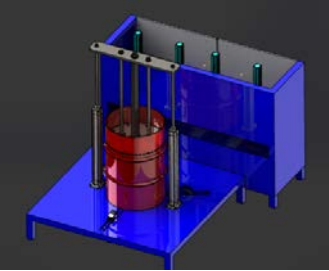

Tabela 43 - Objetivos alcançados e conclusões

Objetivo	Conclusão	Check
Otimizar o processo de fornecimento de massa lubrificante nas linhas e os respetivos equipamentos.	Com o novo sistema de enchimento centralizado e automatizado e os reservatórios flexíveis, será possível eliminar os sistemas móveis de enchimento.	✓
Melhorar os equipamentos do processo de injeção de massa lubrificante nos cabos.	O reservatório novo permite um melhor controlo sobre a massa lubrificante injetada e a nova linha permite a sua fácil adaptação.	✓
Eliminar os desperdícios de massa lubrificante nos processos de fabrico de cabos.	Com o sistema de deteção, é possível reduzir as fugas de massa lubrificante pela agulha de injeção, uma vez que esta se encontra dentro do sistema.	✓
Aumentar a produtividade dos processos mencionados.	Com a realização do enchimento no armazém, será possível diminuir o tempo de paragem nas linhas para realizar este processo.	✓
Reduzir os problemas nos cabos por deficiente lubrificação.	O sistema de deteção permitirá eliminar a entrada de ar nos cabos, durante o processo de injeção.	✓
Minimizar todo o investimento necessário para a implementação das melhorias.	Com o aproveitamento de vários componentes e materiais existentes, será minimizado o custo total dos sistemas.	✓
Implementar todo o projeto e verificar a sua eficácia.	Infelizmente, não houve implementação de todo o projeto devido ao investimento necessário, mas foi possível a produção e teste de um protótipo do reservatório.	✗

Para diminuir o investimento inicial, foram considerados todos os materiais do sistema atual que poderiam ser reutilizados. Com um custo total, considerando as 38 linhas de injeção, de 59 392,58 €, consegue-se alterar todos os sistemas de injeção mantendo todo o processo na sua maior eficiência e com um período de amortização de 3 anos e 5 meses. Com a remoção do enchimento dos reservatórios nas linhas para o armazém, fica garantido um melhor fluxo de utilização de massa lubrificante e evita-se desperdícios por contaminação da mesma, uma vez que após aberto um balde, a massa lubrificante é rapidamente utilizada na sua totalidade.

A Tabela 4 apresenta os principais sistemas projetadas neste trabalho.

Tabela 44 - Sintetização dos sistemas projetados

Sistema	Descrição
<p><b>Sistema de injeção</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de armazenamento móvel de grande versatilidade;</li> <li>- Mecanismo de prevenção de lubrificação deficiente;</li> <li>- Controlo anti-erro de qualidade e prevenção de danos do material e produto.</li> </ul> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da produtividade de cabos;</li> <li>- Melhor qualidade na lubrificação dos cabos.</li> </ul>
<p><b>Sistema de enchimento</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema automatizado com garras, que posicionam o balde no centro do sistema, realizando o enchimento sem bomba, utilizando um sistema pneumático para bombear a massa lubrificante.</li> </ul> <p><b>Vantagens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Processo de grande qualidade de enchimento e maior rapidez;</li> <li>- Menor desperdício de massa lubrificante, uma vez que o balde se encontra com melhor isolamento;</li> <li>- Maior segurança para os trabalhadores.</li> </ul>
<p><b>Sistema de transporte</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de fácil adaptação dos reservatórios para transporte e para melhoria da sua organização.</li> </ul> <p><b>Vantagens:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bancadas simples e fácil execução;</li> <li>- Boa fixação dos reservatórios</li> </ul>

Apesar de todas as características apresentadas, há melhorias que podem vir a ser implementadas neste processo. Começando pelo sistema de deteção de ar, que quando deteta a entrada de ar automaticamente, obriga a linha a parar e implica a limpeza do cabo para voltar a injetar. O transporte dos reservatórios e enchimento implicam mais mão de obra.

Este projeto permitiu um aumento de conhecimento a nível de sistemas automatizados utilizados na industrial automóvel e permitiu adquirir um *know-how* elevado de todo o trabalho realizado no interior de uma grande empresa e do funcionamento da mesma.



# BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 ARTIGOS, LIVROS E OUTROS



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

### 5.1 ARTIGOS, LIVROS E OUTROS

- [1] T. Cleff, C. Grimpe, and C. Rammer, "Identifying Lead Markets in the European Automotive Industry: An Indicator-based Approach," *Ind. Innov.*, vol. 22, no. 6, pp. 496–522, 2015.
- [2] V. Frigant and V. Frigant, "European automotive industry," no. 3, 2011.
- [3] L. M. Fonseca and J. P. Domingues, "Reliable and Flexible Quality Management Systems in the Automotive Industry: Monitor the Context and Change Effectively," *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 1200–1206, 2017.
- [4] AICEP, "Portugal global," p. 66, 2016.
- [5] "Indústria automóvel em Portugal," 2013.
- [6] P. Vale, André; Costa, Diogo; Monteiro, Gustavo; Ferreira, João; Santos, Maria; Ribeiro, "A Indústria Automóvel em Portugal," *FEUP*, p. ii, 2013.
- [7] P. Yugo, Y. Kubo, S. Prado, and D. S. Neto, "Produtividade : uma vantagem competitiva do modelo de consórcio modular," pp. 1–12, 2008.
- [8] M. D. Johnson and R. E. Kirchain, "The importance of product development cycle time and cost in the development of product families," *J. Eng. Des.*, vol. 22, no. 2, pp. 87–112, 2011.
- [9] R. Roy, P. Souchoroukov, and E. Shehab, "Int . J . Production Economics Detailed cost estimating in the automotive industry : Data and information requirements," *Intern. J. Prod. Econ.*, vol. 133, no. 2, pp. 694–707, 2011.
- [10] L. C. P. B. Reis, "Factores Estratégicos de Desenvolvimento da Indústria de Componentes para Automóvel em Portugal - Os Determinantes da Qualidade das Empresas," 2001.
- [11] "AutoCAT Catalogo eletronico," 2018. [Online]. Available: <https://www.autocat.com.br/p-3198032-CATALOGO-ELETRONICO-DE-PECAS-VOLKSWAGEN-AUTOMOVEIS---2016>. [Accessed: 10-Sep-2018].
- [12] S. Jeschke, "Robotics in Automobile Industry History , Presence and Future," *Robot. der Automob.*, 2015.
- [13] J. Manuel and P. Debrand, "The Auto Industry in Mexico : A SWOT analysis," pp. 47–58.
- [14] L. Zhikang, "Research on Development Strategy of Automobile Reverse Logistics Based on SWOT Analysis," *Procedia Eng.*, vol. 174, pp. 324–330, 2017.

- [15] B. Saberi, "The role of the automobile industry in the economy of developed countries," vol. 4, no. 3, pp. 179–180, 2018.
- [16] N. Suthikarnnarunai, "Automotive Supply Chain and Logistics Management," vol. II, pp. 19–21, 2008.
- [17] S. Hajmohammad, S. Vachon, R. D. Klassen, and I. Gavronski, "Lean management and supply management : their role in green practices and performance," *J. Clean. Prod.*, vol. 39, pp. 312–320, 2013.
- [18] G. Büyükköçkan and D. Öztürkcan, "Expert Systems with Applications An integrated analytic approach for Six Sigma project selection," *Expert Syst. Appl.*, vol. 37, no. 8, pp. 5835–5847, 2010.
- [19] Deloitte, "Driving Resilience in Automotive Industry Supply Chains | Deloitte US." [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/audit/solutions/automotive-supply-chain-risk-management.html>. [Accessed: 10-Sep-2018].
- [20] R. J. S. Costa, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, "A novel concept of agile assembly machine for sets applied in the automotive industry," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Volume 94, pp 3041-3063, 2017.
- [21] S. J. Hu *et al.*, "CIRP Annals - Manufacturing Technology Assembly system design and operations for product variety," vol. 60, pp. 715–733, 2011.
- [22] M. J. R. Costa, R. M. Gouveia, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, "How to solve quality problems by advanced fully-automated manufacturing systems," 2017.
- [23] M. Savsar, "Reliability analysis of a flexible manufacturing cell," vol. 67, pp. 147–152, 2000.
- [24] R. S. Wadhwa, "Flexibility in manufacturing automation : A living lab case study of Norwegian metalcasting SMEs," *J. Manuf. Syst.*, vol. 31, no. 4, pp. 444–454, 2012.
- [25] E. Mec, "New developments on Industrial Robotics New developments on Industrial Robotics -.", 2008.
- [26] M. J. R. Soares, "Desenvolvimento De Sistemas Automáticos De Alimentação E Descarga De Injectora De Plásticos," 2015.
- [27] L. Ribeiro and J. Barata, "Computers in Industry Re-thinking diagnosis for future automation systems : An analysis of current diagnostic practices and their applicability in emerging IT based production paradigms," *Comput. Ind.*, vol. 62, no. 7, pp. 639–659, 2011.
- [28] A. Hutanu, G. Prostean, and A. Badea, "Integrating Critical Chain method with AGILE life cycles in the automotive industry," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 197, no. February,

- pp. 1416–1421, 2015.
- [29] Bosch, “Bosch Automotive.” [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/rohiniwc/bosch-auto-partsppt>. [Accessed: 10-Sep-2018].
- [30] “AUTO INDUSTRY IN PORTUGAL OEM IN THE PORTUGUE SE,” 2016.
- [31] A. Industries, “The road to 2020 and beyond: What’s driving the global automotive industry?,” 2013.
- [32] P. E. C. Johansson, T. Lezama, L. Malmsköld, B. Sjögren, and E. C. Published, “Current State of Standardized Work in Automotive Industry in Sweden,” *Procedia CIRP*, vol. 7, pp. 151–156, 2013.
- [33] P. Guariente, I. Antonioli, L. P. Ferreira, T. Pereira, and F. J. G. Silva, “Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1128–1134, 2017.
- [34] H. Mendes, “Inovação no setor de componentes para a indústria automóvel,” p. 117, 2013.
- [35] D. G. Xii, T. Vw, and A. D. Benz, “TECHNOLOGICAL PRACTICES IN THE EUROPEAN AUTO INDUSTRY : EXPLORING CASES FROM,” pp. 1–17, 2000.
- [36] C. De Gualtar, “Instituto Superior de Engenharia do Porto,” pp. 33940–33943, 2011.
- [37] D. G. Haro, “Sistemas Da Qualidade Na Indústria Automobilística Uma Proposta De Auto-Avaliação Unificada,” p. 130, 2001.
- [38] EDI Basics, “EDI in the Automotive Industry | EDI Basics.” [Online]. Available: <https://www.edibasics.co.uk/edi-by-industry/the-automotive-industry/>. [Accessed: 10-Sep-2018].
- [39] R. Paper, O. Brandes, S. Brege, and P. Brehmer, “The Strategic Importance of Supplier Relationships in the Automotive Industry,” vol. 1m, pp. 1–10, 2013.
- [40] W. F. S. Araújo, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, and J. A. Matos, “Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats : a novel cell concept,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 2016.
- [41] P. Wlazlak, K. Säfsten, P. Hilletoft, and G. Johansson, “Integration of Suppliers’ Workflows in the OEMs’ New Product Development Process,” *Procedia Manuf.*, vol. 25, pp. 479–486, 2018.
- [42] M. Houshmand and B. Jamshidnezhad, “An extended model of design process of lean production systems by means of process variables,” vol. 22, pp. 1–16, 2006.
- [43] W. G. Sullivan, T. N. McDonald, and E. M. Van Aken, “Equipment replacement decisions and lean manufacturing,” vol. m, pp. 255–265, 2002.
- [44] B. R. Staats, D. James, and D. M. Upton, “Lean principles , learning , and knowledge

- work : Evidence from a software services provider,” *J. Oper. Manag.*, vol. 29, no. 5, pp. 376–390, 2011.
- [45] N. H. A. Halim, N. Yusuf, R. Jaafar, A. Jaffar, N. A. in Kaseh, and N. N. Azira, “Effective Material Handling System for JIT Automotive Production Line,” *Procedia Manuf.*, vol. 2, no. February, pp. 251–257, 2015.
- [46] Ellen McKewen, “Undeniable Reasons to Love Lean Manufacturing.” [Online]. Available: <https://www.cmtc.com/blog/undeniable-reasons-to-love-lean-manufacturing>. [Accessed: 10-Sep-2018].
- [47] M. Ga, M. Yang, P. Hong, and S. B. Modi, “Int . J . Production Economics Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance : An empirical study of manufacturing firms,” *Intern. J. Prod. Econ.*, vol. 129, no. 2, pp. 251–261, 2011.
- [48] M. Alefari, K. Salonitis, and Y. Xu, “The Role of Leadership in Implementing Lean Manufacturing,” *Procedia CIRP*, vol. 63, pp. 756–761, 2017.
- [49] “Juran Impacts Inbound Marketing.” [Online]. Available: <https://www.pinterest.com/pin/369998925605921327>. [Accessed: 10-Sep-2018].
- [50] S. L. Hunter, “Ergonomic Evaluation of Manufacturing,” vol. 20, pp. 429–444, 2002.
- [51] R. a Watson, “Automotive Quality Systems Handbook,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.*, vol. 215, no. 8, pp. 957–957, 2005.
- [52] L. Cuatrecasas-arbos, J. Fortuny-santos, and C. Vintro-sanchez, “Computers & Industrial Engineering The Operations-Time Chart : A graphical tool to evaluate the performance of production systems – From batch-and-queue to lean manufacturing,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 61, no. 3, pp. 663–675, 2011.
- [53] Lisa Myers, “Recovering Auto Manufacturing Industry Boosts Glob.” [Online]. Available: <http://www.magoda.com/industrial/recovering-auto-manufacturing-industry-boosts-global-demand-for-robotics/>. [Accessed: 10-Sep-2018].
- [54] N. Azlina, M. Salleh, S. Kasolang, and A. Jaffar, “Simulation of Integrated Total Quality Management ( TQM ) with Lean Manufacturing ( LM ) Practices in Forming Process Using Delmia Quest,” vol. 41, no. Iris, pp. 1702–1707, 2012.
- [55] Hitesh Bhasin, “Importance of advertising & how it affects ROI & profit?” [Online]. Available: <https://www.marketing91.com/the-importance-of-advertising/>. [Accessed: 10-Sep-2018].
- [56] A. Assembly and L. A. Components, “Automated Assembly,” vol. 48, pp. 9–12, 1999.
- [57] A. P. De Resende, F. Wagner, A. Costa, and W. Silva, “Consórcio Modular : O Novo Paradigma Do Modelo De Produção,” pp. 1–9, 2002.

- [58] Christiaan Hetzner, "GM, Renault, VW, others bet on megaplatforms." [Online]. Available: <http://www.autonews.com/article/20141103/OEM/141039956/gm-renault-vw-others-bet-on-megaplatforms>. [Accessed: 11-Sep-2018].
- [59] J. Pandremenos, J. Paralikas, K. Salonitis, and G. Chryssolouris, "CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology Modularity concepts for the automotive industry : A critical review," vol. 1, pp. 148–152, 2009.
- [60] M. Quadrado and E. Mec, "ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE MÁQUINAS PARA O", ISEP, 2016.
- [61] M. Rosa and E. Mec, "MAPEAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS.", ISEP, 2017.
- [62] C. The, B. Control, C. For, and Y. Application, "CHOOSING THE BEST CONTROL CABLE FOR YOUR APPLICATION Cable / Wire Rope Construction Individual Elements of Wire Rope Wire Rope.", 2018.
- [63] M. O. F. Operation, "Progressive Central Lubrication System," pp. 1–8, 2009.
- [64] L. F. Rizo, "About Lubrication Systems ' Getting the Most from Single-Point Lubricators .'", 2005.
- [65] M. F. Smith and P. O. Box, "Centralized lubrication system," pp. 1–12, 1972.
- [66] CST - SENAI, "Mecânica - Lubrificação," p. 98, 1997.
- [67] Sauer-Danfoss, "Piston Pumps and Motors," *Data sheets*, 2015.
- [68] D. A. C. G.G. Liversidge, K.C. Cundy, J.F. Bishop, "United States Patent (19) 54," vol. 96, no. 19, pp. 62–66, 1980.
- [69] B. H. Automática, "CENTRALIZADA • Bomba Hidráulica Manual.", 2005.
- [70] O. Distribuidores and L. Simples, "Distribuidores Linha Simples 350," pp. 16–17, 2017.
- [71] H. Pump and M. Division, "Hydraulic Pump Purpose : Types of Hydraulic Pumps.", 2006.
- [72] Anónimo, "Hydraulic pumps," *WisegEEK*, pp. 119–127, 2012.
- [73] L. Dupla, "Sistema Linha Dupla," 2011.
- [74] "Products - Ficosa." [Online]. Available: <https://www.ficosa.com/products/>. [Accessed: 11-Sep-2018].
- [75] "Grampos de fixação das marcas Good-Hand, FIXO e outras / Toggle Clamps of all brands." [Online]. Available: <https://fixsolda.pt/fixadores.html>. [Accessed: 11-Sep-2018].
- [76] C. Garantia, "Grampos fixadores rápidos mecânicos e pneumáticos," 2008.
- [77] "Proximity sensors , block design Proximity sensors , block design.", 2016.
- [78] R. De Direito and C. Descomplicado, "Capítulo 2 1)," pp. 1–15, 2001.
- [79] Festo, "Standards-based cylinders DSBC , to ISO 15552.", 2018.
- [80] F. L. Mayrink and A. G. Dickman, "UM APARATO SIMPLES P ARA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ATRITO ESTÁTICO ENTRE DUAS SUPERFÍCIES," pp. 1–14, 2009.

[81] Festo, “Compact cylinders ADN / AEN , to ISO 21287,” p. 91, 2015.





# ANEXOS

ANEXO I - Desenhos técnicos do Sistema de injeção

ANEXOII - Desenhos técnicos do Sistema de enchimento

ANEXO III - Desenhos técnicos do Sistema de transporte

ANEXO IV - Catálogos e *Datasheet* normalizados



## 6 ANEXOS

Os anexos apresentados estão disponíveis em suporte digital, que acompanha este trabalho, e estão divididos em:

- **Anexo I:** Desenhos técnicos do Sistema de injeção;
- **Anexo II:** Desenhos técnicos do Sistema de enchimento;
- **Anexo III:** Desenhos técnicos do Sistema de transporte;
- **Anexo IV:** Catálogos e *Datasheet* normalizados