



## Melhoria de produtividade de um equipamento de fabrico de cabos de comando para a indústria automóvel

PEDRO MANUEL SOUSA RAMALHO

novembro de 2022

# MELHORIA DE PRODUTIVIDADE DE UM EQUIPAMENTO DE FABRICO DE CABOS DE COMANDO PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Pedro Manuel Sousa Ramalho

1171106

**2022**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica





# MELHORIA DE PRODUTIVIDADE DE UM EQUIPAMENTO DE FABRICO DE CABOS DE COMANDO PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Pedro Manuel Sousa Ramalho

1171106

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 Professor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e coorientação do Professor Francisco José Gomes da Silva.

**2022**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica





# JÚRI

## **Presidente**

Doutora Rafaela Carla Barros Casais

Professor Adjunto, ISEP

## **Orientador**

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, ISEP

## **Coorientador**

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador com Agregação, ISEP

## **Arguente**

Doutor Carlos Miguel da Costa Gomes Fernandes

Professor Auxiliar, FEUP



## AGRADECIMENTOS

Na sequência da realização da presente dissertação de mestrado, gostaria de agradecer a colaboração e o apoio de diversas pessoas, sem as quais não seria possível a concretização deste projeto.

À minha família mais próxima (pais e avós), por toda a confiança, apoio e motivação que sempre me deram.

Ao meu orientador, Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, e ao meu coorientador, Doutor Francisco José Gomes da Silva, pela disponibilidade e atenção que sempre demonstraram e por todo o tempo que dedicaram no apoio à realização desta dissertação.

Ao supervisor da empresa acolhedora, Engenheiro Mário Cardoso, pela disponibilidade, pelo tempo dedicado, por todos os esclarecimentos prestados e pelos seus contributos para a realização deste projeto.

Aos meus amigos mais próximos, que em todos os momentos me deram motivação para continuar e atingir os meus objetivos.



## PALAVRAS-CHAVE

Indústria Automóvel, Projeto Mecânico, Método de Elementos Finitos, Cabos de comando, Produtividade, Metodologia *Design Science Research*.

## RESUMO

A indústria automóvel e de fabrico de componentes automóveis é um dos setores com maior impacto na economia de muitos dos países da União Europeia. Devido à elevada competitividade que caracteriza o setor automóvel e à enorme variedade de processos inerentes à produção dos mais variados componentes, existe uma procura intensiva por melhorias que se traduzam em impactos significativos na produtividade dos referidos processos, garantindo ainda assim os níveis de qualidade exigidos pelo cliente. Neste contexto, insere-se também o fabrico de cabos de comando, que nos últimos anos tem sido alvo de inúmeros casos de estudo para melhoria do processo.

O trabalho desenvolvido na presente dissertação teve por base uma necessidade identificada pela empresa Fico Cables, relativa à melhoria da produtividade de um equipamento de fabrico de cabos de comando para a indústria automóvel. O principal objetivo está relacionado com o desenvolvimento de um novo conceito de máquina de decapar que permita remover o revestimento de dois cabos em simultâneo, eliminando assim um gargalo existente no processo de injeção do primeiro terminal de ZAMAK. Foi construído um protótipo da referida máquina e validado o novo conceito, procedendo-se depois à sua implementação na fábrica. Foi ainda projetado um sistema automático de extração de cabo com vista a reduzir a quantidade de tarefas manuais realizadas pelo operador, esperando-se com este sistema mais uma melhoria de produtividade no processo. O desenvolvimento dos dois novos mecanismos abordados no presente trabalho seguiu a metodologia *Design Science Research* (DSR).

Com a implementação do novo conceito de máquina de decapar dupla, verificou-se um aumento de produtividade de 62,4% no posto de injeção de ZAMAK, que se refletiu em poupanças anuais na ordem dos 42614€. Relativamente ao sistema automático de extração de cabo, estimam-se ganhos de produtividade adicionais de 15,6%. Sendo assim, com a implementação conjunta das duas melhorias estima-se atingir um aumento de produtividade total na ordem dos 87,8%, com uma poupança anual de 51816€.



## KEYWORDS

Automotive Industry, Mechanical Design, Finite Element Method, Control Cables, Productivity, Design Science Research Methodology.

## ABSTRACT

The automotive and automotive component manufacturing industry is one of the sectors with highest impact on the economy of many European Union countries. Due to the high competitiveness that characterizes the automotive sector and the enormous variety of processes inherent to the production of the most varied components, there is an intensive search for improvements that translate into significant impacts on the productivity of these processes, still guaranteeing the levels of quality required by the client. In this context, there is also the manufacture of control cables, which in recent years has been the subject of numerous case studies to improve the process.

The work developed in this dissertation was based on a need identified by the company Fico Cables, regarding the improvement of the productivity of a control cable manufacturing equipment for the automotive industry. The main objective is related to the development of a new stripping machine concept that allows the coating removal from two cables simultaneously, thus eliminating an existing bottleneck in the injection process of the first ZAMAK terminal. A prototype of the aforementioned machine was built, and the new concept validated, and then implemented in the factory. An automatic cable extraction system was also designed aiming to reduce the number of manual tasks performed by the operator, with the expectation of further improving the productivity of the process. The development of the two new mechanisms discussed in the present work followed the Design Science Research (DSR) methodology.

With the implementation of the new double stripper concept, a 62.4% increase in productivity at the ZAMAK injection station was found, which was reflected in annual savings of around €42,614. Regarding the automatic cable extraction system, additional productivity gains of 15.6% are estimated. Therefore, with the joint implementation of the two improvements, an increase in total productivity of around 87.8% is expected, with annual savings of €51,816.



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
CAD	<i>Computer-aided design</i>
CNC	Controlo Numérico Computorizado
DSR	<i>Design Science Reseach</i>
HSS	<i>High Speed Steel</i>
IA	Indústria Automóvel
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MIZ	Máquina de Injeção de Zamak
OEE	<i>Overall Equipment Efficiency</i>
OICA	<i>Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles</i>
PIB	Produto Interno Bruto
UAP	Unidade Autónoma de Produção

### Lista de Unidades

GPa	Gigapascal
kg	Quilograma
mm	Milímetro
MPa	Megapascal
N	Newton

---

## Lista de Símbolos

---

$F_1$	Força de atrito
$F_c$	Força de corte
$MV_i$	Maior valor de $V_i$ entre as diferentes ideias
$N$	Força normal
$Q_i$	Quociente relativo do critério $i$
$r$	Raio
$S_0$	Área de secção transversal do revestimento
$V_i$	Classificação quantitativa da ideia $i$
$w_i$	Importância do critério $i$
$\Omega$	Classificação da ideia para cada critério
$\beta$	Classificação ponderada do critério
$\gamma$	Classificação final da ideia
$\mu$	Coeficiente de atrito
$\tau_c$	Tensão de rotura ao corte

---

---

## GLOSSÁRIO DE TERMOS

---

<b>Decapagem</b>	Operação de remoção do revestimento polimérico na extremidade de um cabo de aço.
<b>Flor</b>	Operação de achatamento da extremidade de um cabo de aço. A extremidade do cabo toma aspeto semelhante a uma flor.
<b>ZAMAK</b>	Liga metálica composta por Zinco, Alumínio, Magnésio e Cobre.

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Veículos produzidos em 2021, adaptado de [3] .....	9
Figura 2 - Volume de Negócios em Portugal (em mil milhões de euros), adaptado de [7] .....	10
Figura 3 - Torno convencional, adaptado de [24] .....	15
Figura 4 - Guilhotina industrial [25] .....	16
Figura 5 - Perfis extrudidos em alumínio [27].....	16
Figura 6 - Sistema <i>transfer</i> constituído por diferentes módulos funcionais [1] .....	17
Figura 7 - Marcação “CE” – Diretiva Máquinas [31].....	18
Figura 8 - Cilindro de duplo efeito com haste [33] .....	19
Figura 9 - Cilindro rotativo [33] .....	19
Figura 10 - Garra paralela [34] .....	20
Figura 11 - Cilindro guia [35].....	20
Figura 12 - Três tipos de automação relativos à quantidade de produção e variedade de produto, adaptado de [18].....	24
Figura 13 - Exemplo de conjunto Bowden Cable – Adaptado de [52] .....	28
Figura 14 – Aplicações de cabos de comando nos automóveis, adaptado de [57] .....	29
Figura 15 - Mecanismo de abertura de capô [58].....	30
Figura 16 - Constituição de um cabo metálico [60] .....	31
Figura 17- Execução da flor em (a) cabo não decapado e (b) cabo decapado [59].....	32
Figura 18 - Cabo após a injeção do terminal [59] .....	33
Figura 19 - Exemplos de sistemas de cabos produzidos na empresa acolhedora [72].....	39
Figura 20 – Matriz SIPOC .....	41
Figura 21 - Extrusora UAP1 .....	41
Figura 22 - Cabo revestido a ser enrolado em bobine após extrusão .....	42
Figura 23 - Máquina de corte de cabo (UAP2).....	42
Figura 24 - Cabo cortado.....	42
Figura 25 – MIZ: 1ª Injeção (UAP2) .....	43
Figura 26 - Identificação dos dispositivos equipados na MIZ.....	43

---

Figura 27 - Caixas com stock de subconjunto de cabo com 1º terminal ZAMAK .....	44
Figura 28 - Máquina extrusora de espiral (UAP 1) .....	45
Figura 29 - Tambor com espiral revestida .....	45
Figura 30 - Linha de montagem de cabos de comando JEEP .....	45
Figura 31 - Cabo de comando JEEP .....	46
Figura 32 - Caixas com produto final .....	46
Figura 33 - Cabos de comando na caixa de produto final .....	46
Figura 34 - Equipamento de decapar inicial .....	49
Figura 35 - Vista de frente do equipamento de decapar inicial .....	49
Figura 36 - Vista esquerda do equipamento de decapar inicial .....	49
Figura 37 - Vista explodida dos três principais subconjuntos .....	50
Figura 38 - Subconjunto das lâminas .....	51
Figura 39 - Subconjunto dos mordentes .....	52
Figura 40 - Esboço da ideia 1 .....	58
Figura 41 - Esboço da ideia 2 .....	58
Figura 42 - Esboço da ideia 3 .....	59
Figura 43 - Esboço da lâmina: ideia 1 .....	60
Figura 44 - Esboço da lâmina: ideia 2 .....	60
Figura 45 - Esboço da lâmina: ideia 3 .....	60
Figura 46 – Esboço dos batentes de cabo: ideia 1 .....	61
Figura 47 – Esboço dos batentes de cabo: ideia 2 .....	61
Figura 48 - Esboço dos mordentes: ideia 1 .....	62
Figura 49 - Esboço dos mordentes: ideia 2 .....	63
Figura 50 - Forma de preenchimento das células da matriz de seleção .....	63
Figura 51 - Esboço da garra: ideia 1 .....	65
Figura 52 - Esboço da garra: ideia 2 .....	66
Figura 53 - Esboço da garra: ideia 3 .....	66
Figura 54 - Solução final para máquina de decapar dupla e sistema automático de extração de cabo ....	68
Figura 55 - Modelo CAD final da máquina de decapar dupla .....	68
Figura 56 - Vista explodida dos três subconjuntos principais da máquina de decapar .....	69

---

Figura 57 - Identificação dos rasgos de guiamento no mordente central .....	70
Figura 58 - Subconjunto das lâminas.....	70
Figura 59 - Vista em corte do pormenor do sopro de ar .....	71
Figura 60 - Subconjunto de batentes .....	71
Figura 61 - Êmbolo de limite IFM .....	72
Figura 62 - Montagem do sensor indutivo no êmbolo de limite IFM .....	72
Figura 63 - Atuador pneumático do subconjunto de batentes .....	72
Figura 64 - Atuador de corte das lâminas.....	73
Figura 65 – Capacidade de força dos atuadores da série MGPM, adaptado de [76] .....	74
Figura 66 - Atuador e a estrutura nele suspensa .....	75
Figura 67 – Carga admitida em trabalho do atuador MGPM32, adaptado de [76].....	77
Figura 68 - Atuadores dos mordentes.....	78
Figura 69 - Capacidade dos atuadores da série CQ2, adaptado de [78] .....	79
Figura 70 - Máquina de decapar assente pela sua base (pousada numa mesa) .....	79
Figura 71 - Máquina de decapar suspensa pela base superior .....	79
Figura 72 - Centro de massa do conjunto de peças suspenso.....	80
Figura 73 - Malha definida para o objeto em estudo.....	81
Figura 74 - Parâmetros da malha definida .....	81
Figura 75 – Tensão equivalente de von Mises para a situação de fixação pela base (fator de ampliação de deformação: 270) .....	81
Figura 76 - Resultados de deformação para a situação de fixação pela base (fator de ampliação de deformação: 270) .....	82
Figura 77 - Fator de segurança para a situação em que a máquina está assente pela base (fator de ampliação: 1).....	83
Figura 78 - Tensão equivalente de von Mises com fixação pelo topo (fator de ampliação de deformação: 280).....	83
Figura 79 - Resultados de deformação para a situação de fixação pelo topo (fator de ampliação: 280) ..	84
Figura 80 - Fator de segurança para a situação de fixação pelo topo (fator de ampliação: 1) .....	84
Figura 81 - Desenho de pormenor do mordente lateral .....	85
Figura 82 - Desenho de pormenor da lâmina .....	86
Figura 83 - Mecanismo de extração de cabos projetado .....	96

---

Figura 84 - Identificação dos atuadores pneumáticos do mecanismo extrator .....	96
Figura 85 - Garra com sistema de mordentes: (a) mordentes fechados; (b) mordentes abertos .....	97
Figura 86 - Carga máxima admitida pelo atuador DFM-32-125-P-A-KF, adaptado de [79] .....	98
Figura 87 - Gráfico com valores da carga máxima da série MGPM, adaptado de [76] .....	99
Figura 88 - Coordenadas do centro de massa dos componentes suspensos .....	100
Figura 89 - Malha definida .....	100
Figura 90 - Parâmetros da malha definida .....	100
Figura 91 - Tensão equivalente de von Mises máxima determinada na análise de elementos finitos (fator de ampliação: 1655) .....	101
Figura 92 – Deslocamento resultante da estrutura determinada na análise de elementos finitos (fator de ampliação: 1655).....	101
Figura 93 - Fator de segurança da estrutura (fator de ampliação: 1) .....	101
Figura 94 - Pormenor do ajustamento do mordente superior .....	102
Figura 95 - Pormenor do ajustamento no suporte do mordente superior .....	103
Figura 96 - Proteções físicas em chapa da máquina de decapar dupla .....	106
Figura 97 - Sensor PILZ instalado na máquina de decapar .....	106
Figura 98 - Botoneira de emergência .....	107
Figura 99 - Vista lateral do subconjunto das lâminas e dos batentes.....	110
Figura 100 - Vista da parte frontal com o subconjunto das lâminas avançado até aos mordentes .....	110
Figura 101 - Pormenor da zona de aperto das lâminas, batentes e saídas do sopro de ar .....	111
Figura 102 - Pormenor do subconjunto de batentes .....	111
Figura 103 - Protótipo em fase de testes .....	111
Figura 104 - Vista lateral do protótipo em fase de testes .....	111
Figura 105 - Máquina de decapar montada no posto 38F .....	112

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 –Trabalhos desenvolvidos em projeto de equipamentos e automatização de processos .....	25
Tabela 2 – Trabalhos de melhoria de processos de produção de cabos de comando .....	34
Tabela 3 - UAPs da empresa e respetivos processos e máquinas .....	40
Tabela 4 – Estado do cabo etapa a etapa .....	44
Tabela 5 - Descrição das diferentes etapas da metodologia DSR aplicada .....	47
Tabela 6 - Determinação do peso relativo de cada atributo .....	56
Tabela 7 - Classificação das ideias .....	56
Tabela 8 - Seleção de ideia para mecanismo das lâminas.....	63
Tabela 9 - Seleção de ideia para geometria das lâminas.....	64
Tabela 10 - Seleção de ideia a aplicar para batente de cabo .....	64
Tabela 11 - Seleção de ideia a aplicar para os mordentes .....	65
Tabela 12 - Seleção de ideia a aplicar para o extrator .....	67
Tabela 13 - Massa dos componentes suspensos .....	76
Tabela 14 - Lista de peças da estrutura .....	88
Tabela 15 - Lista de peças do subconjunto dos mordentes .....	89
Tabela 16 - Lista de peças do subconjunto das lâminas.....	90
Tabela 17 - Lista de peças do subconjunto dos batentes.....	91
Tabela 18 - Lista de peças para proteções.....	92
Tabela 19 - Caixa de aparas de revestimento.....	93
Tabela 20 - Lista de componentes de catálogo aplicados no mecanismo de decapar duplo .....	93
Tabela 21 - Lista de peças do mecanismo de extração de cabos .....	103
Tabela 22 - Componentes de catálogo utilizados no manipulador de extração .....	105
Tabela 23 - Plano de manutenção da máquina de decapar dupla .....	108
Tabela 24 - Plano de manutenção do sistema automático de extração de cabo.....	109
Tabela 25 - Custo das peças produzidas.....	113
Tabela 26 - Custo dos componentes de catálogo .....	114

---

Tabela 27 - Comparação dos valores de produtividade antes e após instalação do equipamento de decapar duplo.....	115
Tabela 28 – Produtividade após implementação do sistema automático de extração de cabo.....	118
Tabela 29 - Custo das peças a produzir para o extrator automático de cabo.....	119
Tabela 30 - Custo dos componentes de catálogo para o mecanismo automático de extração de cabo .	119
Tabela 31 - Avaliação do cumprimento dos requisitos da máquina de decapar dupla .....	124
Tabela 32 – Avaliação do cumprimento dos requisitos do sistema de extração de cabo .....	125

# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
1.1	Contextualização .....	3
1.2	Objetivos .....	4
1.3	Estrutura da dissertação.....	4
1.4	Breve apresentação da empresa acolhedora .....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	9
2.1	Indústria automóvel e de componentes automóveis .....	9
2.1.1	Indústria automóvel e de componentes no mundo .....	9
2.1.2	Indústria automóvel e de componentes em Portugal .....	10
2.1.3	Pilares da indústria automóvel .....	11
2.1.4	Automatização na indústria automóvel .....	12
2.1.5	Tendências futuras.....	13
2.2	Projeto de equipamentos industriais .....	14
2.2.1	Enquadramento .....	14
2.2.2	Tipos de equipamentos industriais.....	14
2.2.2.1	Equipamentos de construção monobloco fundido .....	15
2.2.2.2	Equipamentos de construção soldada de chapas de elevada espessura .....	15
2.2.2.3	Equipamentos de construção por perfis metálicos normalizados .....	16
2.2.2.4	Construção em módulos funcionais ligados por aparafusamento.....	17
2.2.3	Normalização aplicável .....	17
2.2.4	Componentes de catálogo.....	18
2.2.5	Automatização.....	20
2.2.5.1	Sistemas manuais .....	21
2.2.5.2	Sistemas semiautomáticos.....	21

---

2.2.5.3	Sistemas automáticos .....	22
2.2.5.4	Sistemas robotizados .....	24
2.2.6	Estado-da-arte de projeto de equipamentos .....	25
2.3	Cabos de comando para a indústria automóvel .....	27
2.3.1	Conceito e constituintes.....	27
2.3.2	Requisitos de qualidade e competitividade .....	28
2.3.3	Aplicações.....	29
2.3.4	Constituintes e respetivos materiais .....	30
2.3.5	Etapas de fabrico do terminal de ZAMAK injetado .....	32
2.3.5.1	Decapagem.....	32
2.3.5.2	Execução da flor.....	32
2.3.5.3	Injeção.....	33
2.3.6	Processo de injeção de metais .....	33
2.3.7	Estado-da-arte no fabrico de cabos de comando.....	34
3	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>39</b>
3.1	Apresentação da entidade acolhedora.....	39
3.2	Caracterização do processo de fabrico de cabos de comando .....	40
3.3	Metodologia.....	46
3.4	Definição do trabalho a realizar .....	48
3.4.1	Caracterização do problema .....	48
3.4.2	Estudo do equipamento inicial .....	49
3.4.2.1	Subconjunto do batente .....	51
3.4.2.2	Subconjunto das lâminas .....	51
3.4.2.3	Subconjunto dos mordentes .....	52
3.4.3	Objetivos do trabalho a realizar .....	52
3.4.4	Requisitos da empresa e limitações .....	53
3.4.4.1	Máquina de decapar dupla .....	53
3.4.4.2	Sistema automático de extração de cabo.....	54

---

---

3.5	Anteprojeto .....	54
3.5.1	Máquina de decapar dupla.....	57
3.5.1.1	Tempestade de ideias (ideias desenvolvidas).....	57
3.5.1.1.1	Mecanismo e geometria das lâminas de corte.....	57
3.5.1.1.2	Batentes de cabo .....	61
3.5.1.1.3	Mordentes .....	62
3.5.1.2	Escolha da ideia a aplicar .....	63
3.5.1.2.1	Lâminas.....	63
3.5.1.2.2	Batente de cabo .....	64
3.5.1.2.3	Mordentes .....	64
3.5.2	Sistema automático de extração de cabo .....	65
3.5.2.1	Tempestade de ideias (ideias desenvolvidas).....	65
3.5.2.2	Escolha da ideia a aplicar .....	66
3.6	Projeto.....	67
3.6.1	Descrição da solução final .....	67
3.6.2	Máquina de decapar dupla.....	68
3.6.2.1	Descrição da solução implementada.....	68
3.6.2.2	Dimensionamento dos atuadores pneumáticos .....	73
3.6.2.2.1	Atuador de corte das lâminas.....	73
3.6.2.2.2	Atuador de recuo das lâminas .....	75
3.6.2.2.3	Atuadores dos mordentes .....	77
3.6.2.3	Dimensionamento da estrutura .....	79
3.6.2.3.1	Fixação pela base .....	81
3.6.2.3.2	Fixação pelo topo .....	83
3.6.2.4	Desenhos de definição.....	84
3.6.2.5	Materiais escolhidos e processo de fabrico .....	87
3.6.2.6	Componentes de catálogo .....	93
3.6.3	Sistema automático de extração de cabo .....	95
3.6.3.1	Descrição da solução projetada .....	95
3.6.3.2	Dimensionamento dos atuadores pneumáticos .....	97

---

---

3.6.3.3	Dimensionamento da estrutura .....	99
3.6.3.4	Desenhos de definição.....	102
3.6.3.5	Materiais escolhidos e processo de fabrico .....	103
3.6.3.6	Componentes de catálogo .....	105
3.6.4	Elementos de segurança .....	105
3.6.5	Plano de manutenção .....	107
3.6.5.1	Máquina de decapar dupla .....	107
3.6.5.2	Sistema automático de extração de cabo.....	109
3.6.6	Construção do protótipo e validação.....	109
3.6.7	Estudo económico e retorno de investimento.....	112
3.6.7.1	Máquina de decapar dupla .....	112
3.6.7.2	Sistema automático de extração de cabo.....	117
3.6.7.3	Replicação do conceito projetado em outros postos de injeção .....	120
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>123</b>
4.1	Conclusões .....	123
4.2	Propostas de trabalhos futuros .....	125
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO .....</b>	<b>129</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>137</b>
6.1	Anexo 1 – Propriedades do material de revestimento (PA6) .....	138
6.2	Anexo 2 – Desenhos da máquina de decapar dupla.....	139
6.3	Anexo 3 – Fichas técnicas dos componentes de catálogo da máquina de decapar dupla 140	
6.4	Anexo 4 – Desenhos do sistema automático de extração de cabo.....	141
6.5	Anexo 5 – Fichas técnicas dos componentes de catálogo do sistema automático de extração de cabo .....	142

# INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Estrutura da dissertação
- 1.4 Breve apresentação da empresa acolhedora



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

O projeto de equipamentos industriais tem uma grande importância no desenvolvimento do setor automóvel, pois com a criação de novos equipamentos e de novas tecnologias, é possível atingir níveis cada vez mais altos de produtividade, qualidade e eficiência.

A otimização de processos com recurso a automatização torna-se muito relevante na indústria, pois é a melhor forma de aumentar a produtividade sem colocar em causa a qualidade dos artigos produzidos. Desta forma, é também possível reduzir custos pois, com o aumento do nível de automatização dos processos, está inerente uma redução da mão de obra necessária para a execução de processos manuais. Por outro lado, a mão de obra libertada pode ser reconduzida para tarefas de maior valor acrescentado e, desta forma, é possível melhorar a resposta das empresas a um mercado cada vez mais global.

A indústria automóvel (IA) tem um grande impacto e desempenha um papel fundamental na economia dos países da União Europeia. Este é um setor fortemente caracterizado pela sua elevada competitividade, associada a prazos de entrega reduzidos e requisitos de qualidade bastante elevados. Neste ramo há um grande foco em atender a elevada procura do mercado, respondendo às necessidades dos clientes, sem comprometer a qualidade do produto. Devido a estes fatores, a procura pela melhoria dos processos produtivos revela-se constante e essencial para o desenvolvimento do setor.

Os cabos de comando para a IA são produtos que, apesar de terem um baixo valor acrescentado, possuem uma grande variedade de processos de fabrico inerentes à sua produção. Devido a este facto, torna-se fundamental recorrer à automatização para reduzir os custos de produção destes componentes e garantir o cumprimento dos requisitos de qualidade especificados pelo cliente.

## 1.2 Objetivos

O principal objetivo do trabalho a realizar é registar um aumento de produtividade em postos de primeira injeção de terminal de ZAMAK no fabrico de cabos de comando para a IA, através da análise do funcionamento de um dispositivo de decapagem de cabo implementado, por forma a projetar um novo equipamento, capaz de cumprir com os requisitos do seu antecessor, mas produzindo dois cabos a cada ciclo produtivo. Desta forma, acompanha-se a evolução que já se registou nos restantes equipamentos implementados na Máquina de Injeção de ZAMAK (MIZ) (que já possuem moldes duplos) e reduz-se o impacto negativo que a solução existente provoca no *output* do posto de trabalho. O outro objetivo prende-se também com o aumento da produtividade dos referidos postos mas, desta vez, através da aplicação de um sistema automático de extração de cabo que permita reduzir a quantidade de tarefas manuais executadas pelo operador, para tornar o processo mais célere e controlado. O trabalho desenvolvido nesta dissertação seguiu a metodologia *Design Science Research* (DSR).

## 1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em quatro partes distintas. No primeiro capítulo faz-se uma introdução, onde se contextualiza o tema desenvolvido, se apresentam os objetivos que se pretendem atingir e se descreve a estrutura da dissertação. Por fim faz-se uma breve apresentação da entidade acolhedora.

No segundo capítulo surge uma revisão da bibliografia que servirá de base ao trabalho que se pretende desenvolver. São abordados sobretudo três grandes temas: a IA, o projeto de equipamentos industriais e o fabrico de cabos de comando para a IA, com destaque para os últimos desenvolvimentos nas respetivas áreas.

O terceiro capítulo diz respeito ao desenvolvimento. Neste capítulo começa-se por fazer uma apresentação mais detalhada da empresa acolhedora e dos processos produtivos que esta possui. De seguida faz-se uma análise do problema e definem-se os objetivos a que se pretende dar resposta. Posteriormente passa-se às fases de anteprojecto e projecto, que se encontram divididas em dois temas: desenvolvimento de máquina de decapar dupla e de sistema automático de extração de cabo. Como último assunto abordado neste capítulo, apresenta-se o estudo económico e retorno de investimento.

Por fim, o quarto capítulo é onde se apresentam todas as conclusões extraídas fruto do trabalho desenvolvido. São também apresentadas propostas de trabalhos futuros que possam dar continuidade à melhoria da produtividade dos processos estudados.

#### 1.4 Breve apresentação da empresa acolhedora

O trabalho que resultou na escrita da presente dissertação foi desenvolvido numa empresa de produção de componentes automóveis denominada Fico Cables, sita na Rua do Cavaco, na Maia. A supervisão foi garantida pelo Eng. Mário Cardoso, diretor geral do departamento de Manutenção da empresa.



# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Indústria automóvel e de componentes automóveis
- 2.2 Projeto de equipamentos industriais
- 2.3 Cabos de comando para a indústria automóvel



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Indústria automóvel e de componentes automóveis

#### 2.1.1 Indústria automóvel e de componentes no mundo

A IA e respetiva indústria de componentes é uma das áreas que mais impulsiona a economia mundial [1]. É das maiores áreas empregadoras a nível global e tem um impacto enorme na vida de milhões de pessoas. Segundo a *Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles* (OICA), a nível mundial, são produzidos em média cerca de 60 milhões de veículos automóveis todos os anos. A Figura 1 apresenta o número de veículos produzidos em 2019, 2020 e 2021 (nos meses correspondentes de janeiro a setembro). Semelhante volume de produção é proveniente de 9 milhões de postos de trabalho diretos no setor da IA, o que corresponde a 5% do emprego existente na área da manufatura a nível mundial. Ainda associados à IA existem mais 50 milhões de trabalhadores associados a outras indústrias transformadoras que, de forma indireta, desempenham funções para a IA [2].

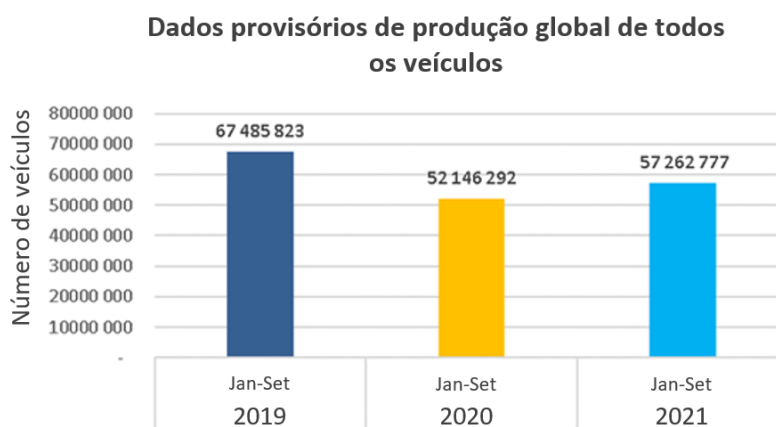


Figura 1 - Veículos produzidos em 2021, adaptado de [3]

Quanto ao continente europeu, verifica-se que existe também um impacto muito acentuado da IA na economia dos países constituintes da União Europeia. Existem cerca de 13,8 milhões de postos de trabalho relacionados, de forma direta ou indireta, com a IA, o que representa uma fração de 6,1% da força de trabalho total da Europa. Esta porção revela que a taxa de empregos relacionados com a produção de automóveis e seus componentes na Europa é até superior à do resto do Mundo [4, 5].

### 2.1.2 Indústria automóvel e de componentes em Portugal

Portugal é um país que depende fortemente da atividade da IA, que se revela um setor estratégico para a economia nacional. Esta indústria, representada por milhares de empresas, compreende uma fatia bastante significativa das exportações e dos postos de trabalho nacionais, e pode ser dividida em dois setores distintos: o setor da produção automóvel e o setor dos componentes automóveis. No primeiro distinguem-se fábricas como por exemplo a Autoeuropa ou a Toyota Caetano, enquanto o segundo é composto por um grande e crescente número das mais diversas pequenas e médias empresas. Segundo a Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA), entre os dois setores este último é o que se revela mais significativo a nível nacional [6].

Como prova da importância que a indústria de componentes automóveis tem na economia portuguesa, dados da AFIA revelam que 5,2% do produto interno bruto (PIB) nacional é proveniente deste mesmo setor. Este ramo representa em Portugal 0,9% das empresas da indústria transformadora (cerca de 350 empresas e 375 fábricas em solo nacional) e é responsável por assegurar emprego a cerca de 9,1% dos trabalhadores ativos em Portugal (porção superior àquela que se verifica no conjunto dos países da União Europeia), o que equivale a 62000 postos de trabalho direto.

A indústria de componentes em Portugal tem apresentado um crescimento ao longo dos últimos anos, tanto ao nível do número de postos de trabalho, como ao nível do volume de negócios. No entanto, em 2020 verificou-se uma quebra no crescimento que vinha a ser recorrente até ao ano anterior e deu-se uma quebra de 12,8% no volume de negócios, como é possível verificar na Figura 2. Esta quebra pode dever-se a diversos fatores, no entanto é previsível que o maior impacto provém da pandemia mundial SARS-CoV-2 que condicionou não só o setor automóvel como todos os setores a nível global [7].

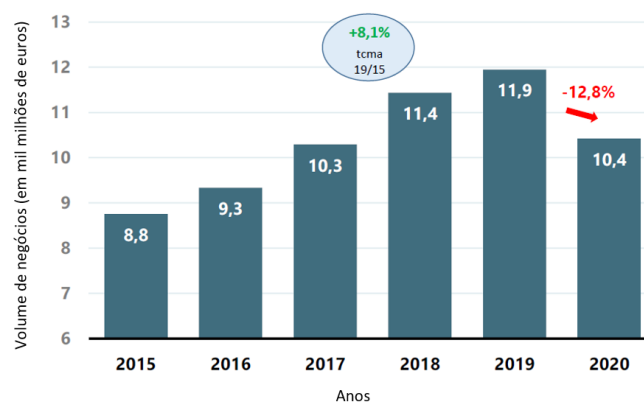


Figura 2 - Volume de Negócios em Portugal (em mil milhões de euros), adaptado de [7]

A indústria de componentes portuguesa é altamente exportadora e representa 16,1% das exportações de bens transacionáveis. A grande maioria do volume de negócios é proveniente de vendas para o exterior (80%), o que revela que a indústria de componentes em Portugal não sofre de dependência extrema das linhas de montagem instaladas em solo nacional. A grande maioria dos componentes produzidos (90,1%) tem como destino países do continente europeu, sendo os destinos mais representados Espanha com 30,0%, Alemanha com 21,2% e França com 11,8% dos componentes exportados [7].

Quanto à produção/montagem final de automóveis em Portugal, existem 5 empresas, das quais apenas duas produzem viaturas ligeiras de passageiro, enquanto as restantes se dedicam apenas à produção de veículos ligeiros de mercadorias ou veículos pesados. No total, entre os meses de janeiro e novembro de 2021, produziram-se 266063 unidades de veículos automóveis, dos quais 210692 são veículos ligeiros de passageiros, pelo que estes adquirem uma dominância da produção nacional.

Quanto à exportação, pode mais uma vez verificar-se o quanto este setor é exportador, através dos dados oficiais da ACAP, que indicam que 97,4% dos automóveis produzidos em Portugal no ano de 2021 foram exportados, sobrando apenas para o mercado interno 2,6% do que se produz em solo nacional [8].

### 2.1.3 Pilares da indústria automóvel

A IA é um mercado extremamente competitivo e é a responsável pelo aparecimento e desenvolvimento de inúmeras tecnologias, sendo a inovação um dos seus pontos fortes e de destaque, face a outras indústrias [9].

Esta tem por base uma cadeia de fornecimento bastante complexa, o que implica constantes mudanças na estratégia dos fabricantes e um aumento na competitividade entre os fornecedores (fabricantes de componentes). Os fabricantes de automóveis tendem a procurar fornecedores aos quais possam relegar, ou pelo menos com os quais possam partilhar, responsabilidades em áreas como do design, do desenvolvimento e do fabrico de componentes [10]. Esta tendência provoca pressão sobre os fornecedores para que estes mantenham preços competitivos e consigam garantir prazos de entrega reduzidos, sem comprometer a qualidade dos produtos. O cumprimento dos prazos de entrega torna-se um fator muito relevante, devido à complexidade das cadeias de fornecimento estabelecidas. Para que um produto possa ser entregue a tempo, é necessário que todos os seus componentes (que muitas das vezes são produzidos por diferentes fornecedores) sejam disponibilizados no prazo estipulado, cumprindo os requisitos de qualidade definidos pela engenharia de produto. Devido a estes fatores, a qualidade é um dos aspetos mais relevantes na IA, que se revela uma das indústrias líderes no que concerne a *standards* de qualidade, sendo referência para as mais variadas áreas de negócio [11].

Em suma, esta indústria requer uma elevadíssima cadência de produção, aliada a um elevado grau de precisão, sem comprometer a existência de preços competitivos, por forma a assegurar altos níveis de satisfação por parte dos consumidores [12-14]. Desta forma, sintetizando o que foi descrito, é possível elencar como sendo os seis principais pilares da IA:

- Custos competitivos;
- Flexibilidade;
- Inovação;
- Prazos de entrega;
- Produtividade;
- Qualidade.

A grande maioria dos fatores elencados foram importantíssimos ao longo da história da IA e continuam a ter um papel muito relevante no presente desta indústria. No entanto, o fator flexibilidade é revelador de uma mudança de paradigma que se vai acentuando cada vez mais e que provém de uma constante mudança nas necessidades dos consumidores, que exigem cada vez maior nível de personalização nos produtos que pretendem adquirir. Isto significa que é necessário satisfazer as economias de grande escala com a possibilidade de executar uma produção em massa, onde os produtos sofrem constantes mudanças, o que implica um aumento de custos relativo ao modelo dito tradicional que se baseava na produção em massa com baixíssimo nível de personalização [9, 12].

#### 2.1.4 Automatização na indústria automóvel

A IA é uma área extremamente competitiva, sendo provavelmente o setor mais competitivo de toda a indústria. Este fator faz com que os *Original Component Manufacturers* (OEMs) provoquem uma enorme pressão nos seus fornecedores, que se sentem forçados a promover melhoria contínua dos processos que desempenham, com o objetivo de reduzir os custos de produção dos componentes que fabricam e de garantir de forma mais consistente a qualidade dos mesmos [15]. Esta competitividade tem provocado ao longo dos anos uma tendência crescente na automatização de processos, havendo uma mudança de estratégia progressiva de um sistema baseado na utilização de mão de obra intensiva para um sistema de capital intensivo [1].

Os fornecedores de componentes têm de ter capacidade de produzir peças com os requisitos de qualidade especificados pela marca, controlando extremamente bem os custos. Devido a este facto, estas empresas necessitam de recorrer a maiores níveis de automatização e aplicar ferramentas *Lean* para reduzir desperdícios ao longo das suas linhas de produção e combater os custos de mão de obra. No entanto, quando os custos de mão de obra são elevados ou têm tendência a aumentar, a automatização dos sistemas de produção revela-se a única solução viável [15].

O uso crescente da automação na indústria deve-se à significativa melhoria da qualidade dos produtos, melhoria do ambiente de trabalho, melhoria da eficiência dos custos e uma grande melhoria na flexibilidade do processo, de maneira a cobrir os diferentes produtos [10].

A competitividade provocou um aumento na automatização de processos, passando progressivamente de um sistema de trabalho intensivo para capital intensivo, particularmente acentuado em países em desenvolvimento. Dois aspetos que levam as empresas a apostar na automação são: a tendência acentuadamente crescente dos salários e o surgimento, cada vez mais frequente, de situações onde o nível de qualidade requerido não é compatível com a variabilidade naturalmente associada ao trabalho do ser humano. A indústria de cabos tem um histórico de trabalho intensivo (mão de obra intensiva), embora exista um grande esforço para automatizar as operações [1].

O advento da automação nas indústrias de fabrico de componentes automóveis foi o resultado de uma evolução técnica e de razões económicas. De facto, tornou-se possível disponibilizar equipamento barato e mais fiável que podia trabalhar 24h por dia (motores eléctricos, computadores, entre outros). Por outro lado, a pressão para reduzir preço por unidade foi imposta pela necessidade de um aumento nas taxas de produção que apenas poderia ser atingido com a automação de alguns processos [16].

Os principais motivos que levam as empresas a desenvolver projetos de automação são os seguintes [10, 17, 18]:

- Aumento de produtividade;
- Redução de custos (apesar do investimento inicial elevado);
- Melhoria de qualidade (devido ao aumento de repetibilidade e conformidade);
- Prazos de entrega mais reduzidos (menos tempo desperdiçado e processos mais rápidos);
- Possibilidade de executar tarefas impossíveis de ser realizadas pelo ser humano;
- Redução de desperdício;
- Eliminação de tarefas manuais repetitivas.

### 2.1.5 Tendências futuras

Relativamente a perspectivas de futuro para o ramo da IA, estão identificadas em fontes técnicas online algumas tendências que, ao que tudo indica, irão marcar o rumo desta indústria nos próximos anos. São exemplos [19, 20]:

- Utilização de materiais cada vez mais leves na procura pela eficiência e consequente redução de consumos;
- Afirmação dos sistemas de condução autónoma;
- Maior utilização de veículos eléctricos;
- Utilização de fabrico aditivo na produção de peças complexas;
- Personalização em massa.

Já relativamente a tendências recomendadas pela comunidade científica, surge por exemplo a aplicação de novas técnicas de pintura, com vista a encontrar soluções mais eficientes para um dos processos que tem maior uso intensivo de energia no fabrico de um automóvel. Alguns exemplos de técnicas com tendência de utilização são [21]:

- Utilização de processos de pré-tratamento nano-cerâmicos que, ao contrário dos processos convencionais, podem ser executados à temperatura ambiente. Isto resulta numa redução do consumo energético e das emissões;
- Utilização crescente de tintas de base aquosa, em detrimento das tintas de base solvente, visto que as primeiras se revelam ecologicamente mais eficientes;
- Utilização de robôs com pistolas assistidas electrostaticamente para redução do desperdício de tinta durante a pintura e garantia de melhor repetibilidade do processo.

## 2.2 Projeto de equipamentos industriais

### 2.2.1 Enquadramento

A construção de um equipamento industrial é um processo algo complexo e que passa por diversas fases de desenvolvimento. O *design* de uma nova máquina é algo que não pode ser, de uma forma simples, formulado num único método, nem existe apenas uma forma correta de o desenvolver. Antes pelo contrário, existem variadíssimas formas de chegar a uma solução e, possivelmente, existem dezenas de soluções diferentes que conseguem atender aos requisitos definidos [22]. A grande diferença pode estar nas vantagens e desvantagens que cada solução traz, dependendo das prioridades definidas para o projeto, como por exemplo o custo de produção, a facilidade de manutenção, a estabilidade do processo, entre outros. Sendo assim, o processo de desenvolvimento de um novo equipamento passa por diversas etapas, desde a identificação de uma necessidade, passando pela definição do problema, até conceção de uma ideia que pode começar por “pensamento visual” e passar a um simples esboço em papel que vai sendo aperfeiçoado até à sua forma final [22, 23].

### 2.2.2 Tipos de equipamentos industriais

Os equipamentos industriais podem ser compostos por uma grande variedade de componentes. No entanto, quanto à sua estrutura base e ao seu tipo de construção podem ser divididos essencialmente em quatro tipos:

- Monobloco fundido;
- Construção soldada;
- Perfis metálicos normalizados;
- Módulos funcionais ligados por aparafusamento.

### 2.2.2.1 Equipamentos de construção monobloco fundido

Este tipo de equipamento é caracterizado por ser bastante robusto e, normalmente, de grandes dimensões, o que resulta, por consequência, num elevado peso. A sua estrutura é assente num corpo (ou base) monobloco, em ferro fundido, onde estão montados todos os componentes funcionais. Como principal exemplo de equipamentos de construção em monobloco fundido surgem as fresadoras e os tornos convencionais (Figura 3), que são frequentemente encontrados no chão de fábrica de muitas empresas da indústria metalomecânica [24].

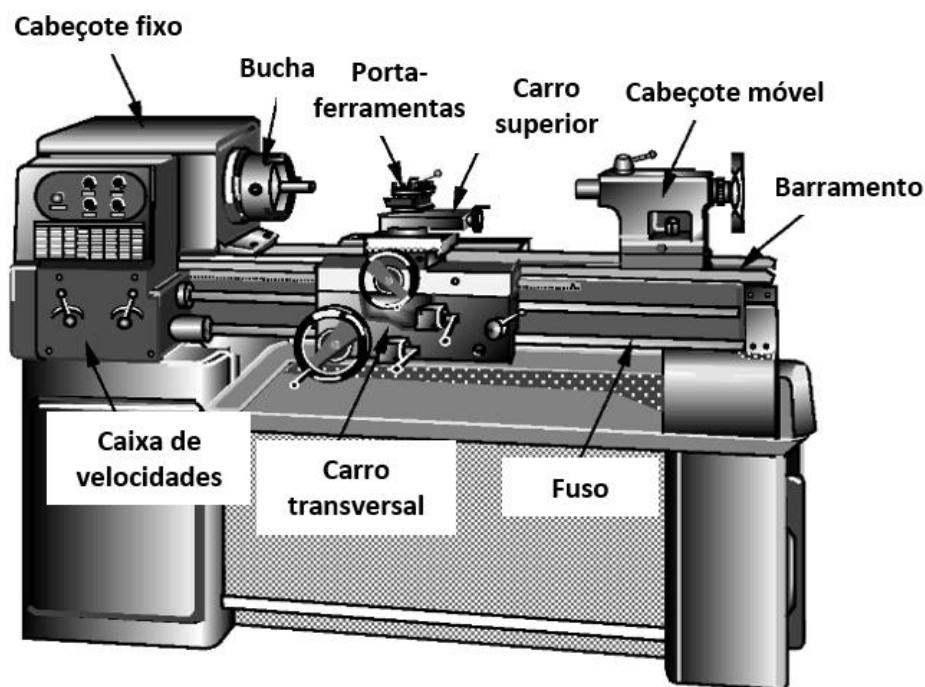


Figura 3 - Torno convencional, adaptado de [24]

### 2.2.2.2 Equipamentos de construção soldada de chapas de elevada espessura

Este tipo de equipamentos é facilmente encontrado no chão de fábrica de muitas empresas de diversas áreas da indústria e é caracterizado por ter uma estrutura base constituída por chapas de aço de elevada espessura, soldadas entre si. Esta construção confere uma estrutura bastante robusta e tem a vantagem de ser mais leve quando comparada com os equipamentos de base em monobloco fundido. Um bom exemplo de máquinas com esta construção são as guilhotinas industriais (Figura 4), utilizadas para o corte ou estampagem de chapas metálicas [25].

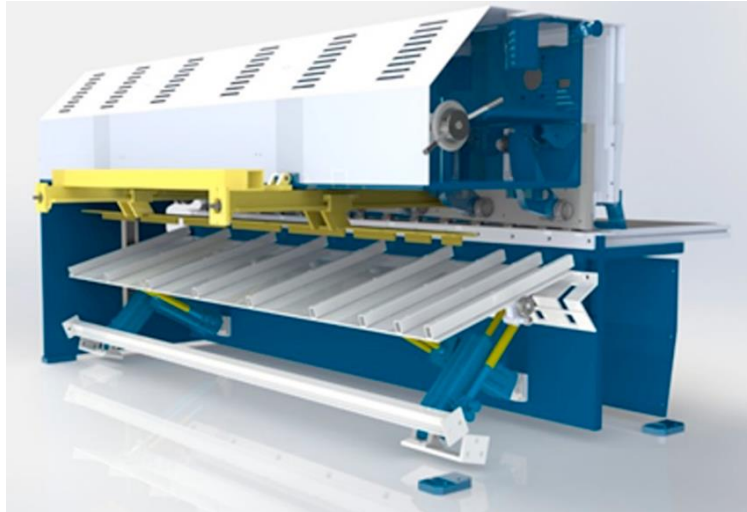


Figura 4 - Guilhotina industrial [25]

### 2.2.2.3 Equipamentos de construção por perfis metálicos normalizados

Este tipo de estrutura, constituída por perfis metálicos extrudidos (normalmente em alumínio) é geralmente encontrada nas fábricas, servindo muitas vezes de suporte à implementação de equipamentos de produção personalizados [26]. Estes perfis metálicos (Figura 5) são comumente empregues em proteções que envolvem postos automatizados ou células robotizadas para reduzir riscos de acidente provocados pela exposição dos operadores aos mecanismos que funcionam de forma automática e possam constituir perigo para quem os rodeia.



Figura 5 - Perfis extrudidos em alumínio [27]

Com uma vasta gama de perfis estruturais em alumínio, é possível criar diferentes tipos de produtos, como proteções, tampas, estruturas ou até mesmo bancadas de trabalho [28].

Os sistemas modulares compostos por perfis de alumínio são uma inovação dos passados 15 anos no que diz respeito à “ciência das estruturas”. Estes sistemas são aplicados em variadas áreas indústrias, embora possuam particular destaque nas aplicações de projeto de engenharia mecânica [29].

#### 2.2.2.4 Construção em módulos funcionais ligados por aparafusamento.

Este tipo de equipamentos baseia-se na combinação de vários módulos funcionais, desenhados e projetados para uma determinada função [1]. Os diferentes módulos são normalmente ligados por aparafusamento, permitindo a montagem e desmontagem dos variados componentes, e dando assim a possibilidade de substituição de peças de desgaste.

Estes módulos são normalmente construídos e utilizados por empresas que desenvolvem o seu próprio produto e necessitam de ferramentas ou máquinas que executem o processo de fabrico inerente à produção do mesmo. Este tipo de construção resulta em equipamentos não normalizados, desenvolvidos à medida, para satisfazer as necessidades produtivas de determinada empresa [30]. Na Figura 6 está representado um sistema *transfer* que serve de exemplo de equipamento de construção em módulos funcionais.

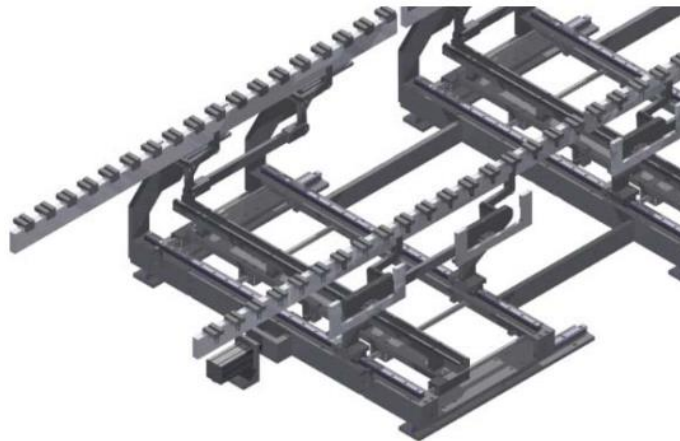


Figura 6 - Sistema *transfer* constituído por diferentes módulos funcionais [1]

#### 2.2.3 Normalização aplicável

A normalização tem um papel fundamental na garantia dos princípios fundamentais a respeitar para assegurar a segurança e saúde dos utilizadores de equipamentos industriais.

Neste sentido, pode destacar-se a Diretiva 2006/42/CE [31] do Parlamento Europeu e do Conselho, também designada de Diretiva Máquinas, atualmente em vigor na União Europeia e, conseqüentemente, em Portugal, tendo sido transposta para o Direito português através do Decreto-Lei 103/2008 de 24 de junho. Esta diretiva estabelece os requisitos considerados essenciais para a saúde e segurança dos utilizadores, relativamente à conceção e fabrico de máquinas. Esta, estabelece também que as máquinas devem ser acompanhadas de um mínimo de marcações legíveis e indelévels,

de caráter obrigatório, sendo exemplos: firma e endereço do fabricante, designação, marcação “CE”, designação da série, número de série e ano de fabrico.

Quanto à marcação “CE”, cuja representação se encontra na Figura 7, esta é considerada como sendo a única marcação que garante a conformidade da máquina com os requisitos estabelecidos pela referida diretiva.

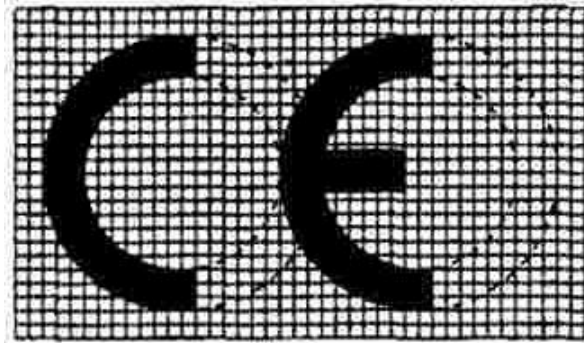


Figura 7 - Marcação “CE” – Diretiva Máquinas [31]

#### 2.2.4 Componentes de catálogo

Quando se procede ao projeto de uma nova máquina, há de facto partes que têm de ser projetadas e produzidas especialmente para atender as necessidades da aplicação em questão. Apesar disso, existem componentes e acessórios que são disponibilizados em catálogo, e deve ser considerada a sua utilização preferencial no projeto de uma nova máquina. Pelo facto de serem disponibilizados por empresas especializadas, estes componentes são facilmente encontrados no mercado, o que facilita uma possível necessidade de substituição dos mesmos, eliminando perdas de tempo desnecessárias, ou custos desnecessários relativos ao desenvolvimento de acessórios que já se encontram comercializados [32]. A aplicação destes componentes num projeto garante, à partida, uma solução mais fiável e com melhor desempenho do que se fosse projetada de raiz, uma vez que estes são produtos desenvolvidos por empresas especializadas, que na grande maioria vêm sendo aprimorados ao longo de décadas.

Um bom exemplo deste tipo de componentes são os atuadores pneumáticos, muito utilizados no projeto de equipamentos para a IA. Seguem alguns exemplos dos elementos de catálogo mais representativos na área dos atuadores pneumáticos:

- **Cilindros de haste**

São atuadores pneumáticos com haste, e podem ser de simples ou duplo efeito (como é o caso do apresentado na Figura 8), ou seja, nos primeiros a força gerada pela pressão do sistema é aplicada apenas num dos sentidos, sendo que o recuo é efetuado por ação de uma mola, enquanto nos segundos, é a pressão do sistema que provoca o avanço e o recuo do cilindro.



Figura 8 - Cilindro de duplo efeito com haste [33]

Estes são cilindros padrão, regulamentados por normas que definem as suas dimensões. Para os cilindros com *design* cilíndrico aplica-se a norma ISO 6432, enquanto para os de *design* compacto se aplica a norma ISO 21287 e para cilindros de grandes dimensões a norma ISO 15552 [33].

- **Atuadores rotativos**

Os atuadores rotativos (Figura 9) são atuadores que permitem executar movimentos rotativos e são utilizados, por exemplo, em sistemas de manipulação em que seja necessário garantir ângulos de rotação.



Figura 9 - Cilindro rotativo [33]

- **Garras**

Estes elementos servem de solução a uma grande variedade de aplicações na manipulação de objetos e, conforme a aplicação em causa, podem ser usadas garras paralelas (Figura 10), radiais, angulares ou até garras de três pontos [34].



Figura 10 - Garra paralela [34]

- **Cilindros guia**

Estes atuadores (Figura 11) têm funcionamento muito semelhante aos cilindros de haste apresentados anteriormente. No entanto, estes possuem a vantagem de o seu movimento ser guiado, estando o atuador e a unidade guia contemplados num único corpo [35]. A sua utilização é especialmente útil quando se necessita de um cilindro que suporte cargas transversais à direção do movimento.



Figura 11 - Cilindro guia [35]

### 2.2.5 Automatização

Como já foi referido anteriormente, a automatização de processos é uma tendência crescente no ramo da IA, dada a competitividade inerente ao setor. É relevante salientar que apesar de, num sistema automático, o processo ser desempenhado sem a participação direta de um trabalhador humano [18], a sua implementação não implica o despedimento de um colaborador. De certa forma, o objetivo é eliminar postos de trabalho que envolvam a execução de tarefas repetitivas, proporcionando uma oportunidade de crescimento ao operador, de forma a que este possa assumir novas funções com maior valor acrescentado para a empresa [36].

Nem sempre existe uma clara distinção entre sistemas trabalhador-máquina e sistemas automáticos, isto porque muitos deles operam com algum grau de automação. Sendo

assim, pode afirmar-se que existem dois principais níveis de automação, sendo eles: semiautomático e totalmente automático. Numa perspetiva mais abrangente, avaliando os equipamentos industriais e máquinas de produção em função do nível de participação do ser humano no processo produtivo, pode fazer-se uma distinção conforme a seguinte classificação [18]:

- Sistemas manuais;
- Sistemas semiautomáticos;
- Sistemas automáticos;
- Sistemas robotizados.

#### *2.2.5.1 Sistemas manuais*

Os sistemas manuais são aqueles em que as operações são executadas por um ou mais operadores, sem auxílio de ferramentas automáticas. Normalmente as tarefas de produção associadas a este tipo de sistema requerem a utilização de ferramentas manuais, como são exemplo as chaves de fendas e os martelos. Este tipo de sistema tem como principal vantagem a simplicidade. No entanto, apresentam-se grandes desvantagens quando comparados com os sistemas que integram algum tipo de automação, como por exemplo: menor produtividade, cadência de produção reduzida, menor controlo de qualidade, menor repetibilidade e maior variabilidade [18].

Alguns exemplos de tarefas associadas a este tipo de sistemas são:

- Operador a arredondar manualmente as arestas de uma peça retangular após ter sido maquinada;
- Operador a transportar materiais em caixas com auxílio de um carrinho;
- Equipa de operadores na montagem de uma máquina com ferramentas manuais.

#### *2.2.5.2 Sistemas semiautomáticos*

Um sistema semiautomático é aquele que apesar de já ter integrado um certo nível de automatização, não dispensa a participação direta do ser humano no processo. Um sistema deste género consegue desempenhar apenas uma parte de um ciclo produtivo de forma automática, sendo necessária a intervenção humana com tarefas manuais para completar o referido ciclo. Um bom exemplo de aplicação deste tipo de sistemas pode ser encontrado nas máquinas de Controlo Numérico Computorizado (CNC), nos quais a máquina consegue executar de forma automática a maquinagem da peça, sob controlo de um programa codificado. No entanto a alimentação de material, posicionamento e remoção da peça, são tipicamente executadas de forma manual por um operador, que assim completa o ciclo de trabalho [18].

### 2.2.5.3 *Sistemas automáticos*

Os sistemas automáticos desempenham as suas operações de forma totalmente automática, ou com níveis muito reduzidos de participação do ser humano. Estes sistemas podem desempenhar de forma praticamente autónoma funções que vão desde o processamento, manipulação e montagem de componentes, até à sua inspeção final. Os sistemas automáticos podem ser classificados em três tipos básicos [18]:

- **Automação fixa**

São sistemas fixos, no sentido de as operações de processamento e montagem terem uma sequência que é definida exclusivamente pela configuração física dos equipamentos desse sistema. As operações desempenhadas nesta sequência são genericamente simples em cada etapa, envolvendo normalmente movimentos lineares ou rotacionais, ou eventualmente combinações simples dos mesmos, como sucede por exemplo na alimentação de um veio em rotação segundo o seu eixo. O que torna estes sistemas algo complexos é o facto de estes integrarem muitas operações num único equipamento, exigindo uma excelente coordenação entre todos os movimentos. As principais características de um sistema de automação fixo são [18]:

- Elevado investimento inicial para equipamento de engenharia personalizado;
- Elevadas cadências de produção;
- Inflexibilidade do equipamento não permite acomodar variações ao produto.

A implementação de sistemas de automação fixos é justificável em situações onde há necessidade de produzir em grandes quantidades e com elevada cadência de produção. Nestes casos, o elevado investimento inicial é facilmente amortizado num grande número de unidades produzidas, o que acaba por minimizar o custo unitário dos itens produzidos a longo prazo. Um bom exemplo de aplicação de automatização fixa são as linhas de montagem automáticas de veículos automóveis.

- **Automação programável**

Na automação programável, o equipamento de produção tem capacidade de alterar a sequência de execução das operações, de forma a acomodar várias configurações de produto. Essa sequência é controlada por um programa com um conjunto de instruções codificadas, que são lidas e interpretadas pelo sistema de controlo do equipamento. Desta forma, é possível personalizar os programas introduzidos na máquina, conforme os produtos que se pretendem produzir. Quando se pretende alterar o produto em produção, além de se alterar o programa, pode ser necessário alterar também o *setup* físico da máquina

(ferramentas) [18]. As principais características associadas a este tipo de sistemas são [18]:

- Elevado investimento em equipamento específico;
- Cadência de produção inferior à dos sistemas de automação fixa;
- Flexibilidade, pois permite lidar com variações e diferentes configurações de produto;
- Boa solução para produção de baixo/médio volume;
- Adequado para produção em lotes.

Um bom exemplo de máquinas de automação programável são as máquinas de controlo numérico (CNC).

- **Automação flexível**

Um sistema de fabrico flexível é aquele que é capaz de responder a mudanças do produto a executar, em tempo real [37]. Pode afirmar-se que este tipo de automação é uma extensão da automação programável, no sentido em que é capaz de produzir uma variedade de produtos superior, sem perdas virtuais de tempo nas trocas entre diferentes *designs*. Estas perdas de tempo não se verificam, pois não é necessário proceder a alterações de *setup* físico (ferramentas, fixações, entre outras). Consequentemente, deixa de ser necessário produzir os diferentes artigos agrupados em lotes e trona-se possível produzir em diferentes combinações de configurações, desde que as variações entre peças não sejam significantes. As principais características da automação flexível são [18, 37]:

- Elevado investimento por um sistema de engenharia personalizado;
- Produção contínua de algumas variedades de peças ou produtos;
- Cadências de produção médias;
- Elevada flexibilidade, para lidar com as variações de produto;
- Tempos de ciclo reduzidos, devido a mudanças fáceis entre produtos;
- Resposta rápida aos requisitos e *design* do produto em tempo real.

Alguns exemplos de automação flexível são os sistemas de manufatura flexíveis que desempenham processos de maquinagem.

De seguida, na Figura 12 é apresentado um gráfico com os três tipos de automação apresentados, posicionados em função de duas variáveis determinantes na sua aplicação: a quantidade de produtos a executar e a variedade de configurações dos componentes a produzir. Um aspeto importante a ter em conta (e que é visível no gráfico da Figura 12) é que existe uma certa contrariedade associada ao nível de automatização dos sistemas, pois com o aumento significativo do nível de automatização de um sistema verifica-se uma quebra de flexibilidade [38].

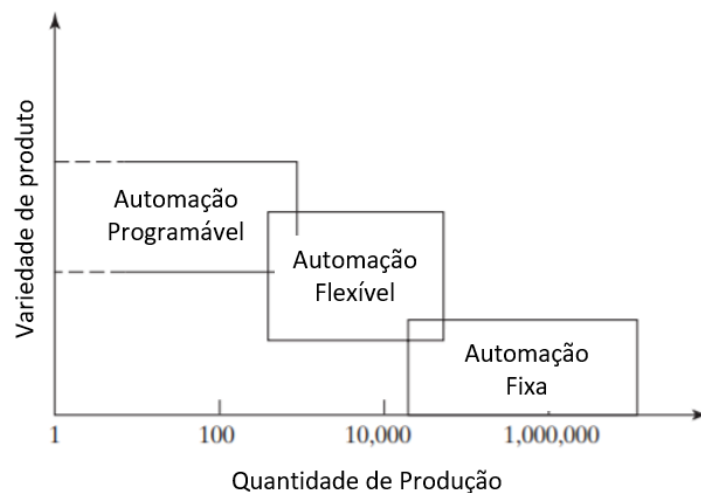


Figura 12 - Três tipos de automação relativos à quantidade de produção e variedade de produto, adaptado de [18]

#### 2.2.5.4 Sistemas robotizados

Os sistemas robotizados têm apresentado uma aplicabilidade crescente na indústria nos últimos 30 anos, com a aplicação de manipuladores robóticos em operações de manuseamento de material, soldadura e pintura [39]. Todas estas operações têm em comum o facto de serem repetitivas, mas não exigem à partida um rigor de posicionamento muito elevado, quando comparadas por exemplo com operações de maquinagem. É neste ponto que os robôs apresentam uma certa debilidade, pois apesar de terem uma boa repetibilidade e até uma boa precisão, esta última vai-se perdendo com a utilização, devido ao aparecimento de folgas nas articulações dos braços robotizados. Apesar desta limitação, a utilização de robôs industriais para o desempenho de funções de maquinagem tem emergido como solução viável para a produção de grandes componentes para a indústria aeroespacial [40]. Espera-se que ocorra uma evolução destes sistemas, fazendo com que as expectativas de desempenho venham a aumentar significativamente para que possam ser aplicados também frequentemente nas operações de maquinagem da IA [41].

Tendo estes aspetos em conta, a aplicação de máquinas multifuncionais, como os robôs industriais, nos processos de maquinagem por arranque de aparas são uma tendência, podendo no futuro substituir as atuais máquinas CNC.

Segundo a norma ISO 8373: 2012, um robô é qualquer manipulador multiusos para aplicações de automatização industrial, fixo ou móvel, controlado automaticamente e programável em três ou mais eixos. De acordo com a sua principal aplicação, os robôs podem ser divididos em [42]:

- Robô de manipulação – o mais comum, desenhado para desempenhar funções relacionadas com a posição e orientação de objetos;

- Robô tecnológico – desenhado para desempenhar operações tecnológicas, como a soldadura e a pintura;
- Robô universal – robô industrial capaz de desempenhar diferentes tipos de operações;
- Robô especial – desenhado para desempenhar uma tarefa específica.

### 2.2.6 Estado-da-arte de projeto de equipamentos

Na Tabela 1 apresentam-se alguns trabalhos desenvolvidos na área de projeto de equipamentos e automatização de processos, que evidenciam as melhorias que se podem atingir com a aplicação da automação neste tipo de equipamentos.

Tabela 1 –Trabalhos desenvolvidos em projeto de equipamentos e automatização de processos

Referência bibliográfica	Descrição do trabalho desenvolvido
Moreira et al. [13]	Os autores desenvolveram um sistema integrado que combina diferentes operações de fabrico e montagem numa única célula, apresentando um sistema de produção flexível o suficiente para que a célula produza mais do que uma referência de produto. Com isto foi possível registar melhorias ao nível da produtividade, qualidade e flexibilidade.
Nunes et al. [43]	Os autores implementaram uma solução automatizada para a linha de montagem de peças metálicas usadas nos motores das escovas limpa para-brisas dos automóveis. Esta solução permitiu minimizar problemas de ergonomia causados por fadiga do operador na execução de operações manuais de ciclos curtos. Com o novo sistema verificaram-se melhorias consideráveis de produtividade, com o tempo de ciclo a ser encurtado de 11 para sete segundos e a qualidade a ser assegurada. O equipamento obtido é muito flexível, permitindo montar cerca de 20 tipos diferentes de conjuntos para o mesmo propósito. Os operadores deixam de executar tarefas de baixo valor, propícias a erro e que causam fadiga e doenças profissionais.

---

Costa et al. [10]	A solução implementada está associada à produção de peças idênticas às do estudo apresentado em [43], com a mesma função, mas desta vez em materiais poliméricos. O autor desenhou um conceito extremamente ágil que permite adaptar-se a uma vasta família de peças, com tempos de <i>setup</i> bastante reduzidos. Este equipamento apenas necessitava a descarga de componentes no equipamento e a carga de peças já montadas, e o sistema é também capaz de resolver problemas de controlo de qualidade, conseguindo separar peças em conformes e não-conformes. Verificou-se ainda um aumento de 19% na produtividade relativamente ao equipamento inicial.
Magalhães et al. [44]	Os autores desenharam um novo sistema automático para recolher e reorientar arames recém dobrados que promove a orientação pretendida para a seguinte etapa de fabrico, a sobre-injeção. Com este sistema, conseguiu-se encurtar o tempo de ciclo, devido ao facto de a máquina robótica de dobragem de arame não necessitar de efetuar paragens de ciclo para que outro manipulador pegue no arame antes do corte e o posicione corretamente.
Santos et al. [45]	O trabalho dos autores teve como objetivo a melhoria do processo de produção de talão para pneus, através da automatização de numa máquina APEX. As melhorias introduzidas reduziram significativamente os tempos de paragem do equipamento, e contribuíram ainda para uma melhoria significativa no seu <i>Overall Equipment Efficiency</i> (OEE). Com a introdução das melhorias, os tempos de paragem foram reduzidos em 62%, aproximadamente.
Costa et al. [12]	Com o objetivo de resolver problemas de qualidade recorrentes na montagem de um eixo para a operação de uma escova limpa para-brisas, foi desenvolvido um equipamento totalmente automático capaz de receber, guiar, montar e controlar a montagem destes eixos. Com a resolução dos problemas de qualidade que afetavam o processo, verificou-se um aumento da produtividade na ordem dos 19%, sem a necessidade de recorrer à robótica. O tempo de <i>payback</i> estimado para o equipamento foi de 2 anos, um período que serve perfeitamente as ambições dos empreendedores do setor.

---

---

Araújo et al. [25]	Este autor desenvolveu um sistema automático para aplicação em guilhotinas, que permitiu eliminar o problema de deformação que ocorria após o corte de chapas finas. O sistema apresentou também a vantagem de poder ser aplicado em guilhotinas que já se encontravam em uso, o que se revela um fator importante. O sistema proveniente deste estudo já foi implementado comercialmente.
Castro et al. [46]	Desenvolveu uma célula de soldadura capaz de soldar completamente as laterais de um autocarro, aproveitando um robô que se encontrava fora de serviço. Este estudo, além de promover um aumento na qualidade e na fiabilidade do processo, permitiu também promover a reutilização de um equipamento antigo, que se encontrava em perfeitas condições para desempenhar as tarefas inerentes a esta célula.
Santos et al. [47]	De forma a otimizar a produção de partes têxteis através de sistemas automáticos, o autor desenhou um equipamento capaz de cortar e cozer golas e punhos de uma forma expedita e versátil, aumentando significativamente a produtividade do processo produtivo.

---

## 2.3 Cabos de comando para a indústria automóvel

### 2.3.1 Conceito e constituintes

Os cabos de comando, também conhecidos como *bowden cables*, são elementos mecânicos que promovem a transmissão de movimento entre dois ou mais sistemas. Esses sistemas podem dividir-se em: sistemas atuadores e sistemas recetores. Estes cabos são frequentemente encontrados nos automóveis dos mais variados fabricantes e podem ter diversas aplicações no funcionamento de diferentes mecanismos destes veículos [48]. Existem, no entanto, estudos recentes que abordam a possibilidade de utilizar este tipo de cabos para aplicações médicas, mais concretamente na transmissão de movimento em membros de exoesqueletos (utilizados para a reabilitação de seres humanos), devido à massa reduzida que estes sistemas possuem [49, 50]. Dada a constante evolução característica da IA, a complexidade dos *bowden cables* tem vindo a aumentar ao longo dos anos por forma a satisfazer os requisitos dos clientes. Consequentemente os processos de fabrico associados à produção destes componentes são cada vez mais diversos e tecnologicamente evoluídos [48].

Quanto à sua estrutura, na Figura 13 é ilustrado um exemplo de configuração típica de um conjunto de cabo de comando e dos seus principais constituintes [51, 52]:

1. Cabo metálico;
2. Espiral metálica;
3. Terminais do cabo em ZAMAK;
4. Terminal polímero sobre injetado da espiral;
5. Elementos de fixação.

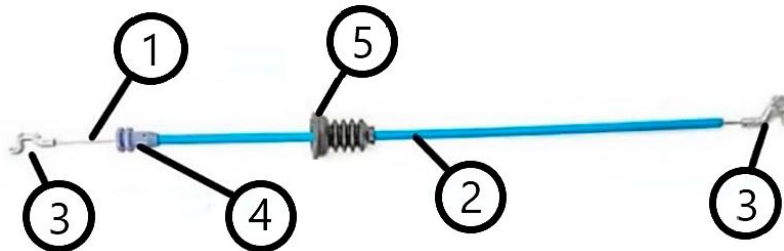


Figura 13 - Exemplo de conjunto Bowden Cable – Adaptado de [52]

Estes cabos têm diversos processos de fabrico associados, sendo que a sua complexidade tem aumentado ao longo dos tempos. É normal estes produtos requererem cabos trançados/entrelaçados de metal (que podem ter ou não um revestimento posterior), um tubo em plástico onde o cabo de metal circula no seu interior, que por sua vez é revestido no exterior por um tubo espiral de metal, um tubo de amortecimento externo, dois terminais injetados em liga de ZAMAK nas pontas do cabo, algumas peças em plástico injetado nas pontas da espiral e uma ou mais peças em material elastómero injetado para fixação no carro. Em alguns casos existem ainda peças em plástico injetadas sobre os terminais de atuação em ZAMAK para eliminar ruídos de operação [48].

### 2.3.2 Requisitos de qualidade e competitividade

Visto que os cabos de aço podem ser empregues nas mais variadas aplicações num automóvel, desde a simples abertura de um vidro até à atuação de sistemas de travagem e embraiagem, é necessário garantir que estes cumprem determinados padrões de qualidade. Sendo assim, existe uma norma que define os requisitos de qualidade para os cabos de aço, a ISO2408:2017. Um dos requisitos definidos é, por exemplo, a obrigatoriedade de todos os filamentos estarem enrolados segundo o mesmo sentido de torção. A norma indica também que, quando o cabo se encontra desenrolado e sem qualquer carga aplicada, não deve apresentar nenhum tipo de deformação, caso contrário é considerado inapto para utilização [53].

### 2.3.3 Aplicações

Os cabos de comando podem ser encontrados nas mais diversas aplicações em automóveis, devido a algumas das suas características serem muito vantajosas nas aplicações em questão. Exemplo disso é o facto de estes cabos poderem adotar diferentes configurações, dada a sua flexibilidade, entre o ponto onde é aplicada a carga e o local (ou locais) onde se pretende que o efeito dessa carga seja exercido. O percurso entre esses dois (ou mais) terminais pode adotar diferentes caminhos, conforme for mais conveniente para o projeto, não estando restritos a linhas retas. Desta forma, deixa de ser um problema contornar obstáculos, como mecanismos ou peças posicionadas em locais complexos entre as extremidades do cabo. Alguns exemplos de aplicações de *bowden cables* são: abertura de portas de automóveis, abertura dos vidros, abertura de capôs, sistemas de ajuste dos assentos e sistemas de aceleração, embraiagem, travagem [54-56]. Na Figura 14 e na Figura 15 encontram-se representadas graficamente algumas das aplicações dos cabos de comando.

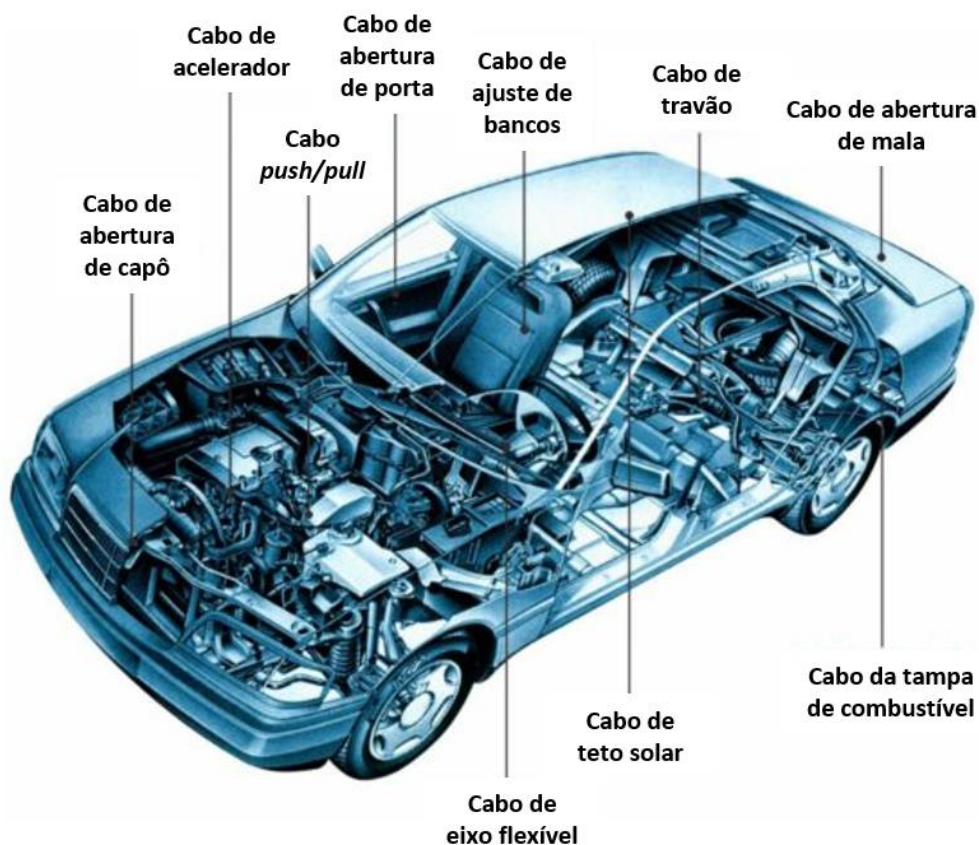
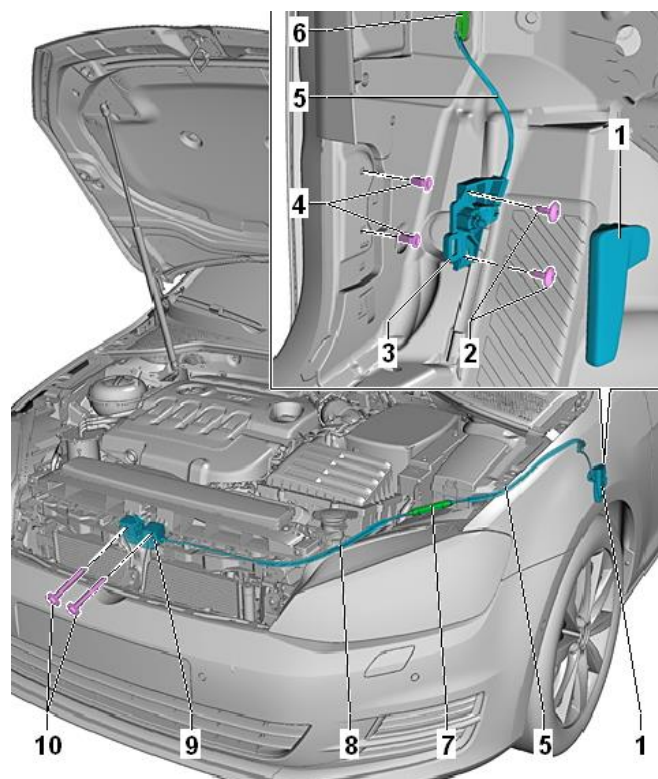


Figura 14 – Aplicações de cabos de comando nos automóveis, adaptado de [57]

**Legenda:**

1. Alavanca de abertura de capô
2. Parafuso
3. Suporte de montagem
4. Porca de expansão
5. Cabo de comando
6. *Grommet*
7. Elemento de fixação
8. Cabo de comando
9. Trinco do capô
10. Parafuso

Figura 15 - Mecanismo de abertura de capô [58]

### 2.3.4 Constituintes e respetivos materiais

São vários os elementos que compõem o conjunto final de um cabo de comando, conforme referido anteriormente na descrição da sua constituição típica. Sendo assim, de seguida são apresentados de forma mais pormenorizada os constituintes dos cabos, bem como os materiais utilizados na sua produção, respeitando a numeração atribuída na Figura 13:

1. O cabo metálico (Figura 16) é o principal responsável pela transmissão da força e conseqüente movimento entre os mecanismos que se pretendem atuar. Os materiais mais utilizados para o seu fabrico são o aço galvanizado e o aço inoxidável. O cabo é obtido através do entrançamento de diversas cordas em torno de um núcleo central. Estas cordas, por sua vez, são construídas pelo enrolamento de filamentos de aço em torno de um núcleo (um filamento central). Estes cabos podem ainda ser revestidos em material polimérico para garantir uma maior proteção quanto à oxidação [59];

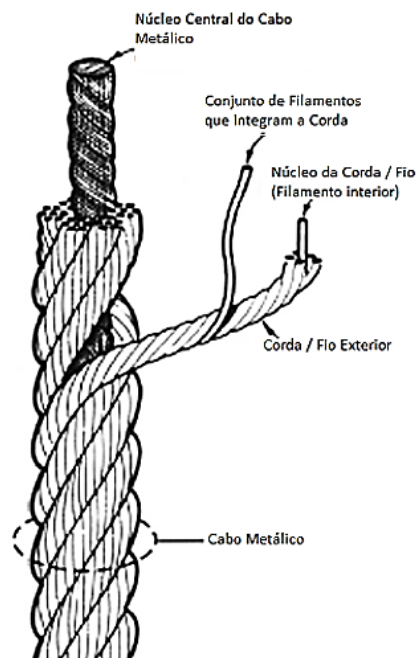


Figura 16 - Constituição de um cabo metálico [60]

2. A espiral metálica é essencialmente composta por um enrolamento de arames de aço laminado, em espiral sobre um tubo interior em poliamida 66 (PA66). Posteriormente é revestido por polipropileno. Este componente tem como principal função guiar o cabo pelo percurso pretendido, podendo também servir de suporte para fixação sendo acoplado a outros componentes. Uma das suas funções é também proteger o cabo de eventuais agentes abrasivos [61];
3. Os terminais em ZAMAK do cabo têm como funcionalidade permitir a ligação entre o cabo, o mecanismo que se pretende atuar e o manípulo de aplicação da força. Estes componentes são fabricados em ligas de zinco, muito adequadas para o processo de fundição injetada. As ligas em causa designam-se por ligas ZAMAK e têm o zinco como metal de base, enquanto apresentam também como elementos de liga alumínio (quantidade constante de 4%), magnésio e cobre. Uma das principais características destas ligas é apresentarem um baixo ponto de fusão (inferior a 400°C), o que se revela uma vantagem comparativamente às ligas de alumínio e magnésio, pois assim é possível ter processos de fabrico mais económicos, com menor tempo de arrefecimento e consequentemente tempos de ciclo mais curtos [62];
4. Os terminais de espiral são normalmente fabricados em poliacetal (POM) injetado e são os responsáveis por garantir a fixação do conjunto de cabo nos locais pretendidos [63];
5. Os elementos de fixação permitem acoplar o cabo em diferentes zonas, de forma que este se ajuste à configuração pretendida, conforme a aplicação em causa.

### 2.3.5 Etapas de fabrico do terminal de ZAMAK injetado

As etapas de fabrico apresentadas de seguida são referentes à produção de um terminal de ZAMAK, em casos onde o cabo metálico é revestido. Sendo assim, este processo deve ser repetido para as duas extremidades do cabo de comando. Tendo isto em consideração, as três etapas básicas para a produção de um terminal com qualidade para suportar os esforços necessários, são: (1) decapagem da ponta do cabo, através da remoção do revestimento polimérico, (2) execução da flor na ponta do cabo metálico e (3) injeção do terminal ZAMAK.

#### 2.3.5.1 Decapagem

Tendo em consideração que o cabo a produzir é revestido, a fase da decapagem é determinante para não comprometer a fase seguinte de execução da flor (e consequentemente a qualidade do terminal injetado). Este processo consiste essencialmente no corte e remoção do revestimento apenas na extremidade do cabo em que se pretende produzir o terminal ZAMAK, deixando assim a parte metálica exposta, preparada para a etapa seguinte.

#### 2.3.5.2 Execução da flor

Esta etapa pretende melhorar a ligação entre o cabo e o terminal que será posteriormente injetado, através da execução da flor (nome atribuído ao formato obtido após o esmagamento da ponta do cabo). Ao deformar a ponta do cabo, aumenta-se a superfície de contacto entre o metal injetado e o cabo e garante-se o efeito de encravamento entre os dois, aumentando assim a resistência mecânica do conjunto. Na Figura 17 é possível observar a importância que a decapagem implica no sucesso da execução da flor. São claramente visíveis as diferenças em tamanho e forma da flor obtida nos dois casos, sendo que quando o cabo é decapado (caso B), existem mais espaços entre os filamentos do cabo onde o ZAMAK se pode infiltrar, produzindo assim uma ligação mais resistente [59].

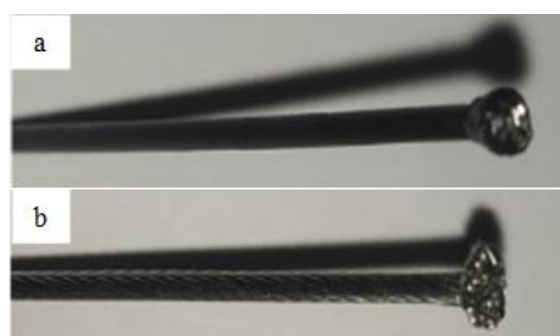


Figura 17- Execução da flor em (a) cabo não decapado e (b) cabo decapado [59]

### 2.3.5.3 Injeção

A etapa de injeção dá-se com o intuito de produzir os terminais em ZAMAK sobre as extremidades do cabo, que servirão de conexão entre o cabo e os sistemas que se pretendem atuar. Na Figura 18 é possível verificar o aspeto do cabo após a execução das três etapas descritas. O processo de injeção de metais será abordado com maior detalhe no capítulo seguinte.



Figura 18 - Cabo após a injeção do terminal [59]

### 2.3.6 Processo de injeção de metais

O processo de injeção de metais é das técnicas mais utilizadas para a produção de componentes para a IA, pois permite a obtenção de formas e geometrias complexas, com custos relativamente reduzidos [64]. Este processo consiste essencialmente na injeção de metal fundido num molde metálico permanente, geralmente composto por duas partes. O molde tem a forma (em negativo) da peça que se pretende produzir e, pelo facto de ser permanente, pode ser utilizado múltiplas vezes para a produção de uma grande quantidade de peças, conseguindo garantir o mesmo rigor dimensional e a mesma qualidade de acabamento entre todas elas [65].

Alguns exemplos de componentes para de automóveis obtidos por este processo são: bombas de água, bombas de óleo, carcaças para caixas de velocidades e caixas de direção [66]. Apesar da sua grande aplicabilidade na IA, existe também uma grande utilização deste processo de fabrico em muitas outras áreas, dado que as peças obtidas apresentam geralmente boas propriedades mecânicas, baixa rugosidade superficial e formas que se aproximam muito da forma final pretendida, eliminando muitas da vezes a necessidade de executar processos de maquinagem para acabamento final [67].

Relativamente às ligas de zinco, como é o caso do ZAMAK, estas são vastamente utilizadas na produção de componentes não só para IA, mas também para muitas outras indústrias, como são exemplo a de construção, de equipamentos eletrónicos e até de brinquedos. Estas ligas, entre todas, são consideradas como as melhores para fundição,

dado o seu baixo ponto de fusão e a sua elevada capacidade de obter componentes com elevada precisão [68].

### 2.3.7 Estado-da-arte no fabrico de cabos de comando

Na Tabela 2 apresentam-se alguns casos de melhoria de processo de produção de cabos de comando, quer por aplicação de sistemas de automação dos mais variados níveis, quer pela melhoria de aspetos relacionados ao próprio processo produtivo. Desta forma, salientam-se os desenvolvimentos recentes e os benefícios que a implementação deste tipo de sistemas traz aos processos de fabrico inerentes, tanto a nível de qualidade como de tempos de fabrico, podendo servir estes exemplos como ponto de partida base para o desenvolvimento a ocorrer na próxima fase da dissertação de mestrado.

Tabela 2 – Trabalhos de melhoria de processos de produção de cabos de comando

Referência Bibliográfica	Descrição do trabalho desenvolvido
Santos et al. [1]	Os autores desenvolveram um novo sistema automático para o transporte de espiral, desde o início até ao fim do processo produtivo. Com este sistema, foi possível verificar uma melhoria significativa na flexibilidade, conseguindo reduções de tempo de <i>setup</i> na ordem dos 97%. Neste trabalho, foi ainda implementado um sistema de remoção de aparas, reduzindo o risco de o sistema encravar por acumulação excessiva das mesmas em áreas críticas.
Figueiredo et al. [59]	Neste trabalho foi desenvolvido um sistema automático capaz de integrar as operações de decapar, executar a flor e injetar terminal num só sistema, sem perdas de tempo entre as várias etapas, conseguindo inclusivamente decapar as duas extremidades do cabo na sequência da mesma operação. Com este sistema apenas é necessário um operador a meio tempo para alimentar as bobines de cabo na máquina e ajustar os parâmetros essenciais.
Martins et al. [48]	Os autores desenvolveram uma célula automática com o propósito de integrar os diversos processos de fabrico de cabos para automóveis num só sistema. A solução projetada consistiu num equipamento flexível capaz de produzir três tipos de cabos, conseguindo agregar tarefas que eram efetuadas em duas máquinas distintas, numa só. Também se reduziu o nível de participação humana no processo. Com este equipamento foi possível reduzir o tempo de ciclo de fabrico em 25% e aumentar a produtividade em mais de 30%.

- 
- |                   |   |
|-------------------|---|
| Rosa et al. [69]  | Neste trabalho, os autores desenvolveram uma solução para otimização de uma linha de montagem para cabos de porta de automóveis. Com o novo sistema foi possível eliminar ou pelo menos reduzir os desperdícios em diversas operações. Verificou-se um aumento de produtividade na ordem dos 41%, sendo necessários 4 meses para recuperar o investimento inicial.  |
| Pinto et al. [54] | O principal objetivo deste estudo foi eliminar o aparecimento de poros no processo de injeção dos terminais em ZAMAK. Recorrendo a ferramentas de simulação, o autor concluiu que as melhorias deveriam ter como foco o projeto do molde, permitindo um arrefecimento correto do metal injetado. Foram efetuados ajustes aos parâmetros de processo de injeção, por forma a evitar o aparecimento de defeitos nos componentes produzidos. |
-



# DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Apresentação da entidade acolhedora
- 3.2 Caracterização do processo de fabrico de cabos de comando
- 3.3 Metodologia
- 3.4 Definição do trabalho a realizar
- 3.5 Anteprojeto
- 3.6 Projeto



## 3 DESENVOLVIMENTO

### 3.1 Apresentação da entidade acolhedora

A entidade acolhedora que permitiu o desenvolvimento do projeto que resulta nesta dissertação é a “Fico Cables – Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais, Lda”, situada na Maia, Rua do Cavaco, 115 [70]. Esta é uma empresa pertencente ao grupo Ficosa Internacional S.A., grupo este que se encontra representado em 18 países, distribuídos pelos continentes Europeu, Americano e Asiático e registou, no ano de 2020, um volume de faturação de cerca de 922,6 milhões de euros. Neste mesmo ano o grupo empregava 8116 colaboradores, distribuídos pelas diversas empresas constituintes, dos quais 890 eram funcionários da Fico Cables, em Portugal [71]. A Fico Cables tem como principal atividade a produção de sistemas de conforto e sistemas de cabos de comando para a IA, sendo fornecedora de uma vasta gama de construtores do ramo automóvel.

Relativamente aos artigos produzidos pela empresa, enquadrados nos sistemas de conforto, surgem elementos presentes nos bancos dos automóveis, como são exemplo os coxins e as grelhas de apoio lombar e lateral. Por outro lado, os sistemas de cabos de comando (Figura 19), são elementos que, tal como foi explicado na revisão bibliográfica, podem ser utilizados nas mais diversas aplicações. No entanto, os que são produzidos nesta empresa destinam-se ao acionamento dos mecanismos de abertura de portas, capôs e malas, sendo ainda alguns deles destinados ao ajuste dos bancos.

#### Sistemas de Cabos

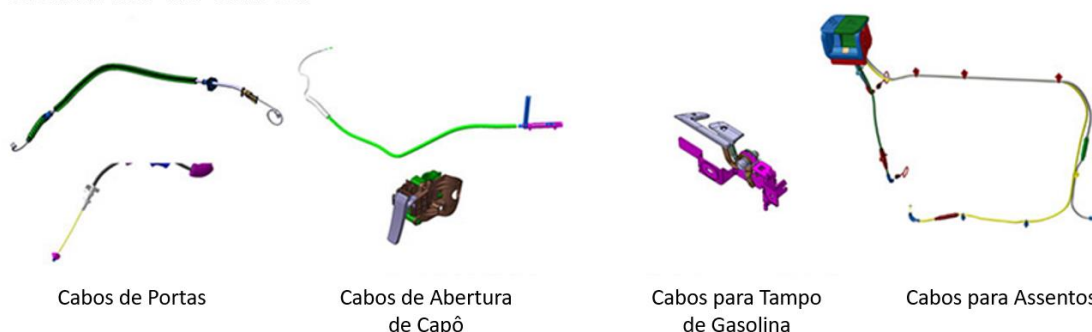


Figura 19 - Exemplos de sistemas de cabos produzidos na empresa acolhedora [72]

Quanto a valências e *know-how* da empresa de acolhimento, relativamente aos processos são de destacar a injeção de metais e de polímeros, a sobreinjeção de

polímeros sobre metal, o corte mecânico, corte elétrico e extrusão de polímeros. As principais competências a destacar são a conceção de sistemas de passo peregrino, manipulação automática de materiais entre postos e processos de produção e a automatização de processos.

### 3.2 Caracterização do processo de fabrico de cabos de comando

A empresa acolhedora possui uma grande variedade de máquinas e processos de fabrico associados à produção dos seus produtos. Estas máquinas encontram-se divididas em cinco unidades autónomas de produção (UAP), conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - UAPs da empresa e respetivos processos e máquinas

UAP	Processos	Equipamentos
UAP 1	Fabrico de espiral e revestimento de cabo	Máquinas de fabrico de espiral; Extrusoras
UAP 2	Fabrico de cabos de comando (grandes séries)	Máquinas de corte de cabo; Máquinas de Injeção de Plástico; Máquinas de Injeção de ZAMAK; Linhas de montagem
UAP 3	Fabrico de cabos de comando (grandes séries)	Máquinas de corte de cabo; Máquinas de Injeção de ZAMAK; Linhas de montagem
UAP 4	Fabrico de sistemas de conforto	Máquinas de corte e conformação de arame; Linhas de montagem
UAP 5	Fabrico de cabos de comando (pequenas séries)	Máquinas de corte de cabo; Linhas de montagem

Visto que no presente trabalho o foco aponta apenas para a produção de cabos de comando, daqui em diante ter-se-á em conta apenas a sequência das operações necessárias para a obtenção de um cabo.

Para uma visualização mais fácil do fluxo dos materiais e da ordem dos processos dentro da empresa, utilizou-se uma ferramenta denominada matriz SIPOC (Figura 20), cujo fluxograma permite relacionar os fornecedores (sejam eles internos ou externos), os materiais de entrada, o processo, o produto de saída e o cliente (que, à semelhança do fornecedor, pode ser interno ou externo).



Figura 20 – Matriz SIPOC

Como é possível verificar na Figura 20, o processo produtivo de um cabo de comando tem início com a chegada de cabo metálico sob a forma de bobine à UAP 1 onde este é desenrolado e revestido com Nylon recorrendo a máquinas extrusoras (Figura 21 e Figura 22). O cabo já revestido é enrolado novamente em bobine, após o arrefecimento do material extrudido.



Figura 21 - Extrusora UAP1



Figura 22 - Cabo revestido a ser enrolado em bobine após extrusão

Realizado este procedimento, as bobines de cabo seguem para a UAP 2, onde se encontram as máquinas de corte de cabo (Figura 23), que desenrolam a bobine e cortam o cabo na dimensão pretendida, conforme as referências a executar.



Figura 23 - Máquina de corte de cabo (UAP2)



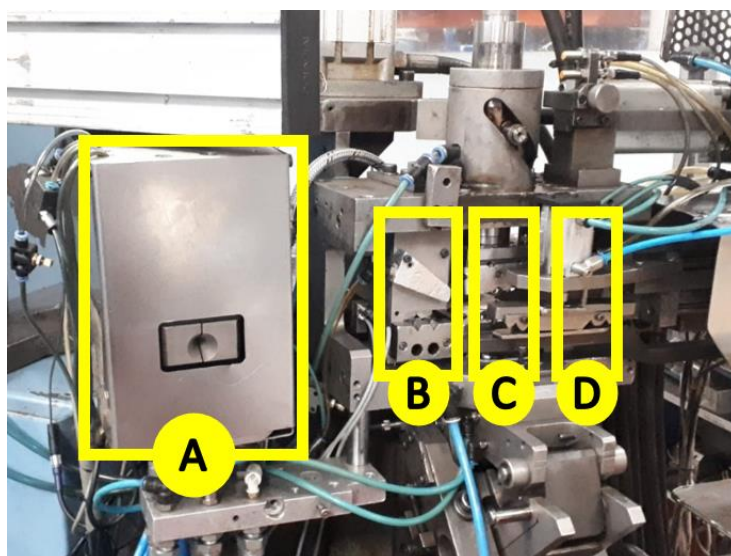
Figura 24 - Cabo cortado

Posto isto, os cabos cortados são armazenados em caixas (Figura 24) que posteriormente seguem para as máquinas de 1ª injeção de ZAMAK (Figura 25) que se encontram distribuídas pelas UAP 2 e 3, onde será efetuada a injeção do primeiro terminal de cabo. É nesta fase do processo produtivo que incide o foco do trabalho da presente dissertação.



Figura 25 – MIZ: 1ª Injeção (UAP2)

Para que seja possível injetar o terminal com a qualidade pretendida, tal como foi explicado na revisão bibliográfica, é necessário executar previamente duas tarefas de preparação de cabo: a decapagem do revestimento e a execução da flor. Os equipamentos que executam estas tarefas de preparação, estão instalados no posto de injeção, incluídos na estrutura das MIZ. Na Figura 26 encontram-se identificados os quatro equipamentos responsáveis por desempenhar as operações inerentes à preparação e injeção do primeiro terminal de cabo.



**Legenda:**

- A – Máquina de decapar cabo
- B – Máquina de flor
- C – Molde de injeção
- D – Quebra-gito

Figura 26 - Identificação dos dispositivos equipados na MIZ

De seguida, na Tabela 4, apresentam-se imagens representativas do estado do cabo a cada etapa do processo executado nas MIZ.

Tabela 4 – Estado do cabo etapa a etapa

Equipamento / Etapa	Visualização
Estado Inicial	
A - Decapagem do revestimento	
B - Execução da flor	
C - Injeção	
D - Quebra-gito	

Após terminada a injeção do primeiro terminal, os subconjuntos de cabo são armazenados em caixas (Figura 27) que posteriormente seguirão para as linhas de montagem correspondentes à sua respetiva referência.



Figura 27 - Caixas com stock de subconjunto de cabo com 1º terminal ZAMAK

Em paralelo com as etapas até aqui descritas (de produção do primeiro terminal ZAMAK do cabo de aço), decorre a produção da espiral na UAP 1. O processo de produção deste componente consiste no enrolamento de arame laminado em torno de um tubo interior, sendo no final do processo a espiral depositada num tambor. Posteriormente, o tambor

com a espiral segue para as máquinas extrusoras da UAP 1 (Figura 28), onde ocorre o revestimento da espiral com polipropileno. Na Figura 29 é possível visualizar o tambor com a espiral após o processo de revestimento.



Figura 28 - Máquina extrusora de espiral (UAP 1)



Figura 29 - Tambor com espiral revestida

Por fim, a espiral é cortada na dimensão pretendida, conforme a referência a produzir, e é encaminhada para respetiva linha de montagem.



Figura 30 - Linha de montagem de cabos de comando JEEP

Nas linhas de montagem (Figura 30), dá-se a introdução do subconjunto de cabo (com primeiro terminal ZAMAK injetado) na espiral e a montagem dos restantes acessórios especificados pelo cliente e, de seguida, efetua-se o processo de injeção do segundo terminal de ZAMAK (repetindo a mesma sequência que ocorre na primeira injeção), obtendo-se assim o conjunto final de um cabo de comando (Figura 31).



Figura 31 - Cabo de comando JEEP

Os cabos de comando produzidos, ilustrados na Figura 31, são colocados em caixas de cartão (Figura 32 e Figura 33), posicionadas junto às linhas de montagem e posteriormente são transportadas para o armazém, local de onde seguirão para o cliente.



Figura 32 - Caixas com produto final



Figura 33 - Cabos de comando na caixa de produto final

### 3.3 Metodologia

A metodologia adotada no desenvolvimento do presente trabalho foi a DSR. Esta é uma metodologia usualmente aplicada em situações em que se pretendem desenvolver novos conceitos a partir de equipamentos que já existem [73, 74]. Uma vez que na presente dissertação se pretende desenvolver um novo conceito de equipamento, baseado num sistema de produção de cabos de comando existente, esta metodologia revela-se adequada. Tendo em conta a estrutura da metodologia DSR, o desenvolvimento do novo conceito está dividido em seis etapas distintas: (1) identificação do problema, (2) definição dos objetivos para a solução, (3) *design* e desenvolvimento da solução, (4) demonstração da solução, (5) avaliação e (6) conclusões. De seguida, na Tabela 5, encontra-se a descrição do que se pretende desenvolver em cada uma das referidas etapas.

Tabela 5 - Descrição das diferentes etapas da metodologia DSR aplicada

#	Etapa	Descrição
1	Identificação do problema	Análise do conceito inicial, identificando problemas e aspetos a melhorar
2	Definição de objetivos para a solução	Definição de objetivos e requisitos para a nova solução
3	Design e desenvolvimento	Desenvolvimento do novo conceito
4	Demonstração	Implementação do conceito desenvolvido
5	Avaliação	Avaliação do desempenho da solução desenvolvida, verificando se esta cumpre com os objetivos e os requisitos estabelecidos
6	Conclusões	Avaliação final da solução, comparando o equipamento anterior com o novo conceito desenvolvido

Como é possível verificar na Tabela 5, o projeto começa com a avaliação do anterior conceito de produção, com vista à identificação de possíveis problemas ou melhorias necessárias. As duas primeiras etapas da metodologia, nomeadamente a “identificação do problema” e a “definição de objetivos para a solução”, encontram-se presentes no capítulo 3.4. A etapa de “*design* e desenvolvimento” encontra-se apresentada no capítulo 3.5, onde se faz o anteprojecto dos equipamentos desenvolvidos. A quarta etapa, de “demonstração” encontra-se presente do capítulo 3.6.1 até ao capítulo 3.6.5, e corresponde às diferentes fases de projeto dos equipamentos. A fase de “avaliação” surge nos capítulos 3.6.6 e 3.6.7, onde se faz a validação do protótipo construído e se avaliam os ganhos de produtividade das novas soluções. A última etapa da metodologia, denominada de “conclusões”, corresponde à apresentação das conclusões do trabalho e surge no capítulo 4 da presente dissertação.

### 3.4 Definição do trabalho a realizar

#### 3.4.1 Caracterização do problema

Neste capítulo dá-se início à primeira etapa da metodologia DSR, que consiste na caracterização do problema e no estudo do equipamento inicial, este último descrito no capítulo seguinte. Tendo em conta o processo produtivo apresentado anteriormente, o foco da presente dissertação situa-se nos postos de primeira injeção de ZAMAK. Tal como foi referido, nestes postos são efetuadas duas operações de preparação de cabo antes da injeção do terminal propriamente dito. Isto significa que é fundamental que todas as operações apresentem a cadência de produção desejada, de forma a que não existam perdas de tempo desnecessárias e não se crie um gargalo no processo de injeção.

Ora, tendo em conta que, na empresa, já haviam sido implementados moldes duplos em algumas MIZ (para injeção de dois terminais em simultâneo) e máquinas de execução de flor duplas, o gargalo encontrava-se na operação de decapagem de cabo. De facto, os equipamentos que se encontravam aplicados na empresa para este propósito apenas permitiam trabalhar um cabo a cada ciclo, condicionando significativamente a cadência de produção dos postos de injeção.

Sabe-se que as MIZ com molde duplo têm a sua produtividade limitada a 900 injeções por hora, o que significa que, no limite, recorrendo à utilização de moldes duplos, os postos de injeção conseguirão atingir uma produção de 1800 cabos por hora. Ora, este valor encontra-se bastante distante dos valores reais de produção observados na empresa, visto que a produção nunca ultrapassou a marca das 1000 unidades por hora. Sendo assim, verifica-se que é necessário intervir no processo de decapagem de revestimento, de forma a eliminar o gargalo do processo produtivo a decorrer nas MIZ.

Um outro problema verificado, e também relatado pelos operadores que trabalham nas MIZ, é o facto de ser necessário extrair manualmente os cabos produzidos, após cada ciclo de injeção do primeiro terminal de ZAMAK. Ora, esta situação representa um impacto negativo de duas formas distintas: por um lado, provoca uma situação de fadiga desnecessária no operador que executa as tarefas daquele posto; por outro lado (e por consequência) há uma perda de produtividade pois, dada a fadiga acumulada pelo operador e a consequente perda de tempo na extração manual dos cabos, existe um menor controlo do processo, o que causa em muitas das ocasiões uma demora excessiva na alimentação de cabo nos equipamentos de preparação (equipamento de decapagem e máquina de fazer flor).

### 3.4.2 Estudo do equipamento inicial

Para dar início ao desenvolvimento do projeto de uma nova máquina de decapagem, começou-se por analisar o equipamento inicialmente implementado na empresa. Esta análise revelou-se bastante importante, pois desde logo permitiu perceber o princípio de funcionamento do equipamento, levando assim a entender quais os movimentos existentes, os componentes fundamentais e a organização dos mesmos em vários subconjuntos funcionais. O equipamento de decapagem até então utilizado na empresa encontra-se representado na Figura 34, Figura 35 e Figura 36.

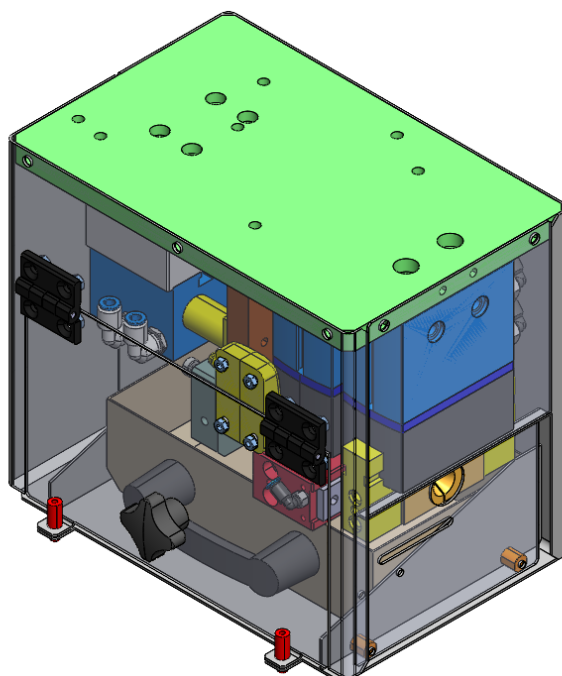


Figura 34 - Equipamento de decapar inicial

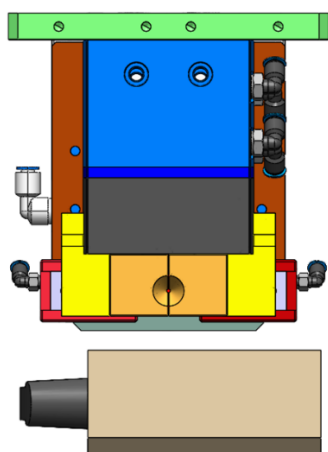


Figura 35 - Vista de frente do equipamento de decapar inicial

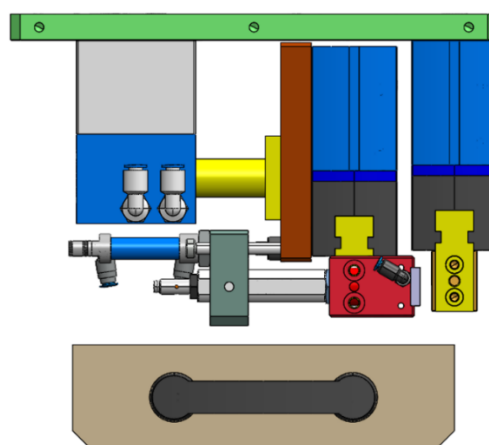


Figura 36 - Vista esquerda do equipamento de decapar inicial

Numa primeira análise ao equipamento de decapagem inicial, desconstruindo os modelos CAD existentes para avaliar os diferentes componentes, é possível identificar logo à partida três subconjuntos (ilustrados em vista explodida na Figura 37) que desempenham um papel fundamental para a correta operação da máquina e para a obtenção do decapado de cabo conforme pretendido. Esses subconjuntos, descritos separadamente no próximo subcapítulo, são os seguintes:

1. Subconjunto do batente;
2. Subconjunto das lâminas;
3. Subconjunto dos mordentes.

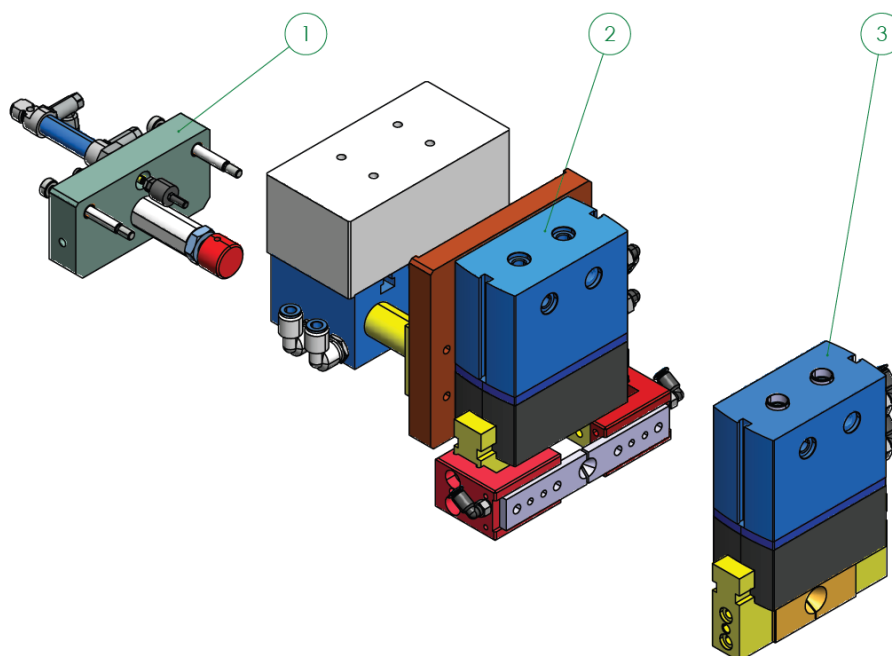


Figura 37 - Vista explodida dos três principais subconjuntos

A lógica de funcionamento da máquina é a seguinte:

1. Introdução manual do cabo até atingir o batente;
2. Batente aciona sensor indutivo que dá sinal para iniciar o ciclo de decapagem;
3. Mordentes fecham e apertam o cabo, garantindo o seu correto posicionamento durante todo o processo;
4. Lâminas fecham, de forma a cortar o revestimento do cabo;
5. Lâminas recuam e removem a apara de revestimento cortado;
6. Mordentes abrem, permitindo a remoção do cabo decapado;
7. Todos os atuadores retomam a sua posição inicial, de forma a que o mecanismo fique preparado para um novo ciclo de trabalho.

### 3.4.2.1 Subconjunto do batente

Começando por analisar o subconjunto do batente (1 da Figura 37), este é responsável por acionar o ciclo de operação da máquina. É composto por um batente mecânico de mola, onde está montado um sensor indutivo com rosca M8. Este subconjunto possui ainda um atuador pneumático linear, que tem como função avançar e recuar este subconjunto, permitindo que este se afaste das lâminas, para que a apara de revestimento removido possa cair mais facilmente, ao invés de ficar retido entre as lâminas e o batente. O guiamento dos movimentos do conjunto é garantido por dois parafusos de corpo retificado. Todos os componentes referidos estão montados num suporte. Este subconjunto tem de permitir afinação relativamente à distância entre o batente e as lâminas, dado que é esta dimensão que define o comprimento final de cabo decapado. Algo a salientar neste subconjunto é o facto de terem sido relatados problemas frequentes relacionados com o dano prematuro dos sensores indutivos utilizados. Pelo que foi constatado, o problema estava associado ao batente utilizado que permitia que houvesse contacto mecânico entre o veio do batente e o próprio sensor, provocando assim a sua avaria. Este problema relatado será tido em conta no projeto do novo sistema de decapagem duplo.

### 3.4.2.2 Subconjunto das lâminas

Quanto ao subconjunto das lâminas (Figura 38), este é, dos três identificados, aquele que tem mais movimentos. O referido subconjunto é o principal responsável pelo corte e remoção do revestimento na zona pretendida e, por isso, necessita de dois atuadores pneumáticos para garantir o movimento dos componentes em duas direções diferentes.

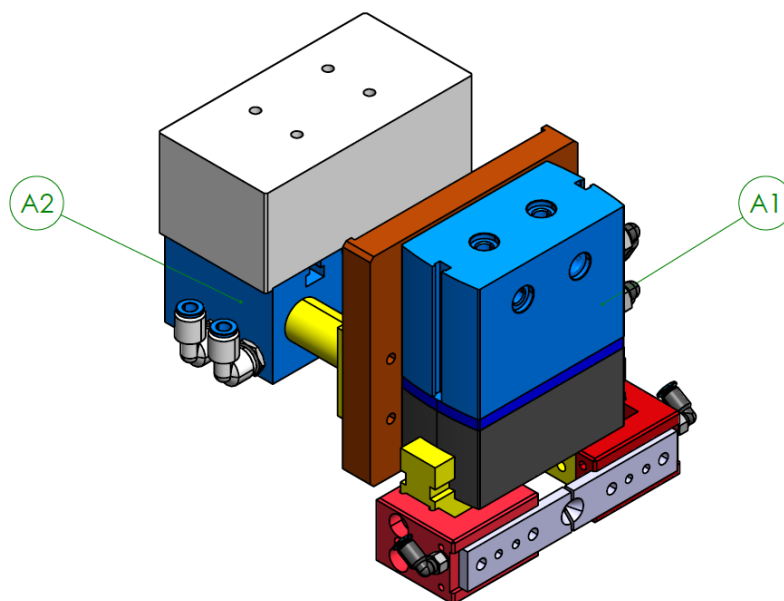


Figura 38 - Subconjunto das lâminas

Assim que se inicia o ciclo de funcionamento (tendo já os mordentes fixado o cabo na posição pretendida), as lâminas fecham, movidas pelo atuador pneumático de garras paralelas A1, cortando o revestimento. De seguida, o atuador A2 recua fazendo com que as lâminas (ainda fechadas) arrastem a apara de revestimento até que esta se separe do cabo e acabe por cair.

#### 3.4.2.3 Subconjunto dos mordentes

O subconjunto dos mordentes (Figura 39) é composto por dois mordentes de iguais dimensões, cuja função é fixar o cabo na posição pretendida, de forma a evitar o seu escorregamento enquanto o revestimento é removido. O movimento destes mordentes é promovido por uma garra pneumática paralela que se encontra fixa à tampa superior da máquina de decapar.

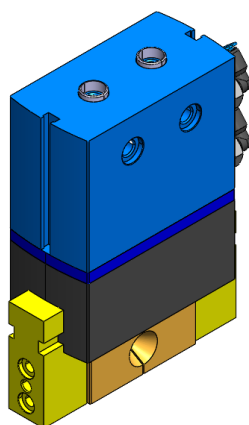


Figura 39 - Subconjunto dos mordentes

Tanto nas lâminas como nos mordentes, o curso de funcionamento está limitado a menos de 1 mm, de forma a evitar que na introdução manual do cabo este possa escapar da zona de corte e fixação pretendidas. Ao analisar esta questão percebe-se que é importante garantir que o curso de funcionamento destes componentes é sempre inferior ao diâmetro do cabo a decapar, precisamente para que não ocorram falhas no processo e o cabo não apresente defeitos (como por exemplo revestimento trilhado).

#### 3.4.3 Objetivos do trabalho a realizar

Neste capítulo inicia-se a segunda etapa da metodologia DSR, onde se definem os objetivos. Esta etapa é concluída com a apresentação dos requisitos, descritos no capítulo seguinte. O principal objetivo do trabalho a realizar é registar um aumento de produtividade nos postos de primeira injeção de terminal de ZAMAK nos cabos de comando através do projeto de um novo equipamento de decapagem.

Para isto, será necessário:

- Definir os requisitos e limitações a respeitar na fase de projeto;
- Proceder ao anteprojeto do equipamento, para avaliar soluções alternativas;
- Projetar uma nova máquina de decapar dupla;
- Desenvolver um plano de manutenção associado ao equipamento desenvolvido;
- Construir e validar o equipamento projetado em ambiente de fábrica;
- Medir as melhorias de produtividade e avaliar o retorno económico.

Este novo equipamento deve ser capaz de cumprir com os requisitos do seu antecessor, mas produzindo dois cabos a cada ciclo produtivo. Desta forma, acompanha-se a evolução que já se registou nos restantes equipamentos implementados na MIZ (que já possuem moldes duplos) e reduz-se o impacto negativo que a solução existente provoca no *output* do posto de trabalho.

O outro objetivo prende-se também com o aumento da produtividade dos referidos postos, mas, desta vez, através da aplicação de um sistema automático de extração de cabo que permita reduzir a quantidade de tarefas manuais executadas pelo operador, para tornar o processo mais célere e controlado. Para isto definiram-se as seguintes etapas:

- Definir os requisitos e limitações a respeitar na fase de projeto;
- Proceder ao anteprojeto do equipamento, para avaliar diferentes soluções;
- Projetar um sistema automático de extração de cabo;
- Desenvolver um plano de manutenção associado ao equipamento desenvolvido;
- Estimar as melhorias de produtividade e avaliar o retorno económico.

#### 3.4.4 Requisitos da empresa e limitações

Quanto a requisitos e limitações impostas pela empresa acolhedora, existem alguns a destacar, já que estes condicionaram as escolhas de *design* e funcionamento dos equipamentos projetados, de forma a corresponder às expectativas.

##### 3.4.4.1 Máquina de decapar dupla

A destacar nos requisitos surgem os seguintes pontos:

- Máquina capaz de remover o revestimento de dois cabos em simultâneo;
- Capacidade de afinar o comprimento da zona decapada;
- Capacidade de armazenar as aparas de revestimento;
- Possibilidade de substituição de lâminas de corte de revestimento (quer devido ao desgaste, quer pela necessidade de produção de novas referências que possam ter diferente diâmetro de cabo de aço);
- Garantia da segurança do operador.

Relativamente às limitações impostas, são de destacar os seguintes pontos:

- Procurar manter as dimensões exteriores, de largura e profundidade, semelhantes às do equipamento inicial;
- Garantir que a distância entre os furos de introdução de cabo é igual à do dispositivo de fazer flor e do molde de injeção (16 mm entre os eixos) para maior facilidade de manuseamento dos cabos pelo operador;
- Recorrer à pneumática para animar de movimento os componentes que assim o exijam;
- Dar preferência a elementos de catálogo que já existam em *stock* na empresa, para evitar custos acrescidos e para facilitar/agilizar a substituição destes componentes (em caso de necessidade), sem ser preciso aguardar pela entrega de novos componentes.

#### 3.4.4.2 Sistema automático de extração de cabo

Quanto a requisitos para o sistema automático de extração de cabo, surgem:

- Capacidade de suportar e transportar dois cabos em simultâneo;
- Capacidade de remover automaticamente os cabos à saída do processo de injeção (após quebrar o gito);
- Capacidade de depositar os cabos no recipiente de arrefecimento a água posicionado no local pretendido;
- Possibilidade de integração do sistema no equipamento inicialmente implementado, sem implicar alterações com custos avultados;
- Ter um tempo de ciclo inferior ao tempo de injeção;
- Garantia da segurança do operador.

Relativamente às limitações impostas, são de destacar os seguintes pontos:

- Recorrer à pneumática para animar de movimento os componentes que assim o exijam;
- Utilizar unicamente componentes pneumáticos que se encontrem em *stock* na empresa.

### 3.5 Anteprojecto

Após ter sido feita uma análise do equipamento inicial, a próxima fase do desenvolvimento do presente trabalho consiste no anteprojecto, que corresponde à terceira fase da metodologia DSR. Nesta fase, realizou-se uma sessão de *brainstorming* com a presença de elementos da equipa de manutenção da empresa. Esta sessão teve como objetivo levantar diferentes ideias de possíveis soluções para determinados pontos dos mecanismos a projetar.

Após terem sido identificadas as possíveis soluções para cada situação em análise, foi necessário encontrar um método adequado para distinguir as diferentes opções e classificá-las, por forma a escolher uma única solução a desenvolver para cada caso abordado. O método escolhido para efetuar esta escolha foi o método da matriz de seleção [75].

Para aplicar o referido método, é necessário logo à partida definir critérios (ou atributos) que distingam as várias ideias e atribuir-lhe pesos relativos, conforme a importância que cada um dos atributos têm na decisão final. Sendo assim, determinaram-se os seguintes critérios de seleção, ordenados de acordo com a sua importância (da maior para menor importância):

1. Funcionalidade;
2. Facilidade de manutenção;
3. Custo;
4. Facilidade de montagem;
5. Facilidade de execução.

O critério considerado mais importante foi a funcionalidade, pois o principal objetivo é fazer um equipamento que, além de ser capaz de ter o dobro da capacidade de decapagem relativamente ao seu antecessor, seja eficaz e funcional, ou seja, apresente fácil utilização pelo operador.

O segundo critério definido foi a facilidade de manutenção, pois sempre que seja necessário efetuar uma substituição de componentes de desgaste (como por exemplo as lâminas) pretende-se que esta seja o mais célere possível e, caso esta seja uma substituição simples, possa até ser executada pelo operador, desde que o mesmo esteja instruído para essa ação.

O critério que surge na terceira posição relativamente à importância na deliberação da solução a aplicar é o custo. Este é um fator incontornável no projeto de um equipamento industrial e não deixa de o ser neste caso. A empresa tem em vista a implementação de uma solução de melhoria do processo, com os menores custos possíveis, de forma a aumentar os possíveis ganhos e reduzir o tempo de amortização do investimento, servindo também de incentivo à replicação da solução nas restantes MIZ.

Na quarta posição surge a facilidade de montagem. Este é um fator que, apesar de ser menos impactante do que os anteriores, deve ser considerado, dado que se houver necessidade de proceder a alguma intervenção no equipamento, uma solução difícil de montar causa transtornos e perdas de tempo desnecessárias.

A facilidade de execução surge em quinto lugar pois, sendo já um critério menos relevante do que os anteriormente apresentados é, ainda assim, um fator a ter em consideração na escolha. Este critério acaba por estar também indiretamente relacionado com o custo, pois à partida quanto mais complexa de executar for uma

solução, mais dispendiosa será. Outra razão para incluir este critério é que uma elevada complexidade de execução pode implicar maior tempo de entrega por parte dos fornecedores, o que seria prejudicial no caso de existir necessidade de substituir uma das peças por uma falha inesperada.

Dado que os cinco critérios enumerados não apresentam todos a mesma importância para o projeto, é necessário quantificar o peso de cada um deles na decisão final. Sendo assim, com base nas explicações dadas anteriormente, na Tabela 6 são atribuídos pesos relativos a cada critério, por comparação com o critério mais importante. De seguida efetua-se o cálculo do quociente relativo (Q) para cada um dos critérios e no final determina-se a importância de cada critério ( $\omega_i$ ), que é dado pelo quociente entre  $Q_i$  e  $\Sigma Q_i$ .

Tabela 6 - Determinação do peso relativo de cada atributo

Critério	(1/2)	(1/3)	(1/4)	(1/5)	$Q_i$	$\omega_i$
1	55	55	60	65	1	0,2603
2	45				0,8182	0,2130
3		45			0,8182	0,2130
4			40		0,6667	0,1735
5				35	0,5385	0,1402
					$\Sigma=3,8416$	$\Sigma=1$

Para cada uma das ideias será atribuída uma classificação quantitativa ( $V_i$ ), seguindo o padrão apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Classificação das ideias

Muito fraco	Fraco	Razoável	Bom	Muito bom
1	2	3	4	5

Tendo já sido calculada a importância de cada critério, a classificação ponderada de cada critério será dada por:

$$\beta = \frac{V_i}{MV_i} \times 100; \quad (1)$$

Tendo  $MV_i$  o maior valor de  $V_i$  entre as várias ideias. A classificação final da ideia para cada critério é dada por:

$$\Omega = w_i \times \beta_i. \quad (2)$$

Assim, a classificação final para cada uma das ideias ( $\gamma$ ) é dada por:

$$\gamma = \Sigma(w_i \times \beta_i) \quad (3)$$

Para uma melhor organização deste capítulo, ele será dividido em duas partes: a primeira parte diz respeito à máquina de decapar dupla, e a segunda parte está relacionada com o mecanismo automático de extração de cabo. Em cada uma delas são apresentadas as ideias desenvolvidas, aplicada a matriz de seleção e é revelada a ideia escolhida para cada caso em análise, a desenvolver posteriormente no projeto do equipamento.

### 3.5.1 Máquina de decapar dupla

#### 3.5.1.1 *Tempestade de ideias (ideias desenvolvidas)*

As ideias desenvolvidas na sessão de *brainstorming* para a nova máquina de decapar dupla são apresentadas de seguida.

##### 3.5.1.1.1 Mecanismo e geometria das lâminas de corte

Um dos pontos chave a resolver era a questão das lâminas, visto que é necessário que estas consigam cortar o revestimento de dois cabos em simultâneo, garantindo a mesma qualidade de decapado que se verificava até então. Esta questão foi por isso dividida em dois tópicos diferentes, o primeiro que diz respeito ao mecanismo das lâminas e o segundo está relacionado com a geometria das mesmas.

#### **Mecanismo das lâminas**

Quanto ao mecanismo, surgiram as seguintes ideias:

1. Par de lâminas de corte com abertura em movimento horizontal (Figura 40)

Esta ideia foi a primeira que surgiu e visa fazer o menor número de alterações possíveis no novo mecanismo, face ao inicial, pois até as garras paralelas a utilizar poderiam ser as mesmas, sendo apenas necessário desenhar novos suportes e um novo conceito de lâmina dupla. No entanto, esta solução apresenta uma desvantagem considerável quanto à praticidade de operação, pois nesta configuração de lâminas os cabos teriam de ser posicionados verticalmente, algo totalmente contrário ao que sucede nos restantes mecanismos de preparação de cabo presentes nas MIZ (em que os cabos são posicionados horizontalmente).

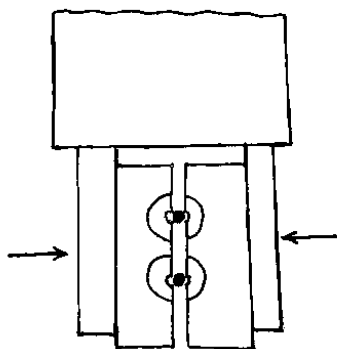


Figura 40 - Esboço da ideia 1

## 2. Par de lâminas com abertura em movimento vertical (Figura 41)

Esta segunda ideia tem por base a utilização de duas lâminas, mas com abertura na vertical, ou seja, os cabos já podem ser posicionados paralelamente ao plano horizontal, à semelhança do que acontece nas restantes etapas de preparação de cabo e do molde de injeção das MIZ.

Para este caso, pensou-se em manter uma das lâminas sempre fixa e apenas a lâmina superior fazer o movimento de abertura e fecho. Para isto, revela-se essencial utilizar um outro tipo de atuador, no caso um atuador linear, e foi salientado pela equipa de manutenção que era fundamental garantir o alinhamento das duas lâminas para que o corte do revestimento fosse realizado com sucesso. Para garantir este requisito, idealizou-se um sistema de guiamento linear com veios e rolamentos lineares de esferas.

Apesar de esta ideia aparentar ser eficaz para atender aos objetivos delineados, espera-se que tenha um custo ligeiramente superior relativamente ao conceito anterior.

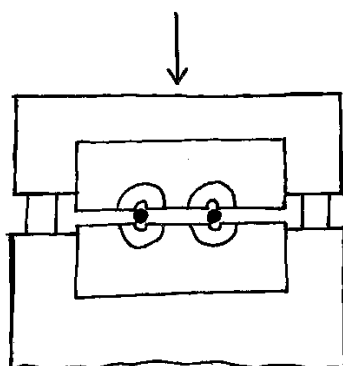


Figura 41 - Esboço da ideia 2

### 3. Dois pares de lâminas independentes (Figura 42)

O terceiro conceito idealizado baseava-se na utilização de dois pares de lâminas independentes, permitindo assim ter um par para cada cabo. Esta ideia revelou-se inicialmente atrativa, dado que assim se garantiria que a força aplicada em cada corte de revestimento seria sempre independente de possíveis variações entre os cabos introduzidos. No entanto, rapidamente se percebeu que esta provavelmente traria mais problemas do que vantagens, relativamente à ideia de utilizar apenas um par de lâminas comum aos dois cabos.

Primeiramente aumentaria o custo, pois seria necessário investir em quatro lâminas, em vez de duas, e também considerar a utilização de dois atuadores pneumáticos, em vez de apenas um. Esta solução aumentaria também a dificuldade de execução, pois para garantir o alinhamento de cada par de lâminas teria de se criar um sistema de guiamento independente para cada um deles, o que ocuparia também mais espaço e, muito provavelmente, dificultaria a manutenção no momento de substituição dos componentes de desgaste. Nesta solução poderia também tornar-se mais difícil garantir a distância entre cabos de 16 mm, situação que, em caso de incumprimento, até prejudicaria a funcionalidade do equipamento.

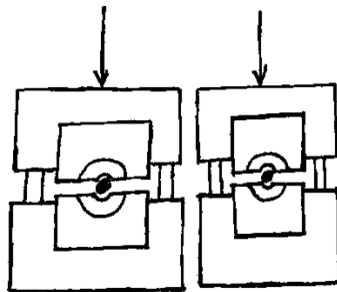


Figura 42 - Esboço da ideia 3

### Geometria das lâminas

Já relativamente à geometria das lâminas, a questão em discussão é relativa à criação de uma solução que permita prolongar a vida útil da lâmina, sem comprometer a funcionalidade da máquina e sem aumentar o custo em demasia, pois isso injustificaria o aumento de lados de corte. As ideias registadas na sessão para este quesito foram as seguintes:

#### 1. Lâmina de corte com um lado cortante (Figura 43)

Esta solução acaba por seguir o mesmo princípio das lâminas usadas no equipamento inicial, em que apenas existe um lado cortante. Neste conceito, quando a lâmina apresenta os primeiros sinais de desgaste (evidenciadas por falhas no corte do revestimento por exemplo), esta tem de ser imediatamente substituída.



Figura 43 - Esboço da lâmina: ideia 1

## 2. Lâmina de corte com dois lados cortantes, para ser reutilizada (Figura 44)

Com esta segunda ideia, a lâmina pode manter as dimensões da ideia apresentada anteriormente, só que possui dois lados cortantes. O custo desta solução de lâmina é praticamente o mesmo da anterior, pois a quantidade de material é exatamente a mesma, apenas é necessário maquinar mais dois furos cónicos, simétricos aos do primeiro lado de corte. Desta forma, quando as lâminas apresentarem algum tipo de desgaste, basta desapertá-las, rodá-las 180° e montá-las novamente, permitindo assim duplicar a vida útil das lâminas e reduzir o investimento em novas lâminas.

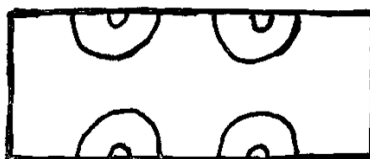


Figura 44 - Esboço da lâmina: ideia 2

## 3. Lâmina de corte com quatro lados cortantes para reutilizar em 4 ocasiões (Figura 45)

Por fim, surgiu ainda a ideia de tentar otimizar ao máximo o material das lâminas e produzir quatro lados cortantes. No entanto, verificou-se de imediato que esta solução, além de consumir mais material, se tornaria mais cara, pois a lâmina teria mais do dobro do tamanho, quando comparada com as duas ideias anteriores. O tamanho das lâminas prejudicaria também a funcionalidade e a facilidade de execução de alguns componentes da máquina, como é o exemplo dos suportes das lâminas, que ficariam com dimensões exageradamente maiores.

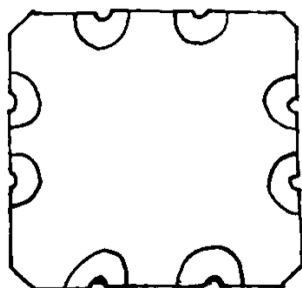


Figura 45 - Esboço da lâmina: ideia 3

### 3.5.1.1.2 Batentes de cabo

As principais ideias que surgiram ao longo da sessão para os batentes de cabo foram as seguintes:

#### 1. Batente único para os dois cabos (Figura 46)

A primeira ideia que surgiu relativa ao batente que aciona o ciclo de trabalho da máquina consistiu em manter a existência de apenas um batente para os dois cabos, pois esta seria a opção mais simples de executar e de menor custo, à partida. No entanto, verificou-se que esta solução teria um problema implícito no funcionamento do mecanismo. Este problema seria a incapacidade de garantir que ambos os cabos estariam bem posicionados no início do ciclo, pois bastaria que um deles atingisse o batente para que o processo de decapagem ocorresse. Se não for garantido o posicionamento inicial dos dois cabos, é impossível controlar a dimensão do decapado.

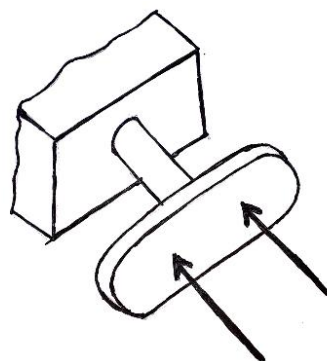


Figura 46 – Esboço dos batentes de cabo: ideia 1

#### 2. Sistema de dois batentes independentes (Figura 47)

Esta solução baseia-se na implementação de um sistema de dois batentes e dois sensores que funcionam em paralelo, ou seja, o ciclo apenas se inicia quando os dois sensores tiverem sinal em simultâneo. Isto significa que se garante sempre que o comprimento de decapado será igual nos dois cabos decapados a cada ciclo. Esta solução tem um custo mais elevado, mas que garante a funcionalidade pretendida.

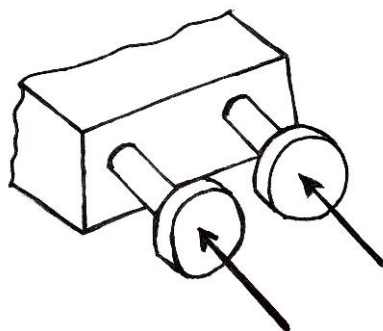


Figura 47 – Esboço dos batentes de cabo: ideia 2

### 3.5.1.1.3 Mordentes

Com respeito aos mordentes de cabo, as possibilidades de solução idealizadas foram as seguintes:

#### 1. Utilização de um atuador pneumático comum (abertura na vertical)

Esta solução (Figura 48) aparenta ser a mais simples de executar e provavelmente a que implica menor custo. No entanto, existe uma desvantagem na aplicação de um sistema deste género nos mordentes. Ora, há que ter em consideração que o diâmetro exterior do cabo revestido que chega às MIZ tem uma tolerância admitida de 0,15 mm. No caso da utilização de um único atuador com um sistema guiado, se coincidirem um cabo com o máximo diâmetro admitido e outro com o mínimo, não se consegue garantir que ambos fiquem bem apertados pelos mordentes. Aquilo que sucederá é que provavelmente apenas o cabo de maior diâmetro fica corretamente fixo, enquanto o outro poderá deslocar-se durante o processo, o que condiciona a funcionalidade da solução.

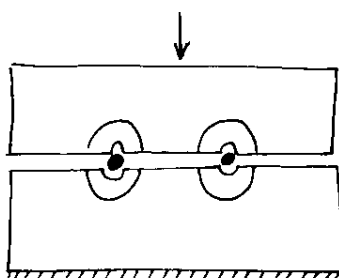


Figura 48 - Esboço dos mordentes: ideia 1

#### 2. Utilização de dois atuadores independentes

Nesta segunda ideia de solução (Figura 49) resolve-se o problema da correta fixação de ambos os cabos durante o processo, pois o mordente correspondente a cada cabo possui um atuador independente, ou seja, cada mordente fará o curso necessário até apertar suficientemente o cabo de forma a que este permaneça imóvel.

Para esta solução, o que parece ser mais conveniente é optar por um mordente central fixo que sirva de referência ao posicionamento dos cabos e ao mesmo tempo ajude a guiar os mordentes laterais. Esses mordentes laterais devem ser móveis, sendo movidos pelos dois atuadores independentes.

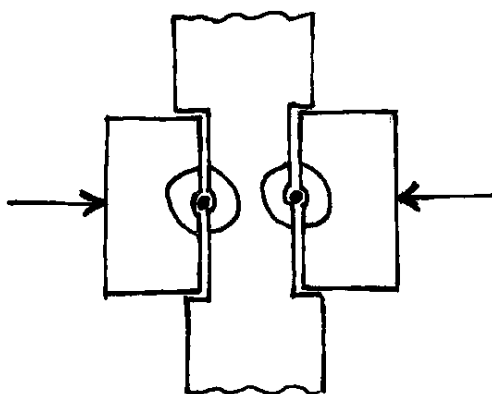


Figura 49 - Esboço dos mordentes: ideia 2

### 3.5.1.2 Escolha da ideia a aplicar

Para a escolha da ideia a aplicar são apresentadas nos seguintes subcapítulos as matrizes de seleção com as classificações das ideias em análise. As células a preencher para cada ideia e critério seguem o formato apresentado na Figura 50.

$V_i$	$\beta$
$MV_i$	

Figura 50 - Forma de preenchimento das células da matriz de seleção

#### 3.5.1.2.1 Lâminas

A Tabela 8 mostra os resultados obtidos para o mecanismo das lâminas, onde se pode verificar que a solução que apresentou maior índice de desempenho foi a solução número dois, ou seja, a que se baseia na utilização de um par de lâminas, com abertura na vertical e apenas um atuador pneumático.

Tabela 8 - Seleção de ideia para mecanismo das lâminas

IDEIA	CRITÉRIOS / ATRIBUTOS										ÍNDICE DE DESEMPENHO $\gamma$
	1- Funcionalidade		2- Facilidade manutenção		3- Custo		4- Facilidade de montagem		5- Facilidade de execução		
	$\omega_1=$		$\omega_2=$		$\omega_3=$		$\omega_4=$		$\omega_5=$		
1	1	5,21	5	21,30	5	21,30	5	17,35	5	14,02	79,17
	20		100		100		100		100		
2	4	20,83	5	21,30	5	21,30	4	13,88	5	14,02	91,32
	80		100		100		80		100		
3	5	26,03	3	12,78	2	8,52	2	6,94	2	5,61	59,88
	100		60		40		40		40		

Já em relação à geometria das lâminas, a solução escolhida (Tabela 9) foi a número dois, ou seja, lâminas com dois lados cortantes. De facto, esta é a solução que apresenta melhor classificação para todos os critérios em análise, pelo que a sua escolha é inquestionável, apresentando consequentemente o índice de desempenho mais elevado.

Tabela 9 - Seleção de ideia para geometria das lâminas

IDEIA	CRITÉRIOS / ATRIBUTOS										ÍNDICE DE DESEMPENHO $\gamma$
	1- Funcionalidade		2- Facilidade manutenção		3- Custo		4- Facilidade de montagem		5- Facilidade de execução		
	$\omega_1=$	0,2603	$\omega_2=$	0,2130	$\omega_3=$	0,2130	$\omega_4=$	0,1735	$\omega_5=$	0,1402	
1	5	26,03	4	17,04	3	12,78	5	17,35	5	14,02	87,22
	100		80		60		100		100		
2	5	26,03	5	21,30	5	21,30	5	17,35	5	14,02	100,00
	100		100		100		100		100		
3	2	10,41	1	4,26	2	8,52	4	13,88	4	11,21	48,29
	40		20		40		80		80		

### 3.5.1.2.2 Batente de cabo

Na Tabela 10 apresenta-se a matriz de seleção com os resultados obtidos para o batente de cabo. Conclui-se que a ideia a aplicar deve ser a número dois, ou seja, recorrer a dois batentes de cabo independentes. É de salientar que a grande diferença entre as duas hipóteses estudadas reside no critério funcionalidade que é precisamente aquele que tem maior peso na seleção da ideia.

Tabela 10 - Seleção de ideia a aplicar para batente de cabo

IDEIA	CRITÉRIOS / ATRIBUTOS										ÍNDICE DE DESEMPENHO $\gamma$
	1- Funcionalidade		2- Facilidade manutenção		3- Custo		4- Facilidade de montagem		5- Facilidade de execução		
	$\omega_1=$	0,2603	$\omega_2=$	0,2130	$\omega_3=$	0,2130	$\omega_4=$	0,1735	$\omega_5=$	0,1402	
1	1	5,21	5	21,30	5	21,30	5	17,35	5	14,02	79,17
	20		100		100		100		100		
2	5	26,03	4	17,04	4	17,04	4	13,88	5	14,02	88,01
	100		80		80		80		100		

### 3.5.1.2.3 Mordentes

Na Tabela 11 é possível verificar que a ideia com maior índice de desempenho para os mordentes é a ideia número dois, que visa a utilização de dois atuadores independentes (um por cada cabo). De facto, entre as duas ideias em análise, apesar de esta ter um custo um pouco mais elevado, e não ser tão fácil de executar a manutenção por possuir um maior número de componentes, apresenta uma pontuação muito superior relativamente à funcionalidade.

Tabela 11 - Seleção de ideia a aplicar para os mordentes

IDEIA	CRITÉRIOS / ATRIBUTOS										ÍNDICE DE DESEMPENHO $\gamma$
	1- Funcionalidade		2- Facilidade de manutenção		3- Custo		4- Facilidade de montagem		5- Facilidade de execução		
	$\omega_1=$	0,2603	$\omega_2=$	0,2130	$\omega_3=$	0,2130	$\omega_4=$	0,1735	$\omega_5=$	0,1402	
1	1	5,21	5	21,30	5	21,30	5	17,35	5	14,02	79,17
	20		100		100		100		100		
2	5	26,03	4	17,04	4	17,04	5	17,35	5	14,02	91,48
	100		80		80		100		100		

### 3.5.2 Sistema automático de extração de cabo

#### 3.5.2.1 Tempestade de ideias (ideias desenvolvidas)

No caso do mecanismo de extração de cabos, também foi necessário fazer uma sessão de tempestade de ideias, para perceber as alternativas existentes para cada situação. O principal ponto a considerar diz respeito aos mordentes da pinça que agarra os cabos.

Quanto às garras foram ponderadas as seguintes alternativas:

1. Utilização de garra pneumática paralela (abertura na direção vertical)

Esta solução (Figura 51) garante mais facilmente que os dois cabos são agarrados, pois a abertura e o fecho são sempre paralelos. No entanto, é dificultada a tarefa de soltar os cabos no recipiente que contém a água, pois estes não têm forma de cair diretamente com a abertura da garra.

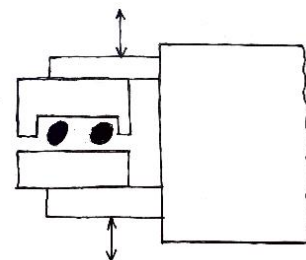


Figura 51 - Esboço da garra: ideia 1

2. Utilização de garra pneumática paralela (abertura na direção horizontal)

Esta solução (representada na Figura 52) consiste na utilização de uma garra pneumática paralela posicionada verticalmente (ou seja, com abertura na horizontal). Apesar de, nesta ideia, a abertura da garra permitir que os cabos caiam facilmente no recipiente (por ação da gravidade), seria necessário que o mecanismo que faz a translação da garra tivesse movimento numa terceira direção, de forma que os cabos fossem agarrados pela sua parte superior. Isto faz com que a facilidade de montagem, facilidade de execução e o custo da solução saiam prejudicados.

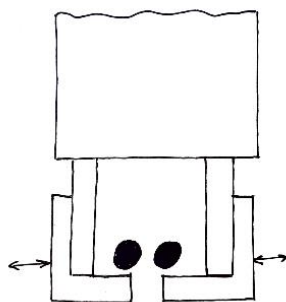


Figura 52 - Esboço da garra: ideia 2

### 3. Utilização de garra pneumática radial

Esta solução consiste na utilização de uma garra pneumática radial posicionada horizontalmente (como ilustrado na Figura 53). Esta ideia resolve o problema da dificuldade relatada na primeira solução acerca do momento em que a garra abre e os cabos devem cair no recipiente. Visto que a garra radial tem uma abertura de 180° os cabos cairão facilmente por ação da gravidade, assim que as pinças sejam abertas.

A única contrapartida desta ideia será que o design dos mordentes de cabo acoplados à pinça poderá ser relativamente mais complexo. De facto, é necessário garantir um mínimo de articulação para que, quando as pinças fecharem, se garanta que os dois cabos são corretamente agarrados pelo mecanismo. Caso não exista esta articulação, é muito provável que apenas um dos cabos seja corretamente agarrado e o outro acabe por escorregar, pois ao fechar os mordentes não estarão paralelos entre si.

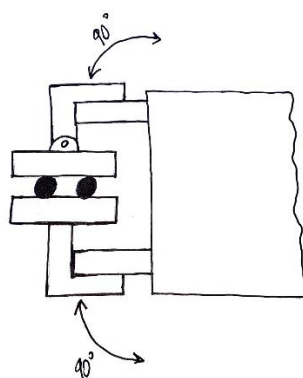


Figura 53 - Esboço da garra: ideia 3

#### 3.5.2.2 Escolha da ideia a aplicar

Das três ideias apresentadas para o mecanismo de extração de cabos, a que apresenta maior índice de desempenho na matriz de seleção apresentada na Tabela 12 é a ideia número três, sendo por isso a ideia escolhida para aplicar.

Tabela 12 - Seleção de ideia a aplicar para o extrator

IDEIA	CRITÉRIOS / ATRIBUTOS										ÍNDICE DE DESEMPENHO $\gamma$
	1- Funcionalidade		2- Facilidade de manutenção		3- Custo		4- Facilidade de montagem		5- Facilidade de execução		
	$\omega_1=$	0,2603	$\omega_2=$	0,2130	$\omega_3=$	0,2130	$\omega_4=$	0,1735	$\omega_5=$	0,1402	
1	1	5,21	5	21,30	5	21,30	5	17,35	5	14,02	79,17
	20		100		100		100		100		
2	4	20,83	5	21,30	3	12,78	3	10,41	3	8,41	73,73
	80		100		60		60		60		
3	5	26,03	5	21,30	5	21,30	4	13,88	4	11,21	93,73
	100		100		100		80		80		

### 3.6 Projeto

Neste capítulo estão presentes as etapas quatro e cinco da metodologia DSR aplicada, apresentando-se as fases de “demonstração” (capítulo 3.6.1 a 3.6.5) e “avaliação” (capítulos 3.6.6 e 3.6.7) dos equipamentos projetados.

#### 3.6.1 Descrição da solução final

A solução final concebida para dar resposta aos objetivos apresentados na presente dissertação consiste na conceção de dois novos equipamentos para integração nos postos de primeira injeção de ZAMAK. Esses dois são uma máquina de decapar dupla e um mecanismo de extração de cabo. A máquina de decapar dupla visa substituir o dispositivo de decapar que se encontrava inicialmente implementado na empresa, possuindo o dobro da capacidade do seu antecessor. Esta nova máquina permite, tal como era pretendido, remover o revestimento da extremidade de dois cabos em simultâneo a cada ciclo de trabalho, de forma a eliminar o gargalo que condicionava o processo de injeção do 1º terminal. Este novo conceito segue os princípios básicos de funcionamento do equipamento original, mas possui uma construção relativamente distinta em cada um dos subconjuntos que o compõem. O sistema automático de extração de cabo está projetado para ser aplicado na fase final do processo de injeção do terminal ZAMAK, após a atuação do mecanismo de quebra-gito. Este sistema permite que os dois cabos, com terminal injetado, sejam removidos do *transfer* que os suporta e sejam depositados automaticamente no recipiente com água. A aplicação deste conceito faz com que se consiga aumentar o nível de automatização do processo de injeção do primeiro terminal e reduzir o número de operações manuais executadas, o que por sua vez aumenta também a cadência de produção, uma vez que o operador apenas tem de estar focado na execução do processo de decapagem.

A solução final, composta pela aplicação dos dois novos equipamentos referidos, está representada na Figura 54. A máquina de decapar dupla surge destacada a vermelho e

o sistema automático de extração de cabo encontra-se destacado a verde na referida figura.

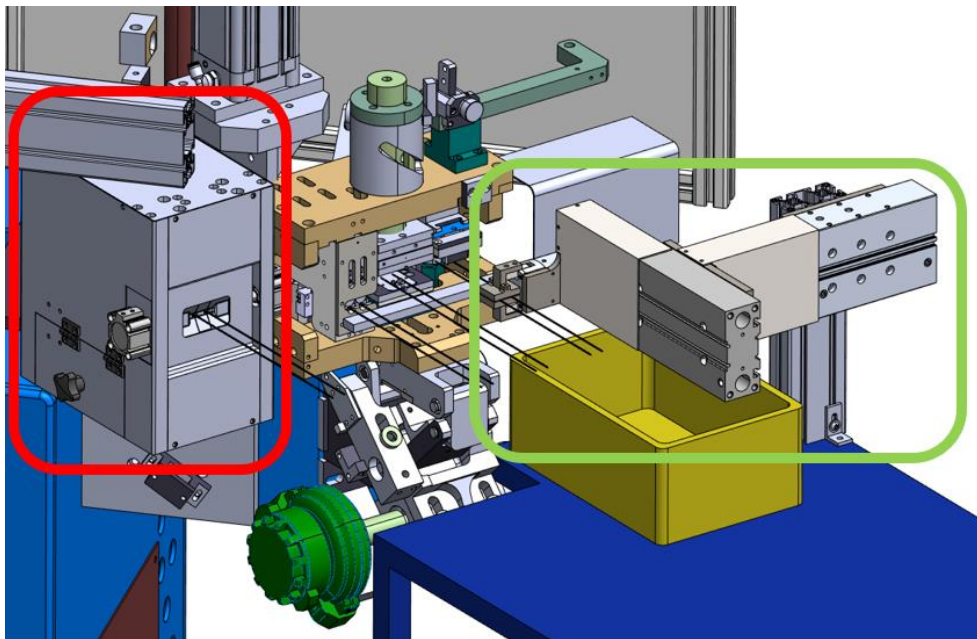


Figura 54 - Solução final para máquina de decapar dupla e sistema automático de extração de cabo

### 3.6.2 Máquina de decapar dupla

#### 3.6.2.1 Descrição da solução implementada

A primeira melhoria implementada na MIZ foi a substituição da máquina de decapar simples (instalada inicialmente), pelo novo equipamento de decapagem duplo, ilustrado de seguida pelo seu modelo CAD, na Figura 55.

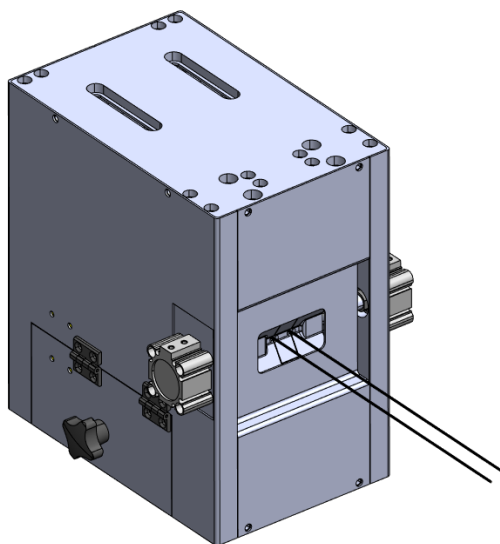


Figura 55 - Modelo CAD final da máquina de decapar dupla

Esta nova máquina de decapar revestimento de cabo permite, tal como era pretendido, efetuar a remoção do revestimento de dois cabos em simultâneo. O novo sistema foi totalmente desenvolvido de raiz, tendo por base os conceitos de funcionamento do seu equipamento antecessor, cuja análise foi já apresentada.

Desde logo, salienta-se a existência de três subconjuntos chave, à semelhança do equipamento anterior, sendo eles (Figura 56):

1. subconjunto dos batentes;
2. subconjunto das lâminas;
3. subconjunto dos mordentes.

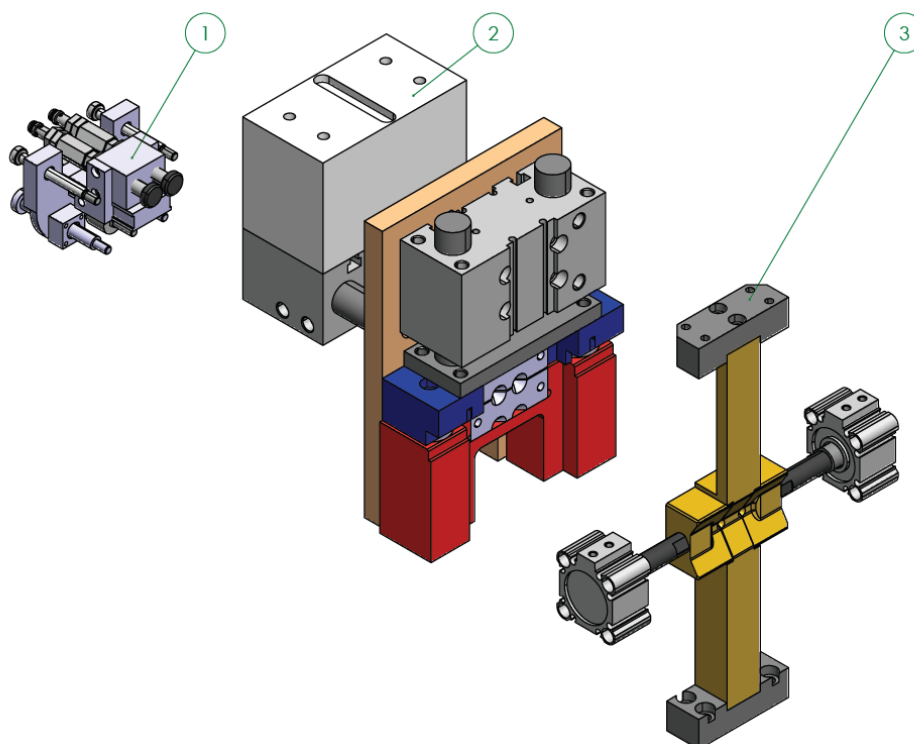


Figura 56 - Vista explodida dos três subconjuntos principais da máquina de decapar

Apesar de possuírem nomes e funções muito semelhantes, todos estes subconjuntos apresentam poucas similaridades com os do equipamento inicial, pois todas as peças foram desenhadas para atender às necessidades do novo conceito.

Começando por analisar o novo subconjunto de mordentes, este é constituído por um mordente central imóvel, fixo nas bases superior e inferior do equipamento, e dois mordentes laterais com movimentos independentes promovidos por dois atuadores pneumáticos que se encontram fixos nos suportes laterais da máquina. O mordente central, sendo a referência do local de introdução dos cabos, garante também o guiamento dos dois mordentes laterais, através dos rasgos (identificados pela linha vermelha na Figura 57) onde estes são introduzidos.

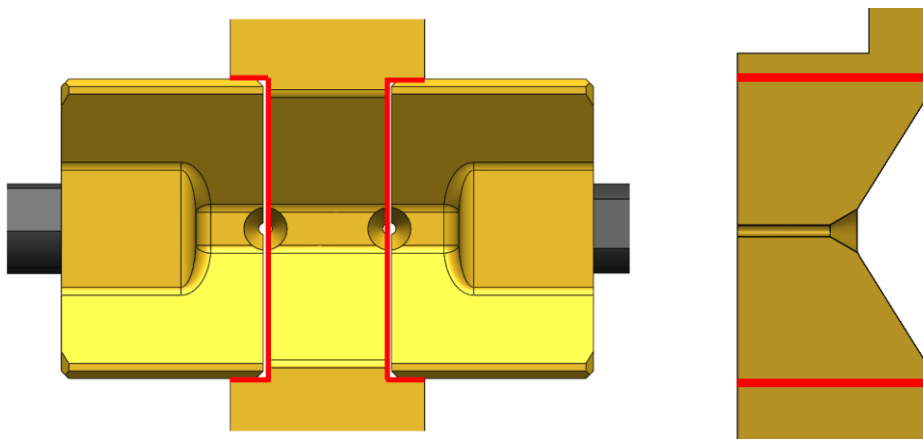


Figura 57 - Identificação dos rasgos de guiamento no mordente central

O subconjunto das lâminas continua a ter movimento em duas direções, à semelhança do que já acontecia no equipamento de decapar inicial. Este conjunto de peças é constituído essencialmente por duas lâminas e os seus respetivos suportes (na Figura 58 o suporte superior está representado com cor azul e o inferior a vermelho). O suporte inferior encontra-se fixo, enquanto o suporte superior tem o seu movimento promovido por um atuador pneumático, de forma a garantir a abertura e fecho das lâminas. Tanto o suporte inferior como o atuador pneumático estão fixos numa base de ligação, onde está montado um outro atuador que faz com que todo o conjunto se possa mover, afastando-se dos mordentes no momento de retirar o revestimento cortado (Figura 58).

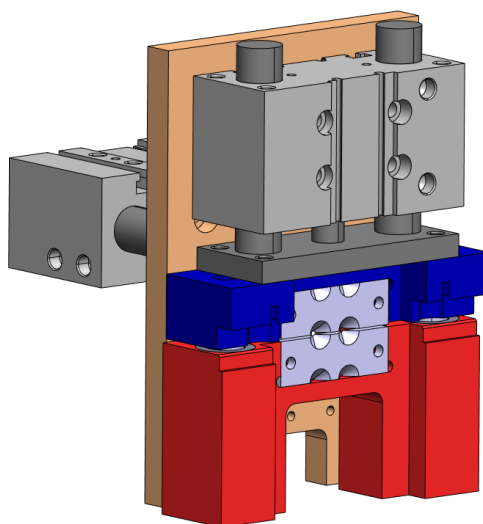


Figura 58 - Subconjunto das lâminas

De forma a garantir que não existem problemas de desalinhamento entre a lâmina superior e a inferior (que comprometeriam a qualidade do produto e até o funcionamento do processo), além de se utilizar um atuador pneumático guiado, criou-se também um sistema de guiamento das lâminas, com veios e rolamentos lineares. Os

veios de guiamento estão aparafusados no suporte superior e os rolamentos estão alojados no suporte inferior. O suporte inferior tem ainda uma particularidade face ao superior: possui dois orifícios alinhados com as zonas onde o revestimento do cabo é cortado, onde estará instalado um sistema de sopro de ar, para remover eficientemente as aparas de revestimento (Figura 59). Os sopros de ar foram desenhados para evitar que aparas fiquem agarradas às lâminas (fenómeno que poderia acontecer devido à sua reduzida massa).

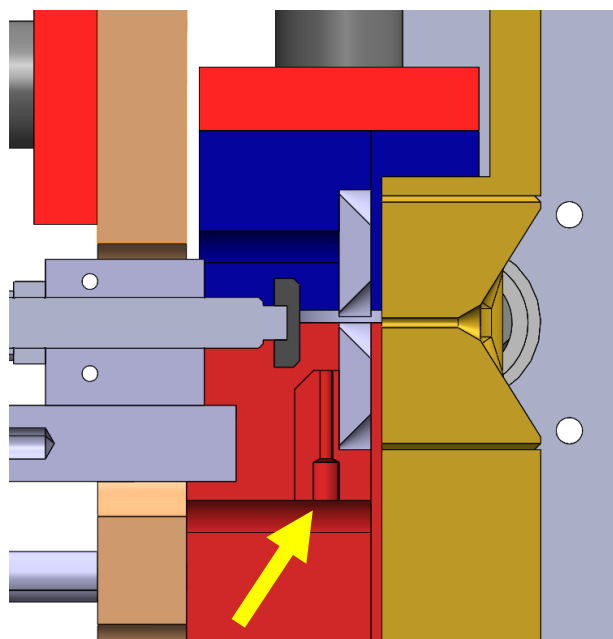


Figura 59 - Vista em corte do pormenor do sopro de ar

O subconjunto de batentes (Figura 60) também segue o princípio de funcionamento do equipamento inicial, embora apresente uma configuração completamente distinta. Em primeiro lugar, destaca-se a utilização de um sistema de êmbolos de limite mecânicos da marca IFM que vem resolver o problema de danificação dos sensores indutivos que foi identificado no estudo do equipamento inicial (capítulo 3.4.2).

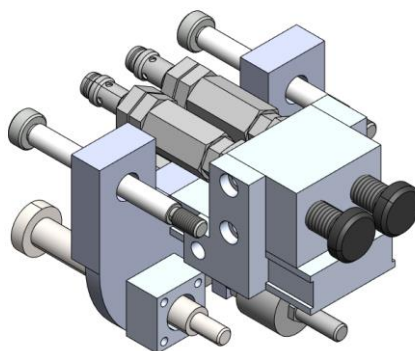


Figura 60 - Subconjunto de batentes

Estes êmbolos (Figura 61) são concebidos de forma a garantir que, quando o batente esgota o curso, tem aproximação suficiente para que o sensor dê sinal, mas nunca o atinge fisicamente, evitando assim o seu desgaste prematuro (como acontecia no sistema anteriormente implementado na empresa).

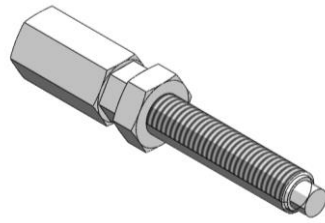


Figura 61 - Êmbolo de limite IFM

O subconjunto de batentes é então constituído por dois sensores indutivos M8 independentes, montados nos referidos êmbolos de limite da IFM (Figura 62), que por sua vez são montados num suporte que permite a afinação da medida do decapeado. Todos estes componentes estão montados numa base que lhes serve de suporte.

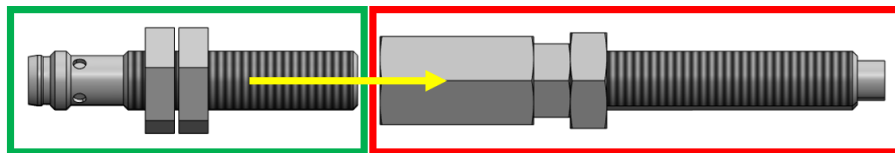


Figura 62 - Montagem do sensor indutivo no êmbolo de limite IFM

Nesta base está também instalado um atuador pneumático (Figura 63) com 10 mm de curso, responsável por fazer com que o conjunto de batentes se afaste das lâminas logo após o corte do revestimento, de forma que a aparas removida do cabo não fique retida entre os batentes e as lâminas. O movimento referido é guiado por um sistema de veios com a ponta roscada que deslizam em casquilhos PAP e são apertados na base de ligação do subconjunto das lâminas.

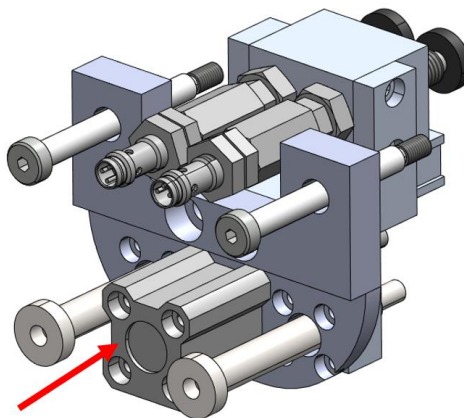


Figura 63 - Atuador pneumático do subconjunto de batentes

### 3.6.2.2 Dimensionamento dos atuadores pneumáticos

Para dimensionar as necessidades pneumáticas do mecanismo de decapar, começou-se por efetuar uma análise aos movimentos necessários e às forças e cargas a que os componentes estão sujeitos em funcionamento. Tal como foi apresentado no capítulo anterior (na descrição da solução implementada), a nível pneumático, esta máquina é essencialmente constituída por 5 atuadores distribuídos pelos três subconjuntos funcionais da máquina.

#### 3.6.2.2.1 Atuador de corte das lâminas

Desde logo se verificou que, para o atuador das lâminas (Figura 64) que cortam o revestimento do cabo, a força de atuação necessária está diretamente relacionada com as propriedades mecânicas e espessura do próprio revestimento.

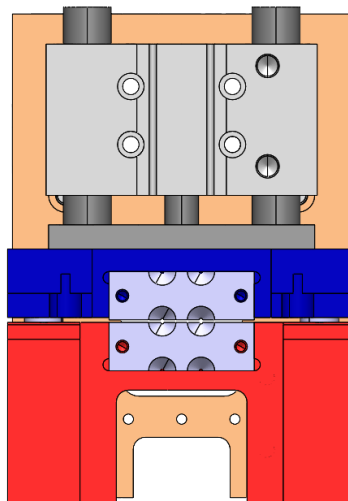


Figura 64 - Atuador de corte das lâminas

Sendo assim, consultando o valor da tensão de rotura ao corte para o material Nylon 6, à temperatura ambiente (propriedades do material no anexo 6.1), com o valor da área da secção transversal do revestimento aplicou-se a equação 4 para obter o valor teórico da força de corte para o revestimento de um cabo:

$$\tau_c = \frac{F_c}{S_0} \quad (4)$$

Com:

- $\tau_c$  – Tensão de rotura ao corte (MPa);
- $F_c$  – Força de corte (N);
- $S_0$  - Área de secção transversal do revestimento (mm<sup>2</sup>).

Resolvendo em ordem à incógnita que se pretende obter e substituindo os valores, a equação fica:

$$F_c = 75,8 \times (\pi \times (0,825^2 - 0,625^2))$$

Obtém-se assim a força necessária para cortar o revestimento de um cabo:

$$F_c = 69,06 \text{ N}$$

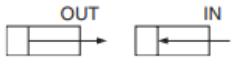
Dado que se pretende cortar o revestimento de dois cabos em simultâneo, com o mesmo atuador, o valor anterior tem de ser multiplicado pelo número de cabos, obtendo-se assim:

$$F_{c_{total}} = 138,12 \text{ N}$$

A partir deste cálculo, sabe-se que qualquer que seja o atuador pneumático escolhido, este terá de ter capacidade de exercer uma força de valor igual ou superior a 138,12 N.

Consultando o catálogo do fabricante (Figura 65), selecionou-se um atuador da série MGPM que conseguisse cumprir com este valor de força para qualquer das pressões de operação apresentadas.

### Theoretical Output



Bore size [mm]	Rod size [mm]	Operating direction	Piston area [mm <sup>2</sup> ]	Operating pressure [MPa]									
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
16	8	OUT	201	40	60	80	101	121	141	161	181	201	
		IN	151	30	45	60	75	90	106	121	136	151	
20	10	OUT	314	63	94	126	157	188	220	251	283	314	
		IN	236	47	71	94	118	141	165	188	212	236	
25	10	OUT	491	98	147	196	245	295	344	393	442	491	
		IN	412	82	124	165	206	247	289	330	371	412	
32	14	OUT	804	161	241	322	402	483	563	643	724	804	
		IN	650	130	195	260	325	390	455	520	585	650	
40	14	OUT	1257	251	377	503	628	754	880	1005	1131	1257	
		IN	1103	221	331	441	551	662	772	882	992	1103	
50	20	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374	1571	1767	1963	
		IN	1649	330	495	660	825	990	1154	1319	1484	1649	
63	20	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2806	3117	
		IN	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803	
80	25	OUT	5027	1005	1508	2011	2513	3016	3519	4021	4524	5027	
		IN	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536	
100	30	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854	
		IN	7147	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147	

\*: Theoretical output [N] = Pressure [MPa] x Piston area [mm<sup>2</sup>]

Figura 65 – Capacidade de força dos atuadores da série MGPM, adaptado de [76]

Assim, o atuador selecionado foi o MGPM32TF-25Z.

### 3.6.2.2 Atuador de recuo das lâminas

Quanto ao atuador que faz o recuo das lâminas (e conseqüentemente de todo o conjunto de suportes e batentes), a análise não se pode focar apenas na força necessária para remover o revestimento visto que, em princípio, esta será praticamente desprezável, quando comparada com as forças exercidas na direção transversal ao movimento, provocadas pelo peso da estrutura suspensa. O referido atuador encontra-se destacado a vermelho na Figura 66. Na mesma figura é possível observar também toda a estrutura nele suspensa.

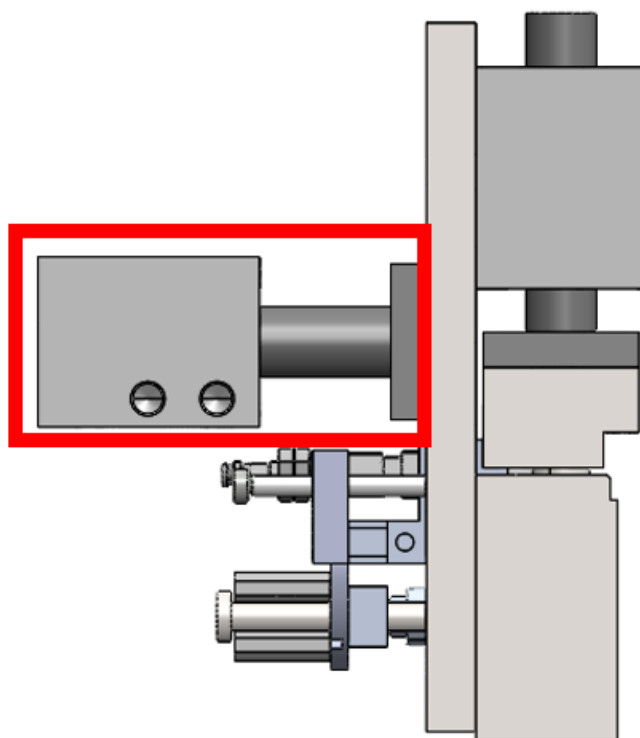


Figura 66 - Atuador e a estrutura nele suspensa

Após a modelação de todos os componentes que compõem o mecanismo, e tendo por base os materiais de cada um deles, foi possível (recorrendo ao *software* de modelação *Solidworks*) estimar a massa do conjunto de peças que se encontra suspenso. De seguida, na Tabela 13, apresenta-se a massa de cada uma das peças, bem como o somatório das massas suspensas.

Tabela 13 - Massa dos componentes suspensos

Subconjunto	Designação da peça	Peso (kg)	Qtd.	Subtotal (kg)
Lâminas	Lâmina	0,042	2	0,084
	Bloco de suporte lâmina inferior	1,385	1	1,385
	Bloco de suporte lâmina superior	0,768	1	0,768
	Veio guia	0,146	2	0,292
	Apoio de ligação	2,574	1	2,574
	Rolamentos KB16	0,047	4	0,186
	Atuador MGPM32TF_25Z	1,376	1	1,376
Batentes	Parafuso de corpo retificado	0,004	2	0,008
	Veio guia dos batentes	0,045	2	0,090
	Batente do veio guia	0,004	2	0,008
	Capa do batente	0,004	2	0,008
	Apoio dos batentes	0,060	1	0,060
	Posicionador (drt. / esq.)	0,009	2	0,018
	Base de aperto dos batentes	0,041	1	0,041
	Posicionador batentes	0,044	1	0,044
	Base para casquilhos	0,006	2	0,011
	Atuador CQ2B12_10DM	0,167	1	0,167
<b>TOTAL</b>				<b>7,120</b>

Tendo por base o somatório da massa dos corpos suspensos, com valor igual a 7,120 kg, chegou-se à conclusão que, em funcionamento normal, o atuador pneumático escolhido tem de suportar esta carga na direção transversal ao movimento. Tendo em vista que se pretende que o atuador pneumático seja guiado e tenha um curso de 25 mm, consultando os catálogos dos fabricantes verificou-se se seria possível utilizar o modelo de atuador que já era utilizado no mecanismo de decapar simples, evitando assim a necessidade de adição de novos itens no *stock* da empresa. Na Figura 67 verifica-se que, dentro dos modelos MGPM, a escolha recairia inevitavelmente para o atuador MGPM32, que é aquele que já era utilizado na versão original da máquina de decapar previamente implementada na empresa.

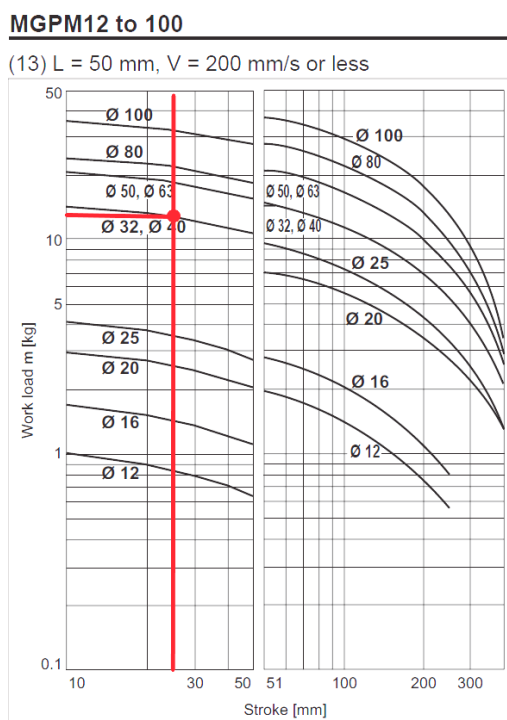


Figura 67 – Carga admitida em trabalho do atuador MGPM32, adaptado de [76]

Atuador escolhido: MGPM32TF-25Z.

### 3.6.2.2.3 Atuadores dos mordentes

Para os atuadores que são responsáveis por mover os mordentes e garantir que os cabos se mantêm em posição durante todo o processo (Figura 68), o dimensionamento foi realizado através do coeficiente de atrito entre o nylon e o aço temperado (materiais do cabo e dos mordentes, respetivamente).

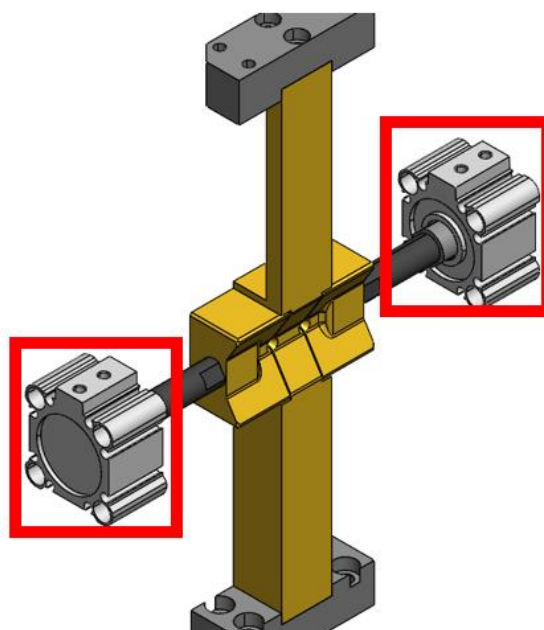


Figura 68 - Atuadores dos mordentes

Para determinar a força necessária para esta aplicação, era necessário saber qual a força de atrito que se pretende garantir. Na pior das hipóteses, considerando que as lâminas não conseguiriam cortar o revestimento (por um eventual defeito, ou uma avaria nas mesmas) a força máxima de tração que será aplicada aos cabos neste dispositivo é igual à força de recuo do atuador escolhido para o recuo do conjunto suspenso, ou seja, 162,5 N (para um cabo). Com isto, aplicando a fórmula seguinte:

$$F_1 = N \times \mu \quad (5)$$

Com:


- $F_1$  – Força de atrito=162,5 N;
- $N$  – Força Normal (Força do atuador a escolher) (N);
- $\mu$  – Coeficiente de atrito=0,42 [77];

obtém-se:

$$N = 386,9 \text{ N}$$

Assim, consultando o catálogo do fabricante SMC para a série CQ2 (Figura 69), o atuador escolhido foi o CQ2B32-5DZ da SMC, que possui uma força de 402 N no avanço para uma pressão de operação de 0,5 MPa, revelando-se assim capaz de atender às necessidades do equipamento, no pior dos casos.

### Theoretical Output



Bore size [mm]	Operating direction	Operating pressure [MPa]		
		0.3	0.5	0.7
12	IN	25	42	59
	OUT	34	57	79
16	IN	45	75	106
	OUT	60	101	141
20	IN	71	118	165
	OUT	94	157	220
25	IN	113	189	264
	OUT	147	245	344
32	IN	181	302	422
	OUT	241	402	563
40	IN	317	528	739
	OUT	377	628	880
50	IN	495	825	1150
	OUT	589	982	1370
63	IN	841	1400	1960
	OUT	935	1560	2180
80	IN	1360	2270	3170
	OUT	1510	2510	3520
100	IN	2140	3570	5000
	OUT	2360	3930	5500

Figura 69 - Capacidade dos atuadores da série CQ2, adaptado de [78]

#### 3.6.2.3 Dimensionamento da estrutura

A estrutura do equipamento de decapar foi concebida de forma que a máquina pudesse ser suportada de duas formas distintas: ora assente na sua base (Figura 70), ou suspensa pela sua base superior (Figura 71).

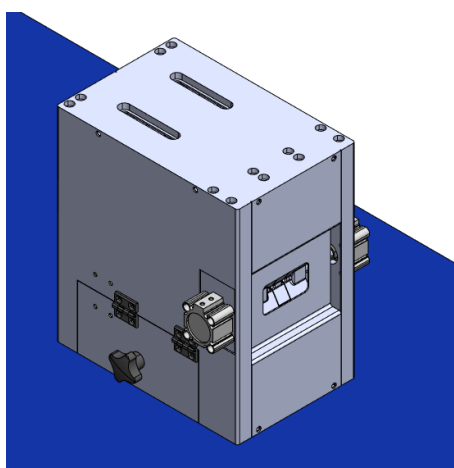


Figura 70 - Máquina de decapar assente pela sua base (pousada numa mesa)

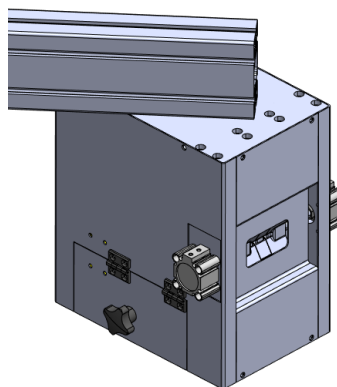


Figura 71 - Máquina de decapar suspensa pela base superior

Para que a máquina possa funcionar estando pousada numa bancada de trabalho, optou-se por criar quatro suportes (dois laterais – junto à face posterior - e dois na zona junto à face anterior), à semelhança de “pilares estruturais”, que fazem a ligação entre as duas bases (superior e inferior). Este conceito permite que, em qualquer das situações de suporte descritas, seja fácil remover as chapas de proteção laterais e frontal para ações de manutenção, sem comprometer a integridade do equipamento.

Os suportes laterais referidos, além de pertencerem à estrutura da máquina, são também responsáveis por suportar a carga respeitante aos atuadores que movimentam o conjunto de mordentes, pelo que acabam por estar sujeitos a carregamento em duas direções distintas. Cada um dos atuadores escolhidos é capaz de exercer uma força máxima de 402 N no avanço, força esta que tem de ser suportada por cada um dos suportes laterais.

Tendo sido modelado o conceito descrito, recorreu-se ao *software Solidworks* para efetuar uma análise estática de elementos finitos para verificar se o conceito idealizado seria válido e não se verificariam problemas a nível de esforços em nenhum dos casos de carga aplicados. Neste estudo simplificou-se o modelo da máquina, deixando apenas os elementos estruturais a analisar e aplicando, nos locais devidos, as cargas provocadas pela massa dos componentes que neles estão montados.

Para uma maior fiabilidade dos resultados da simulação, determinou-se (recorrendo ao *Solidworks*) o centro de massa do conjunto suspenso, para aplicar uma carga remota na face onde esse conjunto estaria fixo, com as coordenadas referentes a esse ponto.

```
Mass = 8844.73 grams
Volume = 1504528.91 cubic millimeters
Surface area = 412840.01 square millimeters

Center of mass: ( millimeters )
X = 56.66
Y = 56.00
Z = -39.86
```

Figura 72 - Centro de massa do conjunto de peças suspenso

A malha definida para as duas situações em análise está representada na Figura 73 e os seus parâmetros são apresentados na Figura 74. O tipo de elementos finitos considerados neste estudo é tetraédrico linear. Escolheu-se uma malha baseada na curvatura, com um rácio de cinco entre o tamanho do seu elemento menor (5 mm) e do seu elemento maior (25 mm). O material aplicado aos elementos que compõem a estrutura em análise foi o aço AISI 1045 da biblioteca de materiais do *Solidworks* com tensão de cedência de 530 MPa e módulo de elasticidade longitudinal de 205 GPa.

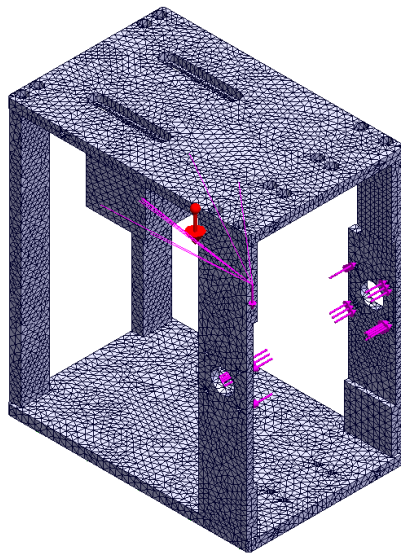


Figura 73 - Malha definida para o objeto em estudo

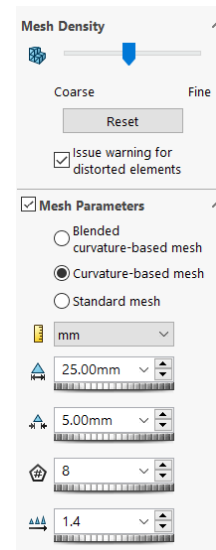


Figura 74 - Parâmetros da malha definida

### 3.6.2.3.1 Fixação pela base

A primeira análise de elementos finitos executada considera que a máquina estará assente numa bancada de trabalho, ou seja, a geometria a fixar foi a base inferior. Os resultados obtidos apresentam-se de seguida.

Na Figura 75, é possível verificar que a tensão equivalente de von Mises máxima surge na zona de fixação dos atuadores dos mordentes. Esta localização da tensão máxima já era algo esperada, visto que é nesta zona que os atuadores aplicam uma força de 402 N (cada um) no avanço, ou seja, na situação de mordentes fechados. O valor da tensão máxima registada é de aproximadamente 47,9 MPa.

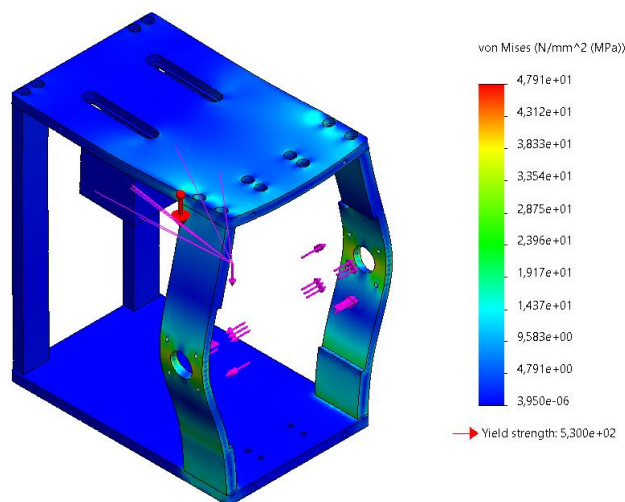


Figura 75 – Tensão equivalente de von Mises para a situação de fixação pela base (fator de ampliação de deformação: 270)

Verifica-se que a zona mais afetada a nível do deslocamento resultante é a zona de fixação dos atuadores laterais dos mordentes. Os valores de deslocamento máximo são aproximadamente 0,1 mm. Este valor de deslocamento pode ser considerado relativamente elevado. No entanto, na zona onde está localizado não representa um problema, por várias razões. Em primeiro lugar, trata-se de uma deformação elástica e não permanente, pelo que não se verificarão empenos na estrutura. Por outro lado, a funcionalidade não fica afetada, pois os mordentes que estão indiretamente conectados a estes suportes laterais encontram-se guiados relativamente ao mordente central, pelo que não existirão desalinhamentos. Ainda há outra salvaguarda, relativa ao curso disponível dos atuadores, que é de 5 mm, pelo que mais uma vez esta questão do deslocamento não se revela um problema, neste caso em particular.

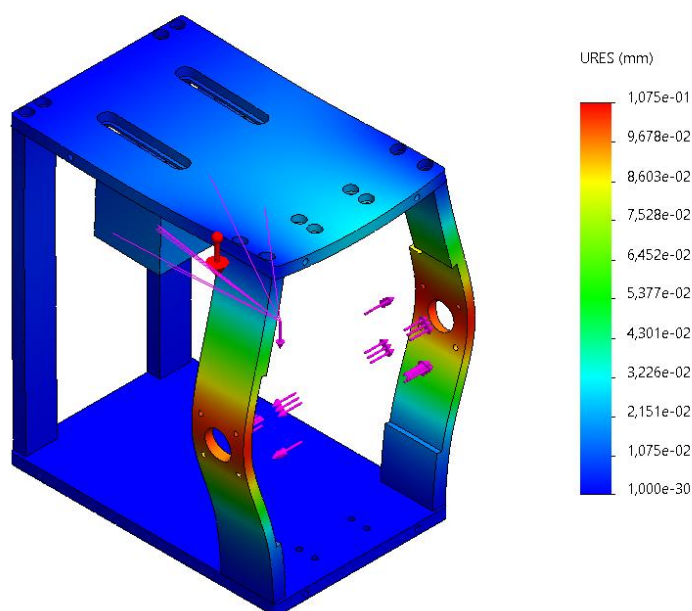


Figura 76 - Resultados de deformação para a situação de fixação pela base (fator de ampliação de deformação: 270)

Para concluir a análise de elementos finitos resta analisar o fator de segurança (Figura 77), que para o este caso toma o valor de 11,6. Fatores de segurança superiores a 1,5 são aceites e este supera em larga escala este valor limite. É de salientar que, mesmo com um fator de segurança elevado, já se apresentam deslocamentos relativamente grandes, pelo que não seria de todo conveniente reduzir este coeficiente, pois se prejudicaria ainda mais a rigidez do conjunto. Neste caso, os deslocamentos reais sofridos colocariam em causa o bom funcionamento do equipamento, por exemplo, através de desalinhamentos entre componentes e subconjuntos.

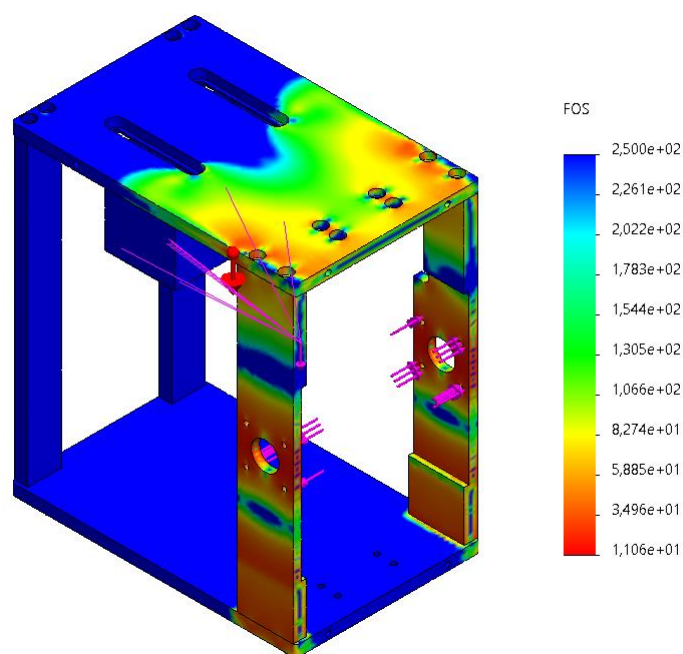


Figura 77 - Fator de segurança para a situação em que a máquina está assente pela base (fator de ampliação: 1)

### 3.6.2.3.2 Fixação pelo topo

No caso de carga em que a máquina está suportada pelo topo, a geometria a fixar é a face superior do tampo da máquina. Todas as cargas a aplicar são, de resto, iguais às que foram aplicadas no estudo anterior. Também as condições de análise numérica são semelhantes ao caso anterior.

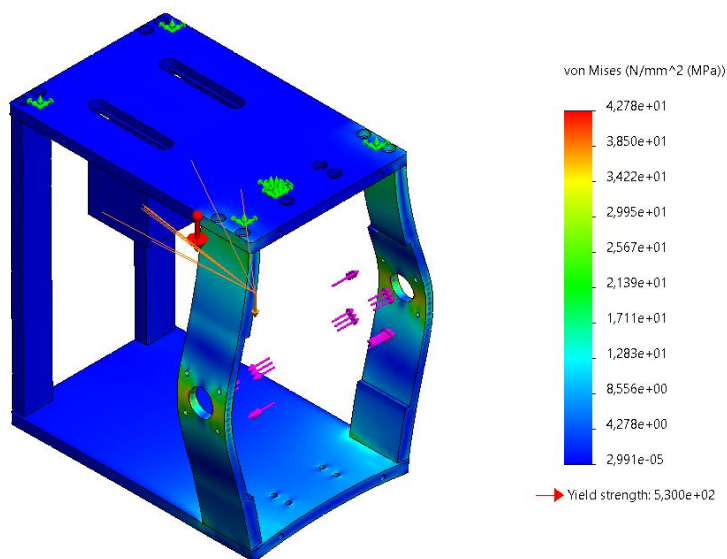


Figura 78 - Tensão equivalente de von Mises com fixação pelo topo (fator de ampliação de deformação: 280)

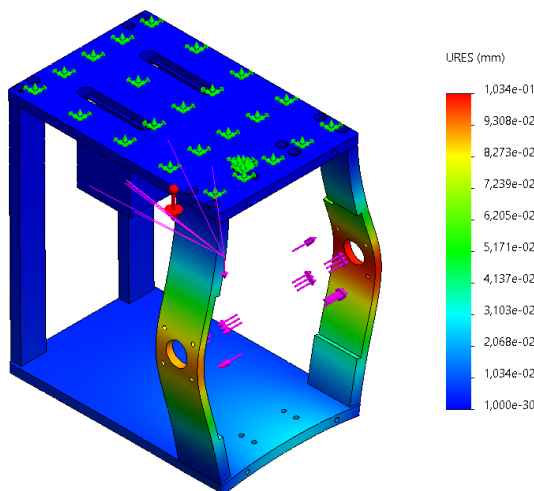


Figura 79 - Resultados de deformação para a situação de fixação pelo topo (fator de ampliação: 280)

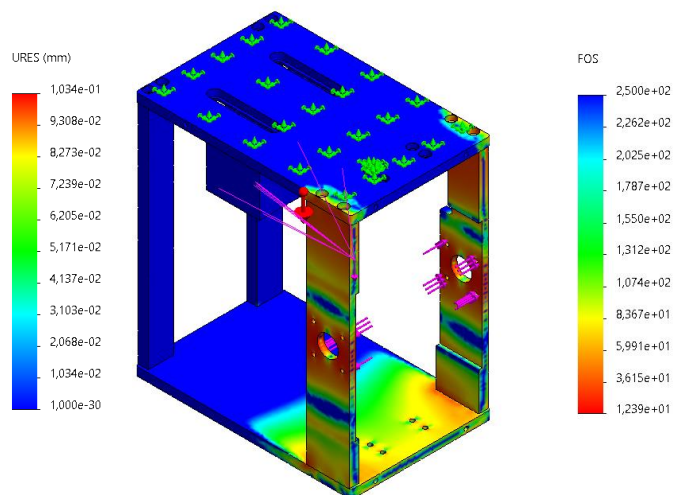


Figura 80 - Fator de segurança para a situação de fixação pelo topo (fator de ampliação: 1)

Para este caso de carga os resultados obtidos (Figura 78, Figura 79 e Figura 80) são, de resto, muito semelhantes à primeira análise. O valor da tensão equivalente de von Mises máxima é ligeiramente inferior (42,78 MPa), enquanto o valor de deslocamento resultante se mantém praticamente igual, na ordem dos 0,1 mm. O fator de segurança é de aproximadamente 12,4.

Concluído o estudo, verifica-se que, para as cargas projetadas, quer correspondentes ao peso dos componentes suspensos, como também das forças de atuação dos mordentes, as tensões provocadas na estrutura são inferiores à tensão limite elástica do material, sendo estas facilmente suportadas pela estrutura projetada.

O coeficiente de segurança, tal como já foi referido, de uma forma geral, apresenta um valor elevado, embora seja importante garantir que a estrutura não sofra deslocamentos excessivos que coloquem em causa o funcionamento do equipamento. Tal como na análise anterior, o deslocamento resultante é o fator limitativo no dimensionamento da estrutura.

#### 3.6.2.4 *Desenhos de definição*

Neste capítulo são apresentados alguns pormenores, que se pretendem destacar, nos desenhos de definição de alguns dos componentes que compõem a nova máquina de decapar dupla. Todos os desenhos de definição e desenhos de conjunto poderão ser encontrados no anexo 6.2. Relativamente a pormenores a salientar, surge a geometria dos mordentes de cabo e das lâminas, visto que são dos elementos mais importantes no processo, pois têm contacto direto com os cabos a decapar.

## Mordentes

A geometria dos mordentes, sobretudo da zona de aperto do cabo, seguiu as dimensões do modelo inicialmente implementado, visto que este já era um conceito validado na empresa. No fundo, o rasgo circular de diâmetro 1,6 mm, cuja cota está destacada a vermelho na Figura 81, manteve a dimensão do modelo original. O centro deste rasgo está desfasado em 0,2 mm relativamente à face do mordente. Esta forma permite que seja possível, com os mesmos mordentes, apertar com eficácia as duas referências de cabo mais produzidas na empresa (com 1,50 mm e 1,65 mm de diâmetro exterior).

Existem, no entanto, dois novos pormenores que não existiam nos mordentes originais. Desde logo se destaca a existência de dois rebaixos na parte anterior, apresentados a amarelo na Figura 81. Esses rebaixos foram desenhados com o intuito de acolher a cabeça dos parafusos das lâminas, de forma que estas possam chegar o mais próximo possível da face dos mordentes, com o objetivo de reduzir o comprimento de cabo introduzido e anular eventuais dificuldades que pudessem existir na introdução de cabos mais “flexíveis”.

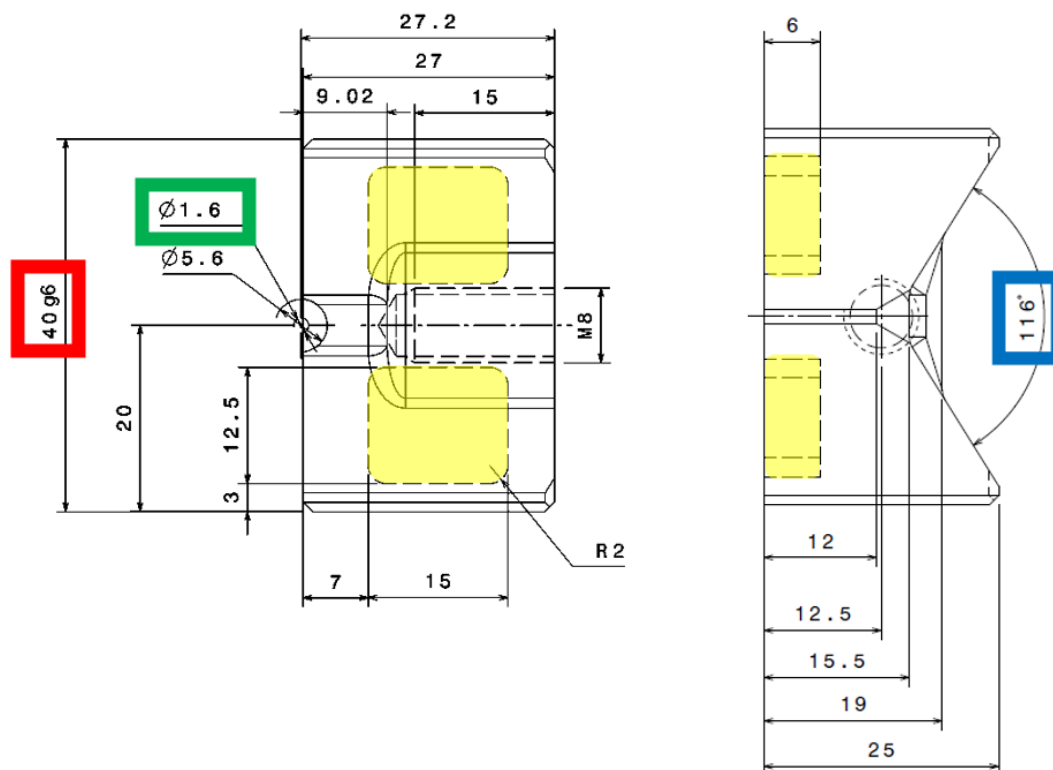


Figura 81 - Desenho de pormenor do mordente lateral

Outro pormenor a destacar é a cota da altura do mordente (destacada a vermelho na Figura 81). Esta cota é correspondente à zona que garante o alinhamento entre o mordente lateral e central. Para este contacto entre as duas peças definiu-se um

ajustamento H7/g6, visto que se trata de uma montagem deslizante e se pretende garantir movimento guiado com exatidão, para uma qualidade de construção cuidada.

O último destaque a fazer prende-se com a cota angular, destacada a azul na Figura 81. Esta geometria visa aumentar o conforto do operador ao introduzir os cabos, mais uma vez reduzindo também o comprimento necessário de cabo a introduzir.

### Lâminas

Há três pormenores que se pretendem destacar na geometria das lâminas, todos eles representados na Figura 82. O primeiro deles diz respeito à cota assinalada a vermelho. Esta cota possui uma tolerância, relacionada com o ajustamento H7/h6 definido para o contacto entre a lâmina e o seu suporte. Este ajustamento é indicado para acoplamentos entre dois componentes. Mais uma vez considerou-se uma qualidade de construção cuidada.

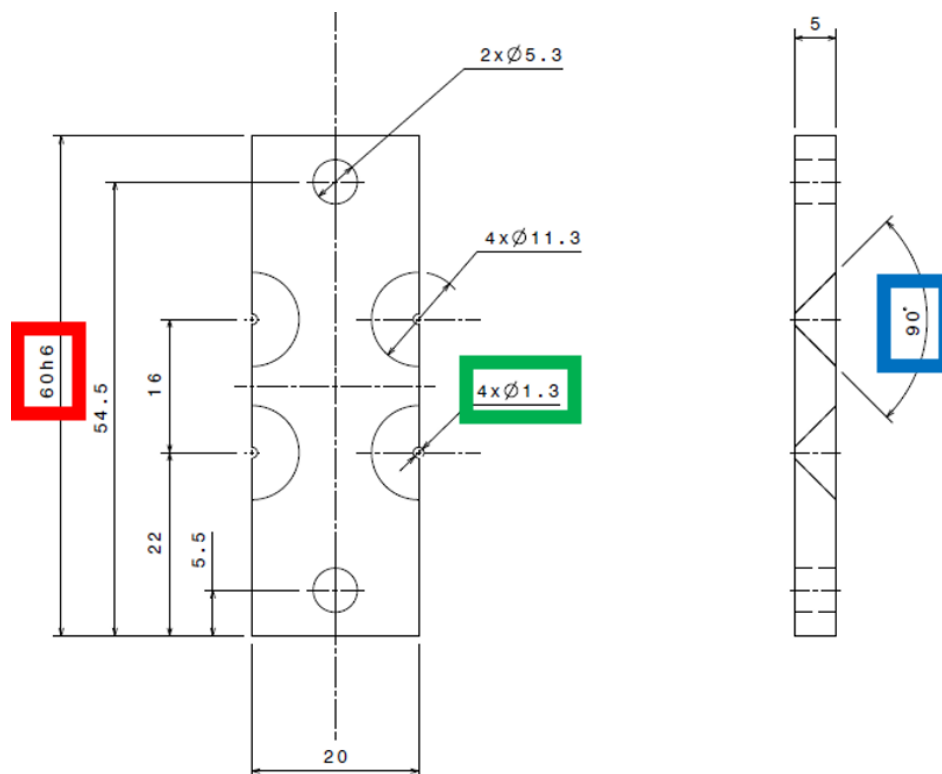


Figura 82 - Desenho de pormenor da lâmina

O segundo aspeto a destacar prende-se com a zona de corte do revestimento, cuja cota se encontra destacada a verde. Esta geometria foi concebida para que quando as lâminas fecharem, estas cortem apenas o revestimento e não cheguem a atingir o cabo de aço. Desta forma, quando o conjunto de lâminas recuar, o revestimento cortado é extraído e o cabo de aço pode passar livremente entre as lâminas.

O terceiro e último pormenor é relativo ao ângulo destacado a azul. No fundo garante-se que, com a geometria cónica idealizada, seja mais fácil conduzir o cabo a passar pelo furo pretendido, facilitando a tarefa ao operador do posto.

### 3.6.2.5 *Materiais escolhidos e processo de fabrico*

Neste capítulo apresenta-se a lista de peças que compõem a máquina de decapar dupla. Esta lista apresenta-se dividida em cinco tabelas diferentes, conforme o subconjunto a que essas peças pertencem, para uma melhor perceção da composição do equipamento. Consideraram-se os três subconjuntos principais já projetados (mordentes, lâminas e batentes) e também os subconjuntos da estrutura e proteções. É acrescentada uma sexta tabela que diz respeito à caixa de aparas de revestimento. Nestas tabelas é possível também encontrar informações relativas ao material escolhido para cada peça e o(s) processo(s) de fabrico inerente(s) à produção de cada uma delas.

De uma forma geral, os materiais utilizados foram os seguintes:

- Aço DIN: Ck45 (ISO C45E) – utilizado na maioria das aplicações estruturais devido à sua boa maquinabilidade e boa relação custo/desempenho. Este é um aço de uso corrente na indústria e, por consequência, é frequentemente utilizado nos equipamentos fabricados na empresa acolhedora. Todas as peças executadas neste material foram sujeitas ao tratamento de zincagem para evitar a corrosão prematura dos componentes;
- Aço RL200 (ISO X210Cr12) – utilizado com o tratamento térmico de têmpera para garantir maior dureza superficial e aumentar a resistência ao desgaste. Este material foi aplicado sobretudo nas peças que se prevê maior suscetibilidade ao desgaste, como por exemplo os suportes das lâminas, que estarão sujeitos a montagem e desmontagem com alguma regularidade;
- Aço K110 (ISO X153CrMoV12) – utilizado com o tratamento térmico de têmpera nos mordentes e nos batentes de cabo, para aumentar a resistência ao desgaste, provocado pelo contacto direto que estes componentes terão com os cabos, a cada ciclo produtivo;
- Aço PM300 (ISO 40CrMnNiMo 8-6-4) – utilizado no suporte inferior das lâminas, por ser um material apto ao processo de endurecimento superficial de nitruração. Dada a relativamente complexa geometria desta peça, optou-se por evitar a têmpera pois poderia introduzir empenos indesejados na zona de menor espessura da peça;
- Aço rápido WC-6%Co – utilizado para as lâminas, visto ser um material com elevada dureza e resistência ao desgaste, excelente tenacidade e com ampla aplicação em ferramentas de corte;
- Liga de alumínio AW6061 – utilizada nas zonas onde o peso poderia ser um fator importante, como a maioria dos componentes do conjunto de batentes, visto que este conjunto fica suspenso e não está sujeito a cargas significativas. Esta

liga foi a selecionada devido à sua boa maquinabilidade e por ser adequada à produção de componentes de máquinas;

- Aço INOX (AISI 304L) – utilizado nas proteções da máquina de decapar e na produção da caixa das aparas.

A Tabela 14 apresenta a lista de peças da estrutura da máquina de decapar, a Tabela 15 mostra as peças que compõem o subconjunto dos mordentes, a Tabela 16 mostra as peças do subconjunto das lâminas, a Tabela 17 apresenta a lista de peças do subconjunto dos batentes e a Tabela 18 mostra a lista de peças que compõem as proteções da máquina. Na Tabela 19 apresenta-se a caixa de aparas de revestimento.

Tabela 14 - Lista de peças da estrutura

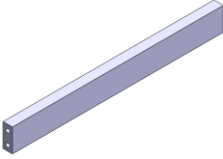
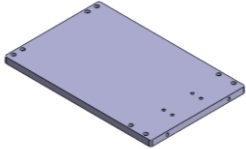
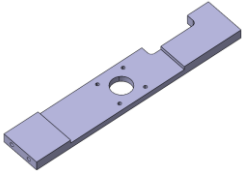
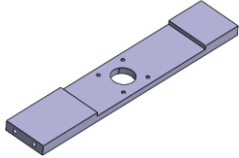
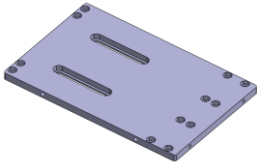
Denominação	Referência interna	Visualização	Qtd.	Mat.	Processo
Apoio estrutura traseira	PMPAPO5652		2	C45E	Fresagem Furação
Base inferior	PMPBAS7589		1	C45E	Fresagem Furação
Apoio atuador lateral direito	PMPAPO5653		1	C45E	Fresagem Furação
Apoio atuador lateral esquerdo	PMPAPO5694		1	C45E	Fresagem Furação
Base - tampo superior	PMPBAS7588		1	C45E	Fresagem Furação

Tabela 15 - Lista de peças do subconjunto dos mordentes

Denominação	Referência interna	Visualização	Qtd.	Mat.	Processo
Base de encastre superior	PMPBAS7590		1	C45E	Fresagem Furação
Base de encastre inferior	PMPBAS7616		1	C45E	Fresagem Furação
Mordente exterior	PMPMOR0099		2	K110	Fresagem Furação
Mordente central	PMPMOR0100		1	K110	Fresagem Furação
Veio de ligação dos mordentes	PMPVEI2332		2	C45E	Torneamento Furação

Tabela 16 - Lista de peças do subconjunto das lâminas

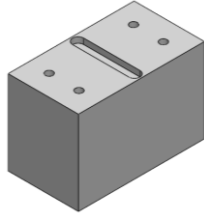
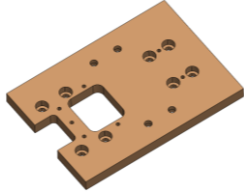
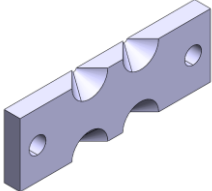
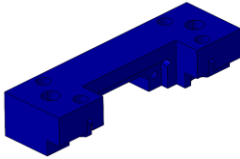
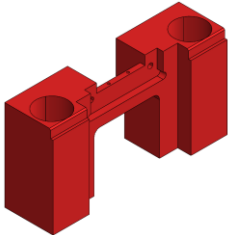
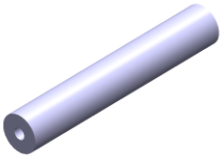

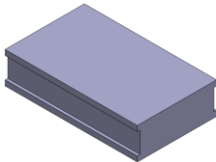
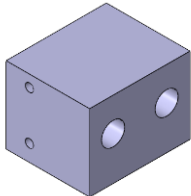
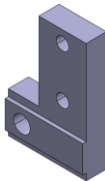
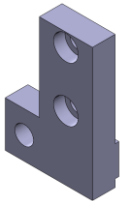
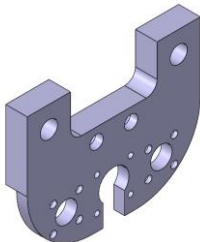
Denominação	Referência interna	Visualização	Qtd.	Mat.	Processo
Base do cilindro traseiro	PMPBAS7592		1	C45E	Fresagem Furação
Apoio de ligação	PMPAPO5651		1	C45E	Fresagem Furação
Lâmina	PMDLAM0332		2	WC-6%Co	Fresagem Furação
Bloco de suporte lâmina superior	PMPBLC0954		1	RL200	Fresagem Furação
Bloco de suporte lâmina inferior	PMPBLC0962		1	PM300	Fresagem Furação
Veio guia	PMDVEI0219 (INA)		2	-	Torneamento Furação

Tabela 17 - Lista de peças do subconjunto dos batentes

Denominação	Referência interna	Visualização	Qtd.	Mat.	Processo
Capa de batente	PMDBAT0189		2	K110	Fresagem Furação
Posicionador batentes	PMDPOC0027		1	AW6061	Fresagem Furação
Base de aperto dos batentes	PMPBAS7591		1	AW6061	Fresagem Furação
Posicionador esq.	PMDPOC0028		1	AW6061	Fresagem Furação
Posicionador drt.	PMDPOC0029		1	AW6061	Fresagem Furação
Apoio dos batentes	PMPAPO5654		1	AW6061	Fresagem Furação

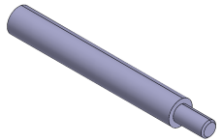
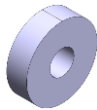
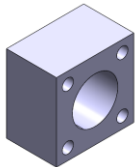
Veio guia dos batentes	PMDVEI0220 (INA)		2	-	Fresagem Furação
Batente do veio guia	PMPBAT2425		2	C45E	Corte Furação
Base para casquilhos	PMPBAS7615		2	AW6061	Fresagem Furação

Tabela 18 - Lista de peças para proteções

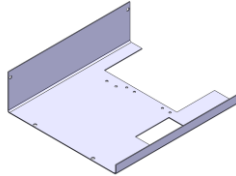
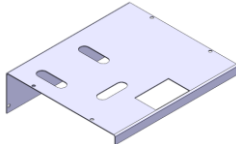
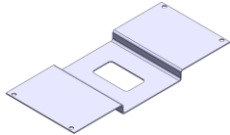
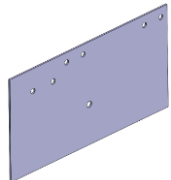
Denominação	Referência interna	Visualização	Qty.	Mat.	Processo
Proteção lateral esquerda	PMPPRO1497		1	AISI 304L	Corte Laser Quinagem
Proteção lateral direita	PMPPRO1498		1	AISI 304L	Corte Laser Quinagem
Proteção frente	PMPPRO1499		1	AISI 304L	Corte Laser Quinagem
Proteção - tampa lateral	PMPPRO1515		1	AISI 304L	Corte Laser Furação

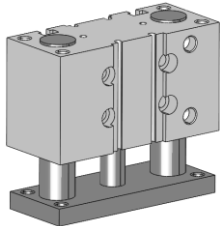
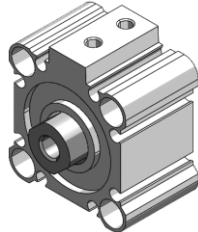
Tabela 19 - Caixa de aparas de revestimento

Denominação	Referência interna	Visualização	Qtd.	Mat.	Processo
Caixa de aparas	PMPcAX0509		1	AISI 304L	Corte Laser Quinagem Soldadura

### 3.6.2.6 Componentes de catálogo

Para a construção do equipamento descrito, recorreu-se à utilização de elementos de catálogo dos mais variados tipos, desde atuadores pneumáticos a sensores indutivos para ativação do ciclo de funcionamento da máquina, casquilhos e rolamentos e até pequenos acessórios, como são exemplo o manipulador de abertura de tampa e a pega da caixa de aparas. Todos os componentes utilizados encontram-se organizados na Tabela 20 e as suas fichas técnicas encontram-se no anexo 6.3.

Tabela 20 - Lista de componentes de catálogo aplicados no mecanismo de decapar duplo

Descrição	Referência	Fabricante	Visualização	Qtd.
	MGPM32TF-25Z	SMC		2
<b>Atuadores</b>				
	CQ2B32-5DZ	SMC		2

	CQ2B12-10DM	SMC		1
<b>Êmbolo de limite</b>	E10154	IFM		2
<b>Casquilhos PAP</b>	PAP 0610 P10	INA		2
	PAP 0808 P10	INA		4
<b>Conexão flexível</b>	JA15-5-080	SMC		1
<b>Dobradiça</b>	CFM.30-SH-4	ELESA+GANTER		2
<b>Parafuso de corpo retificado</b>	B6050	-		2
<b>Manípulo de 4 pontas</b>	06180-208	NORELEM		1
<b>Pega da caixa</b>	06902-109406	NORELEM		1

<b>Rolamentos lineares</b>	KB16	SCHAEFFLER		4
<b>Sensor abertura de tampa lateral</b>	506408	PILZ		1
<b>Sensor M8</b>	IE5287	IFM		2

### 3.6.3 Sistema automático de extração de cabo

#### 3.6.3.1 Descrição da solução projetada

A solução projetada para um aumento do nível de automatização do posto de primeira injeção de ZAMAK consiste na aplicação de um manipulador de extração de cabos após a injeção, representado na Figura 83. Como foi descrito no capítulo de caracterização do processo, após injeção, os cabos são retirados manualmente pelo operador do posto de ZAMAK a cada ciclo. Além de um desgaste acentuado após horas de trabalho, este procedimento fazia também com que a velocidade de operação fosse inferior, pois o operador era incapaz de alimentar a máquina à velocidade que esta consegue produzir. Sendo assim, através da simplificação das tarefas executadas pela operadora, espera-se obter uma maior consistência nos tempos de ciclo, melhorar a produtividade da linha e abrir a possibilidade de controlar melhor o processo, reduzindo as possibilidades de existência de falhas ou paragens inesperadas.

Este mecanismo possui movimento em duas direções, ambas no plano horizontal, permitindo assim que os cabos sejam extraídos e depois depositados num recipiente com água (representado a amarelo na Figura 83).

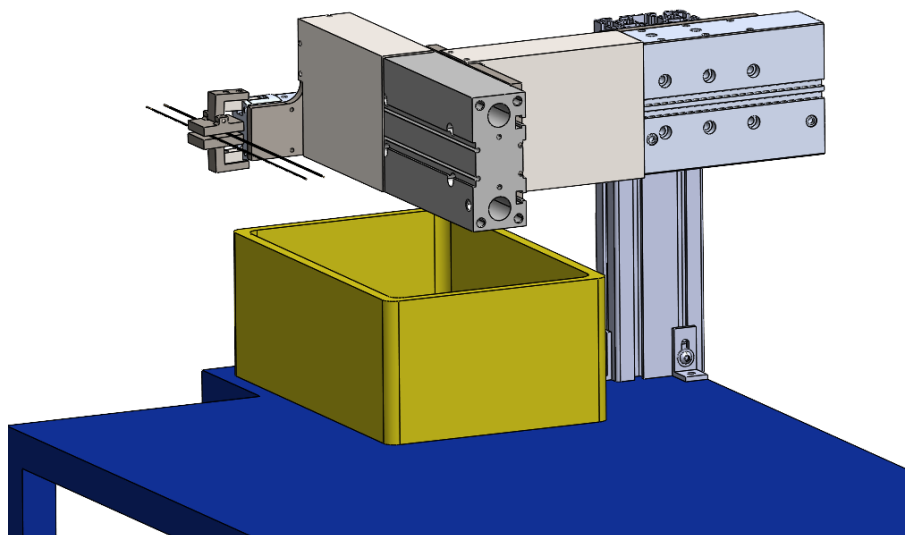


Figura 83 - Mecanismo de extração de cabos projetado

Visto que este é um sistema simples, para garantir os movimentos necessários, recorreu-se à utilização de três atuadores pneumáticos (identificados na Figura 84): uma garra radial (G1), responsável por transportar os cabos, e duas unidades lineares guiadas (A1 e A2), responsáveis por suportar e movimentar a referida garra e os cabos que a mesma transporta consigo.

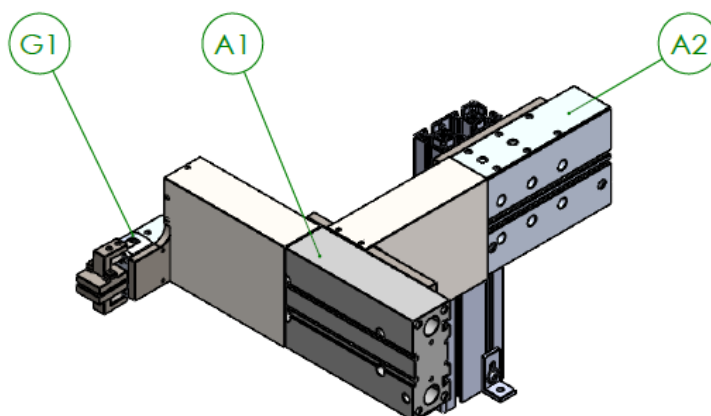


Figura 84 - Identificação dos atuadores pneumáticos do mecanismo extrator

Para a garra foi desenhado um par de mordentes que é responsável por segurar os cabos enquanto estes são transportados entre a saída do cortante de gito e o recipiente onde serão depositados. O conceito para o sistema de mordentes seguiu a ideia selecionada na fase de anteprojecto e pode ser observado na Figura 85. Tal como foi explicado no

anteprojeto, para garantir que ambos os cabos são corretamente agarrados, o sistema é composto por um mordente fixo (inferior) e um mordente com liberdade angular (superior), de forma que, quando a garra pneumática fechar, os mordentes se adaptem aos dois cabos a agarrar, não deixando nenhum deles solto. A aplicação de uma garra radial permite também que, ao abrir os mordentes, os cabos possam cair livremente, por ação da gravidade, no local pretendido.

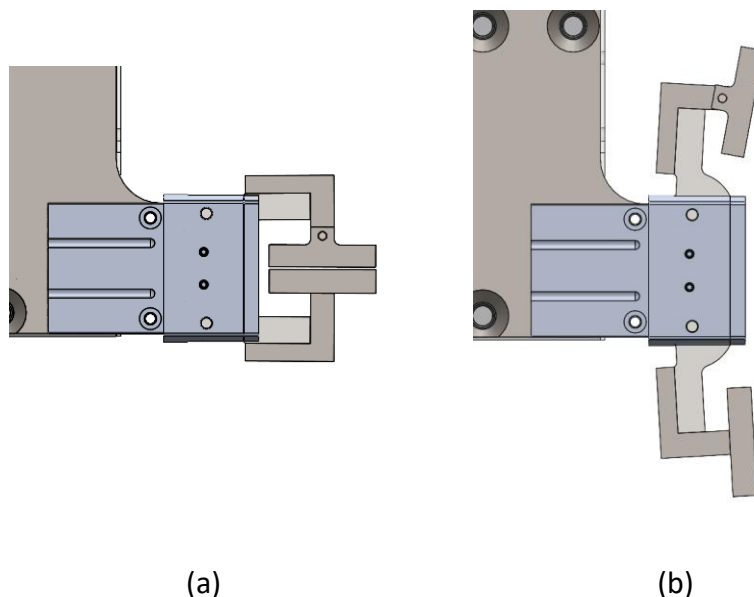


Figura 85 - Garra com sistema de mordentes: (a) mordentes fechados; (b) mordentes abertos

O princípio de funcionamento deste mecanismo é descrito de seguida:

1. Garra G1 fecha, agarrando os dois cabos que naquele momento estão posicionados na etapa de quebra-gito;
2. O atuador A1 recua, afastando assim os cabos da MIZ e do equipamento *transfer* que nela está montado;
3. O atuador A1 recua, posicionando os cabos sobre o recipiente com água;
4. A garra G1 abre a 180°, deixando que os cabos caiam dentro da caixa, por ação da gravidade.

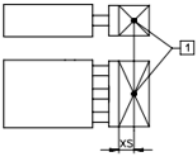
### 3.6.3.2 Dimensionamento dos atuadores pneumáticos

A nível pneumático, foram utilizados três atuadores para este mecanismo: dois atuadores lineares guiados (A1 e A2) e uma garra pneumática radial (G1). Como para este projeto se pretende apenas utilizar componentes de catálogo já em *stock* na empresa (com vista a reduzir os custos de implementação), o critério para a escolha dos mesmos foi, numa primeira fase, verificar os cursos necessários e, numa segunda fase, tendo em conta os modelos disponíveis, validar se estes aguentariam a força exercida pelos componentes suspensos.

Sendo assim, o atuador de 125 mm de curso (A2) tem de suportar, na direção transversal ao seu movimento, uma carga de aproximadamente 56,4 N. Verificando na ficha técnica do fabricante (Figura 86), conclui-se que o atuador DFM-32-125-P-A-KF suporta até 161 N de carga na direção transversal ao seu movimento. Assim, este modelo é aceite.

## Data sheet

**Maximum payload F [N]**  
Plain-bearing guide GF and recirculating ball bearing guide KF



[1] Centre of gravity of payload

Piston diameter	6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
XS [mm]	5	5	25	50	50	50	50	50	50	50	125	125

Stroke [mm]		Piston diameter											
		6	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
5	GF	1.1	3.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	KF	0.85	3.0	28	63	--	--	--	--	--	--	--	--
10	GF	--	--	28	45	--	--	--	--	--	--	--	--
	KF	--	--	21	51	61	112	173	--	--	--	--	--
15	GF	0.7	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	KF	--	--	24	41	46	110	155	--	--	--	--	--
20	GF	0.6	2.1	24	56	67	121	188	--	--	--	--	--
	KF	--	--	23	53	64	116	180	180	257	257	276	452
25	GF	--	--	23	39	44	105	149	149	235	235	220	332
	KF	--	--	21	37	42	102	144	--	--	--	--	--
30	GF	--	--	21	51	61	112	173	--	--	--	--	--
	KF	--	--	31	73	110	123	161	--	--	--	--	--
40	GF	--	--	31	82	108	119	135	--	--	--	--	--
	KF	--	--	28	67	103	115	150	150	216	216	311	509
50	GF	--	--	28	77	102	112	126	126	202	202	275	415
	KF	--	--	22	55	86	96	166	166	234	234	352	568
80	GF	--	--	23	64	86	95	151	151	233	233	329	495
	KF	--	--	19	49	77	86	150	150	212	212	329	533
100	GF	--	--	20	58	78	86	138	138	214	214	318	480
	KF	--	--	--	--	--	--	168	168	229	229	304	494
125	GF	--	--	--	--	--	--	161	161	238	238	306	463
	KF	--	--	--	--	--	--	146	146	200	200	274	446
160	GF	--	--	--	--	--	--	143	143	212	212	291	442
	KF	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura 86 - Carga máxima admitida pelo atuador DFM-32-125-P-A-KF, adaptado de [79]

O atuador de 150 mm de curso (A1) está sujeito a uma carga de apenas 12 N (visto que este só suporta a garra pneumática e os mordentes nela montados). Consultando a ficha técnica do fabricante (Figura 87), verifica-se que o atuador MGPM32-150Z suporta na direção transversal ao seu movimento cerca de 9 kgf, o que equivale a aproximadamente 88,29 N. Sendo assim, este atuador é aceite para a aplicação em questão.

Para a garra pneumática (G1), dado que a força que terá de exercer para agarrar os cabos será sempre suficiente (pois não há forças externas que contrariem o movimento na extração do cabo do mecanismo *transfer*), optou-se por um modelo amplamente utilizado noutras aplicações de manipuladores semelhantes na empresa. Modelo escolhido: HGRT-20-A.

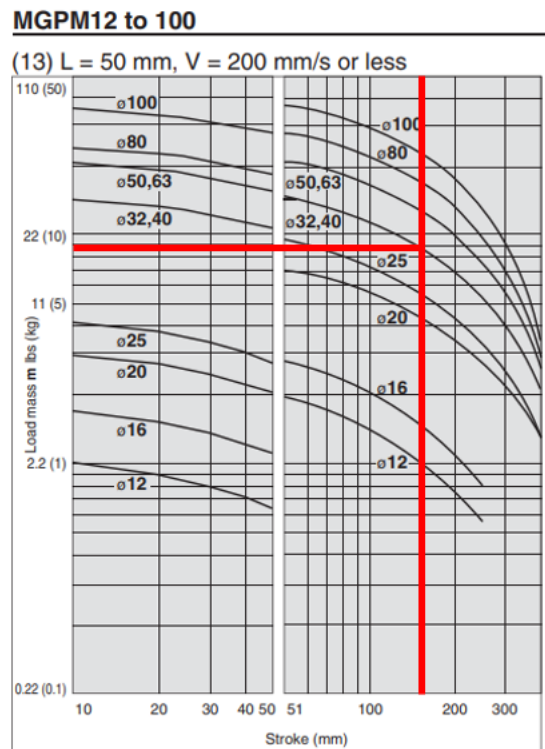


Figura 87 - Gráfico com valores da carga máxima da série MGPM, adaptado de [76]

### 3.6.3.3 Dimensionamento da estrutura

Uma vez que a estrutura do mecanismo extrator de cabos foi concebida recorrendo maioritariamente à utilização de elementos que se encontravam disponíveis em armazém na empresa, considerou-se como base estrutural a todo o mecanismo um perfil normalizado em alumínio de dimensões 40 mm x 80 mm que não tinha utilização no momento.

Estes perfis em alumínio têm a grande vantagem de serem leves e apresentarem uma grande resistência às cargas que lhes são aplicadas, algo que acontece sobretudo devido à sua geometria. Contudo, para garantir a ausência de problemas de conceção e para perceber os valores de deslocamento resultante a que o perfil estaria sujeito, procedeu-se também a uma análise de elementos finitos.

Mais uma vez, à semelhança do que ocorreu na simulação da estrutura da máquina de decapar, o conjunto foi simplificado, substituindo-se alguns dos componentes por cargas remotas equivalentes às suas massas aplicadas nas coordenadas do centro de massa do conjunto dessas peças (apresentadas na Figura 88).

```
Mass properties of Conj_extrator
Configuration: Default
Coordinate system: Coordinate System1

Mass = 9814.85 grams

Volume = 2205326.34 cubic millimeters

Surface area = 557090.24 square millimeters

Center of mass: ( millimeters )
X = -101.14
Y = 53.00
Z = 10.75
```

Figura 88 - Coordenadas do centro de massa dos componentes suspensos

A malha utilizada para a realização deste estudo estático de elementos finitos encontra-se representada, juntamente com os seus parâmetros, na Figura 89 e na Figura 90. O tipo de elementos finitos considerados neste estudo é tetraédrico linear e escolheu-se mais uma vez uma malha baseada na curvatura, com rácio de cinco entre o tamanho do seu elemento menor (4 mm) e do seu elemento maior (20 mm). Os materiais aplicados foram: o aço AISI 1045 (com tensão de cedência de 530 MPa e módulo de elasticidade longitudinal de 205 GPa) para a base do atuador A1 e a liga de alumínio 6063-T5 para o perfil *Maytec* (com 145 MPa de tensão de cedência e 69 GPa de módulo de elasticidade longitudinal).

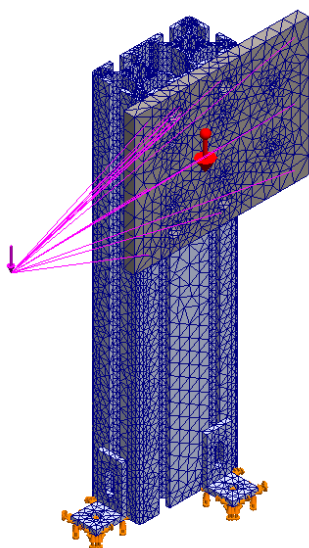


Figura 89 - Malha definida

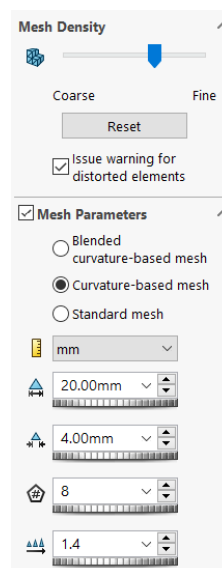


Figura 90 - Parâmetros da malha definida

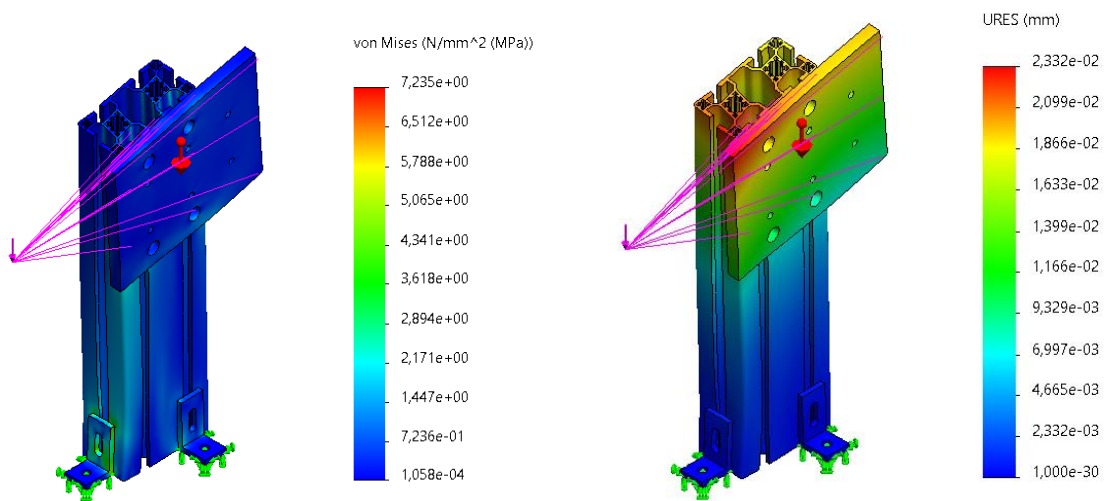


Figura 91 - Tensão equivalente de von Mises máxima determinada na análise de elementos finitos (fator de ampliação: 1655)

Figura 92 – Deslocamento resultante da estrutura determinada na análise de elementos finitos (fator de ampliação: 1655)

Realizada a análise de elementos finitos conclui-se, tal como seria de esperar, que o conjunto suporta as cargas nele aplicadas, apresentando valores de tensão equivalente de von Mises máxima na ordem dos 7,24 MPa. Este valor de tensão máxima encontra-se localizado nos acessórios de fixação do perfil à mesa, embora seja bastante inferior à tensão de cedência do material destas peças (aço). O deslocamento resultante máximo ocorre no topo do perfil, junto à zona de fixação do atuador A2, e é na ordem das centésimas de milímetro, pelo que também não representa qualquer problema ao funcionamento do mecanismo.

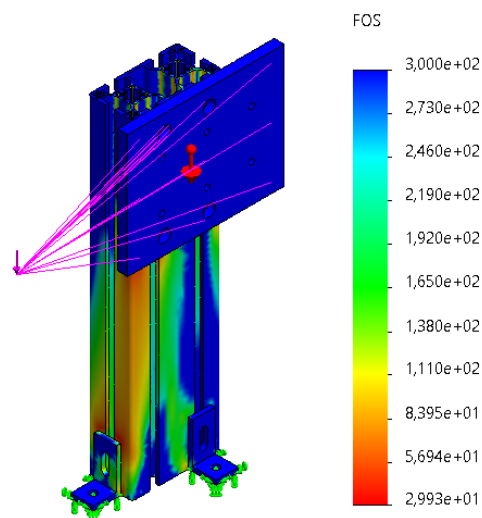


Figura 93 - Fator de segurança da estrutura (fator de ampliação: 1)

O coeficiente de segurança determinado tem o valor de aproximadamente 30,0. Este é claramente um fator de segurança muito elevado, mas é algo que seria de esperar, pois esta estrutura apenas suporta cargas funcionais e o seu próprio peso, não tendo em si aplicadas forças externas ou pressões. Uma outra questão que também justifica o elevado fator de segurança é o facto de a rigidez ser um critério bastante importante neste mecanismo, uma vez que deslocamentos acentuados provocariam desalinhamentos que impossibilitariam o correto funcionamento do equipamento em questão.

#### 3.6.3.4 Desenhos de definição

Neste capítulo apresentam-se alguns pormenores a destacar nos desenhos de definição de alguns dos componentes que compõem o sistema automático de extração de cabo projetado. Todos os desenhos de definição das peças a produzir e desenhos de conjunto poderão ser encontrados no anexo 6.4.

Quanto a pormenores a salientar nos desenhos deste mecanismo surge o ajustamento entre o mordente superior e o seu respetivo suporte (cota assinalada a vermelho na Figura 94 e na Figura 95). Dado que, entre estes dois componentes, se pretende que exista articulação (para, tal como foi explicado no anteprojecto, ser garantido o suporte de dois cabos em simultâneo), escolheu-se um ajustamento livre H7/e8 para uma qualidade de construção cuidada.

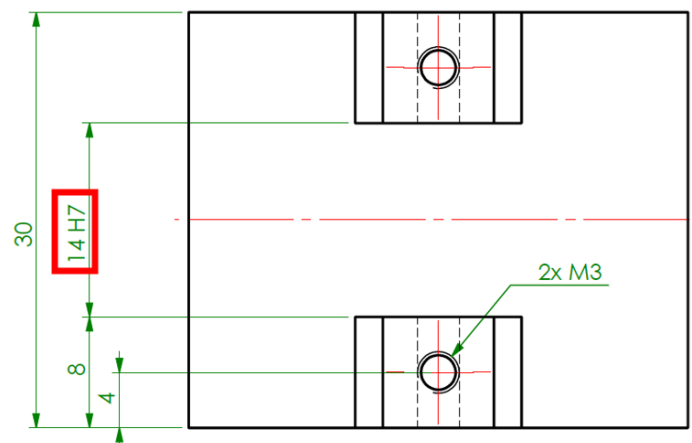


Figura 94 - Pormenor do ajustamento do mordente superior

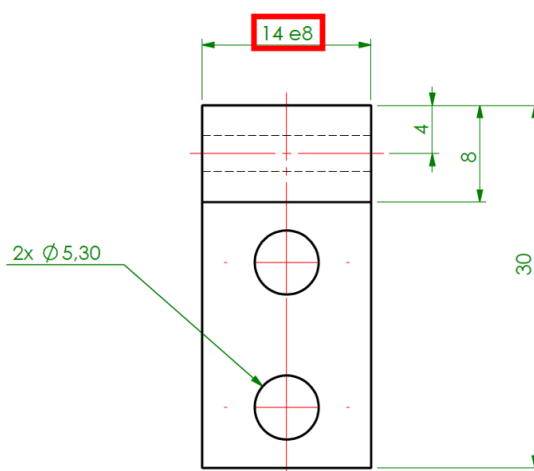


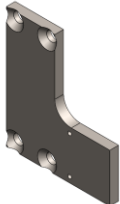
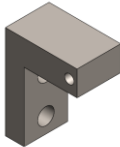
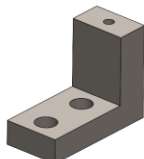
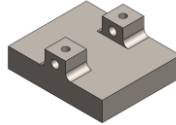
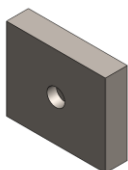
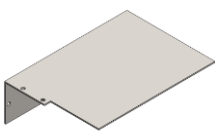
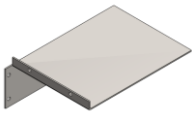
Figura 95 - Pormenor do ajustamento no suporte do mordente superior

### 3.6.3.5 Materiais escolhidos e processo de fabrico

De seguida encontram-se organizados sob a forma de uma tabela todos os componentes a produzir para o mecanismo de extração de cabo. Na Tabela 21 apresentam-se a denominação das peças bem como a referência interna da empresa, a quantidade a produzir, a visualização do modelo 3D, o material e o processo de fabrico de cada uma das peças. Mais uma vez, à semelhança do que aconteceu no projeto da máquina de decapar dupla, para as peças estruturais a produzir, a escolha do material recaiu no aço Ck45 zincado, pelas razões já explicadas anteriormente. Para os mordentes, por serem peças que estão em contacto direto com os cabos, o material escolhido foi o aço K110, sujeito ao tratamento térmico de têmpera.

Tabela 21 - Lista de peças do mecanismo de extração de cabos

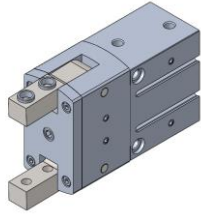
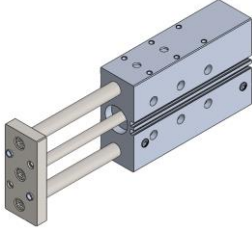
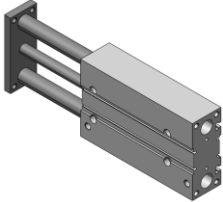

Denominação	Referência interna	Visualização	Qtd.	Material	Processo
Base do atuador A2	PMPBAS7621		1	C45E	Fresagem Furação
Base do atuador A1	PMPBAS7622		1	C45E	Fresagem Furação

Base da garra G1	PMPBAS7623		1	C45E	Fresagem Furação
Apoio do mordente superior	PMPAPO6043		1	C45E	Fresagem Furação
Apoio do mordente inferior	PMPAPO6044		1	C45E	Fresagem Furação
Mordente superior	PMDMOR0072		1	K110	Fresagem Furação
Mordente inferior	PMDMOR0073		1	K110	Fresagem Furação
Proteção atuador A1	PMPPRO1540		1	AISI 304L	Corte Laser Quinagem
Proteção atuador A2	PMPPRO1541		1	AISI 304L	Corte Laser Quinagem

### 3.6.3.6 Componentes de catálogo

Os componentes de catálogo utilizados para o projeto do manipulador de extração de cabos encontram-se listados na Tabela 22 e as suas respectivas fichas técnicas encontram-se no anexo 6.5.

Tabela 22 - Componentes de catálogo utilizados no manipulador de extração

Descrição	Referência	Fabricante	Visualização	Qtd.
	HGRT-20-A	FESTO		1
<b>Atuadores</b>	DFM32-125-P-A-KF	FESTO		1
	MGPM32-150Z	SMC		1
<b>Perfil em alumínio</b>	40x80 6E, LP	Maytec		1

### 3.6.4 Elementos de segurança

Os elementos de segurança utilizados no projeto dos equipamentos apresentados consistem essencialmente em proteções físicas em chapa (Figura 96).

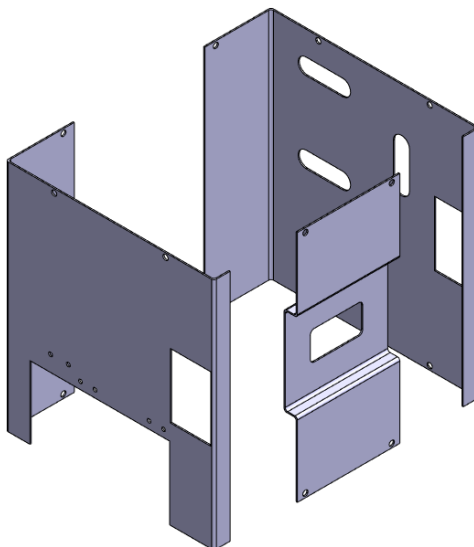


Figura 96 - Proteções físicas em chapa da máquina de decapar dupla

No caso da porta lateral da máquina de decapar, uma vez que esta permite o acesso ao interior da máquina, foi aplicado um sensor PILZ (Figura 97) que faz com que, assim que essa tampa lateral seja aberta, o ciclo de funcionamento seja imediatamente interrompido e o fornecimento de ar da rede pneumática seja cortado no posto em questão. Desta forma garante-se que, quando o operador tiver acesso ao interior da máquina, não correrá risco de lesão.

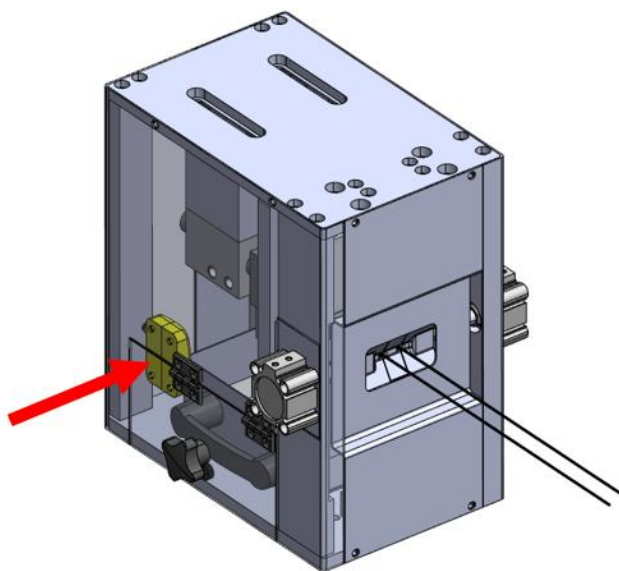


Figura 97 - Sensor PILZ instalado na máquina de decapar

Ainda nas MIZ está incorporado uma botoneira de emergência geral (Figura 98) que, em caso de acionamento pelo operador, interrompe todo o ciclo produtivo e corta o

fornecimento de ar comprimido a todos os equipamentos instalados no posto de injeção.

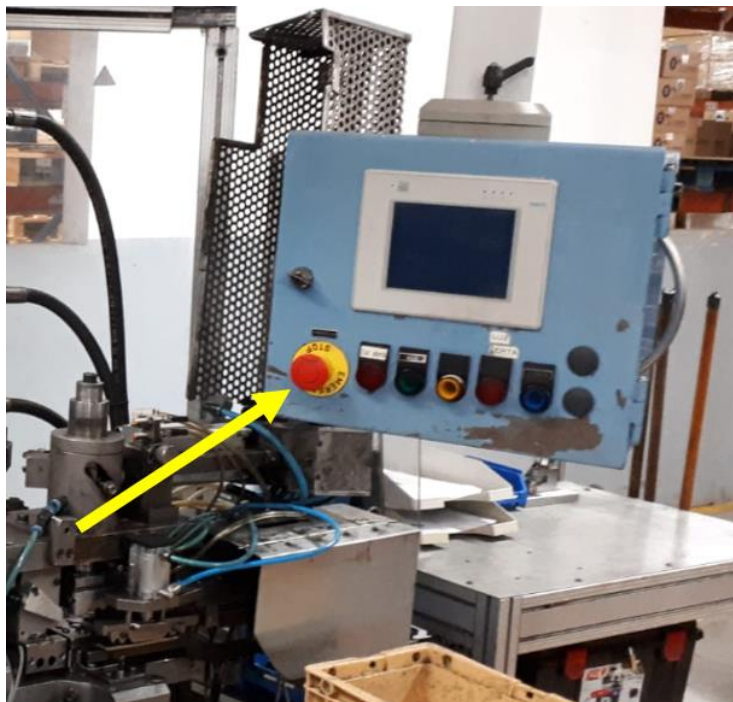


Figura 98 - Botoneira de emergência

### 3.6.5 Plano de manutenção

Como qualquer equipamento industrial, os sistemas projetados necessitam de manutenção para que o seu bom funcionamento seja garantido e as falhas inesperadas sejam reduzidas ao mínimo possível. Sendo assim, foi desenvolvido um plano de manutenção para cada um dos novos equipamentos, à semelhança do que acontece com todas as outras máquinas implementadas na empresa acolhedora.

As ações de manutenção estão divididas em dois grupos: manutenção de primeiro nível e manutenção de segundo nível. As tarefas correspondentes ao primeiro nível são da responsabilidade dos operadores e afinadores, uma vez que estes estão em contacto frequente com os mecanismos e as ações a desempenhar são relativamente simples, resumindo-se essencialmente a tarefas de limpeza e inspeção visual. Já as tarefas de manutenção de segundo nível são relativamente mais complexas, podendo implicar a substituição de componentes mecânicos. Estas revisões têm uma periodicidade mais alargada e são efetuadas pelos técnicos da equipa de manutenção da empresa.

#### 3.6.5.1 Máquina de decapar dupla

Na Tabela 23 apresenta-se o plano de manutenção definido para a máquina de decapar dupla.

Tabela 23 - Plano de manutenção da máquina de decapar dupla

	Tipo	Tarefa	Método	Ferramentas e materiais	Periodicidade
1º nível	Inspeção	Verificar existência de ruídos e vibrações anormais	Manual	-	1 turno
	Limpeza	Limpeza do dispositivo e gaveta das aparas	Manual	-	1 turno
	Inspeção	Verificar estado dos mordentes	Manual	-	1 turno
2º nível	Revisão	Verificar estado das lâminas e dos seus suportes	Manual	-	Mensal
	Revisão	Verificar estado dos mordentes	Manual	-	Semestral
	Revisão	Verificar estado dos batentes	Manual	-	Semestral
	Revisão	Verificar aperto e estado dos sensores de cabos	Manual	-	Semestral
	Revisão	Verificar estado dos cilindros pneumáticos	Manual	-	Semestral
	Inspeção	Verificar estado das ligações pneumáticas e fugas de ar	Manual	-	Semestral
	Revisão	Verificar estado dos rolamentos lineares	Manual	-	Semestral
	Limpeza	Limpeza geral	Manual	Pistola de ar, pano e vassoura	Semestral

### 3.6.5.2 Sistema automático de extração de cabo

De seguida, na Tabela 24, apresenta-se o plano de manutenção definido para o sistema automático de extração de cabo projetado.

Tabela 24 - Plano de manutenção do sistema automático de extração de cabo

	Tipo	Tarefa	Método	Ferramentas e materiais	Periodicidade
1º nível	Inspeção	Verificar folgas do mecanismo	Manual	-	1 turno
	Inspeção	Verificar existência de ruídos e vibrações anormais	Manual	-	1 turno
2º nível	Revisão	Verificar estado dos mordentes de cabo	Manual	-	Semestral
	Revisão	Verificar estado dos cilindros pneumáticos	Manual	-	Semestral
	Inspeção	Verificar estado das ligações pneumáticas e eventuais fugas de ar	Manual	-	Semestral
	Limpeza	Limpeza geral	Manual	Pistola de ar, pano e vassoura	Semestral

### 3.6.6 Construção do protótipo e validação

Estando concluída a fase de projeto, foi dada a ordem para encomendar todas as peças necessárias para a construção da máquina de decapar dupla. Foi devidamente montado o protótipo do novo conceito de máquina e este foi aplicado e ensaiado pela equipa de manutenção. De seguida encontram-se algumas imagens do protótipo, ainda na fase de

montagem e validação, nas quais é possível observar alguns pormenores da sua construção.



Figura 99 - Vista lateral do subconjunto das lâminas e dos batentes



Figura 100 - Vista da parte frontal com o subconjunto das lâminas avançado até aos mordentes

Na Figura 99 é possível observar o pormenor do subconjunto das lâminas quando este se encontra recuado face aos mordentes, bem como o subconjunto dos batentes que se encontra também suportado na mesma base de ligação. Já na Figura 100 é possível verificar o posicionamento do conjunto das lâminas quando este se encontra avançado (posição inicial do ciclo), com destaque para a forma como os suportes das lâminas permitem acomodar os mordentes para reduzir a distância entre os mordentes e as lâminas.

É de destacar também o pormenor dos sopros de ar contemplados nos suportes das lâminas para maior facilidade na remoção das aparas resultantes do processo de decapagem, visíveis na Figura 101. É importante também referir que na mesma imagem se observam os dois batentes de cabo que são responsáveis por iniciar o ciclo de decapagem.

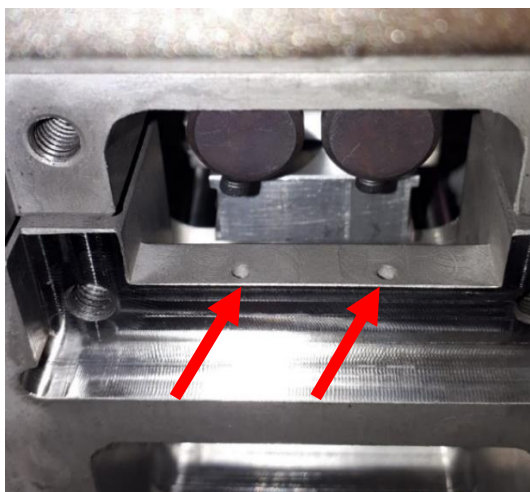


Figura 101 - Pormenor da zona de aperto das lâminas, batentes e saídas do sopro de ar

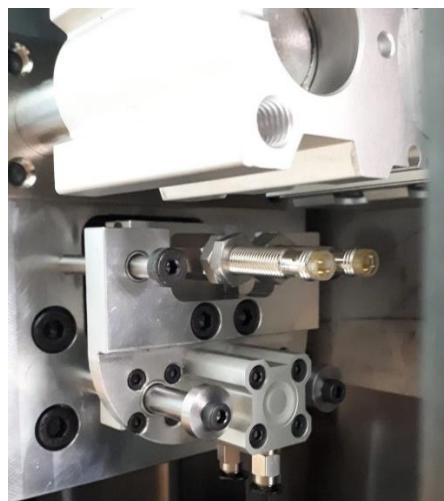


Figura 102 - Pormenor do subconjunto de batentes

Na Figura 102 surge uma imagem em pormenor do subconjunto dos batentes, onde é possível observar a sua montagem no subconjunto das lâminas. Destacam-se também os dois sensores indutivos que são responsáveis por acionar o ciclo de funcionamento da máquina. Na Figura 103 e na Figura 104 pode visualizar-se o protótipo quando foi testado pela primeira vez na oficina do departamento de manutenção da empresa. Tendo-se realizados os testes e tendo sido verificados os requisitos de funcionamento da nova máquina, o conceito foi validado.



Figura 103 - Protótipo em fase de testes



Figura 104 - Vista lateral do protótipo em fase de testes

Após concluído o processo de testagem e validação, a máquina foi finalmente instalada na MIZ 38F (Figura 105) e deu-se início à produção com o novo equipamento. Desta forma foi possível verificar os ganhos de produtividade que a implementação desta melhoria implicara no *output* do posto.



Figura 105 - Máquina de decapar montada no posto 38F

### 3.6.7 Estudo económico e retorno de investimento

Estando assim concluídos os projetos da máquina de decapar dupla e do sistema automático de extração de cabo e tendo sido construído e implementado o protótipo da máquina de decapar, há que perceber, de facto, quais as melhorias que se verificaram no processo produtivo.

#### 3.6.7.1 Máquina de decapar dupla

Para a análise da máquina de decapar dupla, são inicialmente apresentados os preços de todos os componentes fabricados, bem como o custo dos componentes de catálogo, para ter como referência o investimento associado à produção deste equipamento. Na Tabela 25 apresenta-se o custo detalhado de todas as peças produzidas para a máquina de decapar dupla.

Tabela 25 - Custo das peças produzidas

Referência da peça	Quantidade	Preço Unitário	Subtotal
PMDBAT0189	2	23,10 €	46,20 €
PMDLAM0332	2	65,00 €	130,00 €
PMDPOC0027	1	34,50 €	34,50 €
PMDPOC0028	1	37,50 €	37,50 €
PMDPOC0029	1	37,50 €	37,50 €
PMDVEI0219	2	22,50 €	45,00 €
PMDVEI0220	2	17,25 €	34,50 €
PMPAPO5651	1	52,00 €	52,00 €
PMPAPO5652	2	34,00 €	68,00 €
PMPAPO5653	1	34,90 €	34,90 €
PMPAPO5654	1	43,25 €	43,25 €
PMPAPO5694	1	34,90 €	34,90 €
PMPBAS7588	1	65,30 €	65,30 €
PMPBAS7589	1	65,30 €	65,30 €
PMPBAS7590	1	23,50 €	23,50 €
PMPBAS7591	1	35,00 €	35,00 €
PMPBAS7592	1	50,70 €	50,70 €
PMPBAS7615	2	4,00 €	8,00 €
PMPBAS7616	1	23,50 €	23,50 €
PMPBAT2425	2	3,75 €	7,50 €
PMPBLC0954	1	95,40 €	95,40 €

PMPBLC0962	1	130,25 €	130,25 €
PMPCAX0509	1	36,25 €	36,25 €
PMPMOR0099	2	59,50 €	119,00 €
PMPMOR0100	1	155,00 €	155,00 €
PMPPRO1497	1	56,10 €	56,10 €
PMPPRO1498	1	56,10 €	56,10 €
PMPPRO1499	1	35,00 €	35,00 €
PMPPRO1515	1	17,00 €	17,00 €
PMPVEI2332	2	23,00 €	46,00 €
<b>TOTAL</b>			<b>1 623,15 €</b>

De seguida, na Tabela 26, apresentam-se os custos detalhados de todos os componentes de catálogo aplicados no projeto da máquina de decapar dupla.

Tabela 26 - Custo dos componentes de catálogo

Nome / Modelo	Quantidade	Preço Unitário	Subtotal
Atuador CQ2B12_10DM	1	17,17 €	17,17 €
Atuador CQ2B32_5DZ	2	19,76 €	39,52 €
Atuador MGPM32TF_25Z	2	189,27 €	378,54 €
Batente IFM-E10154	2	38,36 €	76,72 €
Casquilho PAP 0808 P10	4	0,23 €	0,94 €
Casquilho PAP0610P10	2	0,23 €	0,47 €
Conexão JA15_5_080	1	11,95 €	11,95 €
Dobradiça CFM.30-SH-4	2	2,89 €	5,78 €
Manípulo 06220-505	1	0,77 €	0,77 €

Parafuso corpo retificado B6050	2	7,95 €	15,90 €
Pega 06902-109406	1	2,29 €	2,29 €
PILZ 506408	1	55,03 €	55,03 €
Rolamento linear kb16	4	22,97 €	91,88 €
Sensor IFM-IE5287	2	57,77 €	115,53 €
		<b>TOTAL</b>	<b>812,48 €</b>

Somando o custo das peças produzidas com o custo dos componentes de catálogo, obtém-se um custo total do equipamento de 2435,63 €. Este valor contempla também os custos de montagem do equipamento.

Por forma a avaliar os ganhos e o consequente retorno de investimento efetuado na solução apresentada, efetuou-se a medição da produtividade em cinco diferentes horas de produção, quer na situação inicial (com o equipamento de decapagem simples), quer na situação atual (com a implementação do equipamento de decapagem duplo). Na Tabela 27 apresenta-se o comparativo da produtividade por hora, nas duas situações descritas.

Tabela 27 - Comparação dos valores de produtividade antes e após instalação do equipamento de decapar duplo

Medição	Produtividade (cabos/hora)	
	Antes (Máquina Simples)	Atual (Máquina Dupla)
1	960	1324
2	866	1465
3	923	1644
4	960	1512
5	952	1623
<b>Média</b>	<b>932</b>	<b>1514</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>40</b>	<b>130</b>

Através da análise dos valores da Tabela 27, é possível concluir que, com a implementação da máquina de decapar dupla, se obtiveram melhorias significativas na produtividade do posto de primeira injeção de ZAMAK 38F. Este aumento de produtividade deve-se essencialmente à eliminação do gargalo que inicialmente existia no processo de decapagem, uma vez que a nova máquina consegue executar o mesmo processo de uma forma muito mais célere.

Quantificando esse aumento de produtividade, através dos valores de produção médios por hora determinados antes e depois da aplicação da nova máquina, verifica-se que o ganho de produtividade se situa na ordem dos 62,4%.

Verifica-se ainda um aumento do valor do desvio padrão de cerca de 40 para 130, o que indica uma maior dispersão entre os valores de produtividade medidos. Esta questão é justificada pelo facto de as medições terem sido efetuadas em diferentes turnos e conseqüentemente, com diferentes operadores, sendo que cada operador tem um período de adaptação ao novo processo que não tem necessariamente a mesma duração que o do colega. No entanto, espera-se que esta variação venha a estabilizar com a prática e a destreza a trabalhar com o novo sistema a melhorar.

Para calcular os ganhos monetários da solução implementada, começou-se por determinar qual a capacidade produtiva anual na situação inicial. Ora, tendo em conta que a empresa trabalha a três turnos de oito horas, durante 240 dias por ano, totaliza 5760 horas de trabalho anuais. Com este valor e com a produtividade média da situação inicial, obtém-se o número de cabos produzidos num ano.

$$N^{\circ} \text{ de cabos por ano} = 5760 \times 932$$

$$N^{\circ} \text{ de cabos por ano} = 5368320 \text{ unidades}$$

Ora, se após a implementação da nova máquina se produzem, em média, 1514 cabos por hora, isso significa que os mesmos 5368320 cabos serão produzidos em menos tempo.

$$\text{Tempo de produção com o novo sistema} = \frac{5368320}{1514}$$

$$\text{Tempo de produção com o novo sistema} \approx 3546 \text{ horas}$$

Sendo assim, o ganho de tempo é:

$$\Delta t = 5760 - 3546$$

$$\Delta t = 2214 \text{ horas}$$

Isto significa que existe uma redução de 2214 horas anuais no tempo de produção da referida quantidade.

Tendo o valor do custo por hora do posto de trabalho (fornecido pela empresa), é possível calcular o ganho monetário, multiplicando esse valor pela diferença entre o número de horas de trabalho na situação final e inicial. Esse valor é de 19,25 €/hora e engloba vários aspetos, desde o custo de mão de obra direta e indireta, aos custos de manutenção, de produção, de consumos energéticos, entre outros. Sendo assim, o cálculo fica:

$$\text{Ganho monetário} = 2214 \text{ (hora/ano)} \times 19,25 \text{ (€/hora)}$$

$$\text{Ganho monetário} \approx 42614 \text{ €/ano}$$

O *payback*, ou prazo de retorno de investimento, deste projeto é dado por:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Ganho monetário (1 ano)}}$$

$$\text{Payback} = \frac{2435,63 \text{ €}}{42614 \text{ €/ano}}$$

$$\text{Payback} = 0,057 \times 365 \approx 20,8 \text{ dias}$$

Isto significa que em menos de um mês está completo o retorno do investimento efetuado no equipamento de decapar duplo, considerando as melhorias de produtividade registadas.

A diferença de investimento entre o novo conceito de máquina de decapar dupla e o conceito inicialmente implementado é de cerca de 448,76€, visto que o custo da solução inicial era de cerca de 1987,00€.

### 3.6.7.2 Sistema automático de extração de cabo

Relativamente ao sistema automático de extração de cabo, visto que durante o tempo útil do estágio não foi construído o protótipo para validação da solução, apresenta-se de seguida uma previsão da melhoria de produtividade e dos possíveis ganhos económicos com a sua implementação.

Para estimar os ganhos de produtividade, foram feitas medições em chão de fábrica, dispensando o operador do posto da tarefa de remover manualmente os cabos, por forma a perceber qual o impacto que a automatização desta operação teria. Desde logo foi possível observar que, nestas circunstâncias, a MIZ não tem períodos mortos, conseguindo-se alcançar valores de produtividade muito próximos da capacidade da máquina de injeção (900 injeções por hora, ou seja, 1800 cabos por hora), como é possível observar na Tabela 28.

Tabela 28 – Produtividade após implementação do sistema automático de extração de cabo

Medição	Produtividade (cabos/hora)
1	1768
2	1692
3	1756
4	1792
5	1744
<b>Média</b>	<b>1750</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>37</b>

Tendo em conta as medições apresentadas na Tabela 28, é possível verificar um aumento de produtividade relativamente à implementação da máquina de decapar dupla. Este ganho de produtividade adicional estimado é de aproximadamente 15,6%. Sendo assim, com a implementação conjunta das duas soluções projetadas na presente dissertação, estima-se um ganho de produtividade na ordem dos 87,8% face à situação inicial. Tendo pela mesma base os cálculos apresentados no capítulo anterior referentes ao custo horário do posto de trabalho e ao número de horas de produção, obtém-se um ganho monetário total de cerca de 51816€ por ano.

Apesar de este sistema ter sido projetado maioritariamente com componentes existentes em *stock* na empresa (que não implicam custos adicionais), estimou-se o valor total do investimento necessário para adquirir uma solução semelhante, por forma a calcular o retorno do investimento. Na Tabela 29 apresenta-se o custo das peças projetadas para o mecanismo e na Tabela 30 surge o custo dos elementos de catálogo aplicados no projeto.

Tabela 29 - Custo das peças a produzir para o extrator automático de cabo

Referência da peça	Quantidade	Preço unitário	Subtotal
PMPBAS7621	1	56,00 €	56,00 €
PMPBAS7622	1	52,00 €	52,00 €
PMPBAS7623	1	34,00 €	34,00 €
PMPAPO6043	1	37,50 €	37,50 €
PMPAPO6044	1	37,50 €	37,50 €
PMDMOR0072	1	30,70 €	30,70 €
PMDMOR0073	1	23,25 €	23,25 €
PMPPRO1540	1	17,00 €	17,00 €
PMPPRO1541	1	21,00 €	21,00 €
<b>TOTAL</b>			<b>308,95 €</b>

Tabela 30 - Custo dos componentes de catálogo para o mecanismo automático de extração de cabo

Nome / Modelo	Quantidade	Preço Unitário	Subtotal
Garra pneumática HGRT-20-A	1	512,15 €	512,15 €
Atuador DFM32-125-P-A-KF	1	480,48 €	480,49 €
Atuador MGPM32-150Z	1	273,70 €	273,70 €
Perfil 40x80 6E, LP	1	39,00 €	39,00 €
<b>TOTAL</b>			<b>1305,34 €</b>

Assim, o sistema automático de extração de cabo totaliza um custo de 1614,29€. Combinando este valor com o custo de implementação da máquina de decapar dupla (2435,63€), obtém-se um investimento total de 4049,92€. O prazo de retorno de investimento é:

$$\text{Payback} = \frac{4049,92 \text{ €}}{51816 \text{ €/ano}}$$

$$\text{Payback} = 0,078 \times 365 \approx 28,5 \text{ dias}$$

### 3.6.7.3 *Replicação do conceito projetado em outros postos de injeção*

Uma vez que o conceito de máquina de decapar dupla apresentado foi validado com sucesso e os ganhos monetários foram comprovados no posto 38F, a empresa demonstrou interesse em aplicar a mesma solução em dois outros postos (32F e 71F), em conjunto com o manipulador automático de extração de cabo projetado. No entanto, o investimento a efetuar nestes postos seria superior, visto que estes ainda não se encontram preparados para injetar dois terminais ZAMAK em simultâneo. Assim sendo, em cada um destes postos, é necessário instalar uma máquina de fazer flor dupla e moldes de injeção duplos, bem como adaptar o *transfer* para manusear dois cabos em simultâneo. Estas alterações estão orçamentadas em 7800€ para cada posto. Tendo isto em conta, o valor total do investimento para aplicar o conjunto das soluções projetadas num destes postos é:

$$\text{Investimento total} = 2435,63 + 1614,29 + 7800$$

$$\text{Investimento total} = 11849,92\text{€}$$

Os ganhos de produtividade esperados teriam valor muito semelhante aos que se verificaram no estudo apresentado no subcapítulo anterior, em que se considera a aplicação conjunta da máquina de decapar dupla e do sistema automático de extração de cabo. Posto isto, o prazo de retorno de investimento é dado por:

$$\text{Payback} = \frac{11849,92 \text{ €}}{51816 \text{ €/ano}}$$

$$\text{Payback} = 0,229 \times 365 \approx 87,6 \text{ dias}$$

Verifica-se um prazo de retorno do investimento inferior a três meses. Este prazo é consideravelmente superior quando comparado com o das situações analisadas nos subcapítulos anteriores, mas é, ainda assim, muito satisfatório.

# CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

- 4.1 Conclusões
- 4.2 Propostas de trabalhos futuros



## 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

### 4.1 Conclusões






Neste capítulo surge a sexta e última fase da metodologia DSR aplicada e são apresentadas as conclusões. Estando concluído o trabalho desenvolvido na presente dissertação, pode afirmar-se que todos os objetivos propostos foram cumpridos com sucesso.

Foi concebido um novo conceito de máquina de decapar, capaz de cortar e remover o revestimento de dois cabos em simultâneo, tendo-se registado melhorias de produtividade significativas (na ordem dos 62,4%) com a introdução deste novo mecanismo num posto de primeira injeção de terminal ZAMAK da empresa. Com esta melhoria de produtividade verificada, concluiu-se ainda que é vantajoso aplicar o mesmo conceito em dois outros postos de injeção da empresa, pelo que o investimento irá ser considerado no futuro.

O impacto provocado pelo aumento de produtividade, pode ser visto por duas perspetivas distintas. Ora se por um lado se reduzem os custos inerentes à produção dos cabos de comando, é possível, numa perspetiva de futuro, atrair novos clientes e ganhar novos projetos para a empresa, através da redução do orçamento proposto ao cliente. Por outro lado, é possível também reduzir o investimento necessário para atender aos requisitos de produção de um novo projeto, dado que se está a aumentar a capacidade instalada dos equipamentos existentes, abrindo assim lugar à produção de mais encomendas sem necessidade de investir em novos equipamentos e postos de injeção.

O projeto da máquina de decapar dupla teve em conta o cumprimento de alguns requisitos impostos pela empresa acolhedora, que foram de forma geral cumpridos com sucesso, sendo eles apresentados na Tabela 31.







Tabela 31 - Avaliação do cumprimento dos requisitos da máquina de decapar dupla

Requisitos	Conclusão	Avaliação
Máquina capaz de remover o revestimento de dois cabos em simultâneo	O equipamento concebido remove o revestimento de dois cabos em simultâneo	
Capacidade de afinar o comprimento da zona decapada	A solução projetada permite a afinação do comprimento da zona decapada através da afinação do conjunto de batentes	
Capacidade de armazenar as aparas de revestimento	O equipamento possui uma caixa para aparas que deve ser limpa no final de cada turno	
Possibilidade de substituição de lâminas de corte de revestimento	O equipamento permite a substituição das lâminas de corte	
Garantia da segurança do operador	O equipamento garante a segurança do operador através da utilização de proteções físicas e sensor de abertura de porta	

Quanto ao projeto do sistema automático de extração de cabo, este foi realizado com sucesso, utilizando maioritariamente componentes que já se encontravam em *stock* no armazém da empresa. Com a aplicação desta solução estimam-se ganhos acrescidos face à situação inicial, uma vez que se espera um ganho de produtividade de 15,6% relativamente à situação após implementação da máquina de decapar dupla. Os ganhos de produtividade conseguidos com a aplicação conjunta dos dois equipamentos projetados atingem cerca de 87,8% face à situação inicial.

Também este projeto esteve sujeito ao cumprimento de alguns requisitos impostos pela empresa acolhedora (Tabela 32).

Tabela 32 – Avaliação do cumprimento dos requisitos do sistema de extração de cabo

Requisitos	Conclusão	Avaliação
Capacidade de suportar e transportar dois cabos em simultâneo	O equipamento é capaz de suportar e transportar dois cabos em simultâneo	
Capacidade de remover automaticamente os cabos à saída do processo de injeção (após quebrar o gito)	A solução projetada permite remover automaticamente os cabos à saída do processo de injeção	
Capacidade de depositar os cabos no recipiente de arrefecimento a água posicionado no local pretendido	O equipamento deposita os cabos no recipiente de arrefecimento a água	
Possibilidade de integração do sistema no equipamento inicialmente implementado, sem implicar alterações com custos avultados	O sistema é integrado na MIZ sem implicar alterações nos restantes equipamentos.	
Ter um tempo de ciclo inferior ao tempo de injeção	O sistema tem um tempo de ciclo inferior ao tempo de injeção	
Garantia da segurança do operador	O equipamento garante a segurança do operador através da utilização de proteções físicas e sensor de abertura de porta	

## 4.2 Propostas de trabalhos futuros

Dado por concluído o trabalho proposto na empresa e tendo sido implementadas as melhorias propostas, validados os equipamentos projetados e verificados os ganhos que estas soluções trouxeram ao processo produtivo da empresa, surgiram algumas ideias que podem potenciar ainda mais os ganhos.

A primeira ideia consiste em dar continuidade ao trabalho desenvolvido na presente dissertação e implementar o sistema automático de extração de cabos, comprovando a sua viabilidade e as melhorias que este poderia trazer ao processo produtivo.

A segunda ideia, seria ainda relacionada com os postos de primeira injeção de ZAMAK. No fundo consiste no desenvolvimento de uma máquina automática, capaz de suprir a necessidade de existência de um operador em permanência, para que a mesma produza os terminais de ZAMAK nos cabos revestidos. Para isso seria necessário estudar a viabilidade de aplicação de um sistema de alimentação automática nos postos de injeção atuais e incluir um sistema de corte mecânico de cabo, para que se eliminassem também alguns dos stocks intermédios. Esse sistema de corte deveria ser capaz de ser regulável na medida do comprimento do cabo e seria interessante, se fosse possível decapar as duas extremidades do cabo, tendo já assim uma etapa de preparação adiantada para a segunda injeção de terminal (efetuada nas linhas de montagem).

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

1. Santos, P.R., F.J.G. Silva, R.D.S.G. Campilho, G.F.L. Pinto, e A. Baptista, *A novel concept of a conduit transport system*. *Procedia Manufacturing*, 2019. **38**: p. 848-857.
2. Fonseca, L.M. e J.P. Domingues, *Reliable and Flexible Quality Management Systems in the Automotive Industry: Monitor the Context and Change Effectively*. *Procedia Manufacturing*, 2017. **11**: p. 1200-1206.
3. OICA. *OICA - Production Statistics*. 2021 [Acedido em: 29/12]; Disponível em: <https://www.oica.net/category/production-statistics/2021-statistics/>.
4. Pichler, M., N. Krenmayr, E. Schneider, e U. Brand, *EU industrial policy: Between modernization and transformation of the automotive industry*. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 2021. **38**: p. 140-152.
5. Comission, E. *European Comission - Automotive Industry - Policy and strategy*. 2021 [Acedido em: 19/11]; Disponível em: [https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive-industry/policy-and-strategy\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive-industry/policy-and-strategy_en).
6. Ascensão, P. *Indústria Automóvel forte dinâmica empresarial alavancada pelo COMPETE 2020*. 2017 [Acedido em: 15/11]; Disponível em: [https://www.compete2020.gov.pt/pesquisa/detalhe/NL\\_Inovacao\\_automovel](https://www.compete2020.gov.pt/pesquisa/detalhe/NL_Inovacao_automovel).
7. Automóvel, A.-A.d.F.p.a.l. *Indústria de Componentes para Automóveis - Estatísticas 2020*. 2021 [Acedido em: 14/11]; Disponível em: <https://afia.pt/estatisticas/>.
8. Portugal, A.-A.A.d. *Estatísticas - Produção Automóvel Nacional*. 2021 [Acedido em: 03/01]; Disponível em: <https://www.acap.pt/pt/estatisticas>.
9. Silva, F.J.G., M.R. Soares, L.P. Ferreira, A.C. Alves, M. Brito, R.D.S.G. Campilho, e V.F.C. Sousa, *A Novel Automated System for the Handling of Car Seat Wires on Plastic Over-Injection Molding Machines*. *Machines*, 2021. **9**(8).
10. Costa, R.J.S., F.J.G. Silva, e 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*, 2017. **91**(9): p. 4043-4054.
11. Pinto, H. e F.J.G. Silva, *Optimisation of Die Casting Process in Zamak Alloys*. *Procedia Manufacturing*, 2017. **11**: p. 517-525.
12. Costa, M., R. Gouveia, R. Campilho, e F.J.G. Silva, *How to solve quality problems by advanced fully-automated manufacturing systems*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2018. **94**: p. 3041-3063.
13. Moreira, B.M.D.N., R.M. Gouveia, F.J.G. Silva, e R.D.S.G. Campilho, *A Novel Concept of Production and Assembly Processes Integration*. *Procedia Manufacturing*, 2017. **11**: p. 1385-1395.
14. Rodrigues, H., F.J.G. Silva, L. Morgado, J. Sá, L. Pinto Ferreira, e R. Campilho, *A novel computer application for scrap reporting and data management in the manufacturing of components for the automotive industry*. *Procedia Manufacturing*, 2020. **51**: p. 1319-1326.
15. Silva, F.J.G., G. Swertvaegher, R.D.S.G. Campilho, L.P. Ferreira, e J.C. Sá, *Robotized solution for handling complex automotive parts in inspection and packing*. *Procedia Manufacturing*, 2020. **51**: p. 156-163.

16. Ribeiro, L. e J. Barata, *Re-thinking diagnosis for future automation systems: An analysis of current diagnostic practices and their applicability in emerging IT based production paradigms*. Computers in Industry, 2011. **62**(7): p. 639-659.
17. Veiga, N.F.M., R.D.S.G. Campilho, F.J.G.d. Silva, P.M.M. Santos, e P.V. Lopes, *Design of automated equipment for the assembly of automotive parts*. Procedia Manufacturing, 2019. **38**: p. 1316-1323.
18. Groover, M.P., *Automation, production systems and computer-integrated manufacturing*. 4 ed. 2015, Upper Saddle River: Pearson Higher Education.
19. Sachs, G. *Technology Driving Innovation - Cars 2025*. 2022 [Acedido em: 27/05/2022]; Disponível em: <https://www.goldmansachs.com/insights/technology-driving-innovation/cars-2025/>.
20. Radius, F. *5 major trends shaping the automotive manufacturing sector today*. 2020 [Acedido em: 27/05/2022]; Disponível em: <https://www.fastradius.com/resources/automotive-manufacturing-trends/>.
21. Schulz, D., *Painting Trends in the Automotive Industry*. Metal Finishing, 2013. **111**(5): p. 38-40.
22. Ashby, M.F. e K. Johnson, *Materials and design: the art and science of material selection in product design*. 2013: Butterworth-Heinemann.
23. Budynas, R.G. e J.K. Nisbett, *Elementos de máquinas de Shigley*. 2009: Amgh Editora.
24. Swift, K.G. e J.D. Booker, *Process selection: from design to manufacture*. 2003: Elsevier.
25. Araújo, L.M.B., F.J.G. Silva, R.D.S.G. Campilho, e J.A. Matos, *A novel dynamic holding system for thin metal plate shearing machines*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2017. **44**: p. 242-252.
26. Santos, P.M.M., R.D.S.G. Campilho, e F.J.G. Silva, *A new concept of full-automated equipment for the manufacture of shirt collars and cuffs*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2021. **67**: p. 102023.
27. Tech, F. *Framing Tech - Metric Aluminum Profiles*. 2022 [Acedido em: 25/01/2022]; Disponível em: <https://www.framingtech.com/products/metric-aluminum-profiles/>.
28. Jakubovičová, L., P. Kopas, M. Handrik, M. Vaško, R. Grega, e P. Šulka, *Construction design and structural analyse of transfer system*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. **776**(1): p. 012032.
29. Tomaszewski, T. e J. Sempruch, *Fatigue life prediction of aluminium profiles for mechanical engineering*. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 2017. **55**: p. 497.
30. Araújo, W.F.S., F.J.G. Silva, R.D.S.G. Campilho, e J.A. Matos, *Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats: a novel cell concept*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2017. **90**(5): p. 1539-1545.
31. União Europeia, E.-L., *Diretiva 2006/42/CE relativa às máquinas*. 2006, Serviço das publicações da União Europeia: Luxemburgo, Luxemburgo.
32. Fischer, U., R. Gomeringer, M. Heinzler, R. Kilgus, F. Näher, S. Oesterle, H. Paetzold, e A. Stephan, *Manual de tecnologia metal mecânica*. 2011: Editora Blucher.
33. Festo. *Festo - Atuadores pneumáticos*. 2022 [Acedido em: 27/01]; Disponível em: [https://www.festo.com/pt/pt/c/produtos/automacao-industrial/atuadores/atuadores-pneumaticos-id\\_pim135/](https://www.festo.com/pt/pt/c/produtos/automacao-industrial/atuadores/atuadores-pneumaticos-id_pim135/).
34. Festo. *Festo - Garras Mecânicas*. 2022 [Acedido em: 27/01]; Disponível em: [https://www.festo.com/pt/pt/c/produtos/automacao-industrial/pincas/garras-mecanicas-id\\_pim415/](https://www.festo.com/pt/pt/c/produtos/automacao-industrial/pincas/garras-mecanicas-id_pim415/).

35. Festo. *Festo - Cilindros Guia*. 2022 [Acedido em: 20/01/2022]; Disponível em: [https://www.festo.com/pt/pt/p/cilindro-guia-metrico-id\\_DFM/?tab=HIGHLIGHTS](https://www.festo.com/pt/pt/p/cilindro-guia-metrico-id_DFM/?tab=HIGHLIGHTS).
36. Silva, F., G.F. Pinto, A. Baptista, R. Campilho, e W. Araújo, *How to Become a Manufacturing Cell Fully-Automated Without Robots: Case-Study in the Automotive Components Industry*. *Advances in Robotics & Mechanical Engineering*, 2018. **1**(1): p. 3-9.
37. Daniyan, I., K. Mpofu, B. Ramatsetse, E. Zeferino, G. Monzambe, e E. Sekano, *Design and simulation of a flexible manufacturing system for manufacturing operations of railcar subassemblies*. *Procedia Manufacturing*, 2021. **54**: p. 112-117.
38. Leng, J., Q. Liu, S. Ye, J. Jing, Y. Wang, C. Zhang, D. Zhang, e X. Chen, *Digital twin-driven rapid reconfiguration of the automated manufacturing system via an open architecture model*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2020. **63**: p. 101895.
39. Ji, W. e L. Wang, *Industrial robotic machining: a review*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2019. **103**(1): p. 1239-1255.
40. Cui, G., B. Li, W. Tian, W. Liao, e W. Zhao, *Dynamic modeling and vibration prediction of an industrial robot in manufacturing*. *Applied Mathematical Modelling*, 2022. **105**: p. 114-136.
41. Balanji, H.M., A.E. Turgut, e L.T. Tunc, *A novel vision-based calibration framework for industrial robotic manipulators*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2022. **73**: p. 102248.
42. Bartoš, M., V. Bulej, M. Bohušík, J. Stanček, V. Ivanov, e P. Macek, *An overview of robot applications in automotive industry*. *Transportation Research Procedia*, 2021. **55**: p. 837-844.
43. Nunes, P.M.S. e F.J.G. Silva, *Increasing Flexibility and Productivity in Small Assembly Operations: A Case Study*. *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems*, 2013: p. 329-340.
44. Magalhães, A., F.J.G. Silva, e R. Campilho, *A novel concept of bent wires sorting operation between workstations in the production of automotive parts*. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 2019. **41**.
45. Santos, R.F.L., F.J.G. Silva, R.M. Gouveia, R.D.S.G. Campilho, M.T. Pereira, e L.P. Ferreira, *The Improvement of an APEX Machine involved in the Tire Manufacturing Process*. *Procedia Manufacturing*, 2018. **17**: p. 571-578.
46. Castro, A.F., M.F. Silva, e F.J.G. Silva, *Designing a Robotic Welding Cell for Bus Body Frame Using a Sustainable Way*. *Procedia Manufacturing*, 2017. **11**: p. 207-214.
47. Santos, P., R. Campilho, e F.J.G. Silva, *Design of a novel equipment for automated clothing manufacturing*. *Procedia Manufacturing*, 2018. **17**: p. 766-773.
48. Martins, N., F.J.G. Silva, R. Campilho, e L. Pinto Ferreira, *A novel concept of Bowden cables flexible and full-automated manufacturing process improving quality and productivity*. *Procedia Manufacturing*, 2020. **51**: p. 438-445.
49. Herbin, P. e M. Pajor, *Human-robot cooperative control system based on serial elastic actuator bowden cable drive in ExoArm 7-DOF upper extremity exoskeleton*. *Mechanism and Machine Theory*, 2021. **163**: p. 104372.
50. Qingcong, W. e W. Xingsong, *Design of a Gravity Balanced Upper Limb Exoskeleton with Bowden Cable Actuators*. *IFAC Proceedings Volumes*, 2013. **46**(5): p. 678-683.
51. Ribeiro, R., F.J.G. Silva, A.G. Pinto, R.D.S.G. Campilho, e H.A. Pinto, *Designing a Novel System for the Introduction of Lubricant in Control Cables for the Automotive Industry*. *Procedia Manufacturing*, 2019. **38**: p. 715-725.
52. Vieira, A.L.N., R.D.S.G. Campilho, F.J.G. Silva, N.M.S. Faria, e L.P. Ferreira, *Design of a thermoplastic micro over injection machine for the automotive component industry*. *Procedia Manufacturing*, 2021. **55**: p. 56-63.

53. Standardization, I.O.f., *ISO 2408:2017 Steel wire ropes — Requirements*, I.O.f. Standardization. 2017, International Organization for Standardization.
54. Pinto, H.A., F.J.G. Silva, R.P. Martinho, R.D.S.G. Campilho, e A.G. Pinto, *Improvement and validation of Zamak die casting moulds*. Procedia Manufacturing, 2019. **38**: p. 1547-1557.
55. Pinto, G., F.J.G. Silva, A. Baptista, J.S. Fecheira, R.D.S.G. Campilho, e F. Viana, *Studying the ZnO formation in coated steel wire ropes for the automotive industry*. Procedia Manufacturing, 2020. **51**: p. 912-919.
56. Pereira, J., F.J.G. Silva, J.A. Bastos, L.P. Ferreira, e J.C.O. Matias, *Application of the A3 Methodology for the Improvement of an Assembly Line*. Procedia Manufacturing, 2019. **38**: p. 745-754.
57. LEVOLTOCABLE. *LEVOLTOCABLE - Who we are*. 2022 [Acedido em: 15/06/2022]; Disponível em: <https://levoltocable.com/>.
58. Manuals, V.G.O.S. *Volkswagen Golf Service & Repair Manual: Assembly overview - Bowden cable*. 2016 [Acedido em: 10/06/2022]; Disponível em: [https://www.vwgolf.org/assembly\\_overview\\_bowden\\_cable-535.html](https://www.vwgolf.org/assembly_overview_bowden_cable-535.html).
59. Figueiredo, D., F.J.G. Silva, R.D.S.G. Campilho, A. Silva, C. Pimentel, e J.C.O. Matias, *A new concept of automated manufacturing process for wire rope terminals*. Procedia Manufacturing, 2020. **51**: p. 431-437.
60. Pereira, J., *Redução do gito e melhoria do processo de injeção em máquinas de injeção de zamak*, in *Departamento de Engenharia Mecânica*. 2021, Instituto Superior de Engenharia do Porto: Porto, Portugal.
61. Barbosa, A.F.G., R.D.S.G. Campilho, F.J.G. Silva, I.J. Sánchez-Arce, C. Prakash, e D. Buddhi, *Design of a Spiral Double-Cutting Machine for an Automotive Bowden Cable Assembly Line*. Machines, 2022. **10**(9): p. 811.
62. Martinez Page, M.A. e S. Hartmann, *Experimental characterization, material modeling, identification and finite element simulation of the thermo-mechanical behavior of a zinc die-casting alloy*. International Journal of Plasticity, 2018. **101**: p. 74-105.
63. Sousa, V.F.C., F.J.G.d. Silva, R.D.S.G. Campilho, A.G. Pinto, L.P. Ferreira, e N. Martins, *Developing a Novel Fully Automated Concept to Produce Bowden Cables for the Automotive Industry*. Machines, 2022. **10**(5): p. 290.
64. Nunes, V., F.J.G. Silva, M.F. Andrade, R. Alexandre, e A.P.M. Baptista, *Increasing the lifespan of high-pressure die cast molds subjected to severe wear*. Surface and Coatings Technology, 2017. **332**: p. 319-331.
65. Goenka, M., C. Nihal, R. Ramanathan, P. Gupta, A. Parashar, e J. Joel, *Automobile Parts Casting-Methods and Materials Used: A Review*. Materials Today: Proceedings, 2020. **22**: p. 2525-2531.
66. Sousa, V., F. Silva, L. Ferreira, R. Campilho, T. Pereira, e E. Braga, *Improving the design of nozzles used in zamak high-pressure die-casting process*. FME Transactions, 2021. **49**(4): p. 1005-1013.
67. Silva, F.J.G., R. Campilho, L. Pinto Ferreira, e M. Pereira, *Establishing Guidelines to Improve the High-Pressure Die Casting Process of Complex Aesthetics Parts*. 2018: p. 887-896.
68. Martinez Page, M.A., B. Weidenfeller, e S. Hartmann, *Influence of temperature and aging on the thermal diffusivity, thermal conductivity and heat capacity of a zinc die casting alloy*. Journal of Alloys and Compounds, 2019. **786**: p. 1060-1067.
69. Rosa, C., F.J.G. Silva, e L.P. Ferreira, *Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry*. Procedia Manufacturing, 2017. **11**: p. 1035-1042.
70. Ficosa. *Ficosa - Global Presence*. 2022 [Acedido em: 19/07/2022]; Disponível em: <https://www.ficosa.com/company/global-presence/>.
71. Ficosa, *Corporate Social Responsibility Report*. 2020.

72. Ficosa. *Ficosa - Systems for doors and seats*. 2022 [Acedido em: 19/06/2022]; Disponível em: <https://www.ficosa.com/products/systems-for-doors-and-seats/>.
73. Abdullah, O.I., W.T. Abbood, e H.K. Hussein, *Development of automated liquid filling system based on the interactive design approach*. FME Transactions, 2020. **48**(4): p. 938-945.
74. Tamada, S., M. Chandra, P. Patra, S. Mandol, D. Bhattacharjee, e P.K. Dan, *Modeling for design simplification and power-flow efficiency improvement in an automotive planetary gearbox: A case example*. FME Transactions, 2020. **48**(3): p. 707-715.
75. Ashby, M., *Materials selection in mechanical design*. 2016, Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann.
76. SMC, *Compact Guide Cylinder - Series MGP*, S. Corporation, Editor. 2022, SMC: Tóquio, Japão.
77. INCOMPLAST. *NYLON (PA)*. 2022 [Acedido em: 21/02]; Disponível em: <https://incomplast.com.br/nylonpa/>.
78. SMC, *Compact Cylinder - CQ2 Series*, S. Corporation, Editor. 2022, SMC: Tóquio, Japão.
79. Festo, *Guided drives DFM/DFM-B*, Festo, Editor. 2022, Festo: Esslingen, Alemanha.



# ANEXOS

- 6.1 Anexo 1 – Propriedades do material de revestimento (PA6)
- 6.2 Anexo 2 – Desenhos da máquina de decapar dupla
- 6.3 Anexo 3 – Fichas técnicas dos componentes de catálogo da máquina de decapar dupla
- 6.4 Anexo 4 – Desenhos do sistema automático de extração de cabo
- 6.5 Anexo 5 – Fichas técnicas dos componentes de catálogo do sistema automático de extração de cabo



## 6 ANEXOS



---

## 6.1 Anexo 1 – Propriedades do material de revestimento (PA6)



# Mitsubishi Chemical Advanced Materials Nylatron® MC® 907 PA6 Natural and Black, Unfilled Type 6 nylon (ASTM Product Data Sheet)

**Categories:** [Polymer](#); [Thermoplastic](#); [Nylon \(Polyamide PA\)](#); [Nylon 6 \(PA6\)](#); [Nylon 6, Cast](#)

**Material Notes:** Quadrant Engineering Plastic Products is now Mitsubishi Chemical Advanced Materials.

**Vendors:** [Click here to view all available suppliers for this material.](#)

Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Specific Gravity	1.15 g/cc	1.15 g/cc	ASTM D792
Water Absorption	0.60 %	0.60 %	Immersion, 24hr; ASTM D570(2)
Water Absorption at Saturation	7.0 %	7.0 %	Immersion; ASTM D570(2)
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Rockwell M	85	85	ASTM D785
Hardness, Rockwell R	115	115	ASTM D785
Hardness, Shore D	85	85	ASTM D2240
Tensile Strength	82.7 MPa	12000 psi	ASTM D638
Tensile Strength at 65°C (150°F)	41.4 MPa	6000 psi	ASTM D638
Elongation at Break	30 %	30 %	ASTM D638
Tensile Modulus	2.76 GPa	400 ksi	ASTM D638
Flexural Strength	110 MPa	16000 psi	ASTM D790
Flexural Modulus	3.45 GPa	500 ksi	ASTM D790
Compressive Strength	103 MPa	15000 psi	10% Def.; ASTM D695
Compressive Modulus	2.76 GPa	400 ksi	ASTM D695
Shear Strength	75.8 MPa	11000 psi	ASTM D732
Izod Impact, Notched	0.214 J/cm	0.400 ft-lb/in	ASTM D256 Type A
Coefficient of Friction, Dynamic	0.20	0.20	Dry vs. Steel; QTM55007
K (wear) Factor	201 x 10 <sup>-8</sup> mm <sup>3</sup> /N-M	100 x 10 <sup>-10</sup> in <sup>3</sup> -min/ft-lb-hr	QTM 55010
Limiting Pressure Velocity	0.105 MPa-m/sec	3000 psi-ft/min	4:1 safety factor; QTM 55007
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Surface Resistivity per Square	>= 1.00e+13 ohm	>= 1.00e+13 ohm	EOS/ESD S11.11
Dielectric Constant	3.7 @Frequency 1e+6 Hz	3.7 @Frequency 1e+6 Hz	ASTM D150
Dielectric Strength	19.7 kV/mm	500 kV/in	Short Term; ASTM D149
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	90.0 µm/m-°C @Temperature -40.0 - 149 °C	50.0 µin/in-°F @Temperature -40.0 - 300 °F	ASTM E831

Thermal Conductivity	0.245 W/m-K	1.70 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> -°F	ASTM F433
Melting Point	216 °C	420 °F	Crystalline, Peak; ASTM D3418
Maximum Service Temperature, Air	93.3 °C	200 °F	Long Term
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)	93.3 °C	200 °F	ASTM D648
Flammability, UL94	HB @Thickness 3.17 mm	HB @Thickness 0.125 in	Estimated Rating

Compliance Properties	Metric	English	Comments
3A-Dairy	Yes	Yes	Natural Only
Canada AG	No	No	
FDA	Yes	Yes	Natural Only
NSF	No	No	
USDA	Yes	Yes	Natural Only
USP Class VI	No	No	

Chemical Resistance Properties	Metric	English	Comments
Acids, Strong (pH 1-3)	Unacceptable	Unacceptable	
Acids, Weak	Limited	Limited	
Alcohols	Limited	Limited	
Alkalies, Strong (pH 11-14)	Unacceptable	Unacceptable	
Alkalies, Weak	Limited	Limited	
Chlorinated Solvents	Limited	Limited	
Conductive / Static Dissipative	No	No	
Continuous Sunlight	Limited	Limited	
Hot Water / Steam	Limited	Limited	
Hydrocarbons - Aliphatic	Acceptable	Acceptable	
Hydrocarbons - Aromatic	Acceptable	Acceptable	
Inorganic Salt Solutions	Acceptable	Acceptable	
Ketones, Esters	Acceptable	Acceptable	

### Descriptive Properties

Color	Natural	
Machinability	1	1-10, 1=Easier to Machine

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

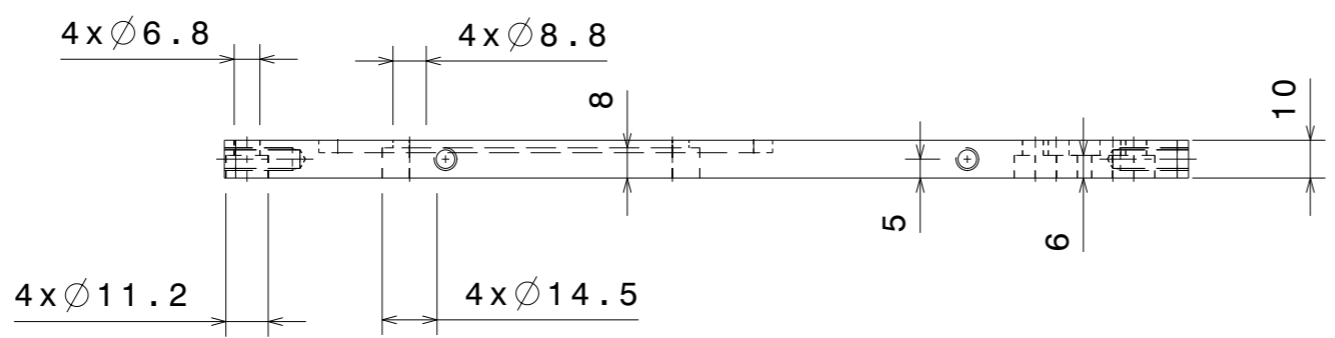
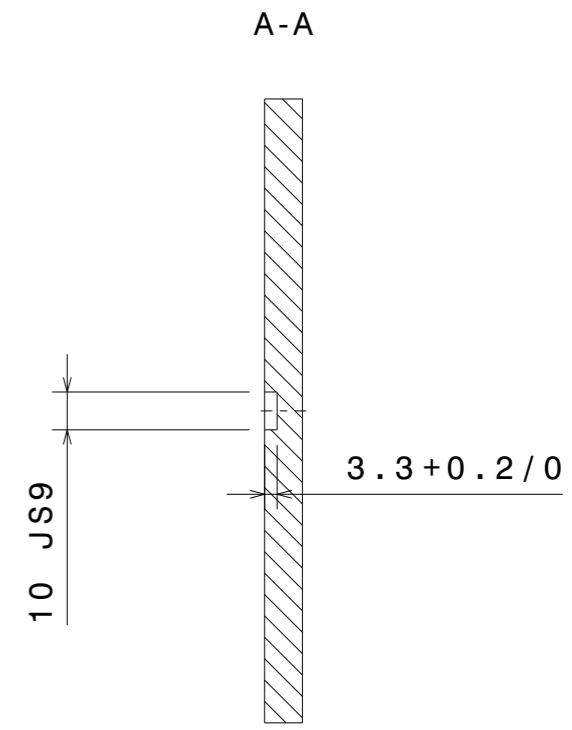
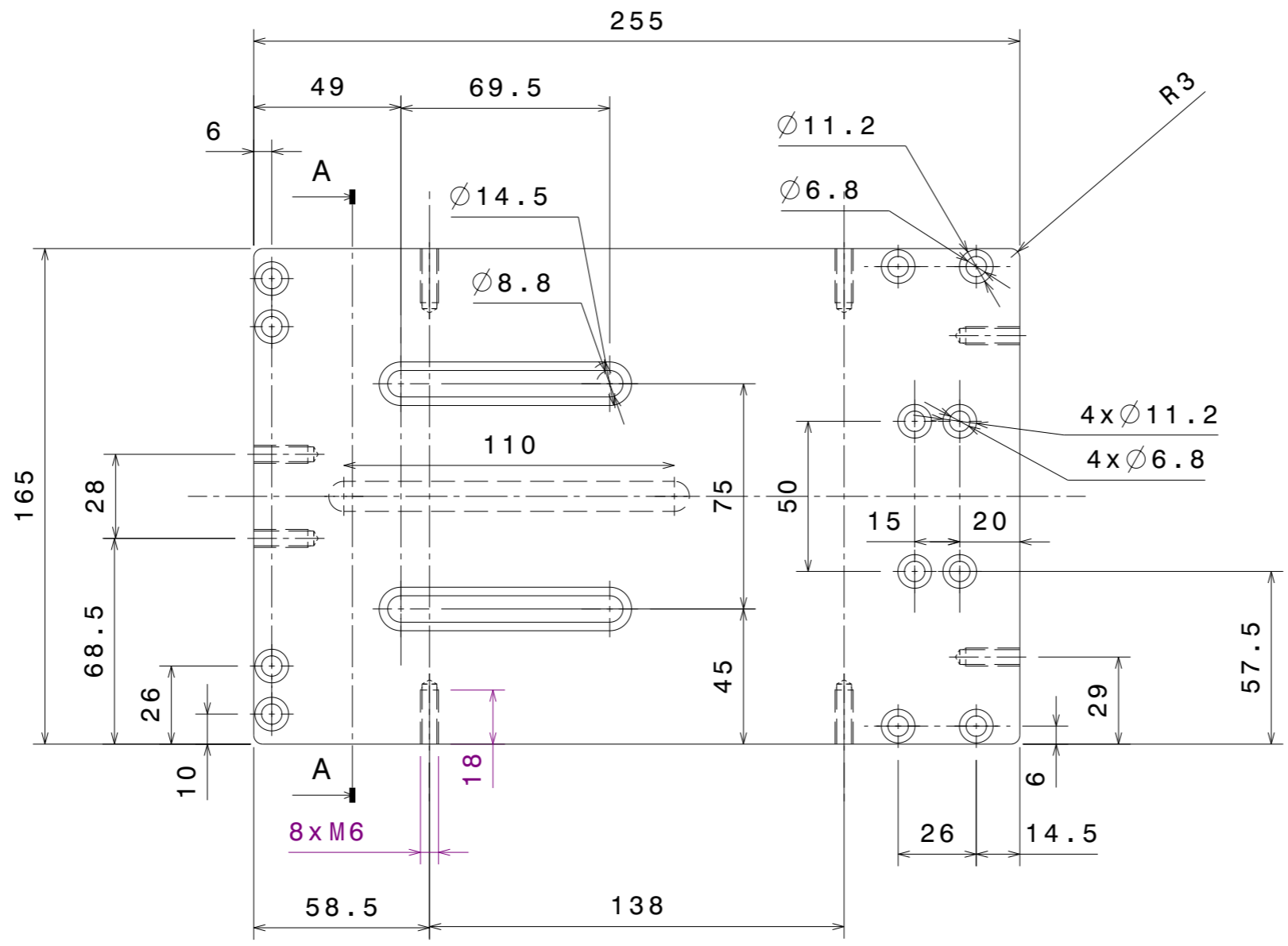
---

## 6.2 Anexo 2 – Desenhos da máquina de decapar dupla



16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	$\pm 0.1$	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	Ck45
ANGULARES ANGULAR	$\pm 1^\circ$	VISTO CHECKED			ACABAMENTO : FINISH
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			QUANTIDADE : QUANTITY
ESCALA Scale	1:2	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	TREATAMENTO : Zincagem
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		FABRICA DE ACCESORIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS DEPARTAMENTO : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
		Base - Tampo Superior		PMPBAS7588	

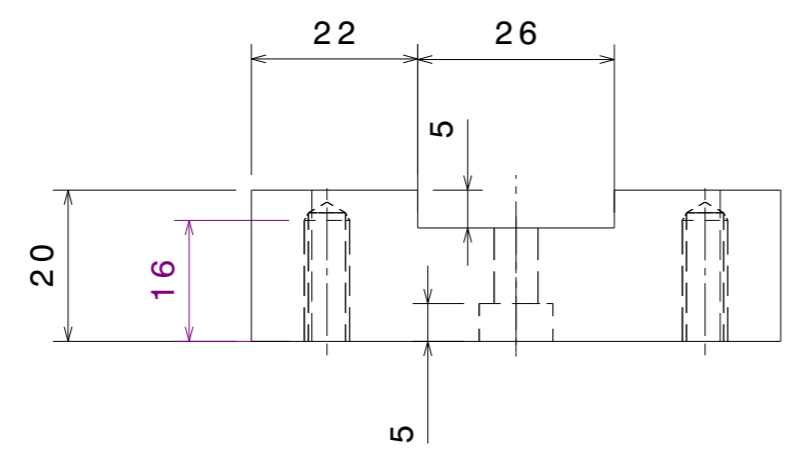
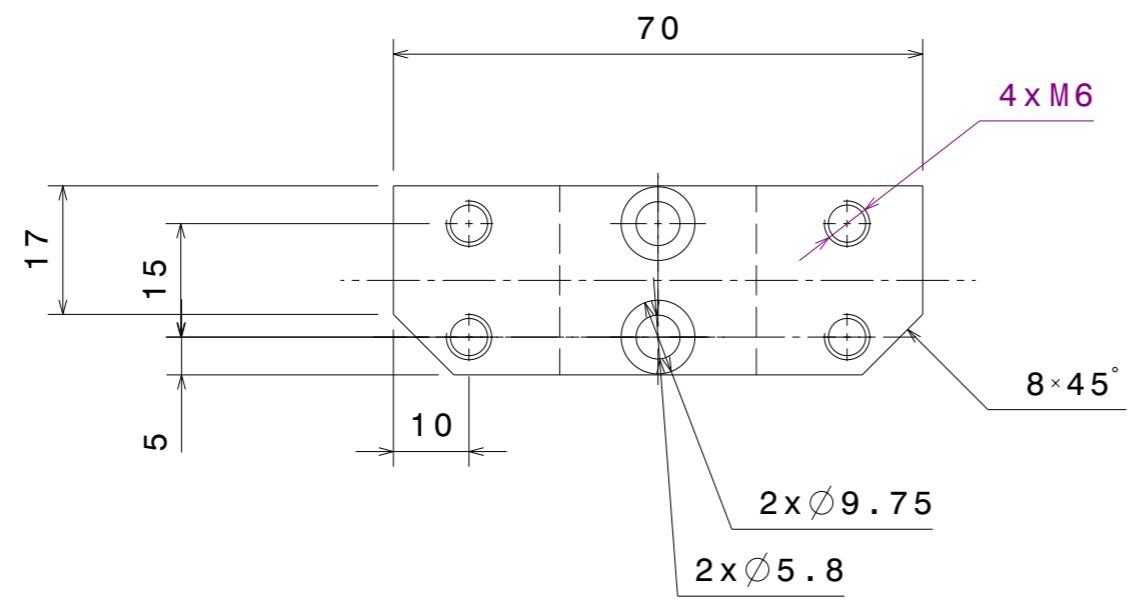
M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm



16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

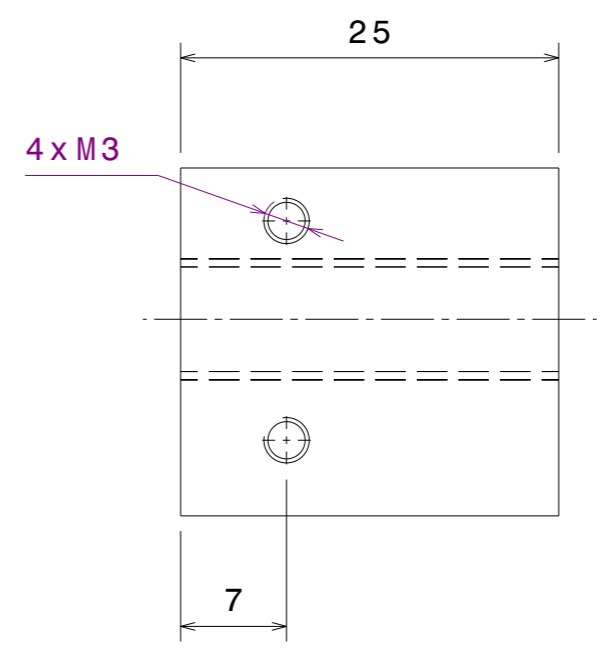
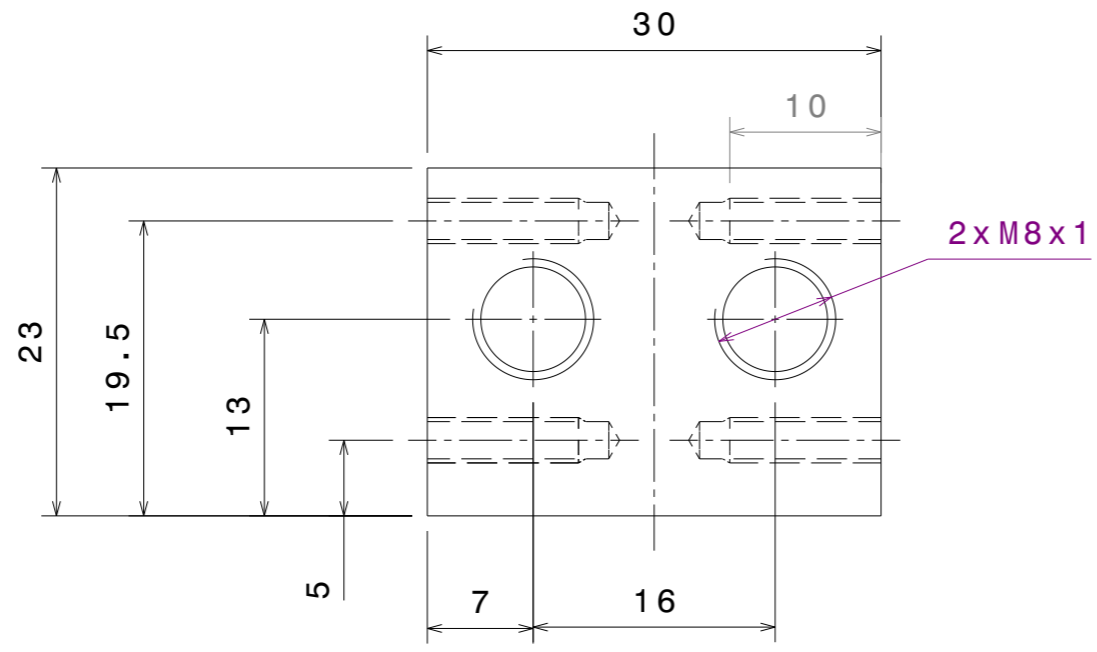
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ACABAMENTO : FINISH	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA. <b>FICOCABLES, LDA</b> Fabrica de accorios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO : Eng. <sup>a</sup> Equipamentos e Manutenção
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	02/05/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS	
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			TREATMENT : Zincagem	
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJETO: PROJECT	
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS			DENOMINAÇÃO DENOMINATION		PMPBAS7590 A	

M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

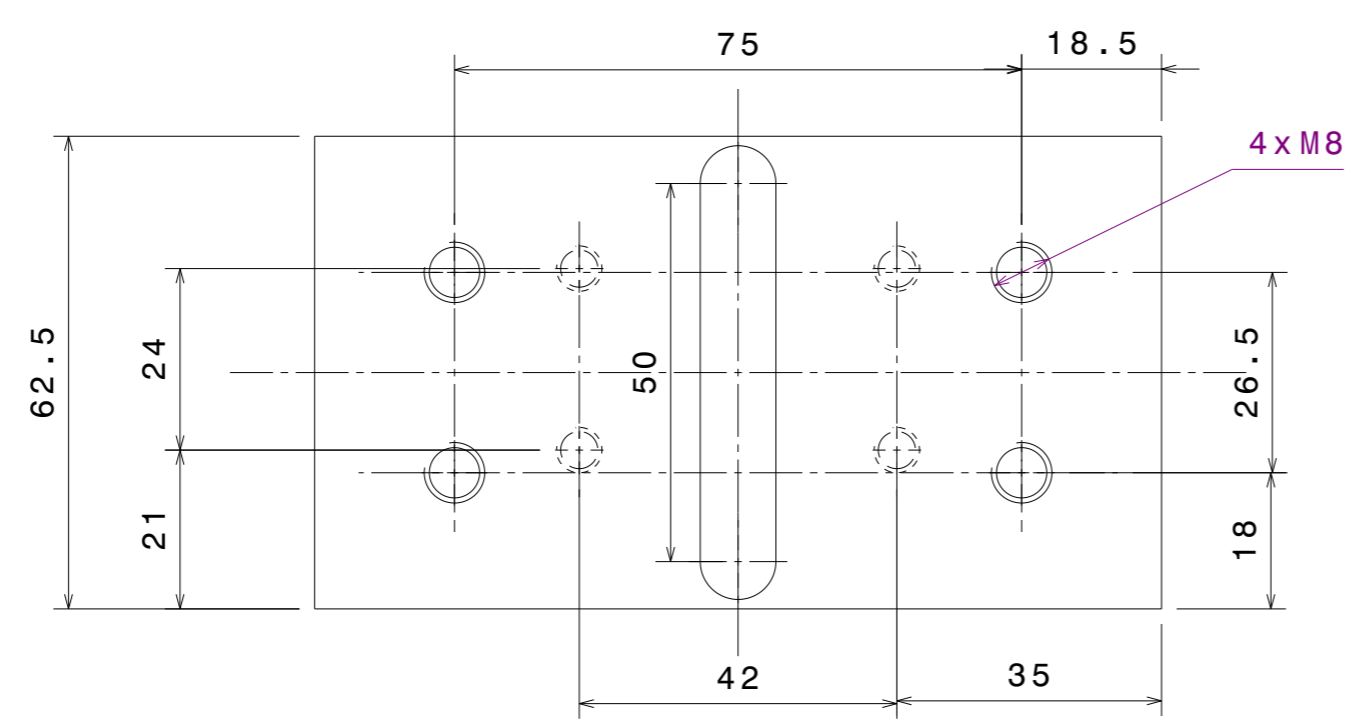
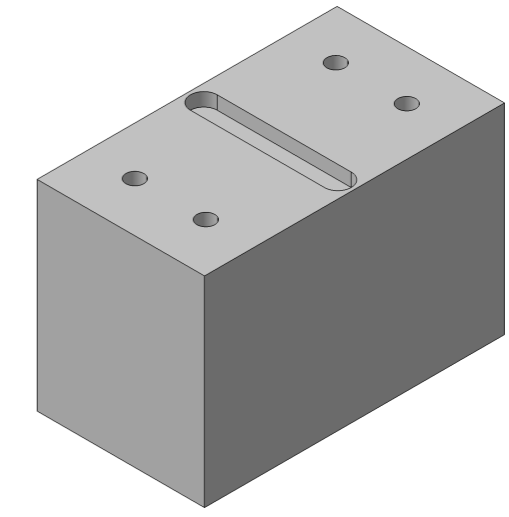
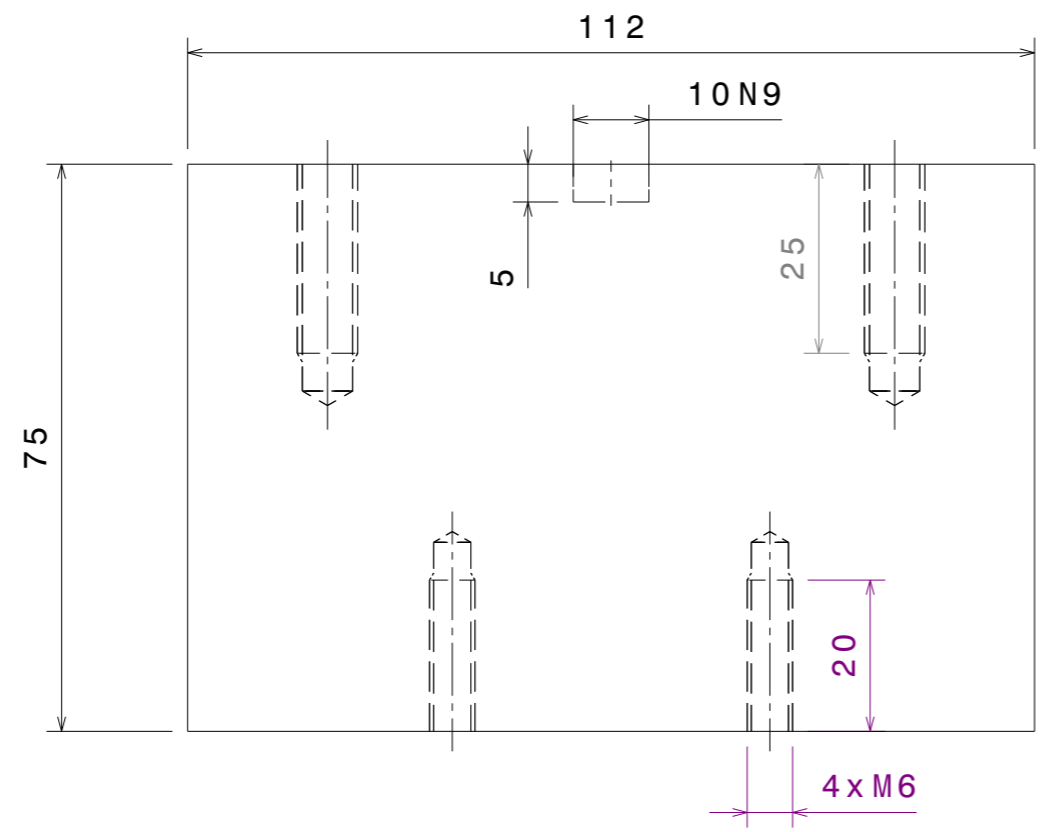
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	Alumínio	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION		 Fabrica de accesorios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
				Base de Aperto dos Batentes			PMPBAS7591 A

M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	01/07/22	Pedro R.	Ck 45
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			ACABAMENTO : FINISH
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			QUANTIDADE : 1
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	TRATAMENTO : Zincagem
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		FICOCABLES, LDA	
		Base do Cilindro Traseiro		Fabrica de accorios e equipamentos industriais	
				DEPARTAMENTO DEPARTAMENTO : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
				PMPBAS7592	
				A	

M017/0

25 mm

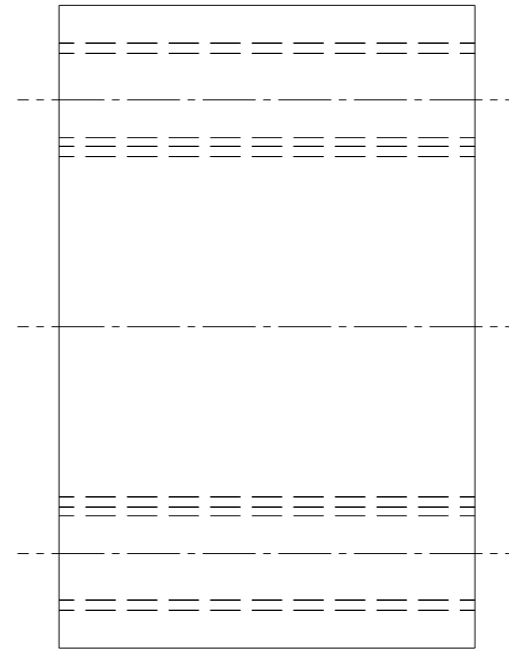
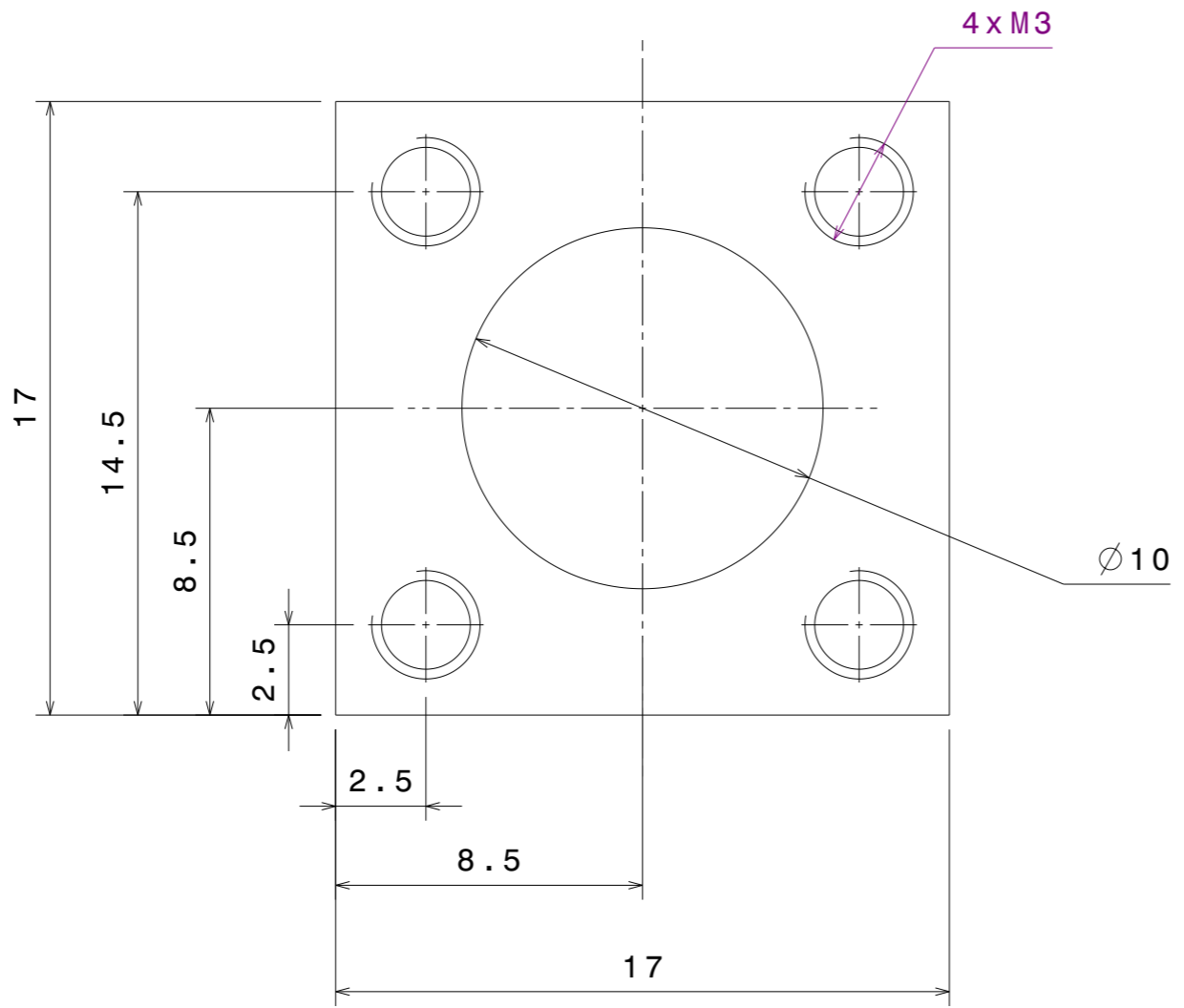
A3

A3

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	Alumínio	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	29/04/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		2 TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	5:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT	DEPARTAMENTO DEPARTEMENT : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION Base para casquilhos		PMPBAS7615	

M017/0

25 mm

A3

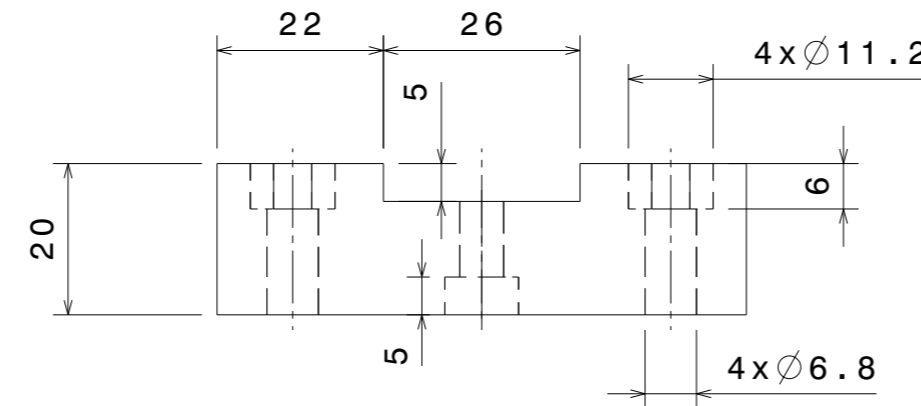
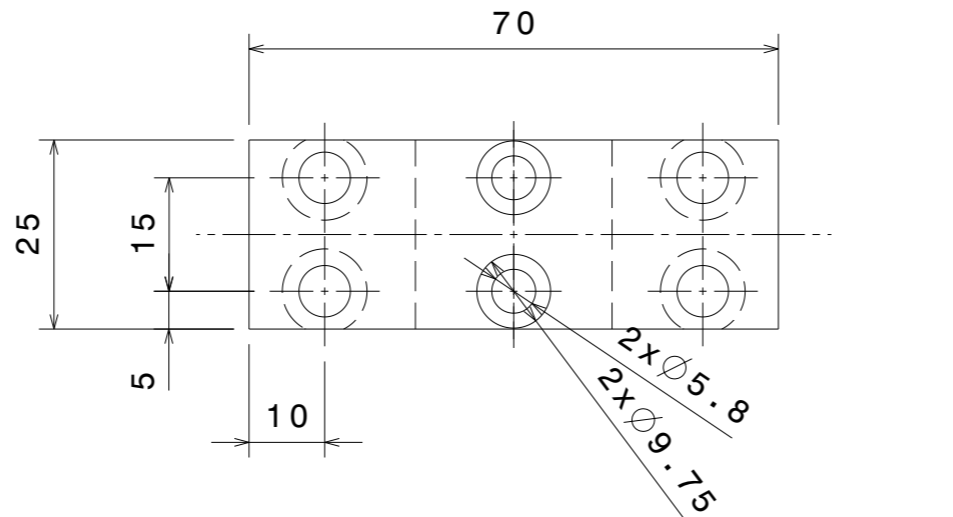
A3

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)

CATIA V5  
 PROIBIDAS MODIFICAÇÕES MANUAIS  
 FORBIDDEN MANUAL MODIFICATIONS



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ACABAMENTO : FINISH	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS . E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	02/05/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS	
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	TREATAMENTO : Zincagem
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.	MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT	FABRICA DE ACCESORIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS DEPARTAMENTO : Eng.ª Equipamentos e Manutenção
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS			DENOMINAÇÃO DENOMINATION		PMPBAS7616	
			Base de Encastre Inferior		A	

M017/0

25 mm

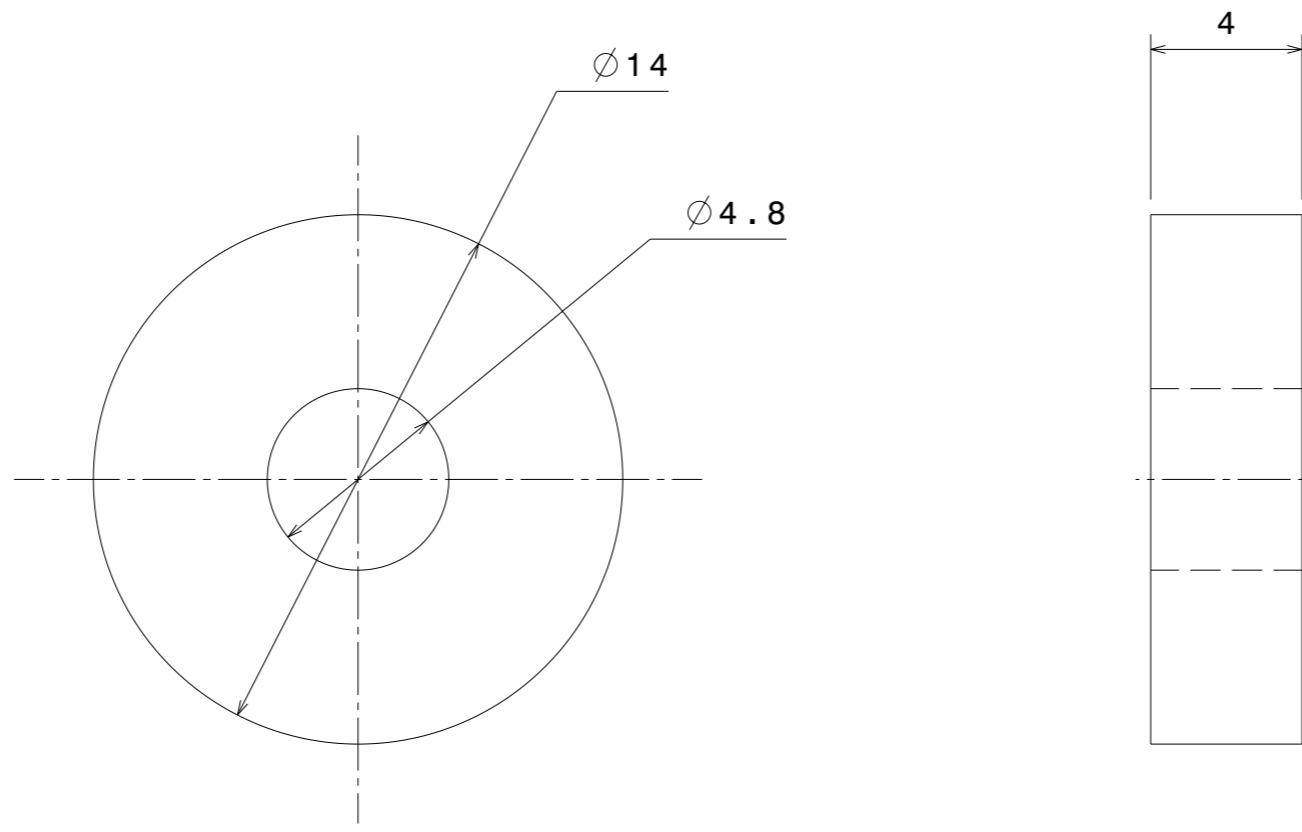
A3

A3

25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

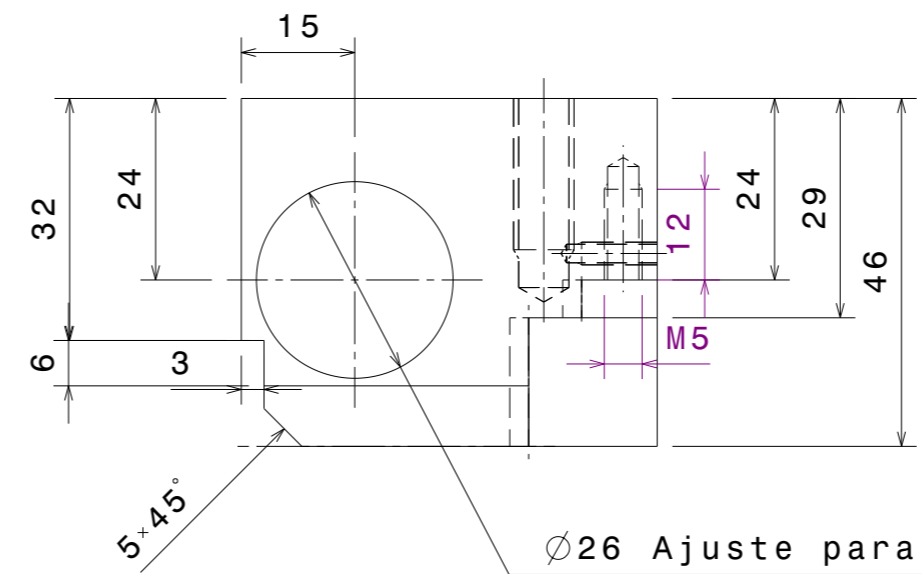
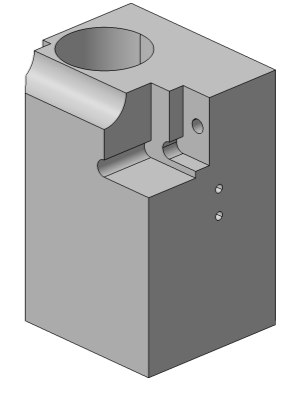
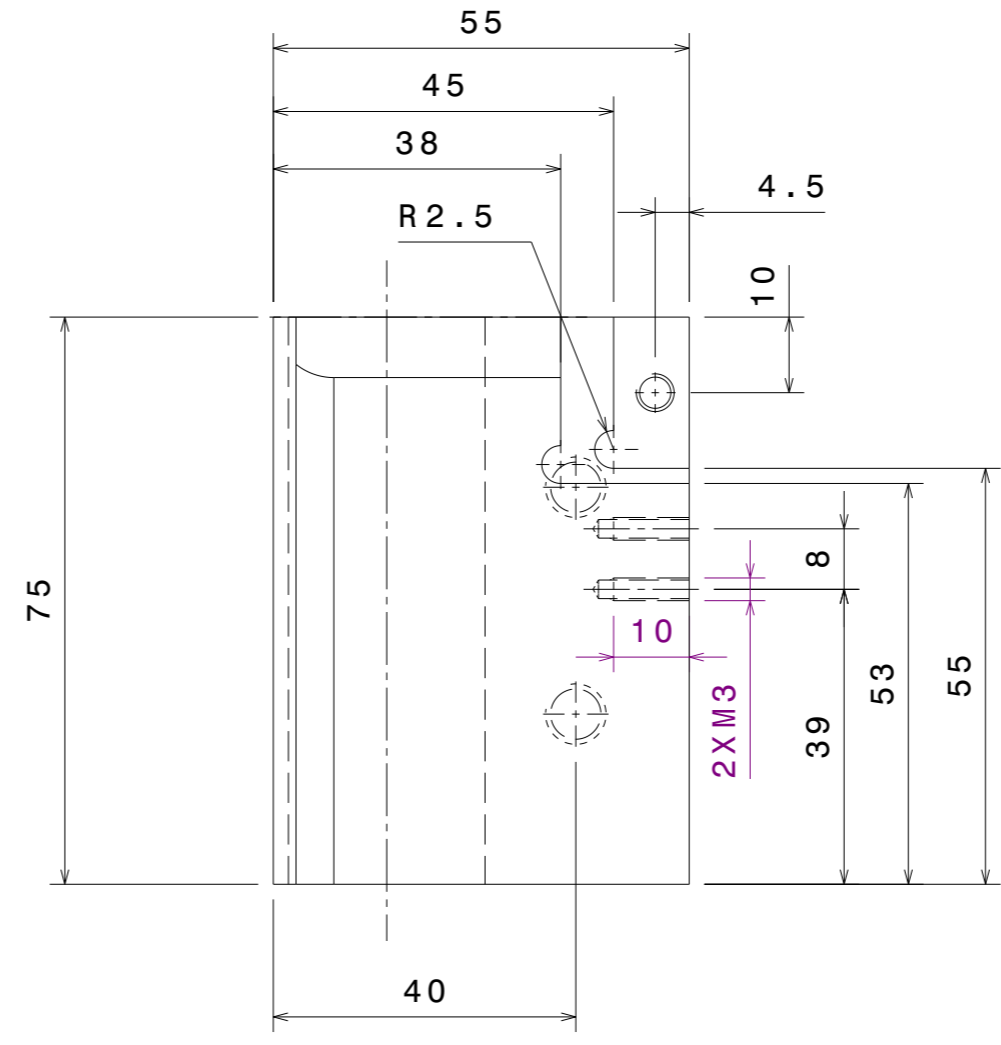
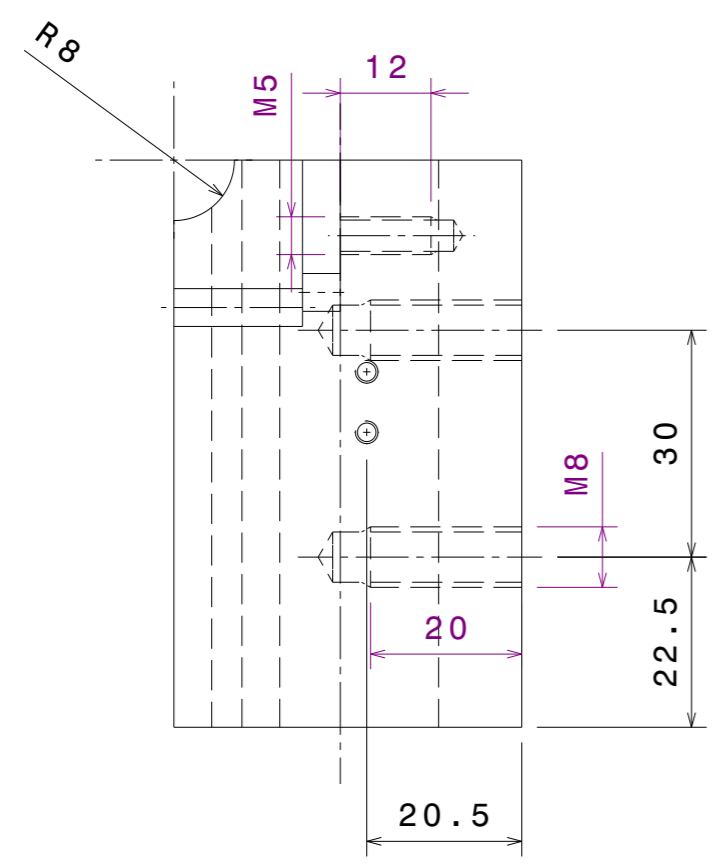
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	Alumínio	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	29/04/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		2
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		TRATAMENTO : TREATMENT
ESCALA Scale	1:5	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT	DEPARTAMENTO DEPARTEMENT : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION		<b>FABRICA DE ACCESORIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS</b> DEPARTAMENTO DEPARTEMENT : <b>Eng.ª Equipamentos e Manutenção</b>	
				Batente do Veio Guia			<b>PMPBAT2425</b>

M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



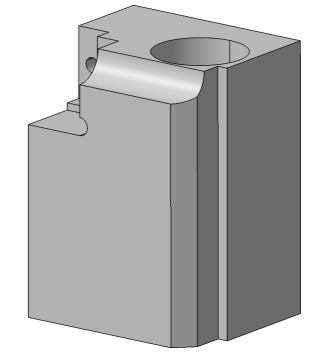
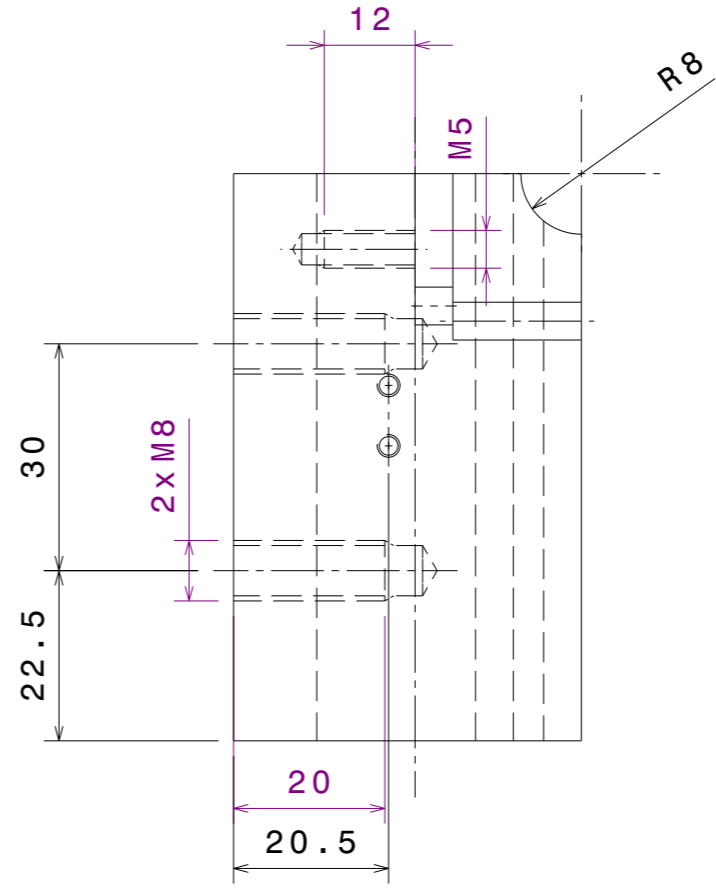
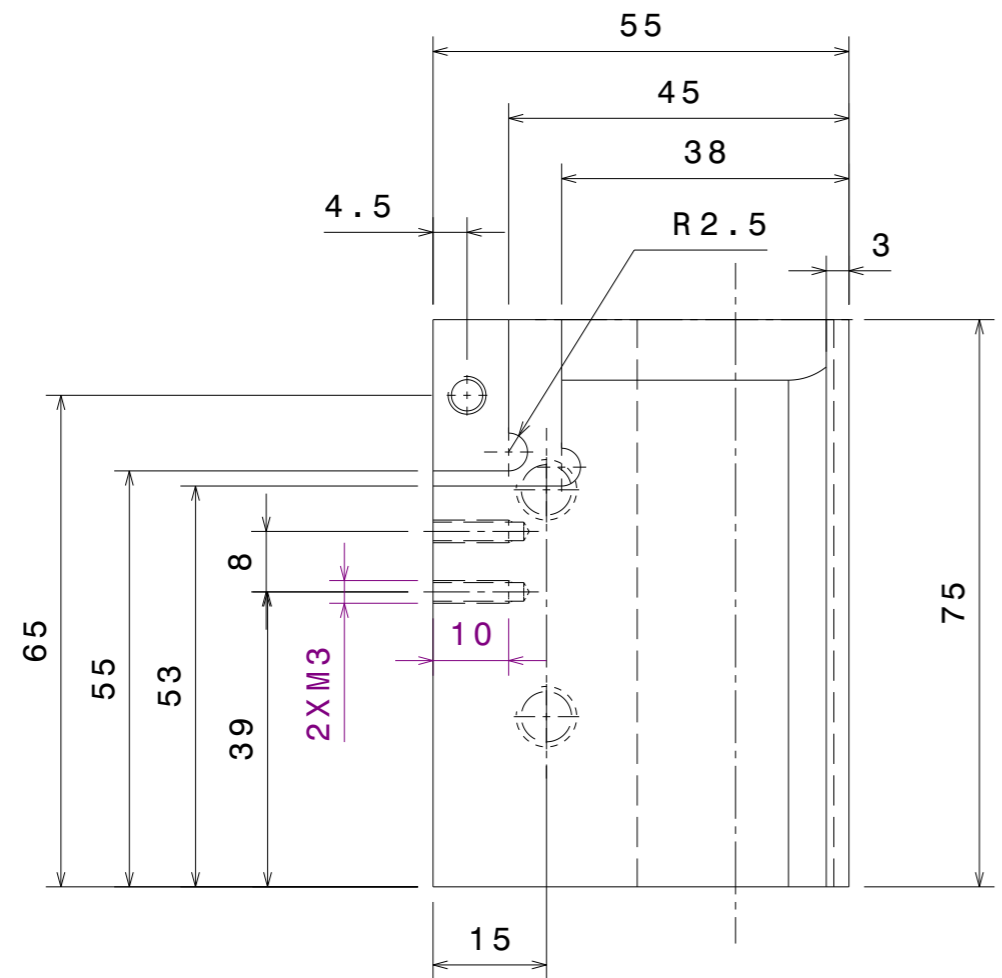
Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL: MATERIAL	Alumínio	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	11/05/22	Pedro R.	DUREZA: HARDNESS		ACABAMENTO: FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE: QUANTITY		1
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO: ASSEMBLAGE POS.		TRATAMENTO: TREATMENT
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		BRUTE DIMENSION
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		Suporte Lâmina Inf. Esquerda		FICOCABLES, Lda Fabrica de acessórios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO DEPARTAMENT: Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
				PMPBLC0952		A	

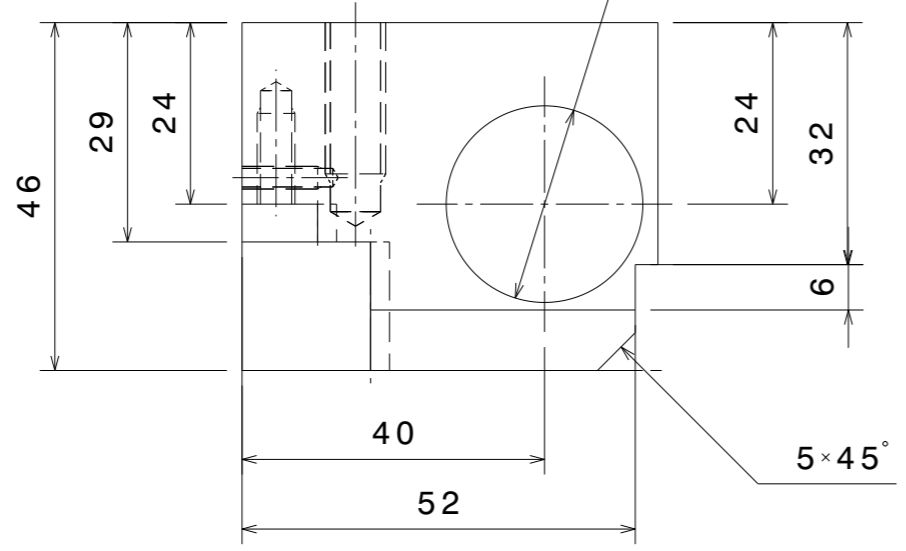
MO17/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

3.2 (0.8)



Ø26 Ajuste para inserção de rolamento

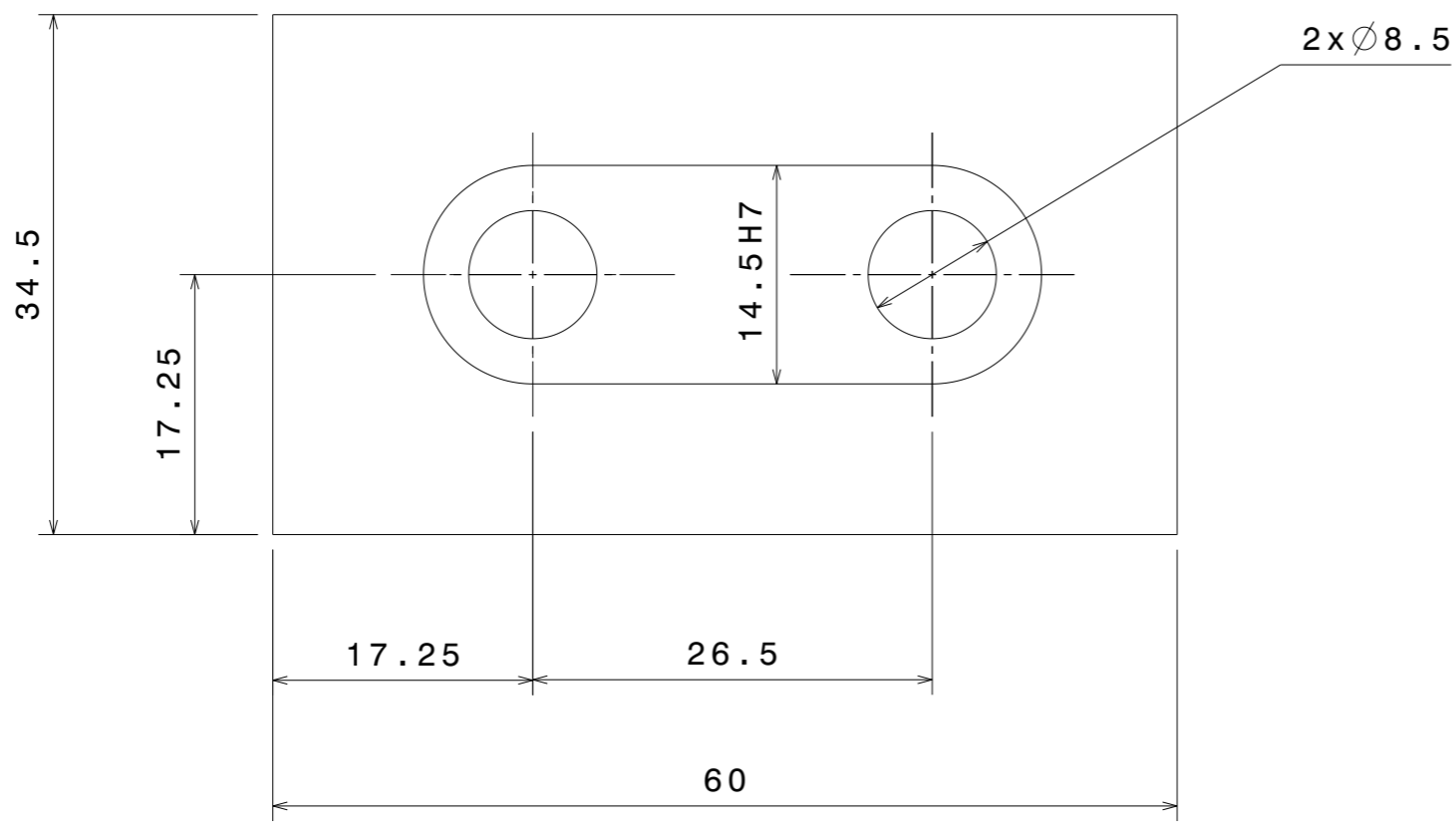
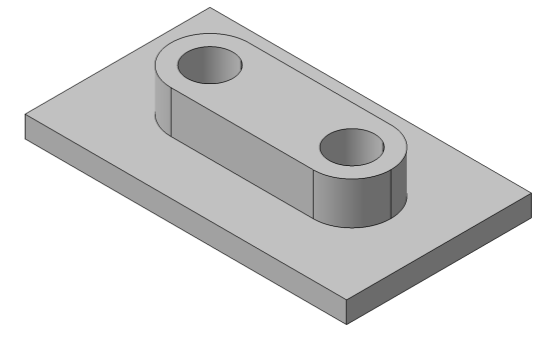
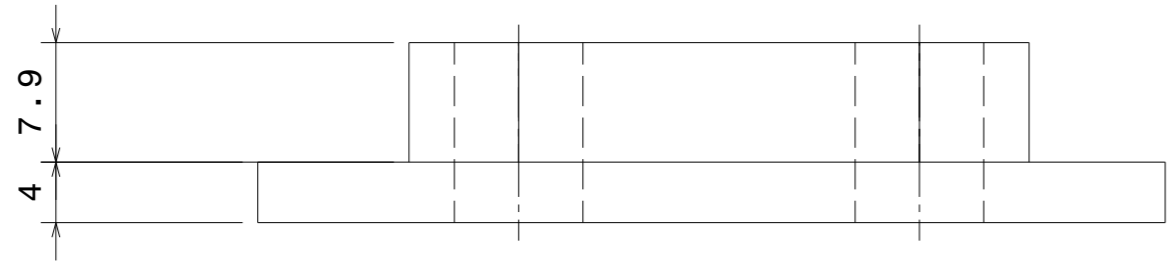


Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL: MATERIAL	Alumínio	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	11/05/22	Pedro R.	DUREZA: HARDNESS		ACABAMENTO: FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE: QUANTITY	1	FICOCABLES, LDA Fabrica de accesorios e equipamentos industriais
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO: ASSEMBLAGE POS.	MEDIDA EM BRUTO: BRUTE DIMENSION	
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		DEPARTAMENTO DEPARTEMENT: Eng.ª Equipamentos e Manutenção
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION		PMPBLC0953	
				Suporte Lâmina Inf Direita		A	

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	RL200	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	01/07/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	2	TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		Têmpera
ESCALA Scale	2:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		Medida em Bruto
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION			
				Base para parafusos		DEPARTAMENTO DEPARTAMENTO: Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
						PMDBAS0081	
						A	

M017/0

A3

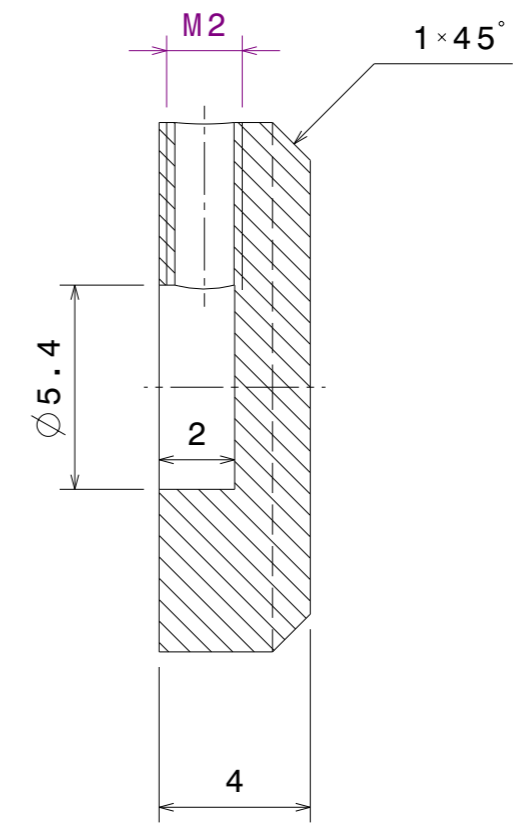
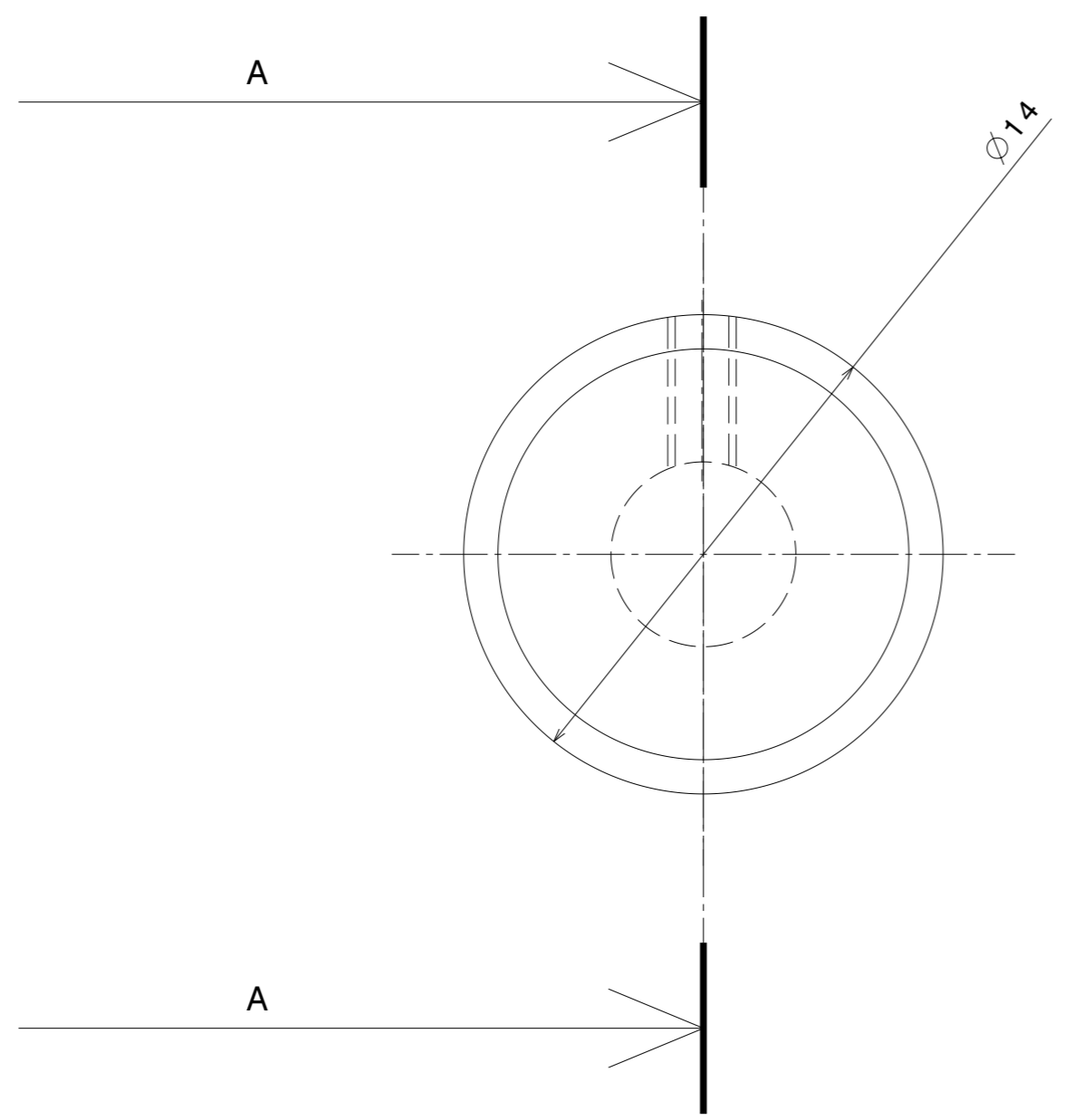
A3

25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ACABAMENTO : FINISH	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	K110	
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	TREATMENT : Têmpera
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.	MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	5:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT	DEPARTAMENTO DEPARTEMENT : Eng.ª Equipamentos e Manutenção
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		Capa de Batente		PMDBAT0189

M017/0

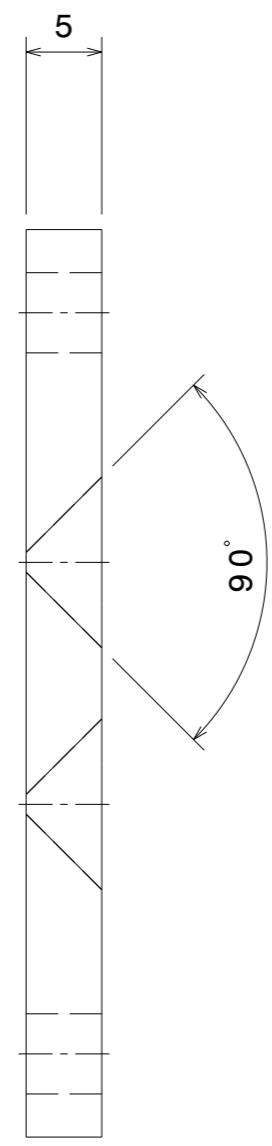
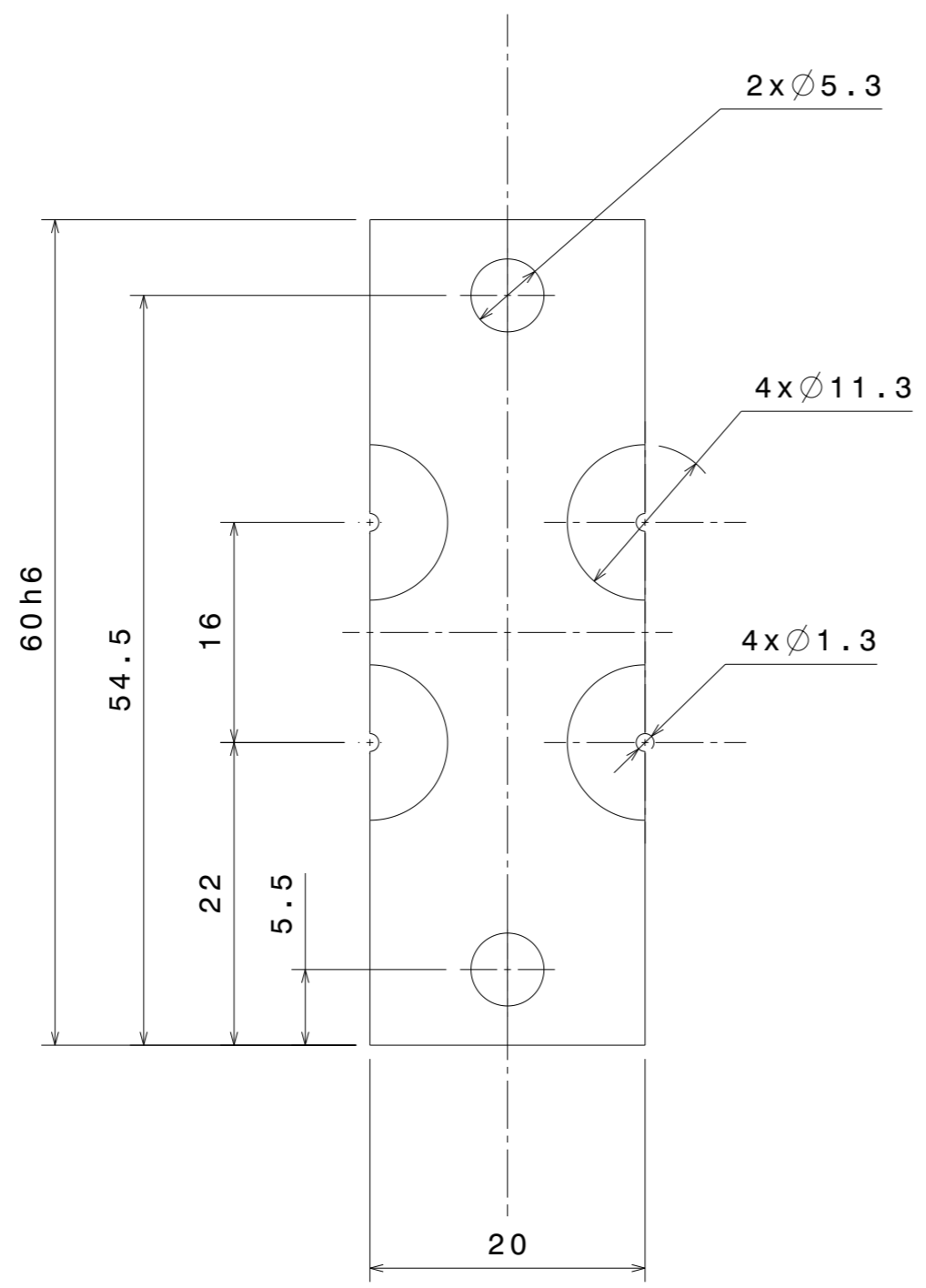
A3

A3

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

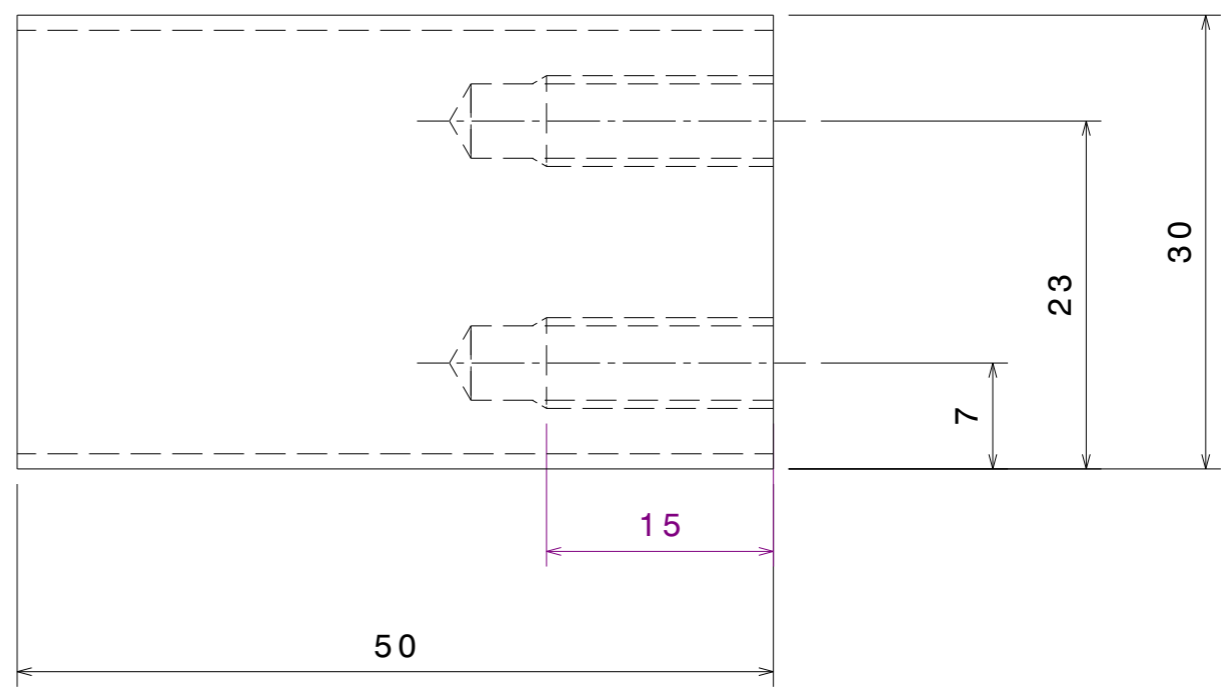
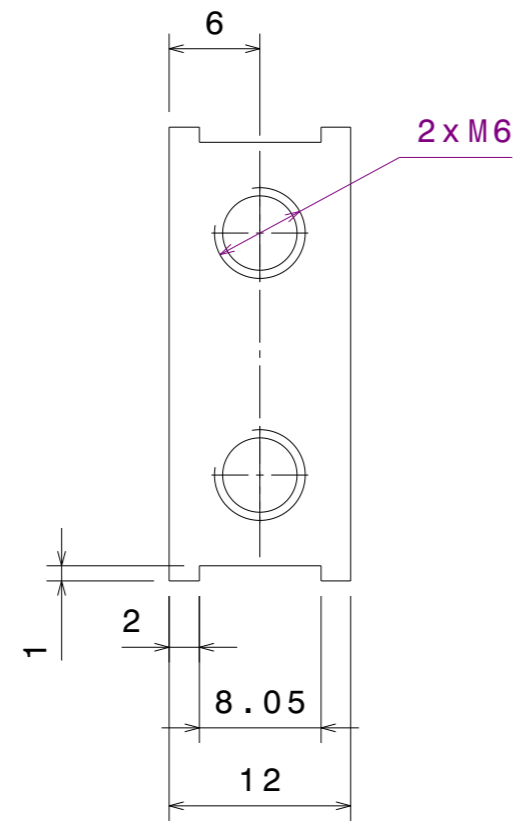
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	HSS	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	2	TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	2:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS					DENOMINAÇÃO DENOMINATION	Lâmina	
						FABRICA DE ACCESORIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS	
						DEPARTAMENTO DEPARTAMENTO	Eng.ª Equipamentos e Manutenção
						PMDLAM0332	A

M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



M017/0

Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	Alumínio	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS	
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			ACABAMENTO : FINISH	
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			QUANTIDADE : QUANTITY	
ESCALA Scale	2:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	TRATAMENTO : TREATMENT	FICOCABLES, LDA Fabrica de accesorios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO : DEPARTEMENT : Eng.ª Equipamentos e Manutenção
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION		
				Posicionador Batentes		

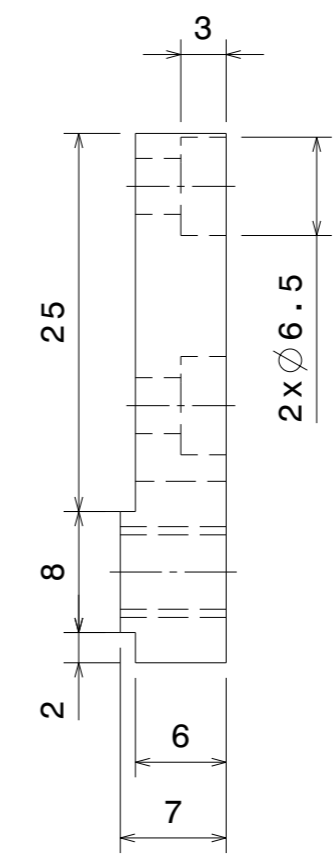
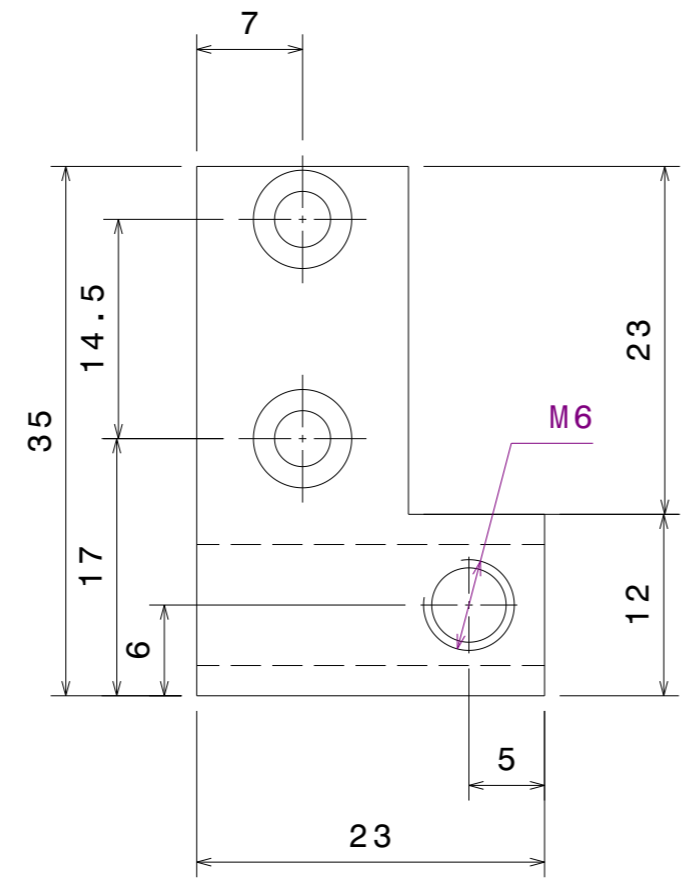
A3

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

A3

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	Alumínio	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		1
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		TRATAMENTO : TREATMENT
ESCALA Scale	2:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT	DEPARTAMENTO : DEPARTEMENT : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION Posicionador Esquerdo		PMDPOC0028	

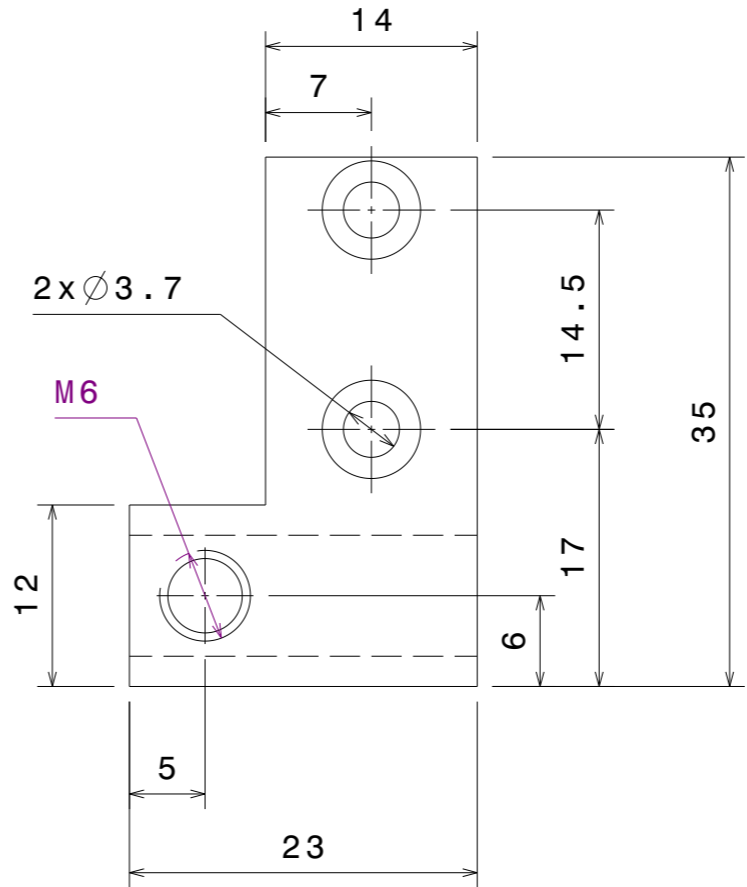
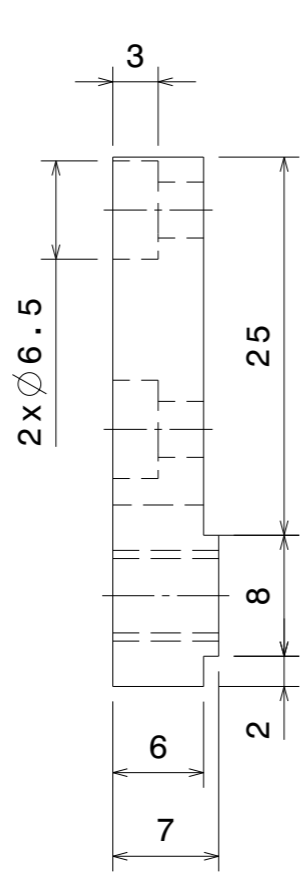
M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

A3

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



M017/0

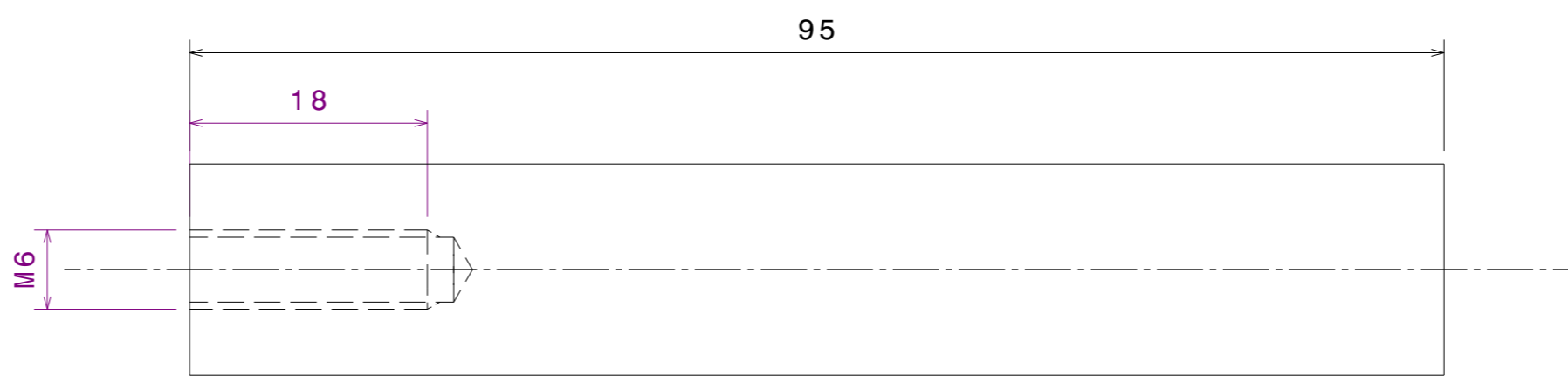
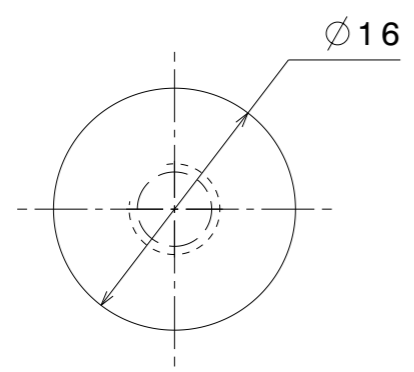
Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	Alumínio	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		1
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		TRATAMENTO : TREATMENT
ESCALA Scale	2:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		BRUTE DIMENSION
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION		FICOCABLES, LDA Fabrica de accesorios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO DEPARTEMENT : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
				Posicionador Direito		PMDPOC0029	
						A	

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm 1

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	Varão INA	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT	DEPARTAMENTO DEPARTEMENT : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS			DENOMINAÇÃO DENOMINATION		Veio Guia		
					PMDVEI0219		
					A		

M017/0

25 mm

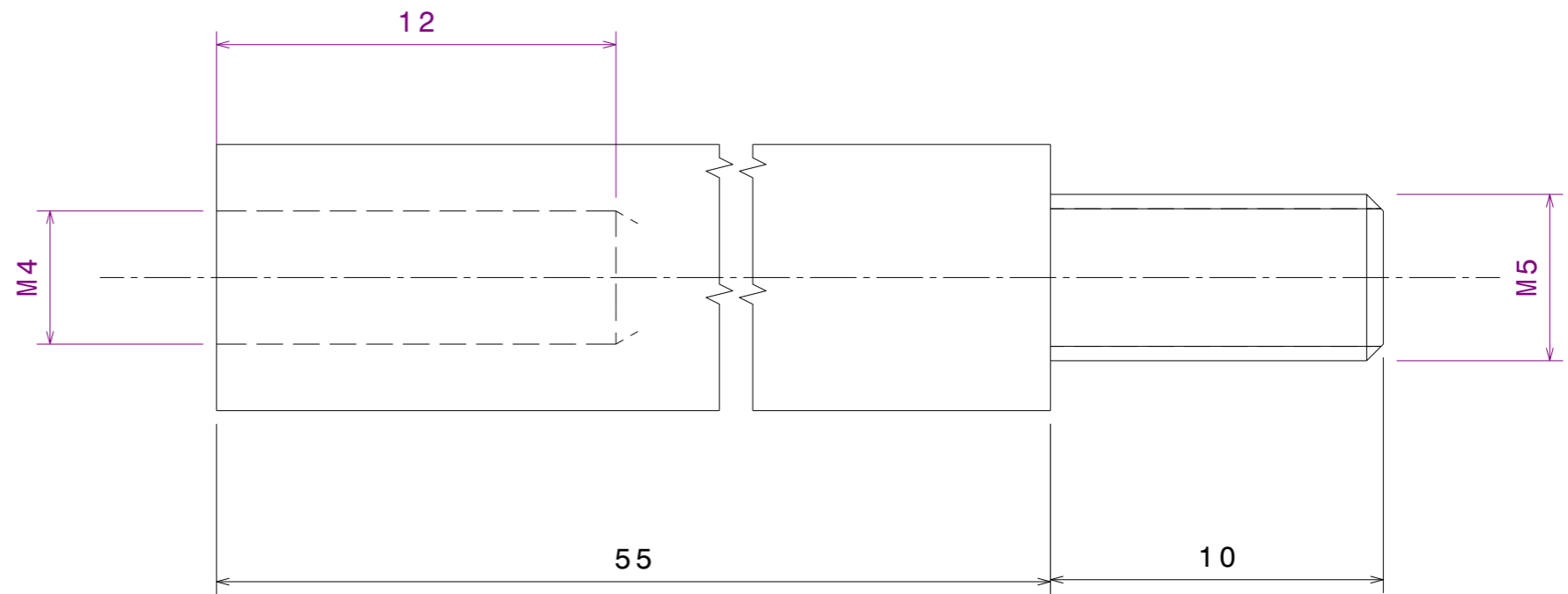
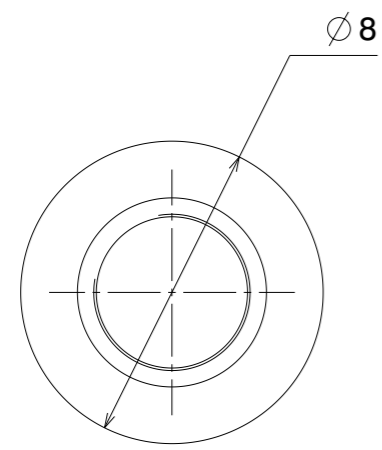
A3

A3

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



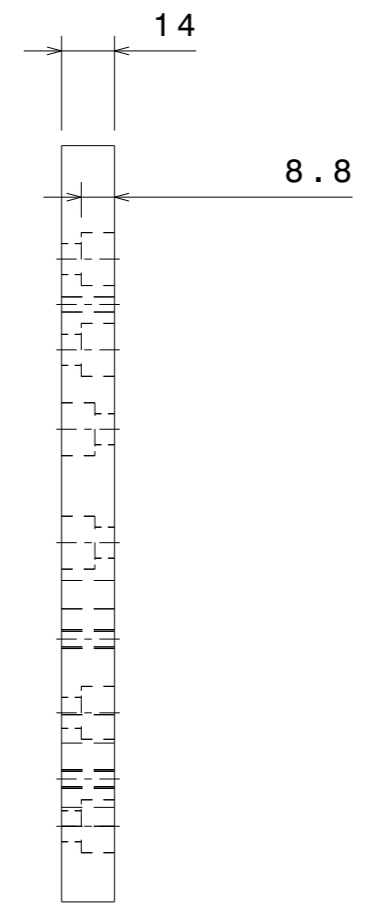
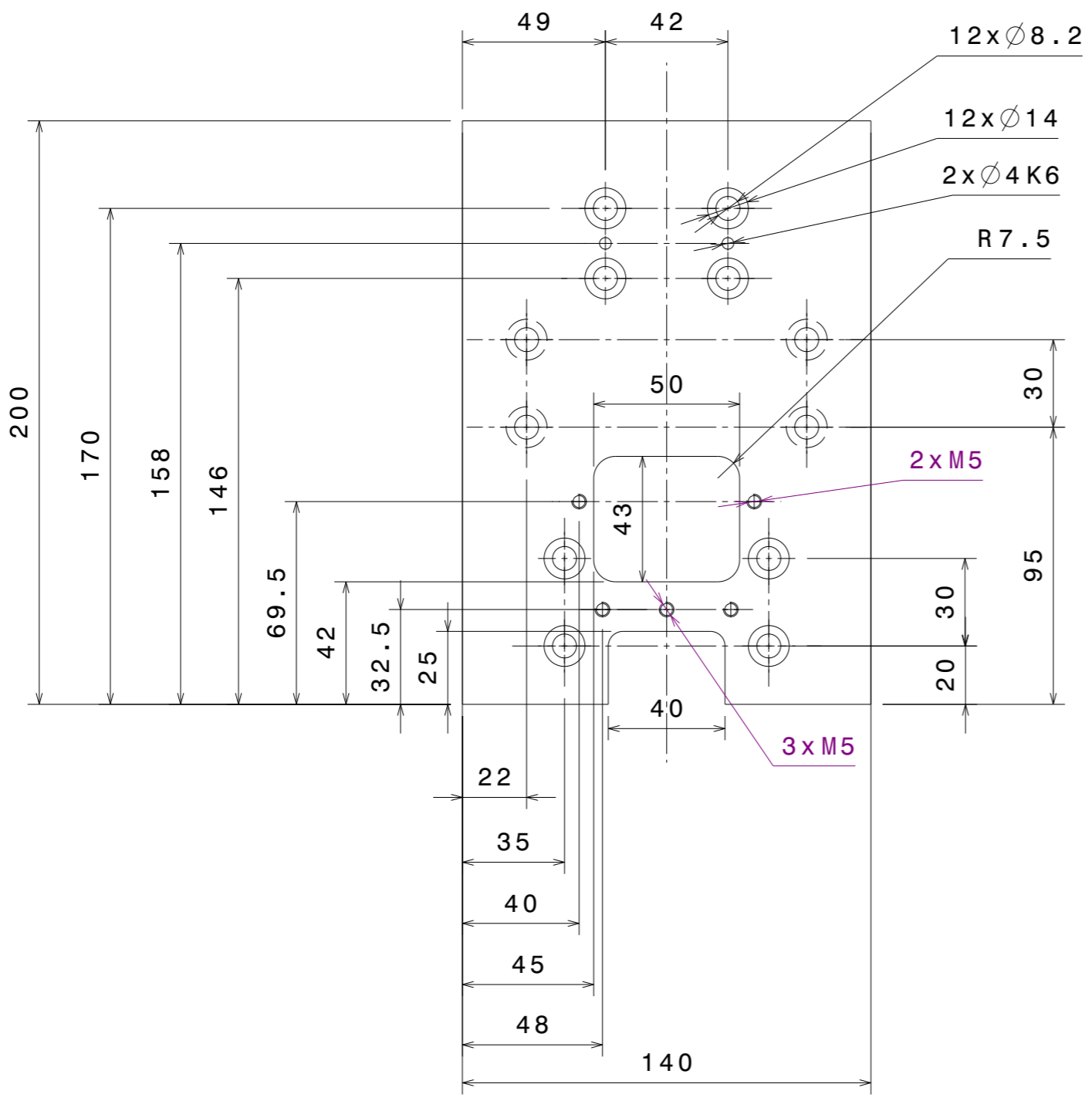
M017/0

Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	Varão INA	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS	ACABAMENTO : FINISH	
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED		QUANTIDADE : QUANTITY	TRATAMENTO : TREATMENT	Fabrica de accesorios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO : DEPARTEMENT :
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED		POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.	MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION	
ESCALA Scale	5:1	SUBSTITUI: REPLACE:	Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		Eng.ª Equipamentos e Manutenção
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION		PMDVEI0220    A
				Veio Guia dos Batentes		

A3 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm A3

3.2 (0.8)



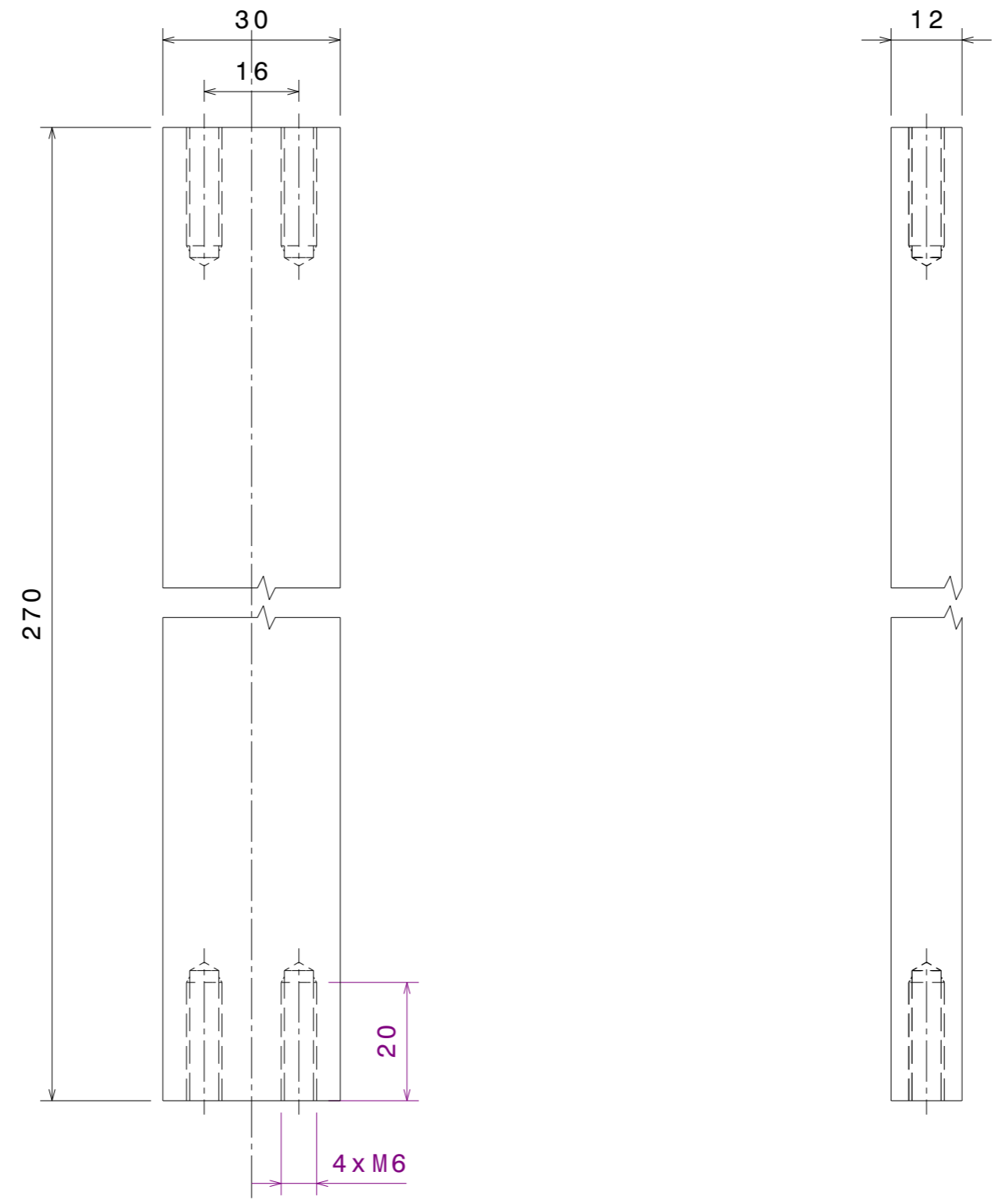
Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	Pedro R.	Ck 45	ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			TREATAMENTO : Zincagem
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			QUANTIDADE : 1
ESCALA Scale	1:2	SUBSTITUI: REPLACE:	Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT	TRATAMENTO : Zincagem
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		FABRICA DE ACCESORIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS	
		Apoyo de Ligação		DEPARTAMENTO : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
				PMPAP05651	
				A	

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)

CATIA V5  
 PROIBIDAS MODIFICAÇÕES MANUAIS  
 FORBIDDEN MANUAL MODIFICATIONS



Alterações	C	E
	B	D

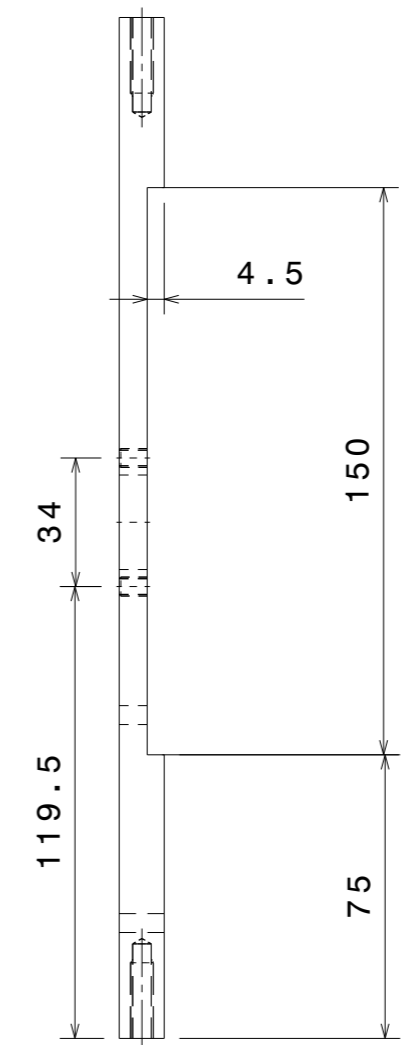
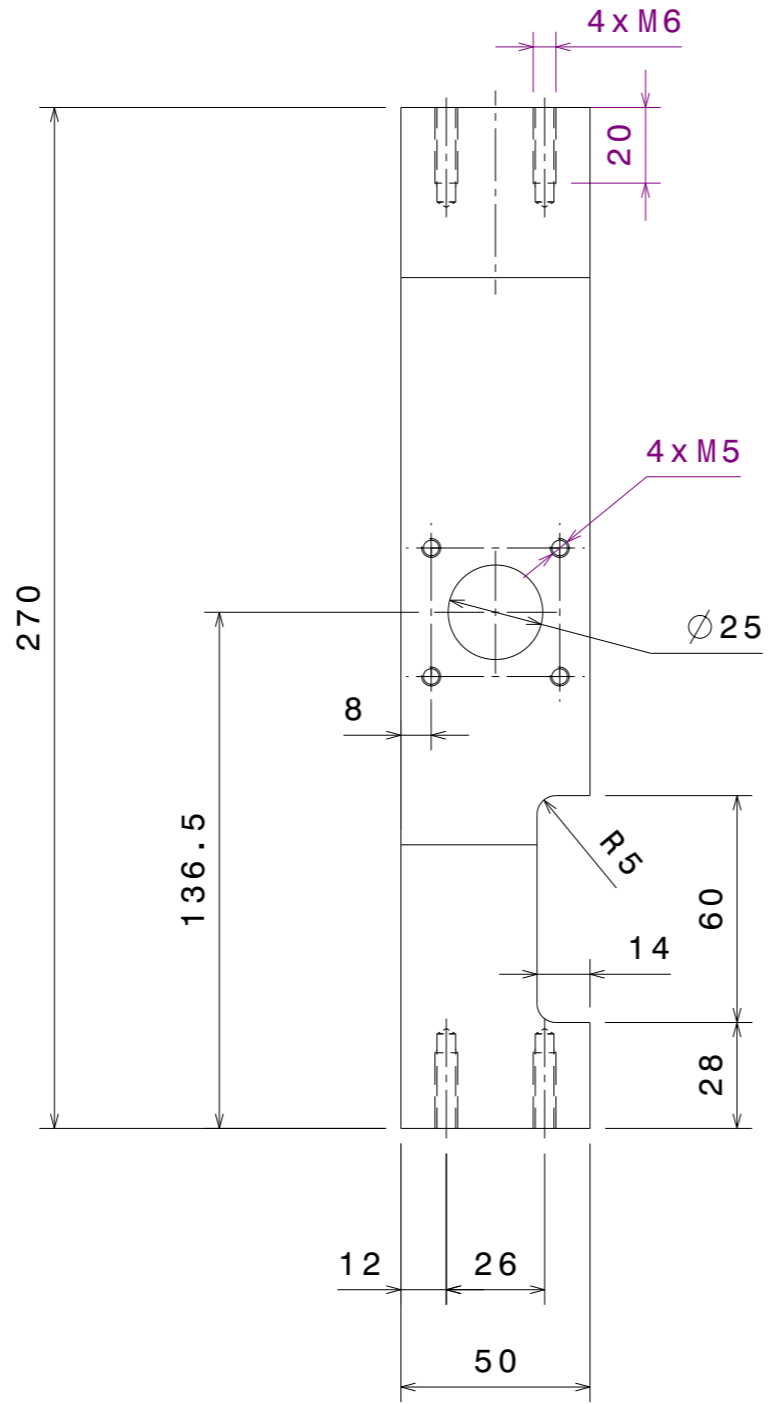
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ck45	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	2	TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		Medida em Bruto : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS			DENOMINAÇÃO DENOMINATION		Apoio Estrutura Traseira		
					PMPAP05652		A

M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

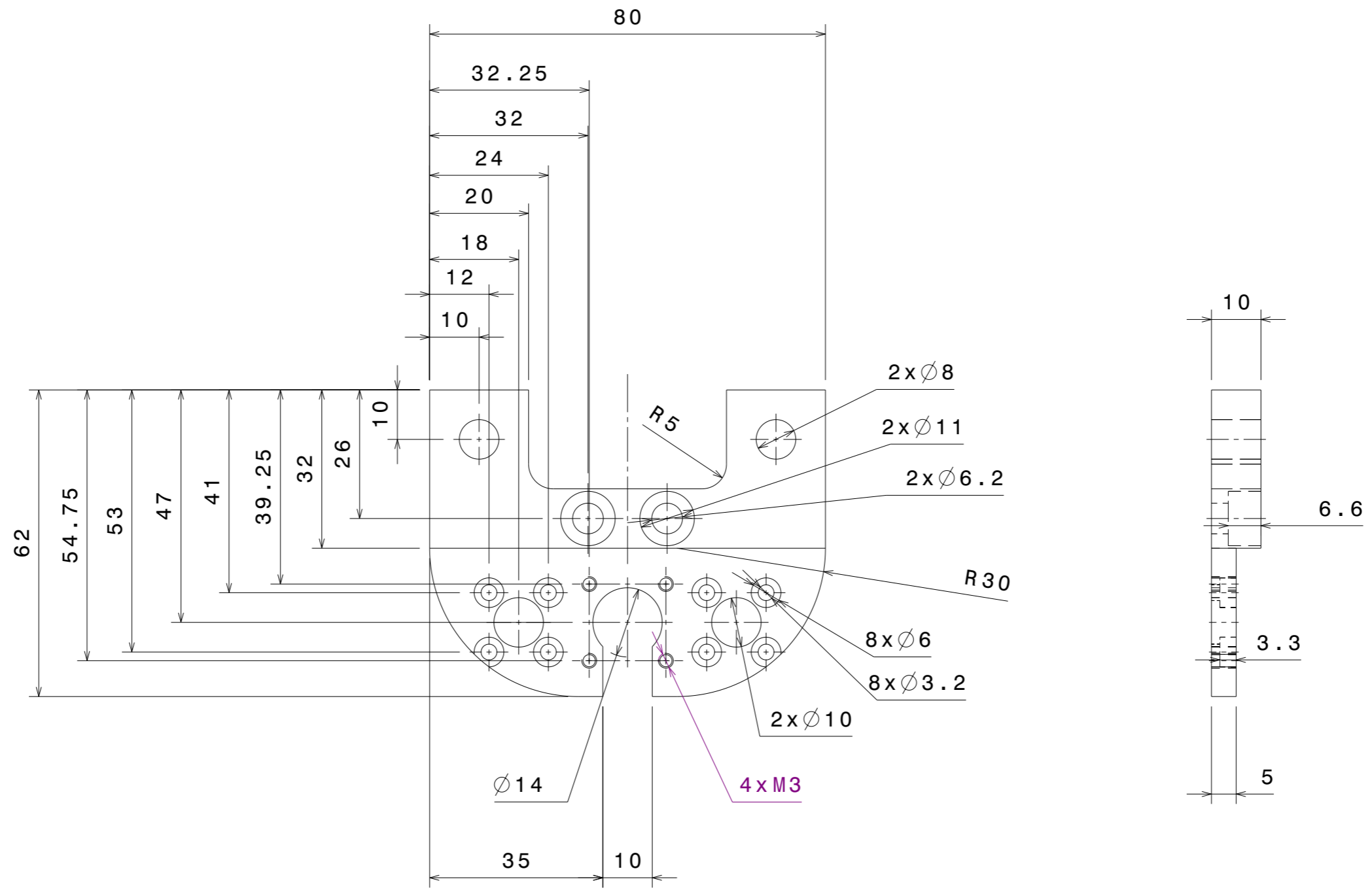
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	Ck45	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA. <b>FICOCABLES, LDA</b> Fabrica de accorios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	02/05/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:2	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS			DENOMINAÇÃO DENOMINATION		Apoio Atuador Lateral Direito <b>PMPAP05653</b>		

M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ACABAMENTO : FINISH	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	01/07/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS	
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.	
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECT	
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		PROJECTO: PROJECT		DEPARTAMENTO DEPARTEMENT
				Apoio dos Batentes		FICOCABLES, Lda Fabrica de accesorios e equipamentos industriais Eng.ª Equipamentos e Manutenção
				PMPAP05654		A

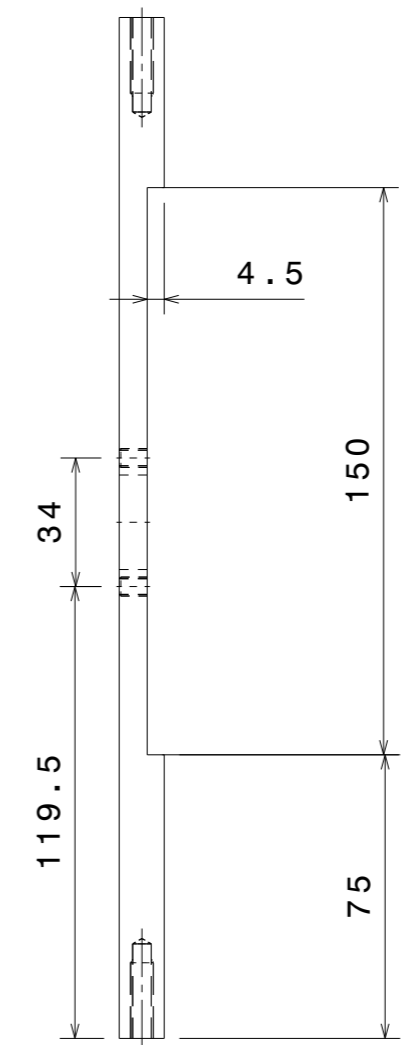
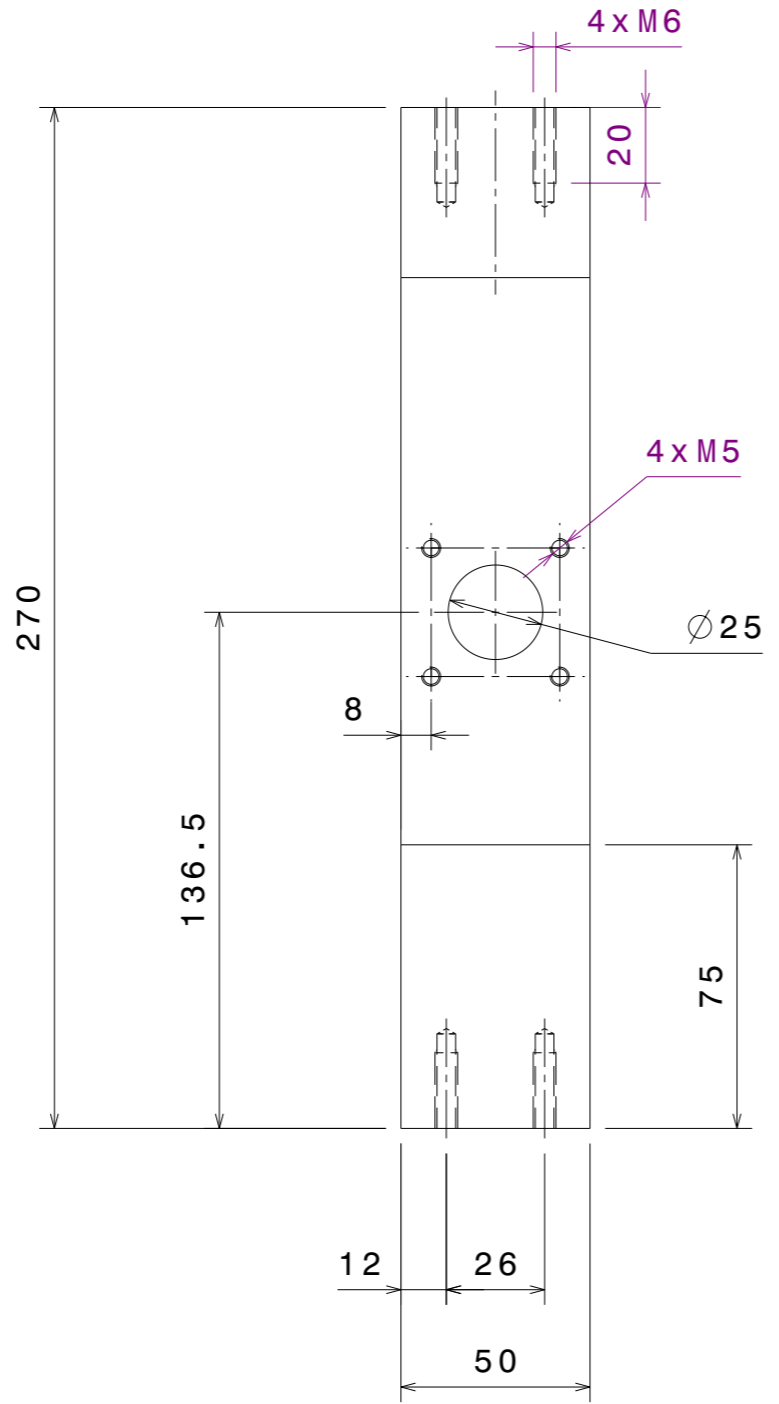
M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)

CATIA V5  
PROIBIDAS MODIFICAÇÕES MANUAIS  
FORBIDDEN MANUAL MODIFICATIONS



Alterações	C	E
	B	D

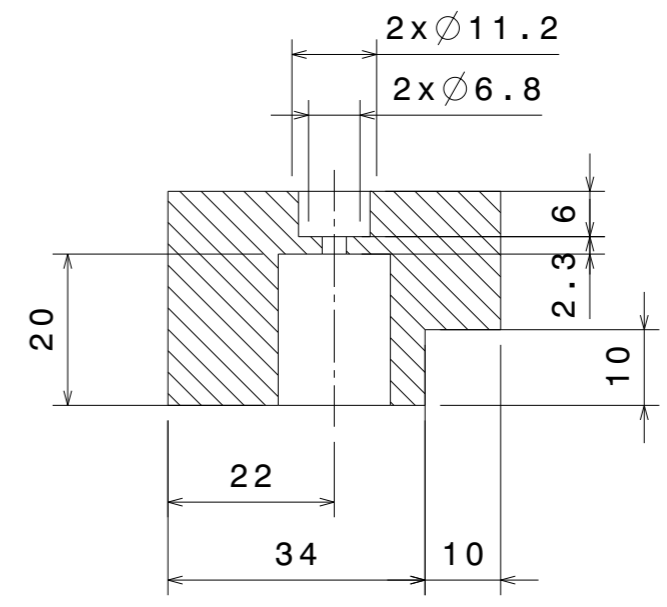
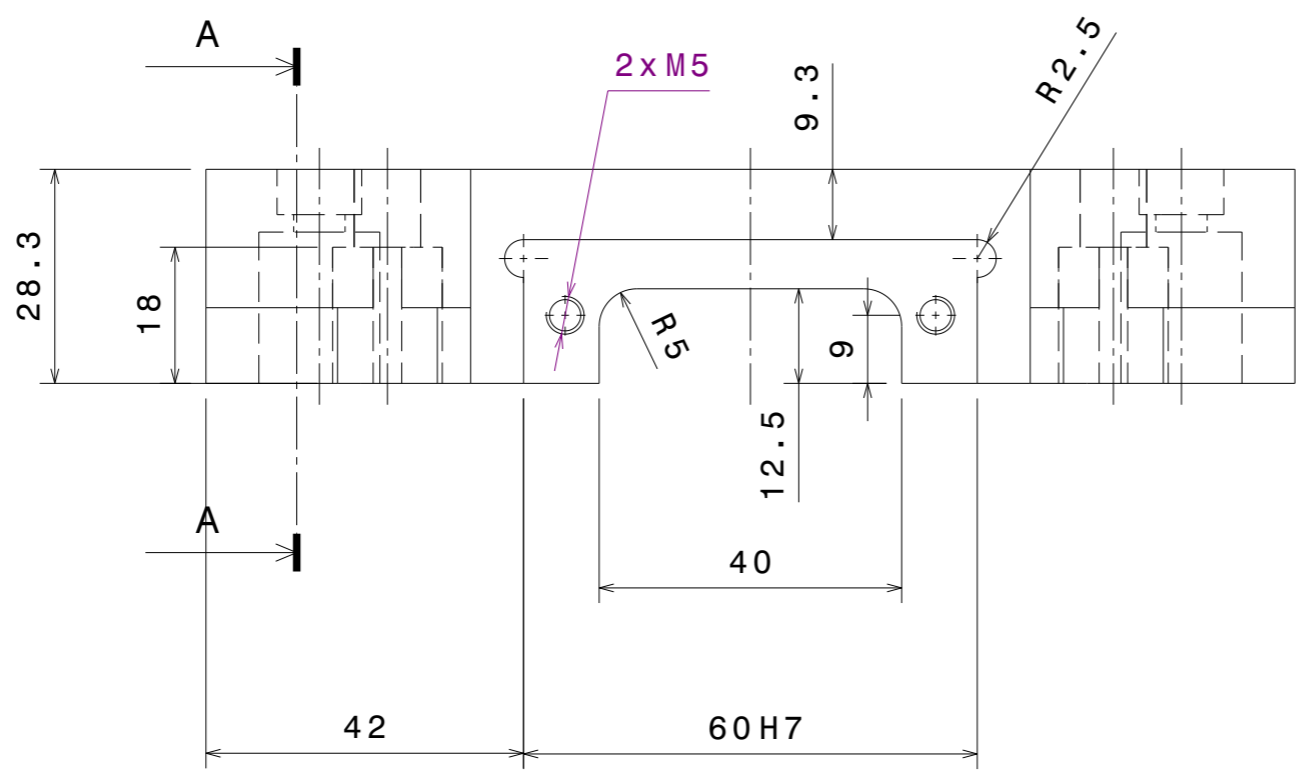
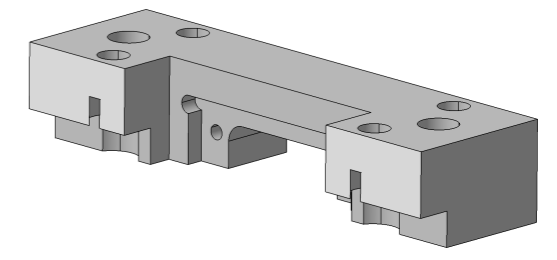
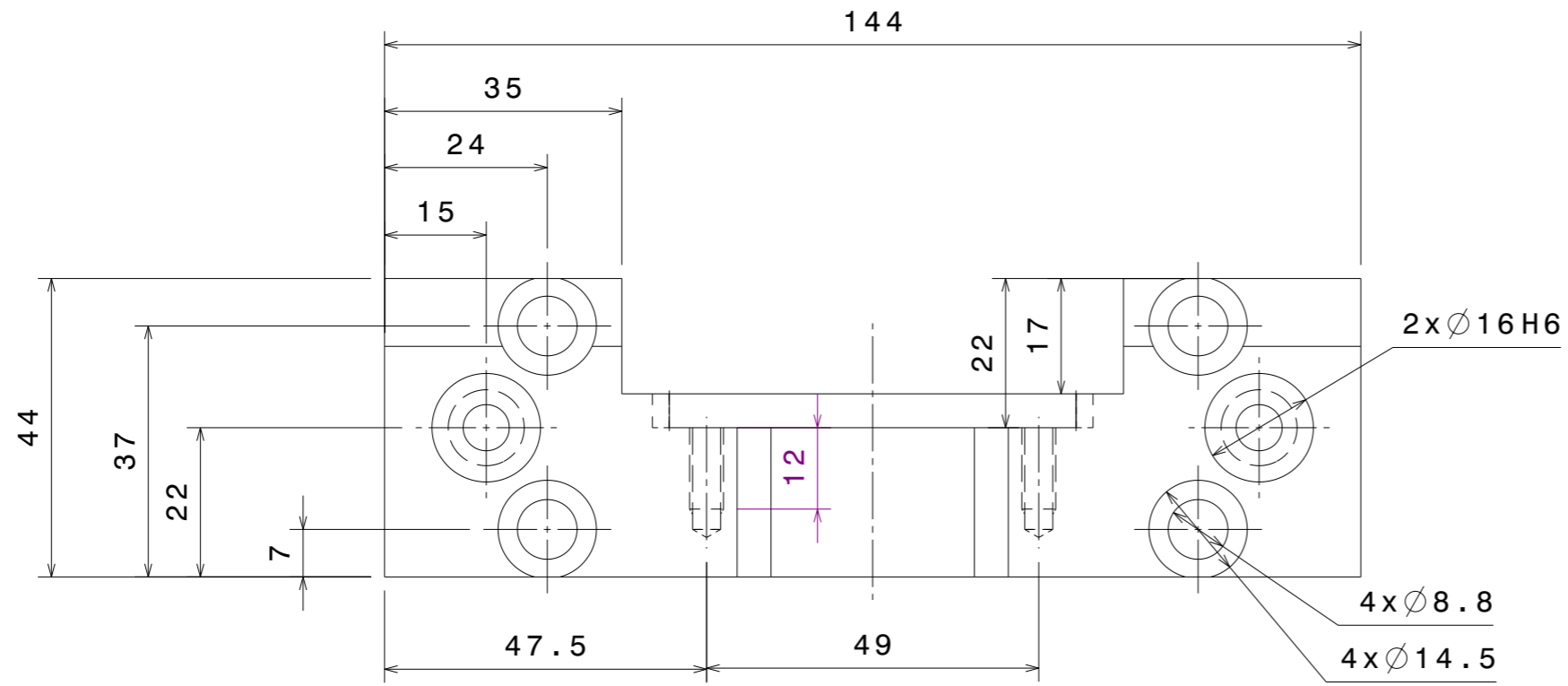
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	Ck45	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	02/05/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		1 TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:2	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS			DENOMINAÇÃO DENOMINATION		<b>PMPAP05694</b>		
			Apoyo Atuador Lateral Esquerdo		<b>A</b>		

M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

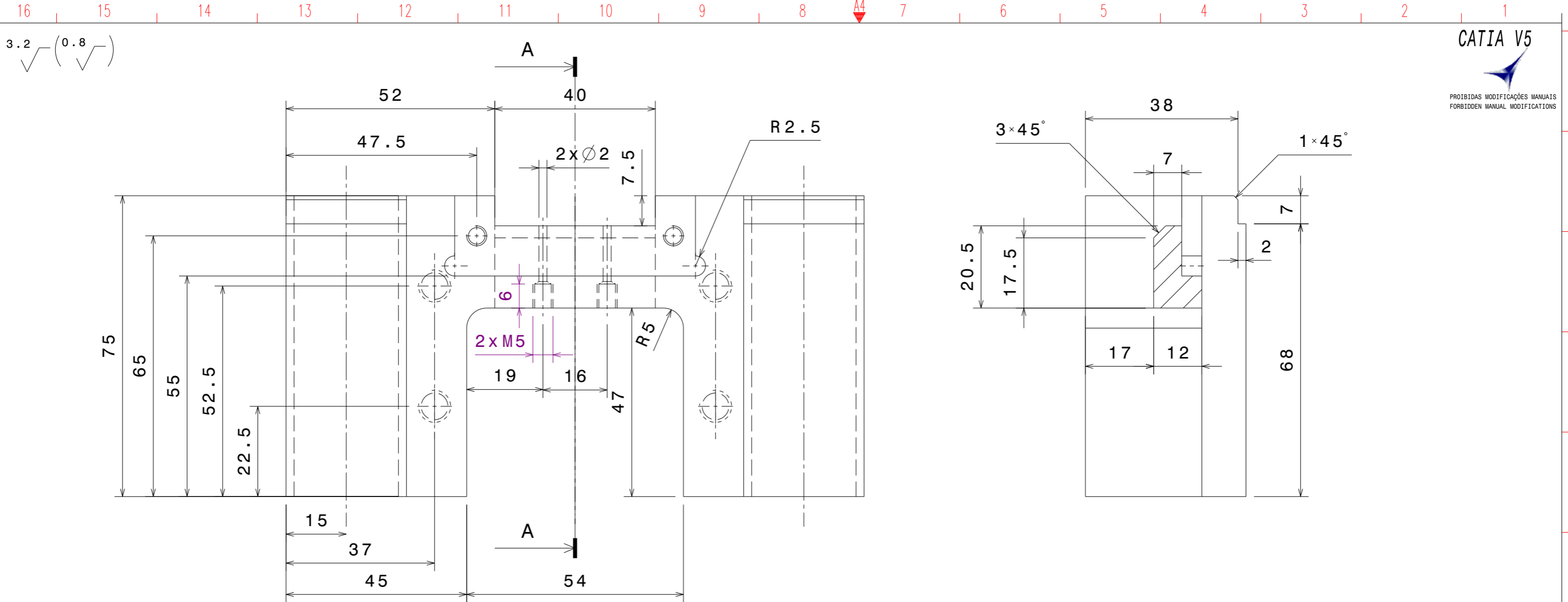
A3

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	RL 200	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	24/05/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	TRATAMENTO : TREATMENT	
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.	Têmpera	
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT	DEPARTAMENTO DEPARTEMENT	
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		Bloco de Suporte Lâmina Superior		FICOCABLES, Lda Fabrica de acessórios e equipamentos industriais Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
						PMPBLC0954	A



Alterações	C	E
	B	D

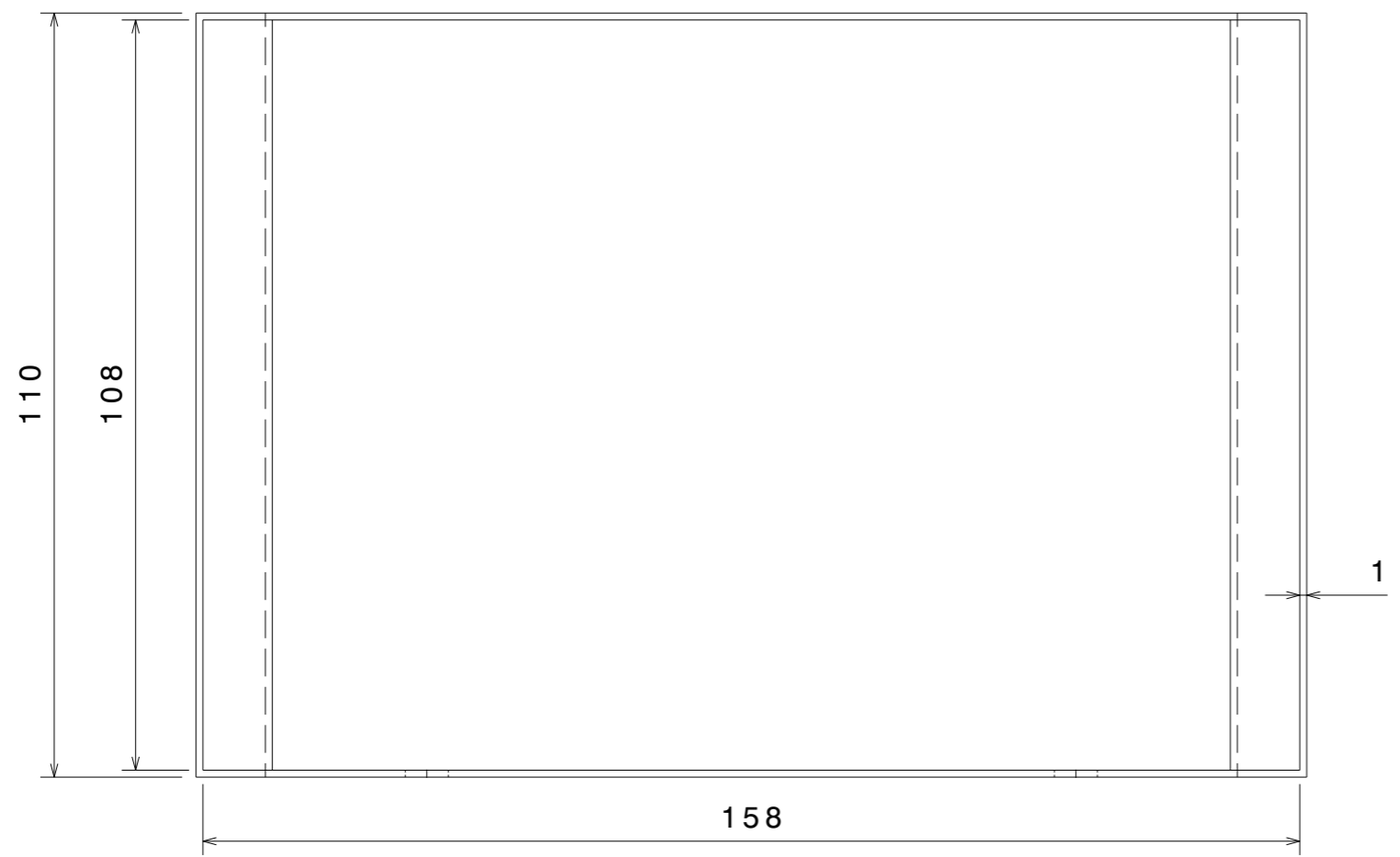
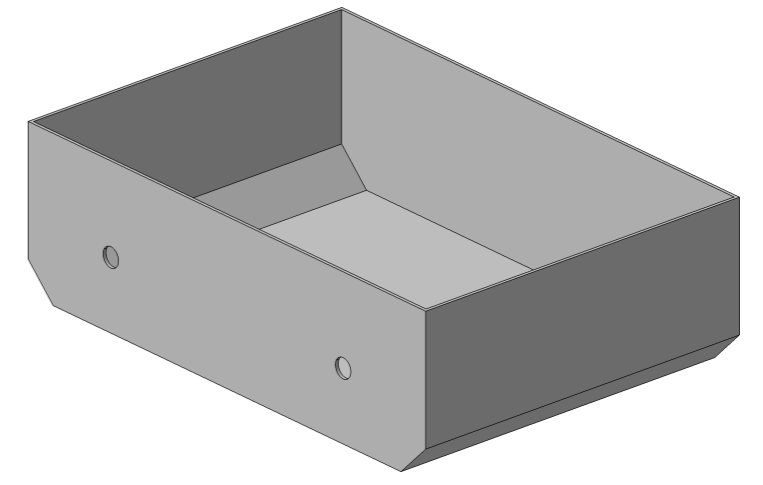
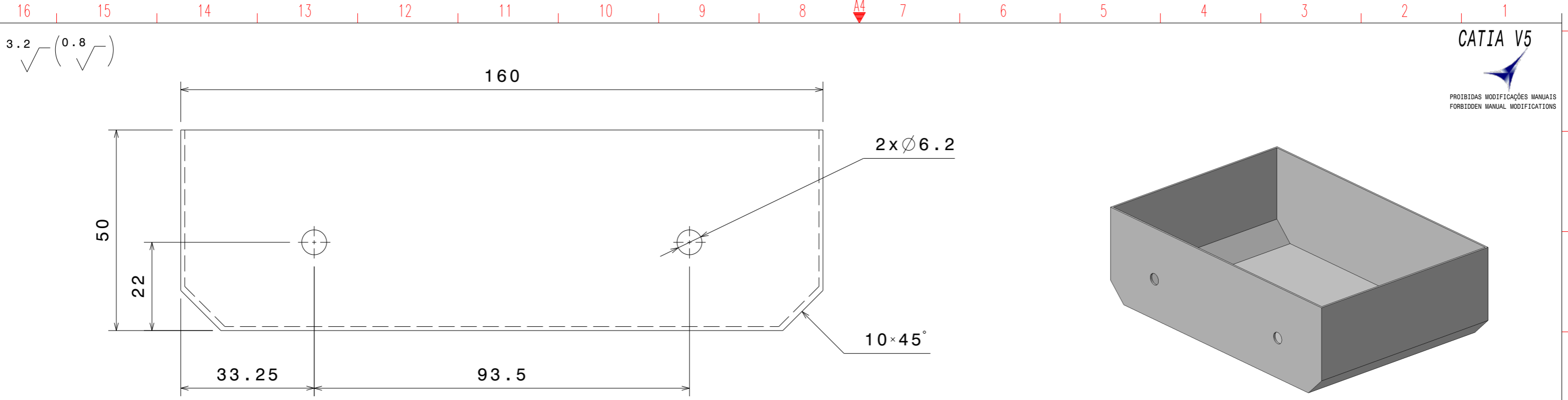
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ACABAMENTO : FINISH	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	24/05/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS	
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			TRATAMENTO : TREATMENT	
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	TEMPERA : TEMPERATURE	
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		PROJECTO: PROJECT		FABRIL DE ACCESORIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS DEPARTAMENTO : DEPARTMENT
		Bloco de Suporte Lâmina Inferior		PMPBLC0962		Eng.ª Equipamentos e Manutenção

M017/0

25 mm

A

A3



**NOTA:** Quebrar arestas vivas na parte exterior da caixa

Alterações	C	E
	B	D

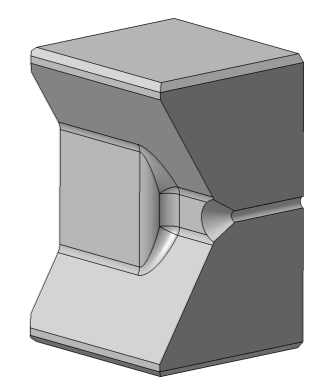
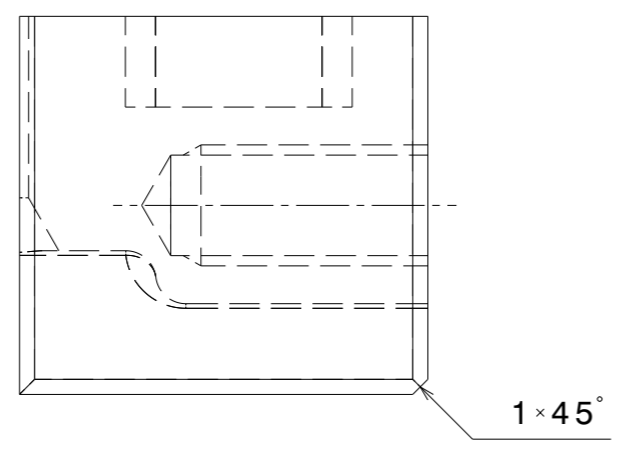
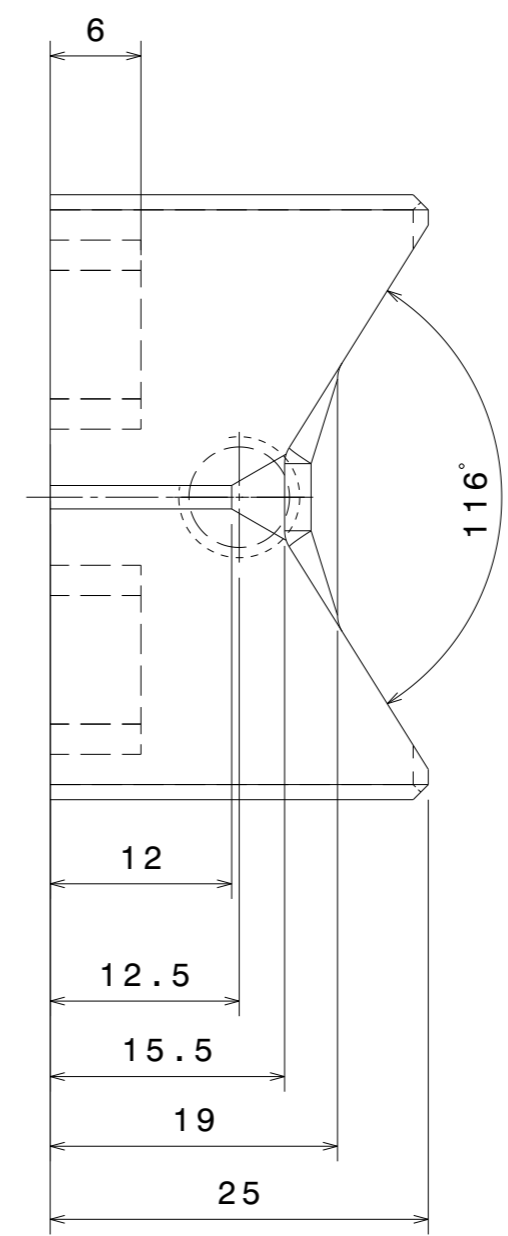
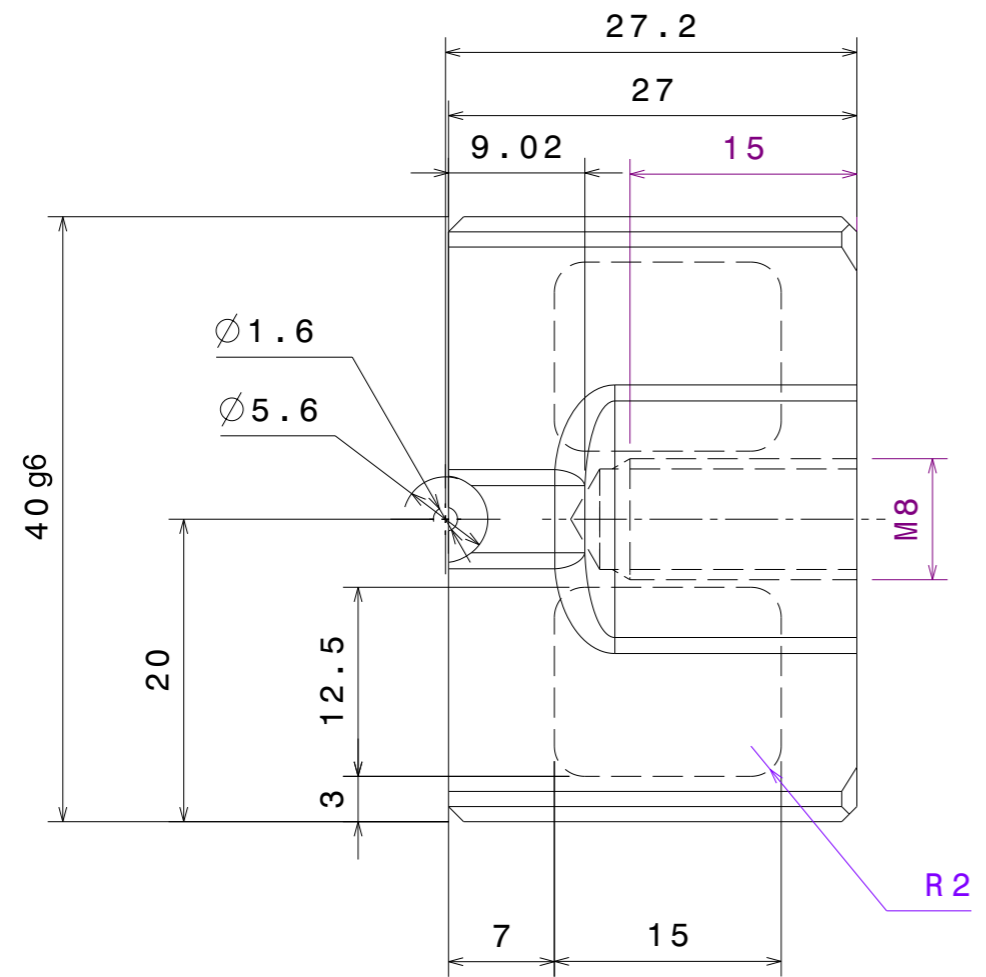
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	INOX	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	14/04/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION		FICOCABLES, LDA Fabrica de acessórios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO DEPARTAMENTO: Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
				Caixa de Aparas			PMP CAX0509 A

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

CATIA V5

PROIBIDAS MODIFICAÇÕES MANUAIS  
FORBIDDEN MANUAL MODIFICATIONS

3.2 (0.8)



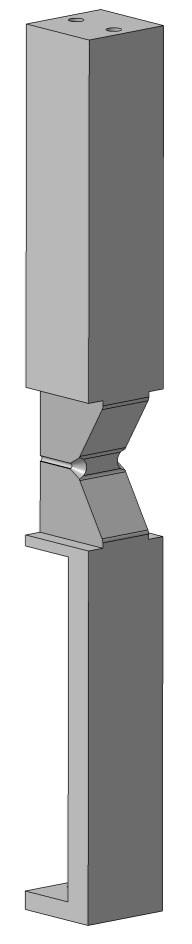
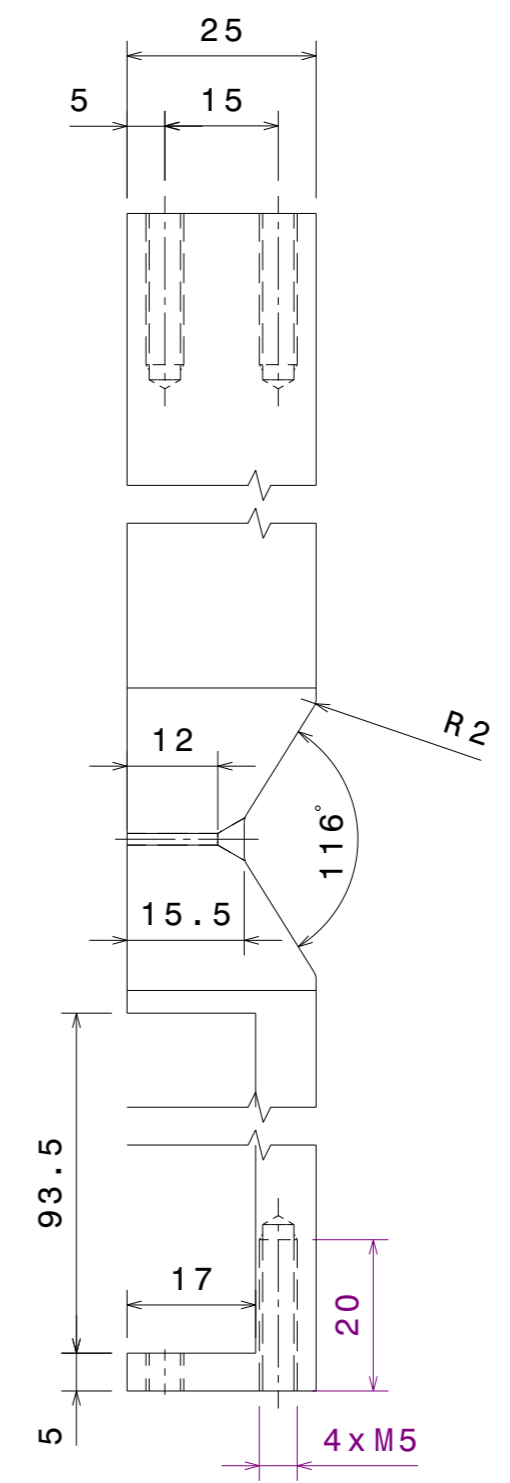
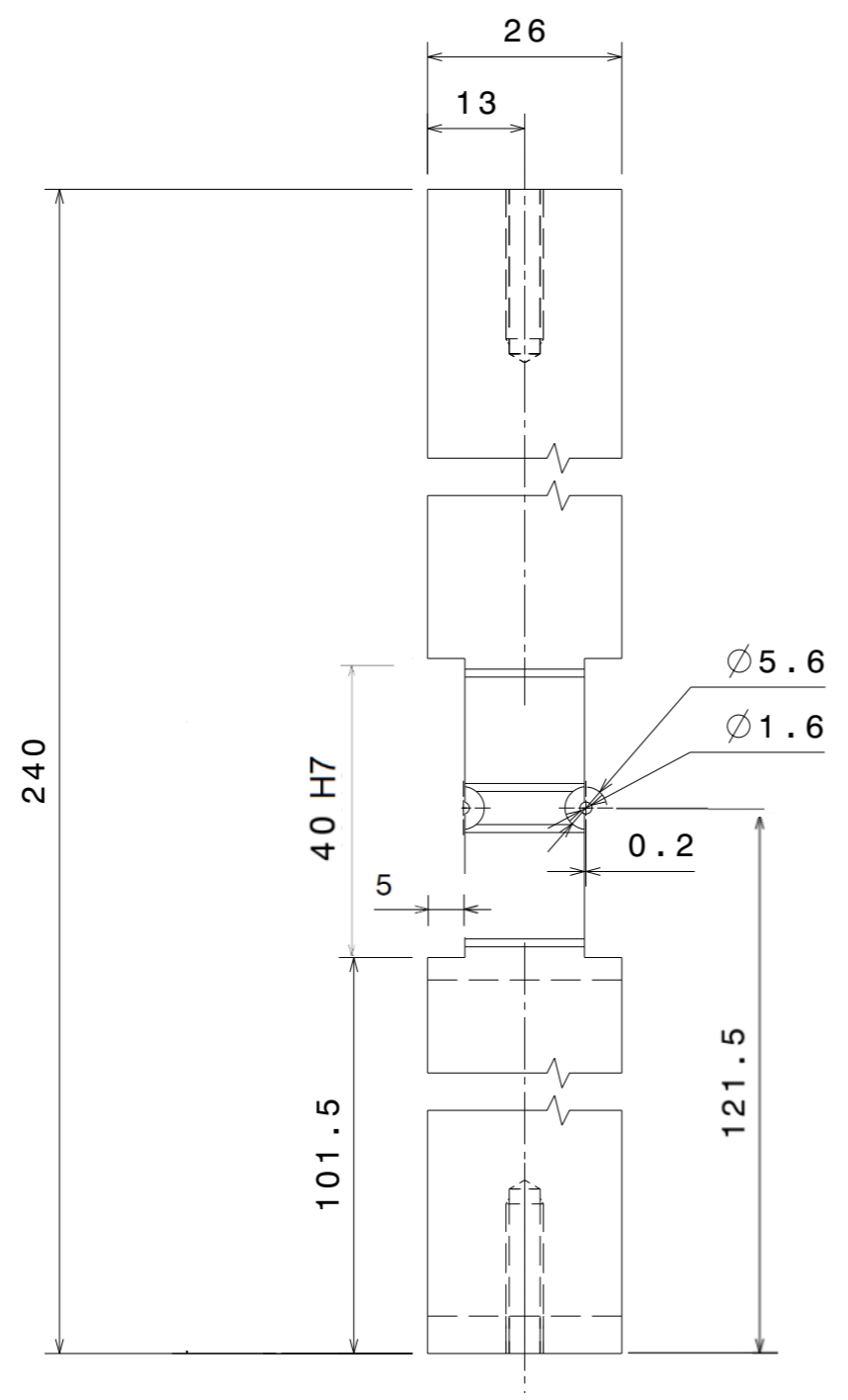
Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ACABAMENTO : FINISH	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	$\pm 0.1$	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS	
ANGULARES ANGULAR	$\pm 1^\circ$	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			TREATMENT : TÊMPERA	
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.	
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		PROJECTO: PROJECT		DEPARTAMENTO DEPARTAMENTO
		Mordente Exterior		PMPMOR0099		A

M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

3.2 (0.8)

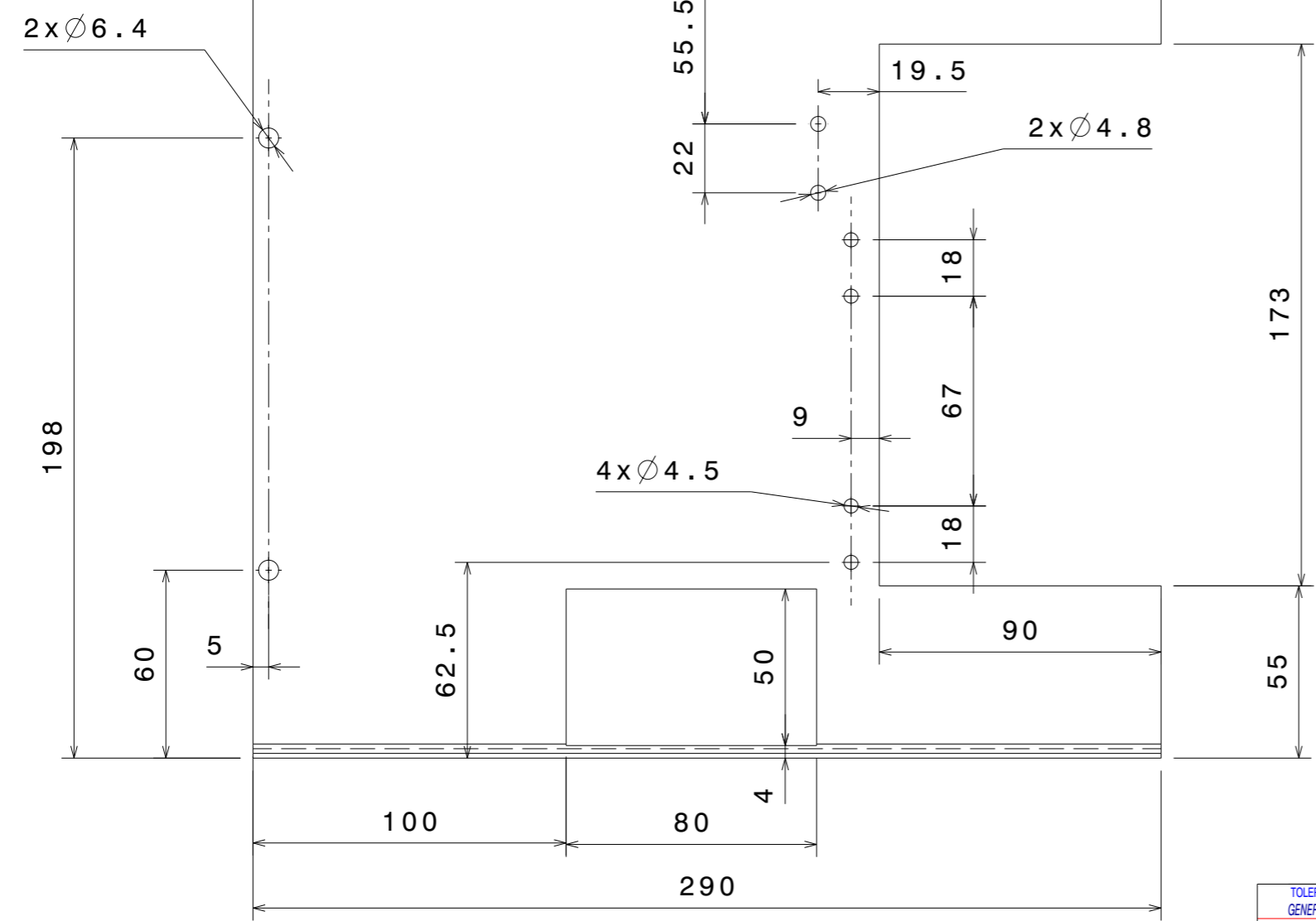
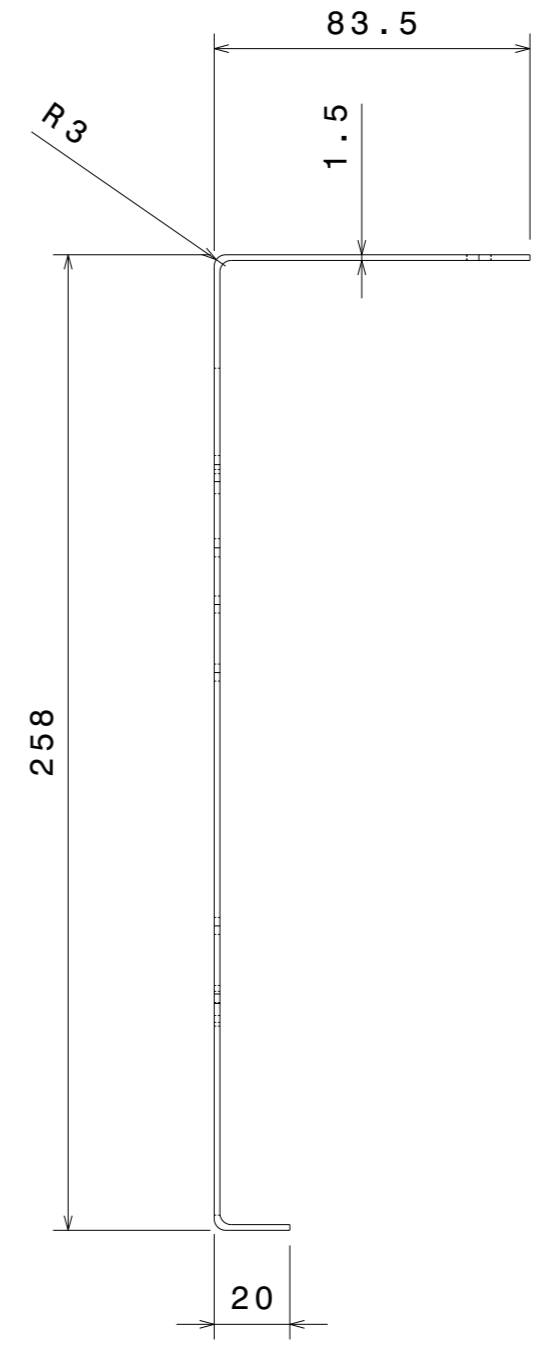
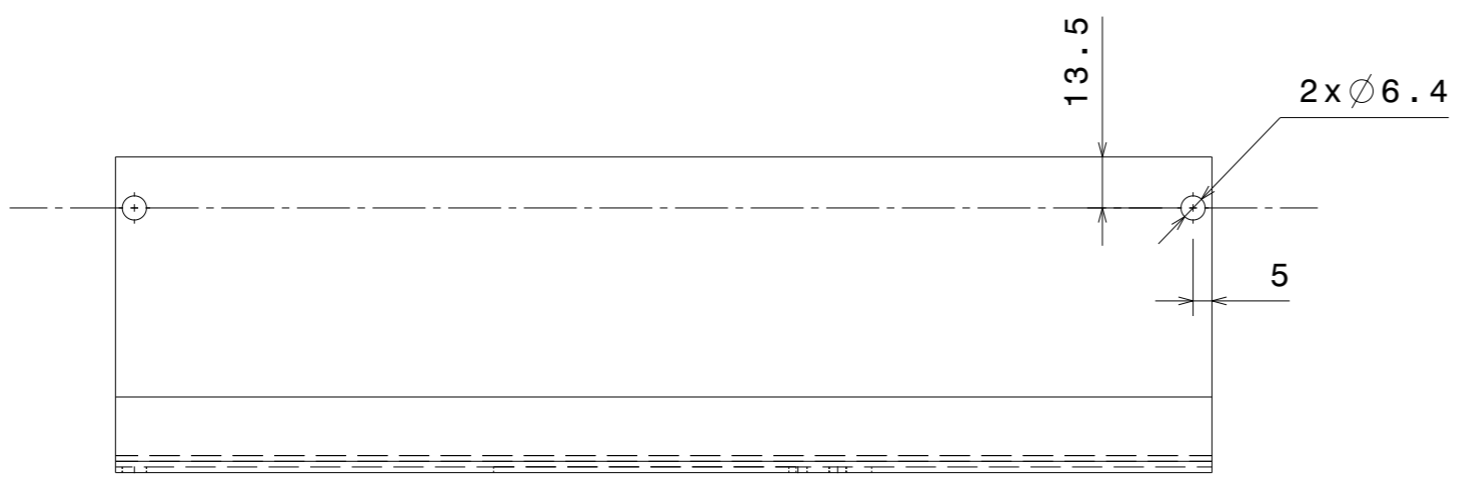


Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES	DESENHADO DRAWN	DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ACABAMENTO : FINISH	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS . E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	±0.1	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS	TREATMENT : Têmpera	
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED		QUANTIDADE : QUANTITY	1	FICOCABLES, LDA Fabrica de acessorios e equipamentos industriais
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED		POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.	BRUTE DIMENSION	
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:	Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		DEPARTAMENTO : DEPARTAMENT : Eng.ª Equipamentos e Manutenção
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS			DENOMINAÇÃO DENOMINATION		PMPMOR0100	
			Mordente Central		A	

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

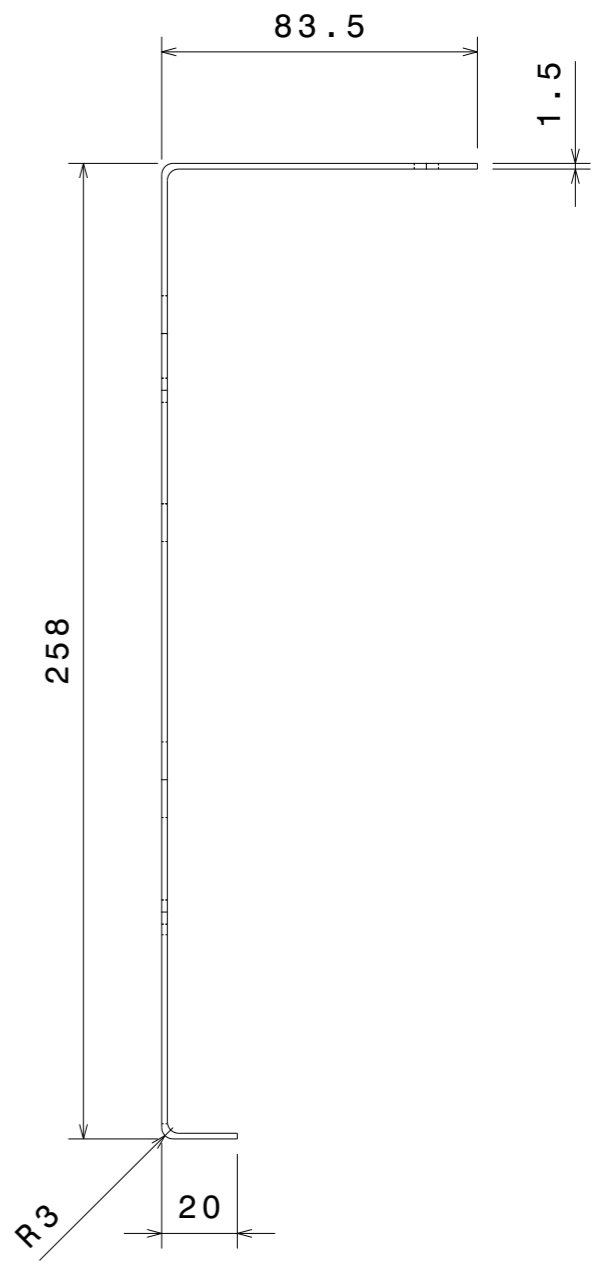
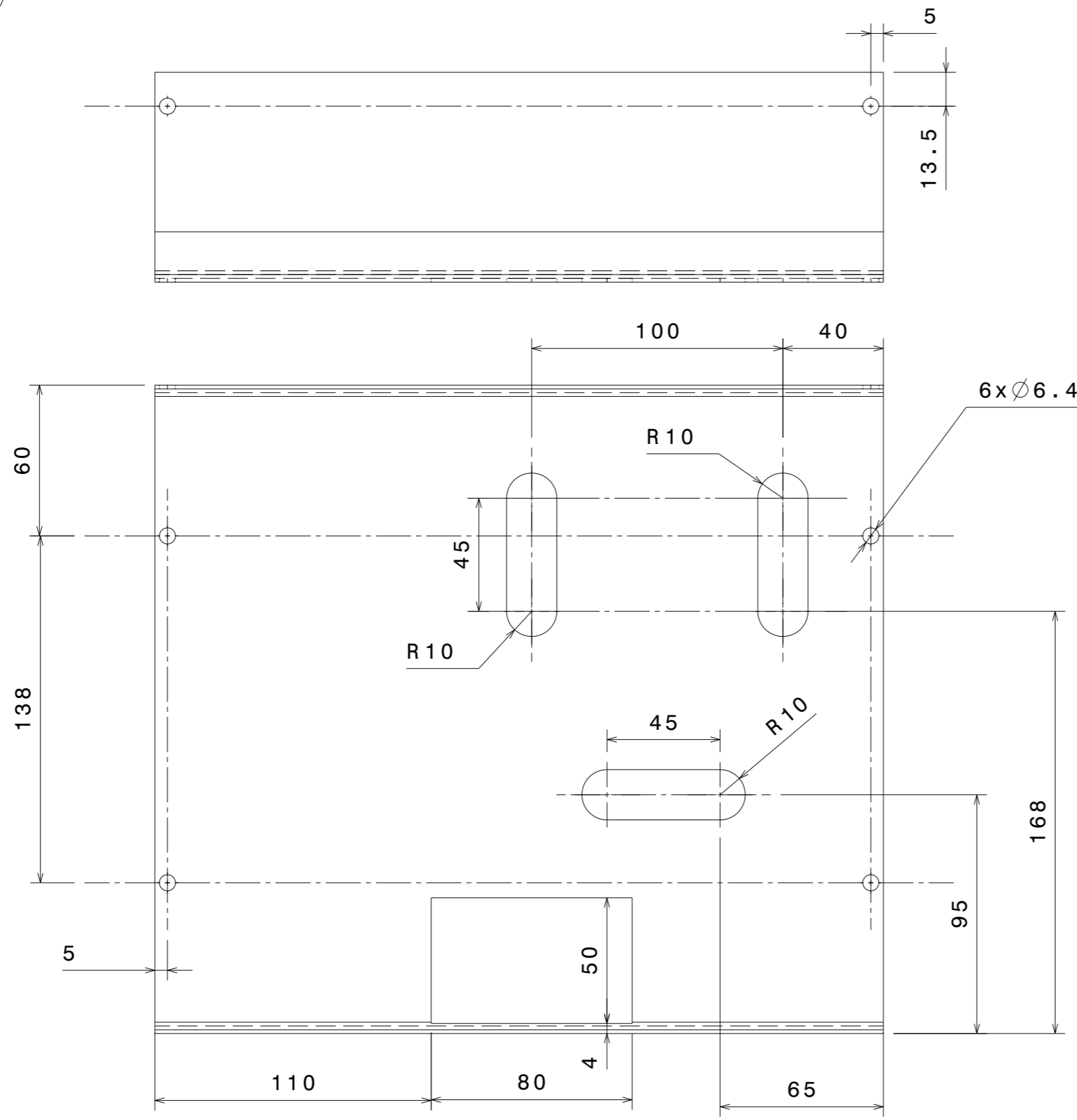
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	INOX	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		Proteção Lateral Esquerda		FABRIL FICOCABLES, LDA Fabrica de accesorios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO : DEPARTEMENT : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
						PMPPR01497	A

M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)



Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	INOX	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	25/03/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:2	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		Proteção Lateral Direita		FICOCABLES, Lda Fabrica de accesorios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO DEPARTAMENT : Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
						PMPPR01498	A

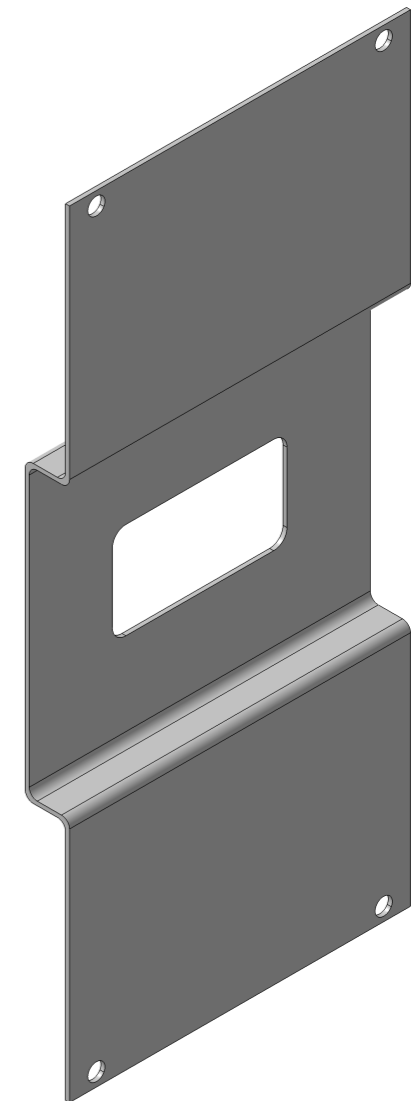
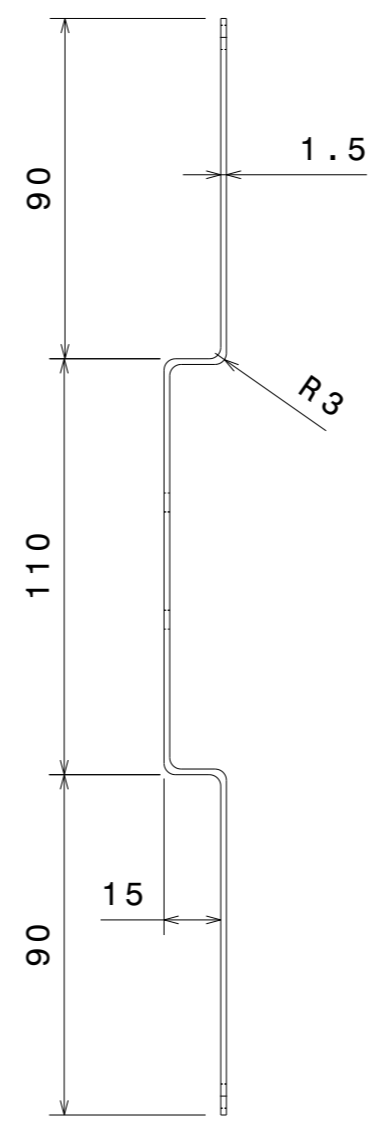
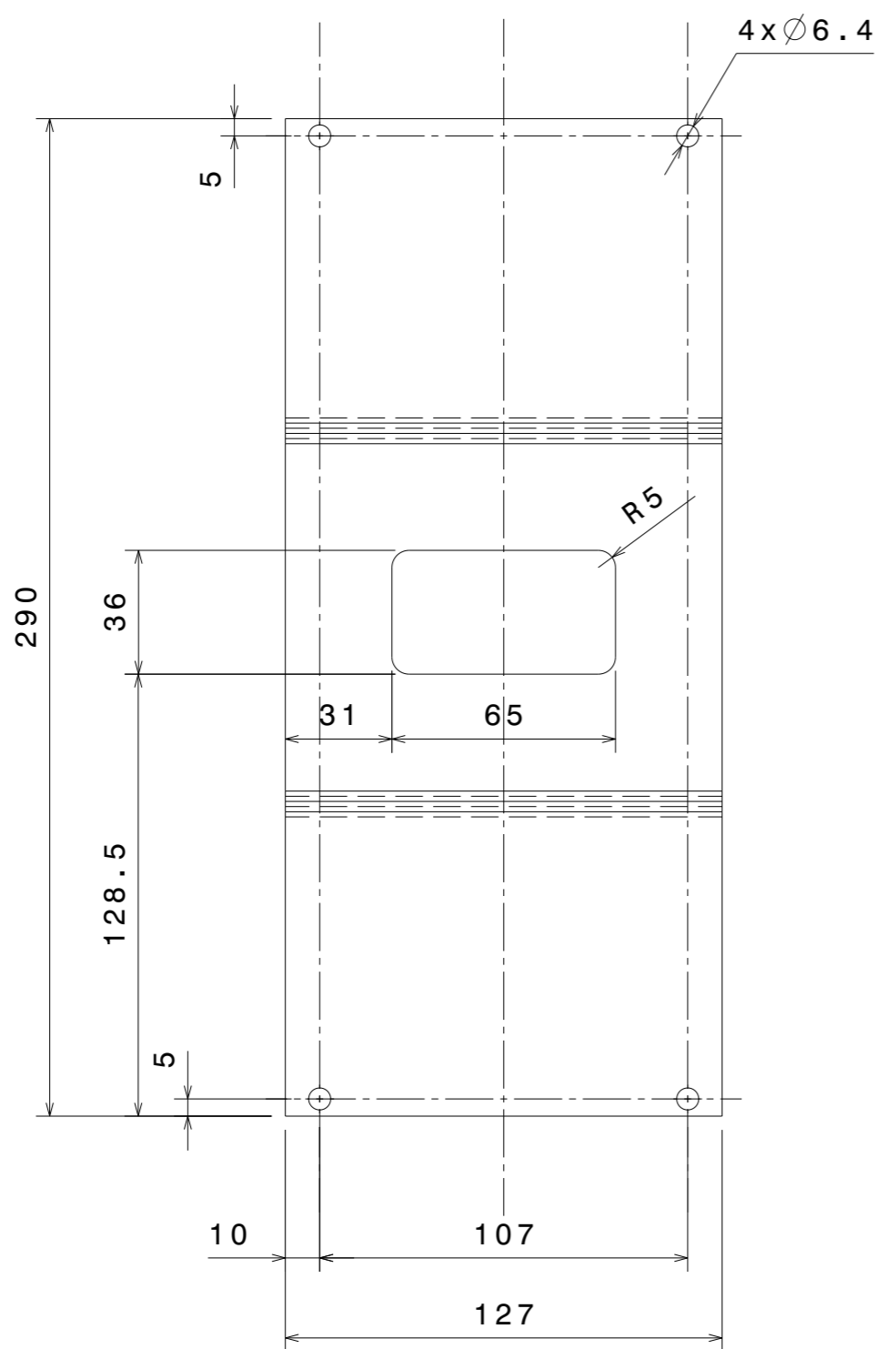
MO1770

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)

CATIA V5  
PROIBIDAS MODIFICAÇÕES MANUAIS  
FORBIDDEN MANUAL MODIFICATIONS



Alterações	C	E
	B	D

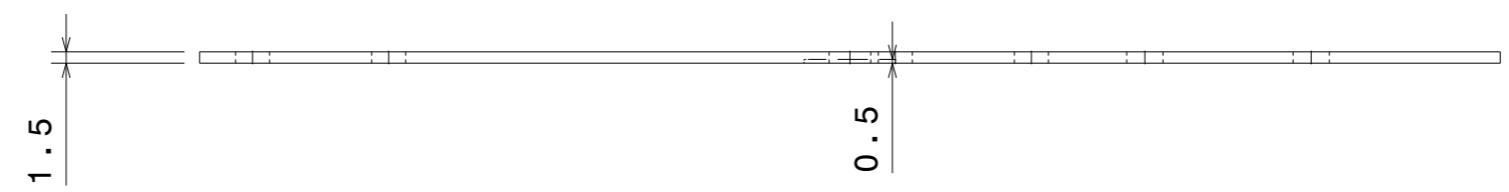
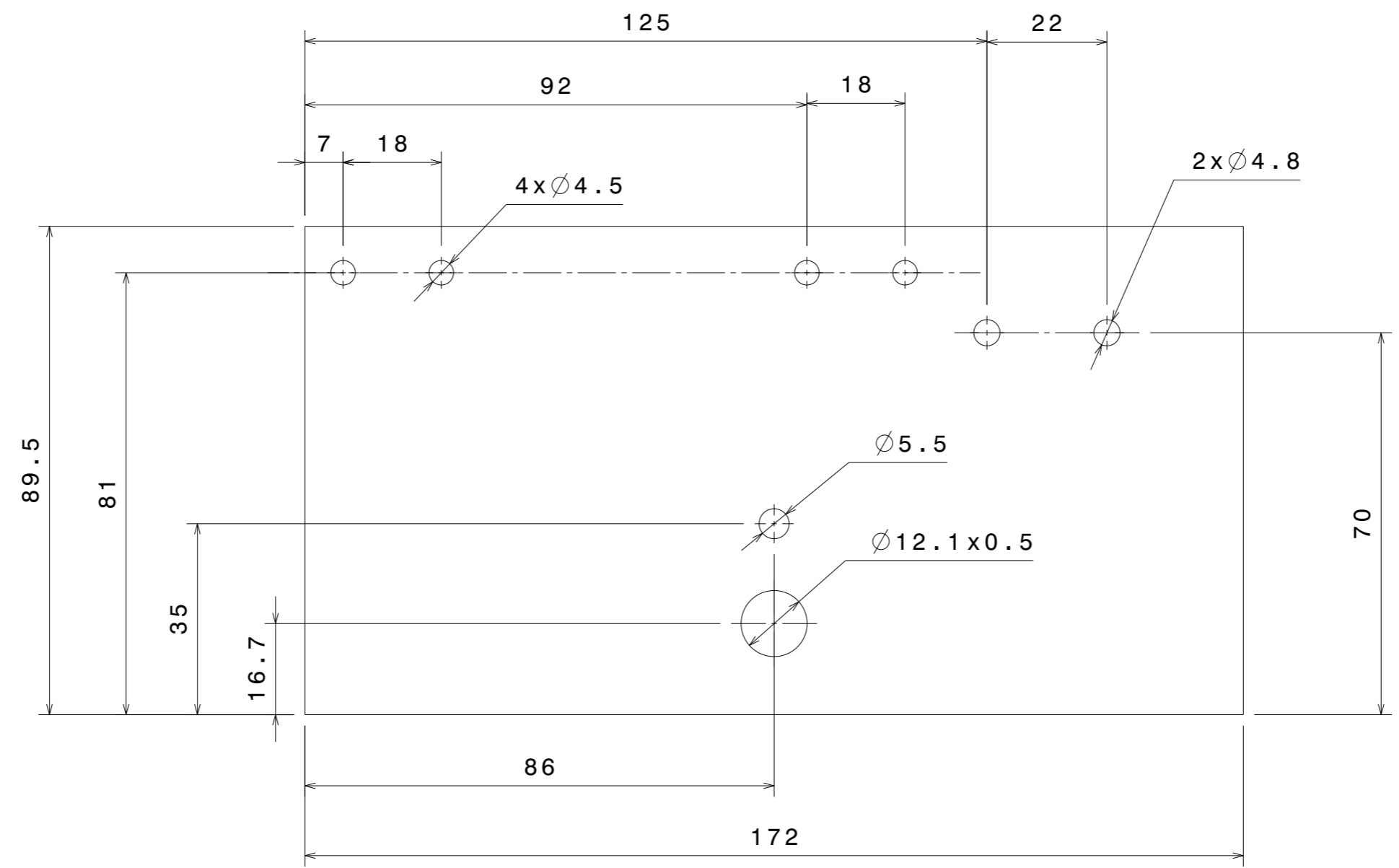
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	INOX	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	10/05/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY	1	TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS. CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:2	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		Proteção Frente		DEPARTAMENTO DEPARTAMENTO	Eng.ª Equipamentos e Manutenção
						PMPPR01499	A

A3 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm A3

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)

CATIA V5  
PROIBIDAS MODIFICAÇÕES MANUAIS  
FORBIDDEN MANUAL MODIFICATIONS



Alterações	C	E
	B	D

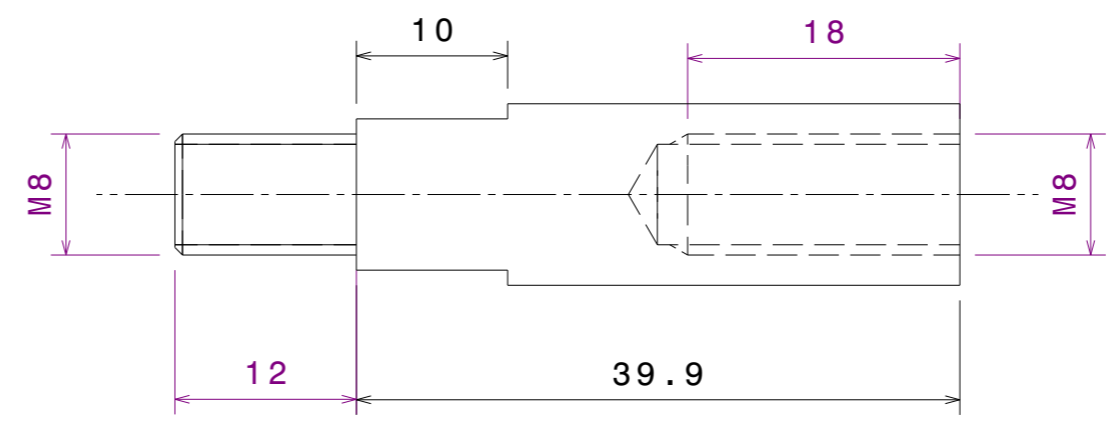
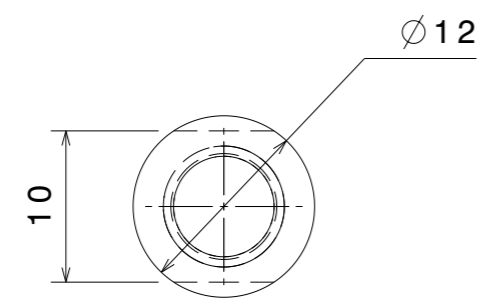
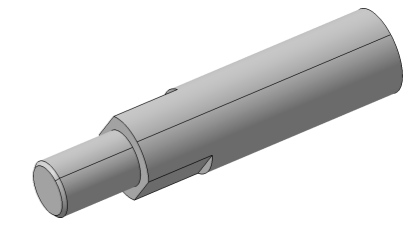
TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	INOX	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	14/04/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS		ACABAMENTO : FINISH
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		TRATAMENTO : TREATMENT
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	PROJECTO: PROJECT		
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS				DENOMINAÇÃO DENOMINATION		 Fabrica de acessórios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO DEPARTAMENT: Eng.ª Equipamentos e Manutenção	
				Proteção - Tampa Lateral			PMPPR01515 A

M017/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)

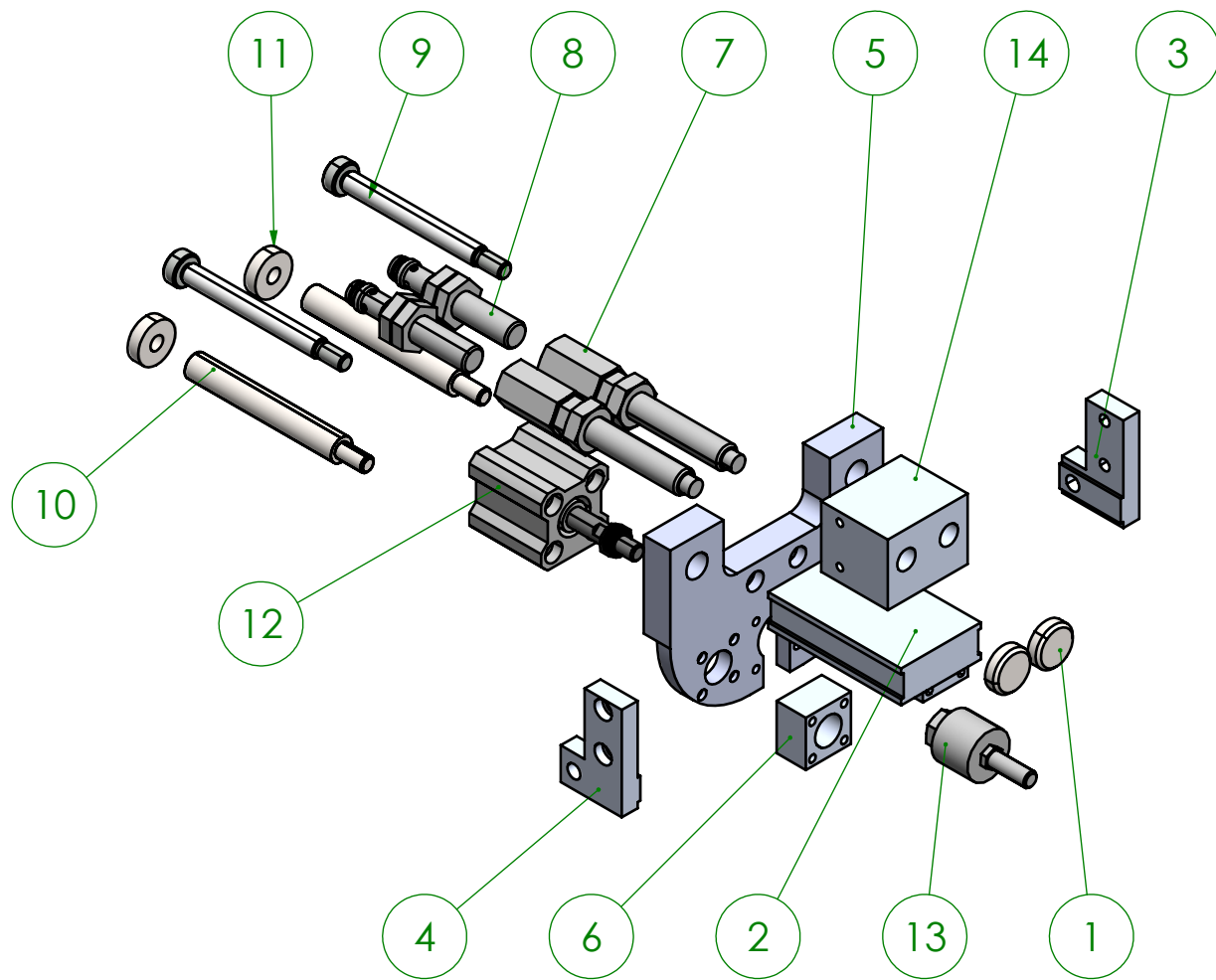


Alterações	C	E
	B	D

TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS. E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	03/05/22	Pedro R.	DUREZA : HARDNESS
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			ACABAMENTO : FINISH
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			QUANTIDADE : QUANTITY
ESCALA Scale	2:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.	TRATAMENTO : TREATMENT
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS		DENOMINAÇÃO DENOMINATION		PROJECTO: PROJECT	Medida em Bruto : BRUTE DIMENSION
		Veio de Ligação dos Mordentes			FABRICA DE ACCESORIOS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS DEPARTAMENTO : DEPARTEMENT :
					Eng.ª Equipamentos e Manutenção
					<b>PMPVEI2332</b>
					<b>A</b>

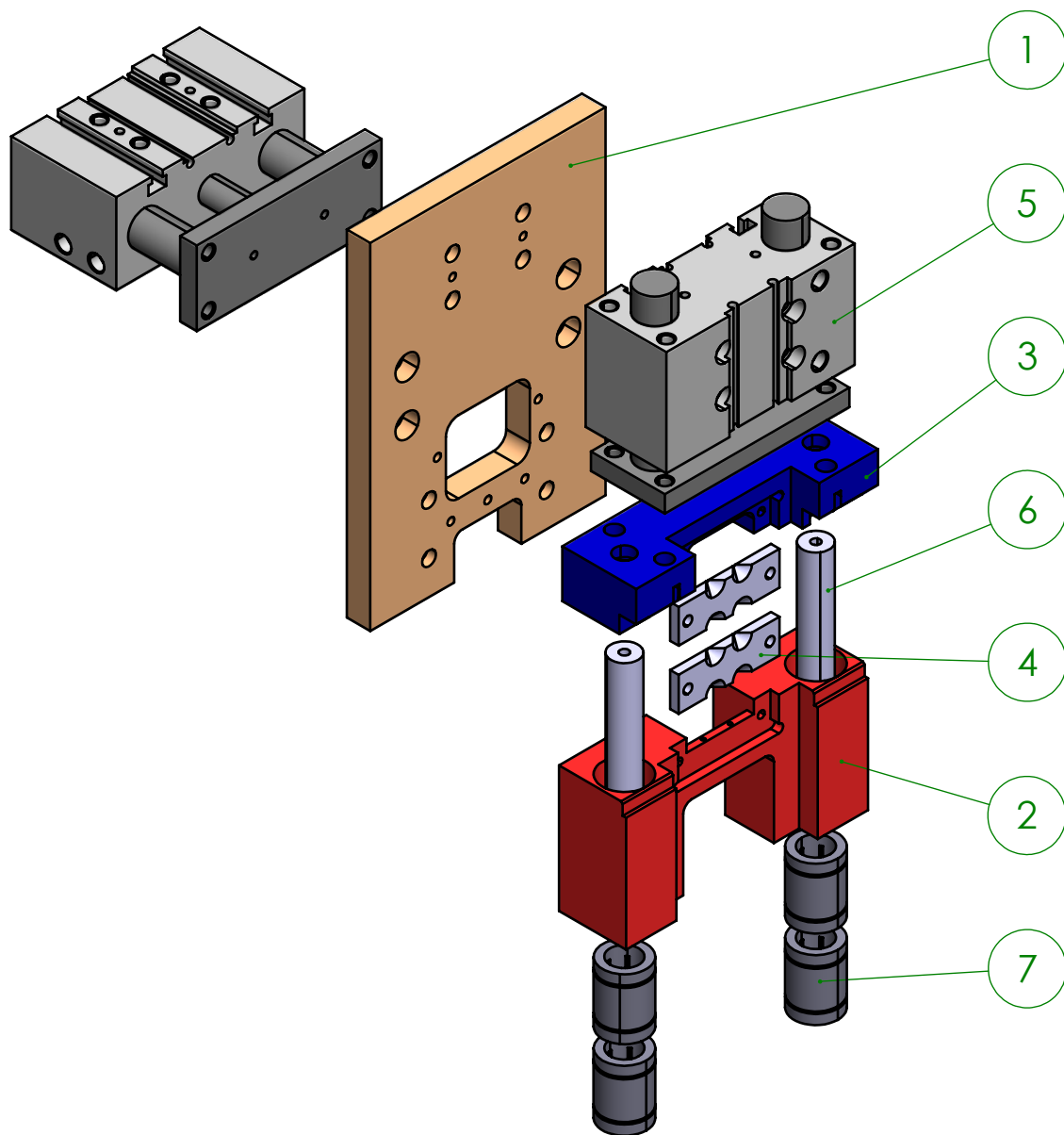
MO17/0

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm



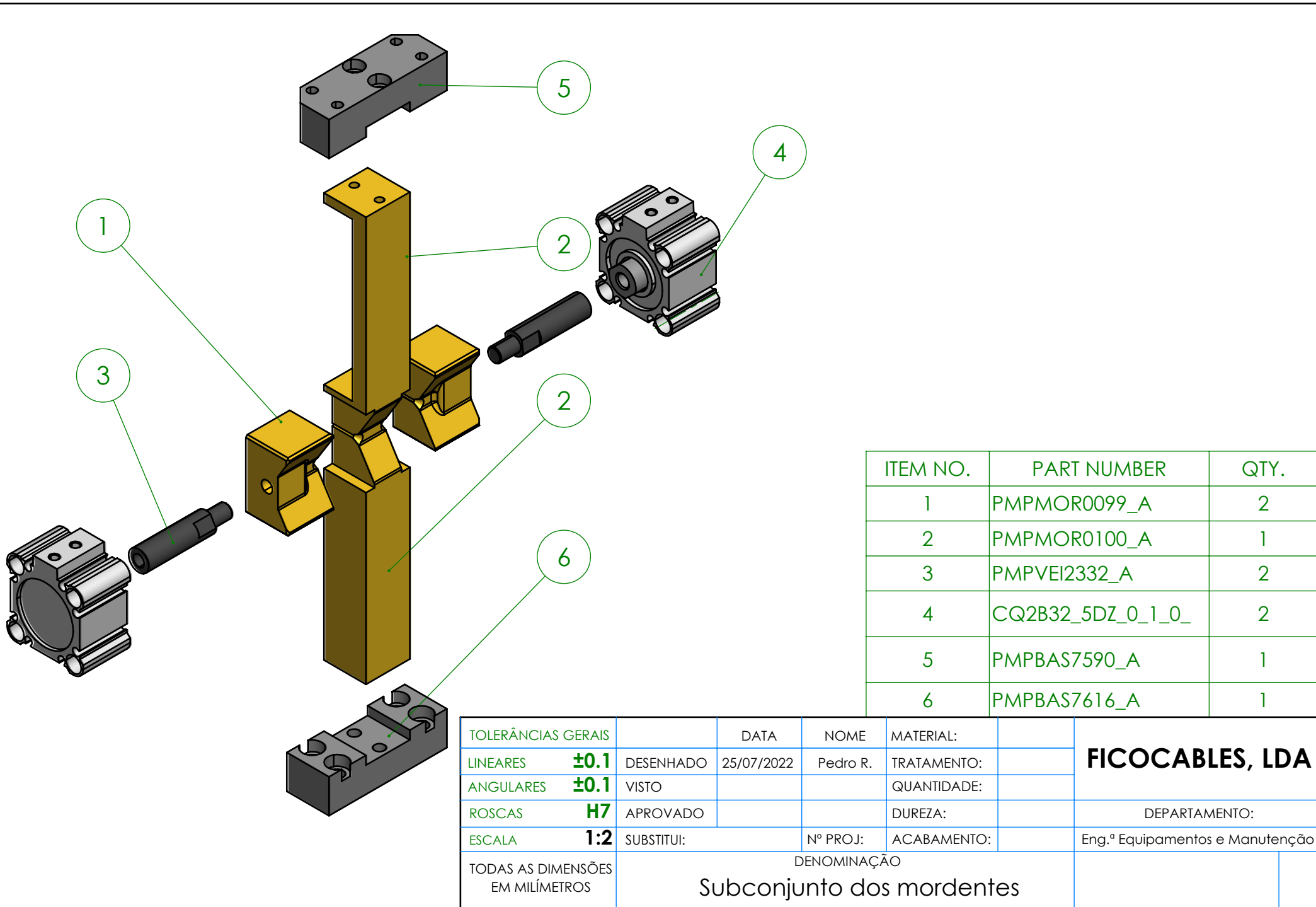
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	PMDBAT0189_A	2
2	PMDPOC0027_A	1
3	PMDPOC0028_A	1
4	PMDPOC0029_A	1
5	PMPAPO5654_A	1
6	PMPBAS7615_A	2
7	E10154	2
8	150387_SIEN_M8B_PS_S_L___4_0_	2
9	B6050_eixo	2
10	PMDVEI0220_A	2
11	PMPBAT2425_A	2
12	CQ2B12_10DM_0_1_0_	1
13	JA15_5_080_0_.catproduct	1
14	PMPBAS7591_A	1

TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:		<b>FICOCABLES, LDA</b>
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	25/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:		
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:		
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		
ESCALA <b>1:2</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO					
	Subconjunto dos batentes					



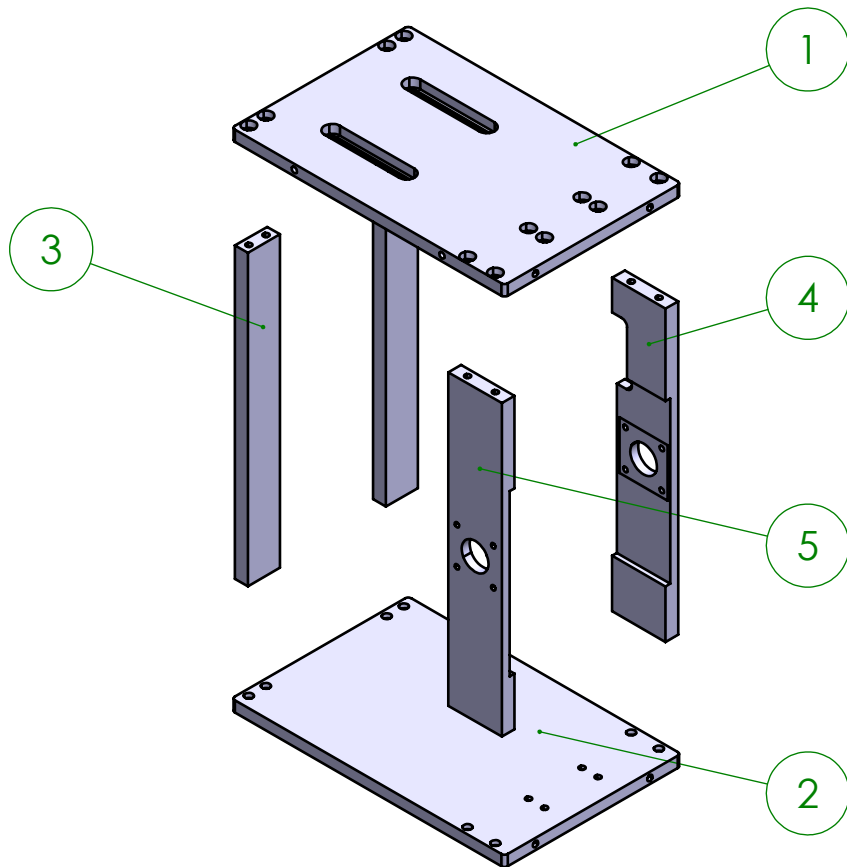
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	PMPAPO5651_A	1
2	PMPBLC0962_A	1
3	PMPBLC0954_A	1
4	PMDLAM0332_A	2
5	MGPM32TF_25Z_0_1_0_	2
6	PMDVEI0219_A	2
7	inafag_kb16_61agwtp kcf38fxalcj40mn9ch	4

TOLERÂNCIAS GERAIS	DESENHADO	DATA	NOME	MATERIAL:	<b>FICOCABLES, LDA</b>  DEPARTAMENTO: Eng.º Equipamentos e Manutenção
LINEARES <b>±0.1</b>	VISTO	25/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:	
ANGULARES <b>±0.1</b>	APROVADO			QUANTIDADE:	
ROSCAS <b>H7</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	DUREZA:	
ESCALA <b>1:3</b>			ACABAMENTO:		
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO <b>Subconjunto das lâminas</b>				



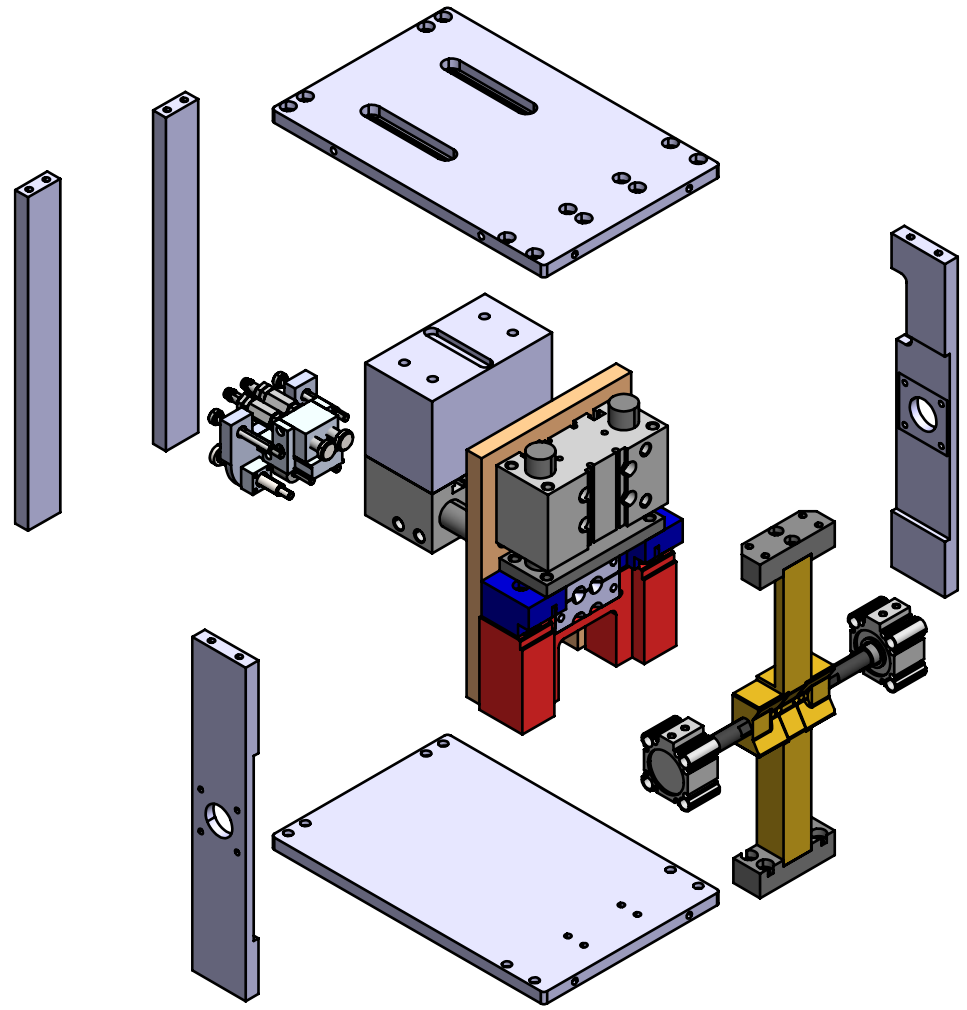
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	PMPMOR0099_A	2
2	PMPMOR0100_A	1
3	PMPVEI2332_A	2
4	CQ2B32_5DZ_0_1_0_	2
5	PMPBAS7590_A	1
6	PMPBAS7616_A	1

TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:		<b>FICOCABLES, LDA</b>
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	25/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:		
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:		
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		
ESCALA <b>1:2</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		DEPARTAMENTO:
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO					Eng.º Equipamentos e Manutenção
Subconjunto dos mordentes						



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	PMPBAS7588_A	1
2	PMPBAS7589_A	1
3	PMPAPO5652_A	2
4	PMPAPO5653_A	1
5	PMPAPO5694_A	1

TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:		<b>FICOCABLES, LDA</b>
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	25/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:		
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:		DEPARTAMENTO:
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		Eng.º Equipamentos e Manutenção
ESCALA <b>1:5</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO					
	Estrutura - vista explodida					

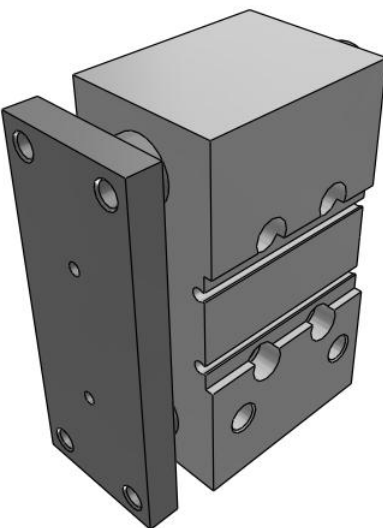


TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:		<b>FICOCABLES, LDA</b>
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	25/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:		
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:		
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		DEPARTAMENTO:
ESCALA <b>1:5</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		Eng.º Equipamentos e Manutenção
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO					
	Máquina de decapar explodida					

---

### 6.3 Anexo 3 – Fichas técnicas dos componentes de catálogo da máquina de decapar dupla

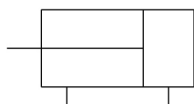




## MGP-Z, Compact Guide Cylinder MGPM32TF-25Z

### Datasheet

At SMC we have 'rolled' out an upgrade of our MGP Series guide cylinder, which is now smaller and boasts new features. The new MGP-Z is testament to our commitment to invest in ongoing research and development to refine and improve the performance and functionality of SMC products. The MGP-Z is up to 17% lighter and offers space savings thanks to shorter guide rods, without impacting on the variety of functions, robustness and quality performance of the original series. Another recent key development feature is that round auto switches can now be fitted directly onto the MGP-Z cylinder, removing the need for mounting brackets and reducing labour costs. The common issue of incorrectly positioned auto switches is also mitigated when using SMC's two colour indication solid state auto switch, D-M9\*W. The MGP-Z has many standard feature options including three types of bearings, four mount designs, piping from two directions and offers cooper and fluorine free versions. Suitable for many industries including General Automation and Car, it has several applications including smooth pusher and lifter, lateral load by acting as a stopper where shock is applied, or minimising plate displacement.



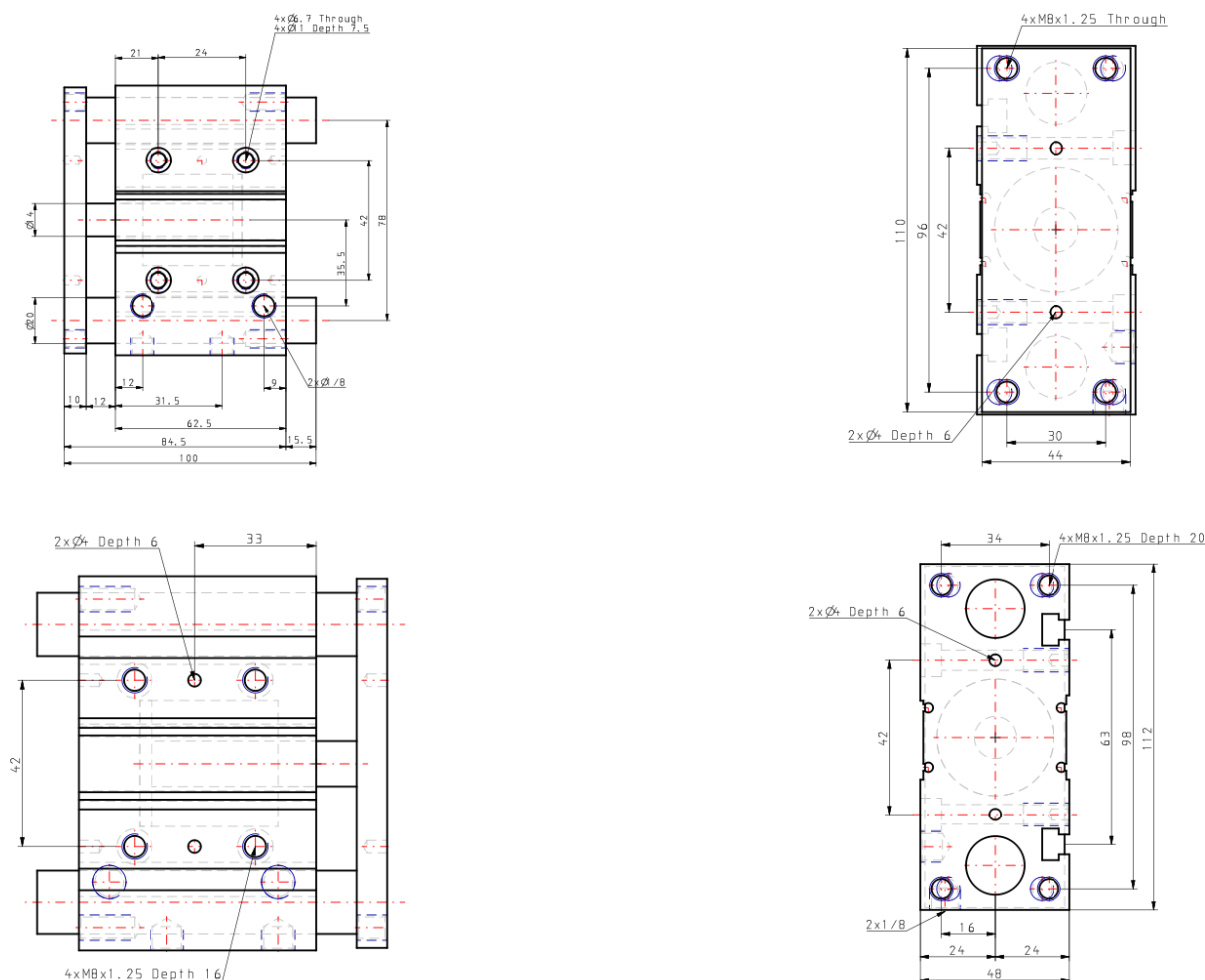
Double-acting, single-rod cylinder

### Standard specifications

Bearing Type	M (Slide Bearing)
Bore Size	Ø32 mm
Port Thread Type	TF [G]
Lube-retainer	Without Stable Lubrication Function
Stroke	25
Auto Switch	No Switch
Lead Wire Length	0.5m [Or None in the Case of No Switch]
Number of Auto Switches	2 pcs. [Or None in Case of No Switch]
Rod End Options	None
Temperature Resistance	None
Low Speed	None
Fluororubber Seal	None
Grease for Food Processing Equipment	None

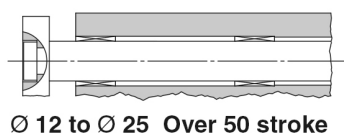
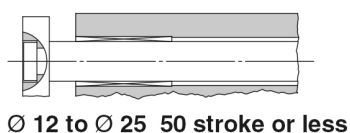
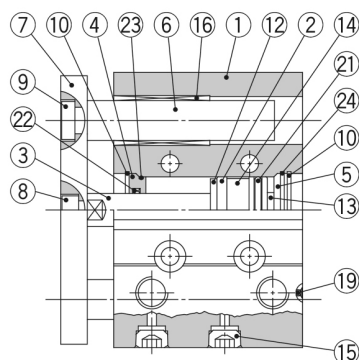
Pressure medium	Compressed air
Maximum temperature of pressure medium	60 °C
Minimum temperature of pressure medium	-10 °C (No freezing)
Maximum operating pressure	1.0 MPa
Minimum operating pressure	0.1 MPa
Proof pressure	1.5 MPa
Maximum ambient temperature	60 °C
Minimum ambient temperature	-10 °C (No freezing)
Numero of pneumatic connections	4 pcs.
Pneumatic input connection	G 1/8
Pneumatic exhaust connection	G 1/8
Mode of operation of drive	Double acting
Theoretical cylinder force, advance stroke (at 0.5 MPa)	402 N
Theoretical cylinder force, return stroke (at 0.5 MPa)	325 N
Maximum piston speed	500 mm/s
Type of cushioning	Rubber bumper on both ends
Non-rotating accuracy of plate	± 0.05 °
Weight	1.376 Kg

## Dimensions

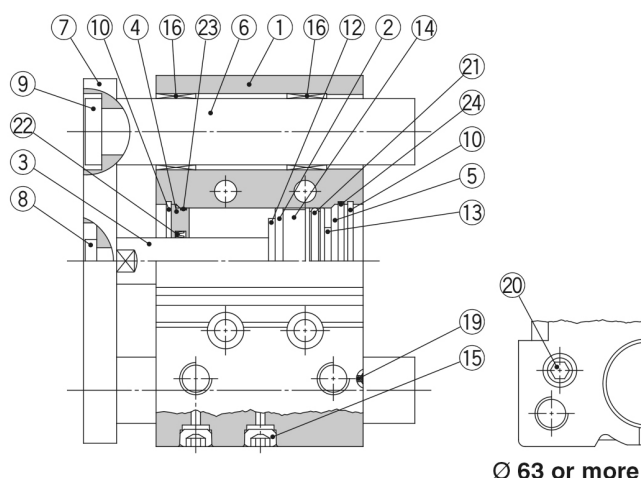


## Constructions

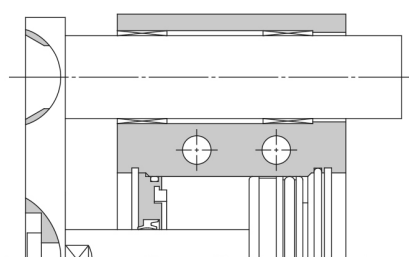
### MGPM12 to 25



### MGPM32 to 100



Ø 63 or more



#### Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Body	Aluminium alloy	Hard anodised
2	Piston	Aluminium alloy	
3	Piston rod	Stainless steel	Ø 12 to Ø 25
		Carbon steel	Ø 32 to Ø 100   Hard chrome plating
4	Collar	Aluminium alloy	Chromated
5	Head cover	Aluminium alloy	Ø 12 to Ø 63   Chromated
			Ø 80, Ø 100   Painted
6	Guide rod	Carbon steel	Hard chrome plating
7	Plate	Carbon steel	Nickel plating
8	Plate mounting bolt	Carbon steel	Nickel plating
9	Guide bolt	Carbon steel	Nickel plating
10	Retaining ring	Carbon tool steel	Phosphate coated
11	Retaining ring	Carbon tool steel	Phosphate coated
12	Bumper A	Urethane	
13	Bumper B	Urethane	
14	Magnet	—	
15	Plug Hexagon socket head plug	Carbon steel	Ø 12, Ø 16   Nickel plating
			Ø 20 to Ø 100
16	Slide bearing	Bearing alloy	

\*: A felt is not installed on the slide bearing.

#### Component Parts

No.	Description	Material	Note
17	Ball bushing		
18	Spacer	Aluminium alloy	
19	Steel ball	Carbon steel	Ø 12 to Ø 50
20	Plug	Carbon steel	Ø 63 to Ø 100   Nickel plating
21*	Piston seal	NBR	
22*	Rod seal	NBR	
23*	Gasket A	NBR	
24*	Gasket B	NBR	

#### Replacement Parts/Seal Kit

Bore size [mm]	Kit no.	Contents	Bore size [mm]	Kit no.	Contents
12	MGP12-Z-PS	Set of nos.	40	MGP40-Z-PS	Set of nos.
16	MGP16-Z-PS		50	MGP50-Z-PS	
20	MGP20-Z-PS	above	63	MGP63-Z-PS	above
25	MGP25-Z-PS	⑲, ⑳	80	MGP80-Z-PS	⑲, ⑳
32	MGP32-Z-PS	㉑, ㉒	100	MGP100-Z-PS	㉑, ㉒

\*: Seal kit includes ㉑ to ㉒. Order the seal kit, based on each bore size.

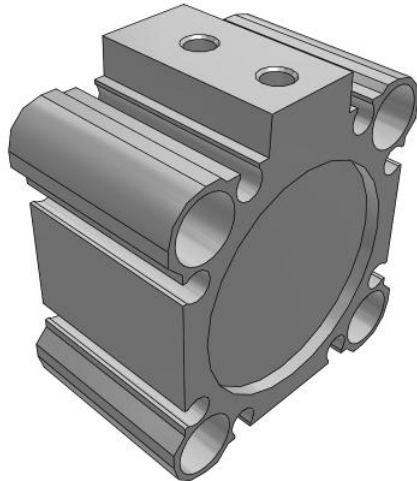
\*: Since the seal kit does not include a grease pack, order it separately.

**Grease pack part number: GR-S-010 (10 g)**

## Additional information

Catalogue

[MGP-Z-Dd\\_EU.pdf](#)

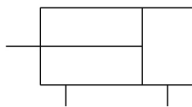


## C(D)Q2, Compact Cylinder, Double Acting, Single Rod w/Auto Switch Mounting Groove

### CQ2B32-5DZ

#### Datasheet

Following a review of our popular CQ2 compact cylinder Series our R&D engineers have totally redesigned the complete cylinder range to bring you even more performance benefits and increased cylinder options. The major difference between the new CQ2 range and the old model is the totally redesigned body, which offers improved auto-switch mounting possibilities plus an overall reduction of cylinder weight of between 5 -13% depending on the model. Now, all CQ2 cylinders from Ø 32 to 200mm are designed with slide in grooves which can accommodate auto-switches on all four cylinder sides without the need for auto-switch brackets. And, for smaller bore sizes between Ø 12 and 25mm, slide in grooves have also been integrated in the new body design to accommodate bracket free auto-switches on two surfaces. Designed for use with our simple to set, dual colour, solid state auto-switches, the integrated auto-switch channel ensures total protection against potential accidental damage and improved health and safety benefits during both installation and maintenance procedures.



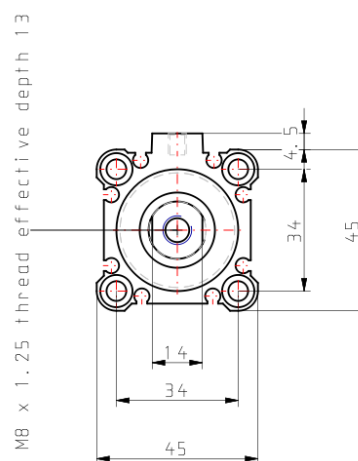
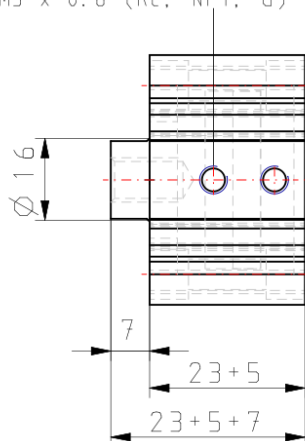
### Standard specifications

Magnet	None
Mounting Type	B (Through Hole [Standard])
Bore Size	Ø32 mm
Port Thread Type	Rc
Lube-retainer	Without Stable Lubrication Function
Stroke	5
Body Option	Standard [Rod End Female Thread]
Auto Switch Groove	Z [Auto Switch Mounting Grooves]
Mounting Bolt	None
Rod End Bracket	None
Auto Switch	No Switch
Lead Wire or Prewired Connector	0.5 m or None in the Case of No Switch
Number	2 pcs.

Rod End Options	None
Temperature Resistance	None
Low Speed	None
Made of Stainless Steel	None
Fluororubber Seal	None
Pressure medium	Compressed air
Maximum temperature of pressure medium	70 °C
Minimum temperature of pressure medium	-10 °C
Maximum operating pressure	1.0 MPa
Minimum operating pressure	0,05 Mpa
Proof pressure	1.5 MPa
Maximum ambient temperature	70 °C
Minimum ambient temperature	-10 °C
Conform to the European RoHS Directive	Not conform
Numero of pneumatic connections	2 pcs.
Pneumatic input connection	M5
Mode of operation of drive	Double acting
Theoretical cylinder force, advance stroke (at 0.5 MPa)	402 N
Theoretical cylinder force, return stroke (at 0.5 MPa)	302 N
Maximum piston speed	500 mm/s
Geometric form of the piston rod	Single rod
Male thread of rod end	M14 x 1.5
Female thread of rod end	M8 x 1.25
Minimum piston speed	50 mm/s
Weight	0.125 Kg

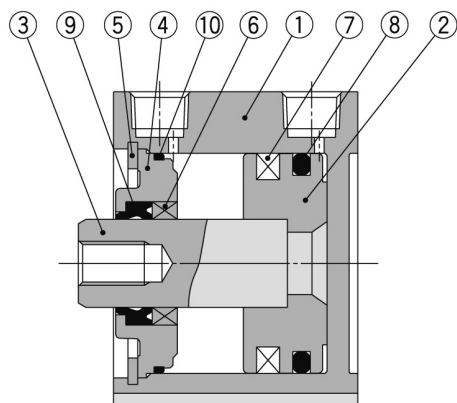
## Dimensions

2xM5 x 0.8 (Rc, NPT, G) (Port size)





## Constructions



### Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Cylinder tube	Aluminum alloy	Hard anodised
2	Piston	Aluminum alloy	Chromated
3	Piston rod	Stainless steel	ø12 to ø25
		Carbon steel	ø32 to ø100, Hard chrome plated
4	Collar	Aluminum alloy	ø12 to ø40, Anodised
		Aluminum alloy casted	ø50 to ø100, Chromated, Painted
5	Retaining ring	Carbon tool steel	Phosphate coated
6	Bushing	Bearing alloy	For ø50 or more only
7	Magnet	—	
8	Piston seal	NBR	
9	Rod seal	NBR	
10	Gasket	NBR	

### Replacement Parts/Seal Kit (Pneumatic type)

Bore size (mm)	Kit no.	Contents
12	CQ2B12-PS	Kits include items ⑧, ⑨, ⑩ from the table.
16	CQ2B16-PS	
20	CQ2B20-PS	
25	CQ2B25-PS	
32	CQ2B32-PS	
40	CQ2B40-PS	
50	CQ2B50-PS	
63	CQ2B63-PS	
80	CQ2B80-PS	
100	CQ2B100-PS	

### Replacement Parts/Seal Kit (Air-hydro type)

Bore size (mm)	Kit no.	Contents
20	CQ2BH20-PS	Kits include items ⑧, ⑨, ⑩ from the table.
25	CQ2BH25-PS	
32	CQ2BH32-PS	
40	CQ2BH40-PS	
50	CQ2BH50-PS	
63	CQ2BH63-PS	
80	CQ2BH80-PS	
100	CQ2BH100-PS	

\* Seal kit includes ⑧, ⑨, ⑩. Order the seal kit, based on each bore size.

\* Since the seal kit does not include a grease pack, order it separately.

**Grease pack part no.: GR-S-010** (10 g)

\* Seal kit includes ⑧, ⑨, ⑩. Order the seal kit, based on each bore size.

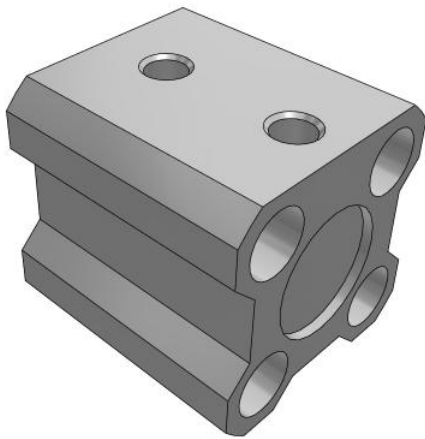
\* Since the seal kit does not include a grease pack, order it separately.

**Grease pack part no.: GR-S-010** (10 g)

## Additional information

Catalogue

[CQ2-Z-B\\_EU.pdf](#)



## C(D)Q2, Compact Cylinder, Double Acting, Single Rod w/Auto Switch Mounting Groove CQ2B12-10DM

Datasheet

- Double acting, single rod, compact cylinder
- Bore sizes (mm): 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100
- Standard stroke range (mm): 5 to 100
- Port threads: M (12 to 25 bore); Rc, NPT or G (32 to 100 bore)
- Can mount small auto switches on 4 surfaces.

### Standard specifications

Magnet	None
Mounting	B (Through Hole [Standard])
Type	Standard
Bore Size	Ø12 mm
Port Thread Type	Rc
Lube-retainer	Without Stable Lubrication Function
Stroke	10
Body Option	Standard [Rod End Female Thread]
Auto Switch Groove	None, also for 12-25 Bore w/o Magnet
Mounting Bolt	None
Rod End Bracket	None
Auto Switch	No Switch
Lead Wire or Prewired Connector	M (1 m)
Number	2 pcs.
Rod End Options	None
Temperature Resistance	None
Low Speed	None
Made of Stainless Steel	None
Fluororubber Seal	None



## Additional information

Catalogue

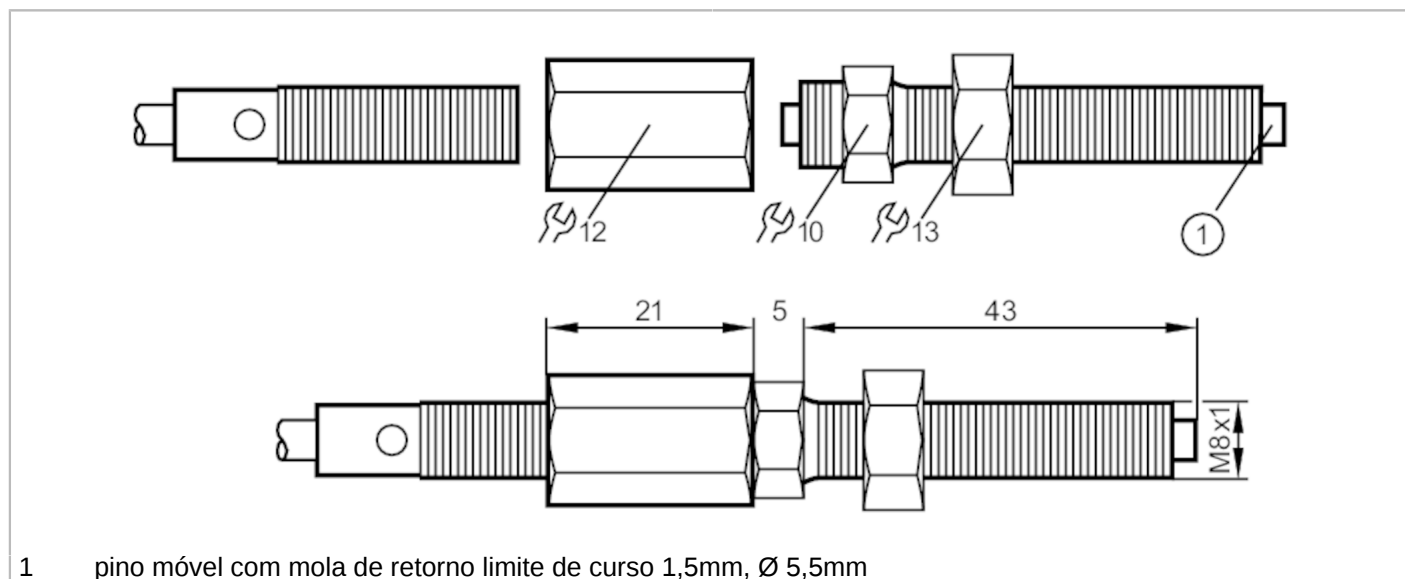
[CQ2-Z-B\\_EU.pdf](#)

# E10154



## Êmbolo de limite

LIMIT PLUNGERS IE



### Aplicação

Formato para tipos, M8 x 1, Sn = 1 mm b, 2 mm b

### Dados mecânicos

Peso [g] 36,6

Materiais Êmbolo de limite: maquinação de aço; pinos de batente: 1.0503 (aço / C45K) temperado na parte frontal; Porca de bloqueio: latão niquelado

Força de activação [N] 4,9...7845

### Notas

Quantidade da embalagem 1 peças

## Hinges

### SUPER-technopolymer

#### MATERIAL

Glass-fibre reinforced polyamide based (PA) SUPER-technopolymer, black colour, matte finish.

#### ROTATING PIN

AISI 303 stainless steel.

#### STANDARD EXECUTIONS

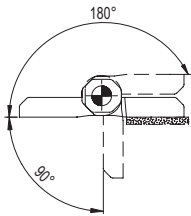
- **CFM-p**: nickel-plated steel threaded studs.
- **CFM-SH**: pass-through holes for countersunk head screws.
- **CFM-CH**: pass-through holes for cylindrical head screws with washer type UNI 6592.
- **CFM-p-SH**: nickel-plated steel threaded studs and pass-through holes for countersunk head screws.
- **CFM-p-CH**: nickel-plated steel threaded studs and pass-through holes for cylindrical head screws with UNI 6592 washer.

#### ROTATION ANGLE (APPROXIMATE VALUE)

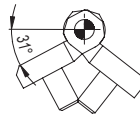
Max 270° (-90° and +180° being 0° the condition where the two interconnected surfaces are on the same plane).

Do not exceed the rotation angle limit so as not to prejudice the hinge mechanical performance.

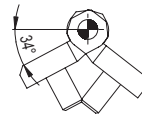
To choose the convenient type and the right number of hinges for your application, see the Guidelines (see page -).



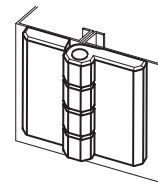
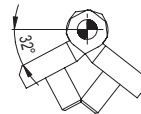
CFM.40-p-M5x12



CFM.50-p-M6x12

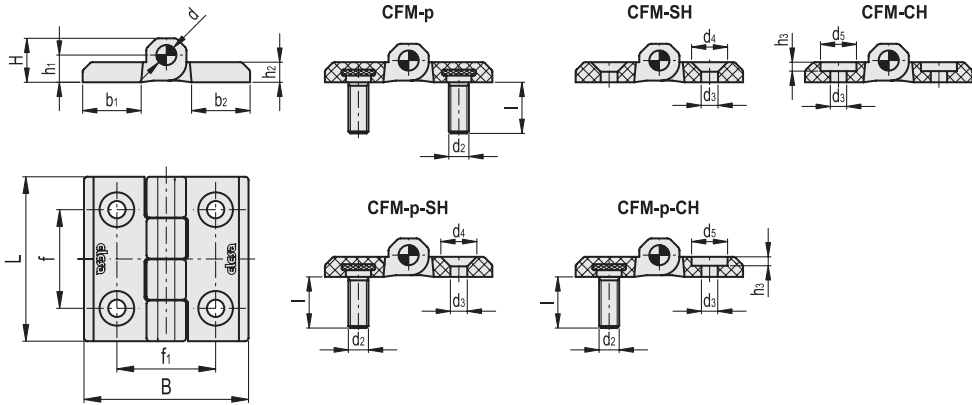


CFM.60-p-M8x14.5



Resistance tests	AXIAL STRESS	RADIAL STRESS	90° ANGLED STRESS
Description	Max limit static load Sa [N]	Max limit static load Sr [N]	Max limit static load S90 [N]
CFM.30 SH-4	1400	1700	1000
CFM.30 CH-4	1300	1700	850
CFM.40 p-M5x12	2000	1900	1000
CFM.40 SH-5	1900	1900	1280
CFM.40 CH-5	1900	1600	1000
CFM.40 p-M5x12-SH-5	1900	1900	1000
CFM.40 p-M5x12-CH-5	1900	1600	1000
CFM.50 p-M6x12	2340	2560	2100
CFM.50 SH-6	2630	2400	1720
CFM.50 CH-6	2860	2410	1360
CFM.50 p-M6x12-SH-6	2340	2400	1720
CFM.50 p-M6x12-CH-6	2340	2410	1360
CFM.60 p-M8x14.5	3000	3940	2130
CFM.60 SH-6	3320	2960	3070
CFM.60 SH-8	3320	2960	3070
CFM.60 CH-8	3440	2810	2170
CFM.60 p-M8x14.5-SH-8	3000	2960	2130
CFM.60 p-M8x14.5-CH-8	3000	2810	2130

The max static load is the value beyond which the material may break thus prejudicing the hinge performance. Obviously, a suitable coefficient must be applied to this value, according to the importance and the safety level of the specific application.



CFM-p

Code	Description	L	B	d2	l	f±0.25	f1±0.25	H	h1	h2	b1	b2	d	C# [Nm]	⚖️
425521	CFM.40-p-M5x12	40	40	M5	12	25	25	9	5.5	5	14	14	4	5	26
425621	CFM.50-p-M6x12	50	50	M6	12	30	30	11.5	6.5	6	18	18	6	5	50
425721	CFM.60-p-M8x14.5	60	60	M8	14.5	36	36	15	8.5	8	21	21	8	5	101

CFM-SH

Code	Description	L	B	f±0.25	f1±0.25	H	h1	h2	b1	b2	d	d3	d4	C# [Nm]	⚖️
425411	CFM.30-SH-4	30	30	18	18	7	4	3.5	10.5	10.5	2.5	4.5	8.5	3	11
425511	CFM.40-SH-5	40	40	25	25	9	5.5	5	14	14	4	5.5	10.5	3	14
425611	CFM.50-SH-6	50	50	30	30	11.5	6.5	6	18	18	6	6.5	12.5	5	30
425710	CFM.60-SH-6	60	60	36	36	15	8.5	8	21	21	6	6.5	12.5	5	58
425711	CFM.60-SH-8	60	60	36	36	15	8.5	8	21	21	8	8.5	16.5	5	57

CFM-CH

Code	Description	L	B	f±0.25	f1±0.25	H	h1	h2	h3	b1	b2	d	d3	d5	C# [Nm]	⚖️
425412	CFM.30-CH-4	30	30	18	18	7	4	3.5	1.3	10.5	10.5	2.5	4.5	7.5	3	11
425512	CFM.40-CH-5	40	40	25	25	9	5.5	5	1.7	14	14	4	5.5	10.5	5	14
425612	CFM.50-CH-6	50	50	30	30	11.5	6.5	6	3	18	18	6	6.5	12.5	5	30
425712	CFM.60-CH-8	60	60	36	36	15	8.5	8	4	21	21	8	8.5	16.5	5	57

CFM-p-SH

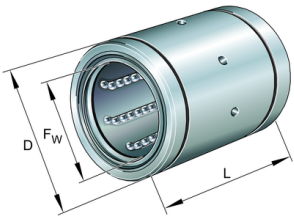
Code	Description	L	B	d2	l	f±0.25	f1±0.25	H	h1	h2	b1	b2	d	d3	d4	C [Nm] p#	C [Nm] SH#	⚖️
425531	CFM.40-p-M5x12-SH-5	40	40	M5	12	25	25	9	5.5	5	14	14	4	5.5	10.5	5	3	20
425631	CFM.50-p-M6x12-SH-6	50	50	M6	12	30	30	11.5	6.5	6	18	18	6	6.5	12.5	5	5	40
425731	CFM.60-p-M8x14.5-SH-8	60	60	M8	14.5	36	36	15	8.5	8	21	21	8	8.5	16.5	5	5	79

CFM-p-CH

Code	Description	L	B	d2	l	f±0.25	f1±0.25	H	h1	h2	h3	b1	b2	d	d3	d5	C [Nm] p#	C [Nm] SH#	⚖️
425532	CFM.40-p-M5x12-CH-5	40	40	M5	12	25	25	9	5.5	5	1.7	14	14	4	5.5	10.5	5	5	20
425632	CFM.50-p-M6x12-CH-6	50	50	M6	12	30	30	11.5	6.5	6	3	18	18	6	6.5	12.5	5	5	40
425732	CFM.60-p-M8x14.5-CH-8	60	60	M8	14.5	36	36	15	8.5	8	4	21	21	8	8.5	16.5	5	5	79

# Suggested tightening torque for assembly screws.



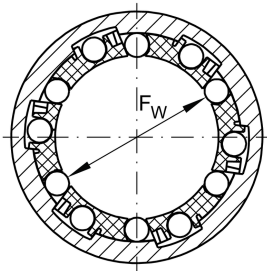
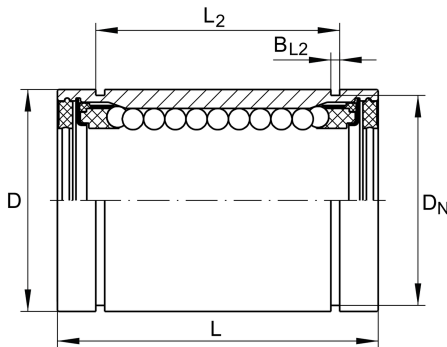
**KB16**

## Rolamento de esferas linear

ID da Schaeffler  
0013927940000

Rolamentos lineares KB..., gama  
maquinada, opção de execução resistente  
à corrosão

## Informação técnica

**Dimensões principais e dados de desempenho**

$F_w$	16 mm	Diâmetro do orifício da esfera
	+0,009/-0,001	Tolerância
D	26 mm	Diâmetro externo
	h5	Tolerância
L	36 mm	comprimento
	h12	Tolerância
$C_{min}$	710 N	capacidade de carga din.
$C_{0 min}$	530 N	capacidade de carga est.
$C_{max}$	840 N	capacidade de carga din.
$C_{0 max}$	780 N	capacidade de carga est.
	46,5 g	Peso

**dimensões de conexão**

$L_2$	24,6 mm	
	H13	Tolerância
$B_{L2}$	1,3 mm	
$D_N$	24,9 mm	
$N_2$	2 mm	
	5	Número de carreiras de esferas

## PSEN ma2.1p-31/PSEN2.1-10/LED/6mm/1unit

506408

Magnetic safety switch 1 n/o 1 n/c, 4-pin M8 male connector, square design, LED, IP67, switching distance 6 mm, height design 13 mm, PU = 1 sensor with actuator.



## Technical details

General data	
Approval:	CE, cULus Listed, TÜV, EAC (Eurasian)
Sensor principle:	magnetic
Coding level to ISO 14119:	Low
Classification to EN 60947-5-3:	PDDb
Suitable for series connection:	yes
unit type:	Unit
Technical data	
Electrical data	
Supply voltage (V):	24 - 24 V
Type of supply voltage U1:	DC
Switching voltage:	24 V
Environmental data	
Ambient temperature:	-25 - 70 °C
Climatic suitability standard:	IEC 60068-2-30
Humidity rating:	93 % r. h. at 40 °C
Perm. operating height ASL:	2000 m
EMC to standard ....:	EN 60947-5-3
Vibration to standard ....:	EN 60947-5-2
Acc. shock to standard1:	30g

Pollution degree clear.&creep.:	3
<b>Mechanical data</b>	
Type 1 actuator:	PSEN 2.1-10
Sensor can be flush-mounted:	Yes, follow installation guide
Connection type:	M8, 4-pin male
Housing material upper part:	PBT
Height dimension:	45 mm
Width dimension:	26 mm
Depth dimension:	13 mm
Net weight:	40 g
Gross weight:	45 g
<b>Environment</b>	
RoHS directive:	2011/65/EU, 2015/863/EU
RoHS conformity:	yes
RoHS exceptions:	yes
RoHS except.s acc. to direct.:	7c I
REACH compliance:	contains min. 1 SVHC-substance
REACH included substances:	Lead oxide
%-part of the pollutant:	> 0,1%
CAS No.:	1317-36-8
WEEE klassifikation (08/2018):	5 devices (feed size < 50cm)
<b>Commercial data</b>	
ECLASS version:	ECLASS-9.1
ECLASS Reference Feature:	27272402
ETIM Version:	ETIM-7.0
ETIM Reference Group:	EG000026

## Obligatory accessories



533111

PSEN Kabel Gerade/cable straightplug 2m



533121

PSEN Kabel Gerade/cable straightplug 5m



533110

PSEN Kabel Winkel/cable angleplug 2m



533131

PSEN Kabel Gerade/cable straightplug 10m



533120

PSEN Kabel Winkel/cable angleplug 5m



533141

PSEN Kabel Gerade/cable straightplug 30m



533130

PSEN Kabel Winkel/cable angleplug 10m



533140

PSEN Kabel Winkel/cable angleplug 30m

## Optional accessories



540310

PSEN screw M4x16 10pcs



534310

PSEN Distanzplatte / spacer (10 pcs.)



533111

PSEN Kabel Gerade/cable straightplug 2m



532110

PSEN Winkel / bracket



534320

PSEN reverse spacer



533121

PSEN Kabel Gerade/cable straightplug 5m



533110

PSEN Kabel Winkel/cable angleplug 2m



533120

PSEN Kabel Winkel/cable angleplug 5m



533131

PSEN Kabel Gerade/cable straightplug 10m



533141

PSEN Kabel Gerade/cable straightplug 30m



533130

PSEN Kabel Winkel/cable angleplug 10m



533140

PSEN Kabel Winkel/cable angleplug 30m



380200

PSS67 Cable M8sf M12sm, 3m



380203

PSS67 Cable M8sf M12sm, 30m



380204

PSS67 Cable M8af M12sm, 3m



773600

PDP67 F 8DI ION



380201

PSS67 Cable M8sf M12sm, 5m



380300

PSEN ma adapter



380202

PSS67 Cable M8sf M12sm, 10m

---



380207

PSS67 Cable M8af M12sm, 30m

---



380205

PSS67 Cable M8af M12sm, 5m

---



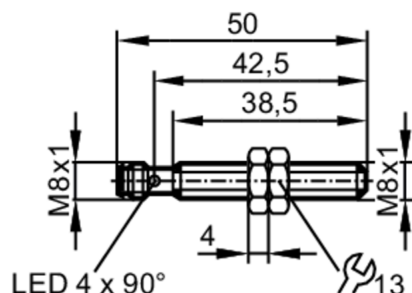
380206

PSS67 Cable M8af M12sm, 10m

---

## Sensor indutivo

IEB3002BBPKG/AS



## Características do produto

Conceção elétrica	PNP
Função de saída	normalmente aberto
Alcance de deteção [mm]	2
Invólucro	tipo roscado
Dimensões [mm]	M8 x 1 / L = 50

## Aplicação

Característica especial	Alcance de deteção aumentado
-------------------------	------------------------------

## Dados elétricos

Tensão de funcionamento [V]	10...30 DC
Consumo de corrente [mA]	< 10
Classe de proteção	III
Proteção contra inversão de polaridade	sim

## Saídas

Conceção elétrica	PNP
Função de saída	normalmente aberto
Queda de tensão máx. da saída de comutação DC [V]	2,5
Corrente nominal permanente da saída de comutação DC [mA]	100
Frequência de comutação DC [Hz]	1300
Proteção contra curto-circuito	sim
Proteção contra sobrecarga	sim

## Zona de deteção


Alcance de deteção [mm]	2
Distância real de comutação Sr [mm]	2 ± 10 %
Distância de funcionamento [mm]	0...1,6
Alcance de deteção aumentado	sim

# IE5287



## Sensor indutivo

IEB3002BBPKG/AS

Precisão/desvios		
Fator de correção	aço: 1 / aço inoxidável: 0,7 / latão: 0,5 / alumínio: 0,4 / cobre: 0,3	
Histerese [% de Sr]	1...20	
Desvio do ponto de comutação [mm]	-10...10	
Condições de funcionamento		
Temperatura ambiente [°C]	-25...70	
Proteção	IP 65; IP 67; (Com a tomada ifm devidamente enroscada)	
Testes/aprovações		
CEM	EN 61000-4-2 ESD	4 kV CD / 8 kV AD
	EN 61000-4-3 HF irradiada	10 V/m
	EN 61000-4-4 Burst	2 kV
	EN 61000-4-6 HF conduzida	10 V
	EN 55011	classe B
MTTF [anos]	1379	
Software Embedded incluído	sim	
Aprovação UL	Ta	-25...70 °C
	Enclosure type	Type 1
	tensão de alimentação	Limited Voltage/Current
	Número de aprovação UL	A017
	Número de ficheiro UL	E174191
Dados mecânicos		
Peso [g]	18,5	
Invólucro	tipo roscado	
Montagem	embutido	
Dimensões [mm]	M8 x 1 / L = 50	
Designação da rosca	M8 x 1	
Materiais	latão revestimento de bronze branco; face de deteção: LCP laranja; Janela LED: PPSU; porcas de fixação: latão revestimento de bronze branco	
Binário de aperto [Nm]	A = 5 mm: 1,5 Nm; B = 2 Nm	
Visualizadores/elementos de funcionamento		
Visualizador	estado de comutação	4 LED, amarelo
Acessórios		
Items fornecidos	porcas de fixação: 2	
Notas		
Quantidade da embalagem	1 peças	
conexão elétrica - conector		
Conexão: 1 x M8; codificação: A		
		

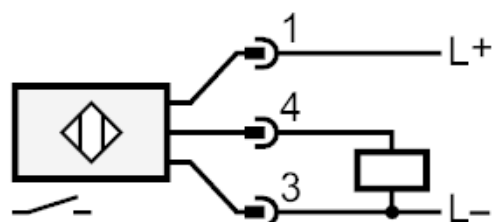
# IE5287



## Sensor indutivo

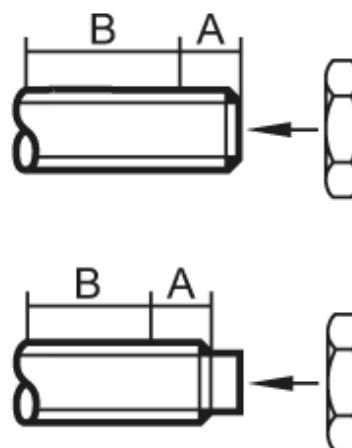
IEB3002BBPKG/AS

### Conexão



### Diagramas e gráficos

#### Instalação

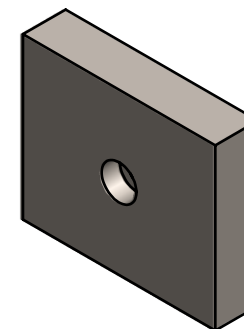
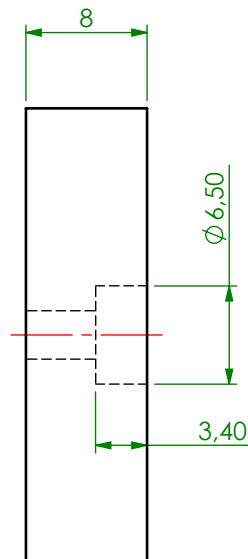
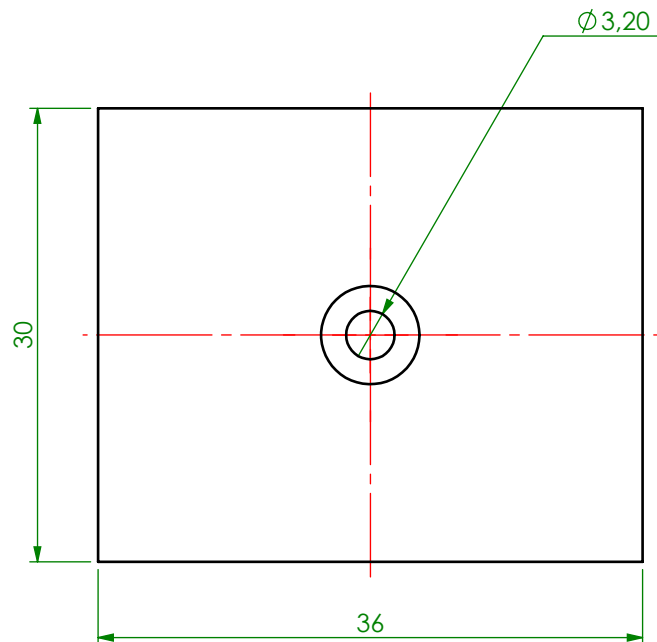




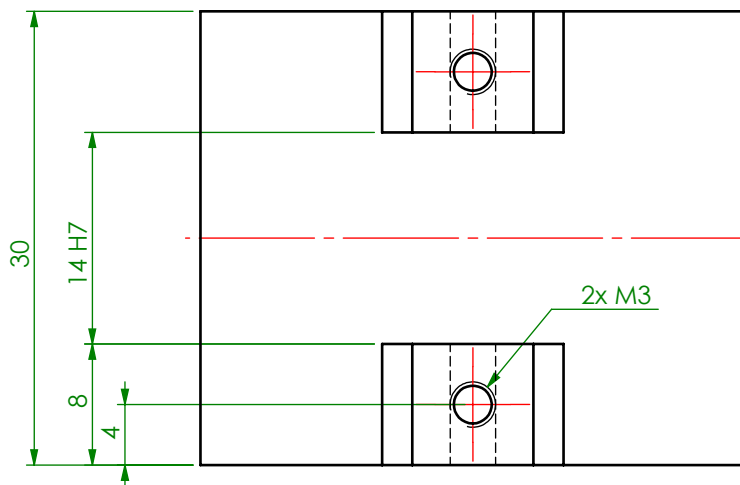
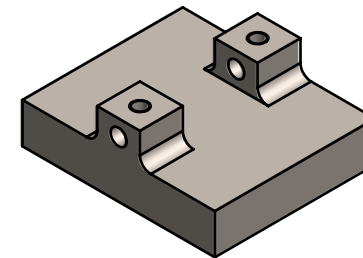
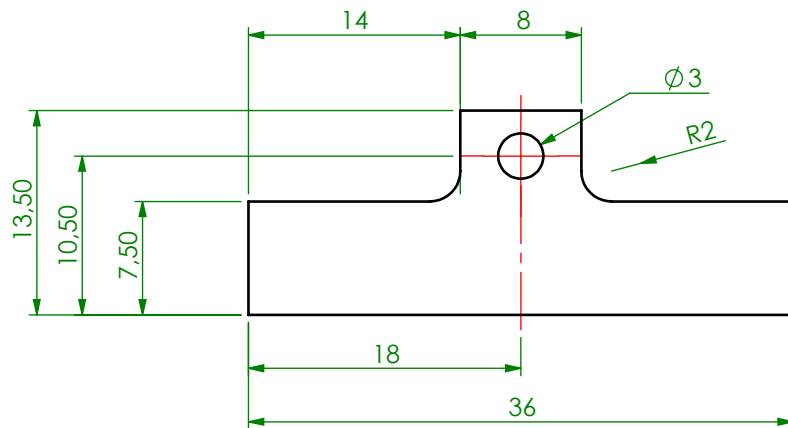
---

## 6.4 Anexo 4 – Desenhos do sistema automático de extração de cabo

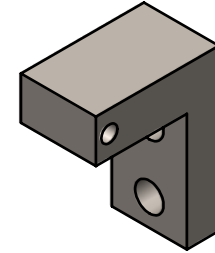
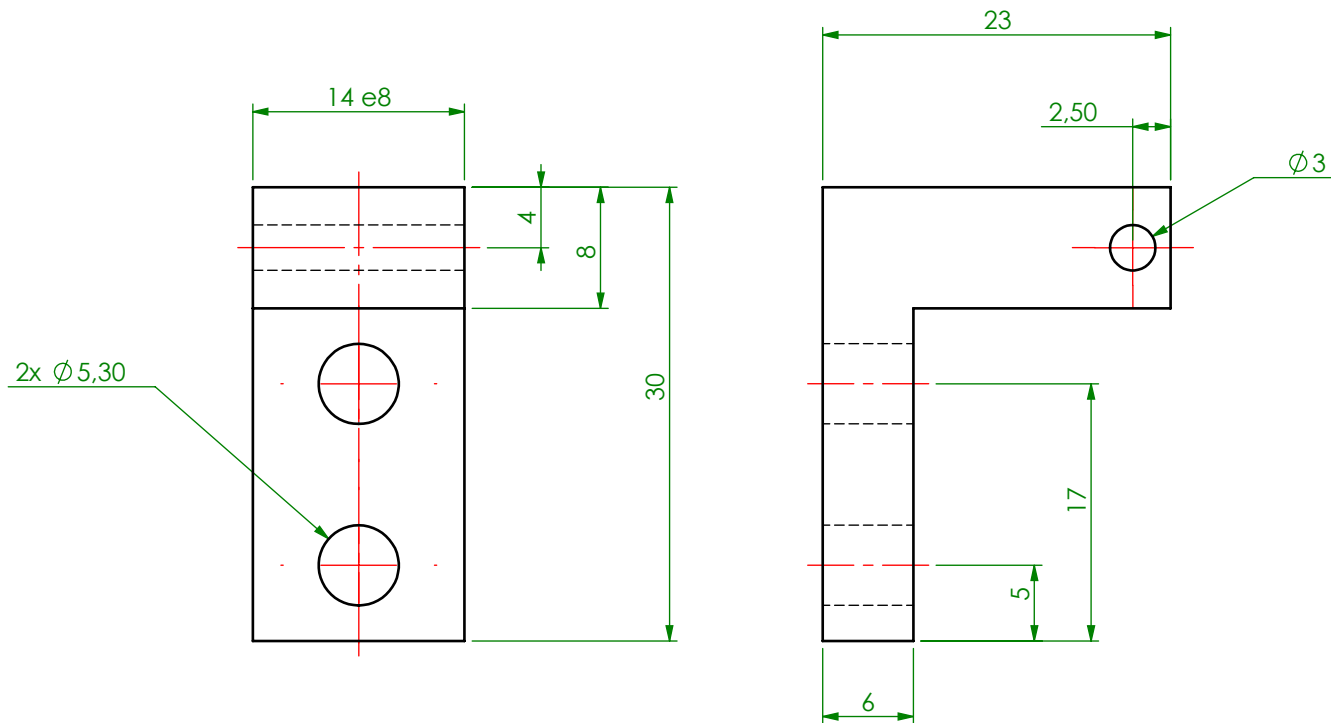




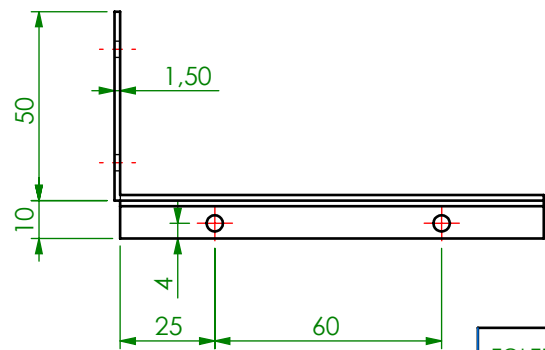
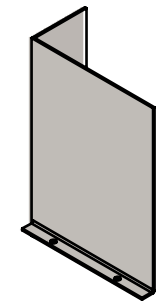
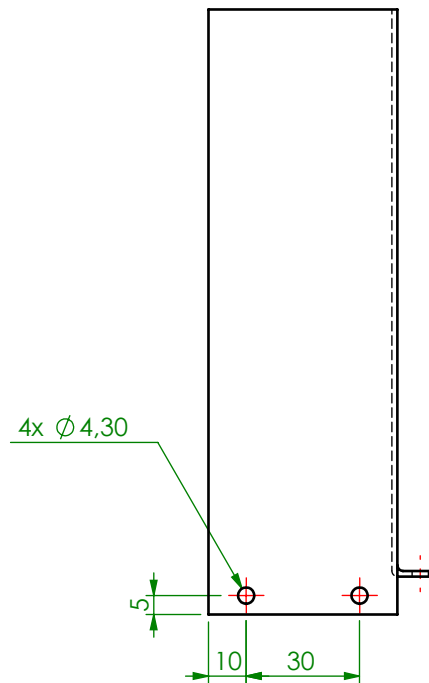
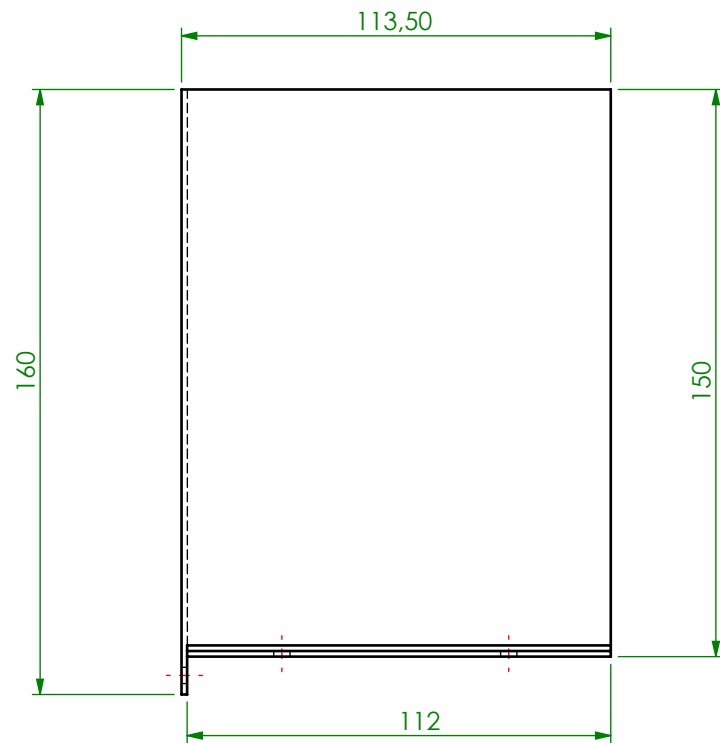
TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:	K110	<b>FICOCABLES, LDA</b>
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	19/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:	Têmpera	
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:	1	
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		DEPARTAMENTO:
ESCALA <b>2:1</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		Eng.º Equipamentos e Manutenção
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO Mordente inferior					<b>PMDMOR0073 A</b>



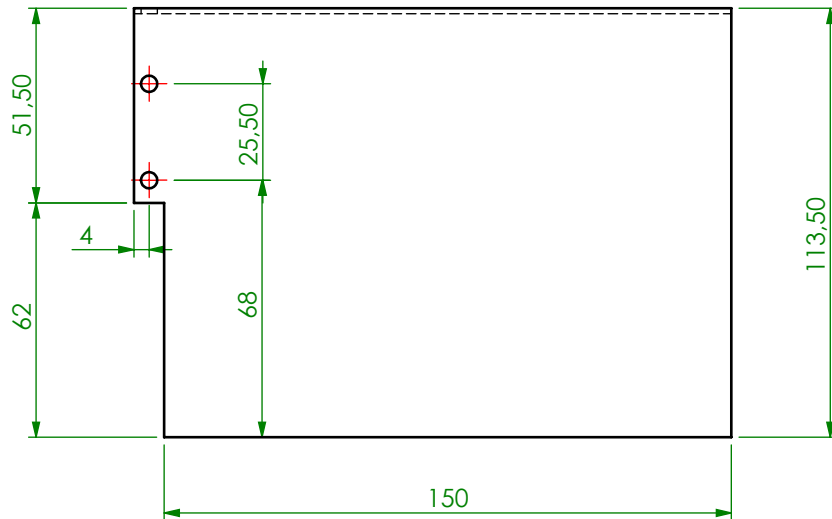
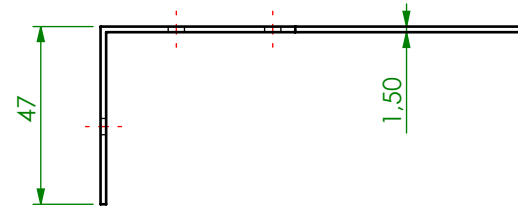
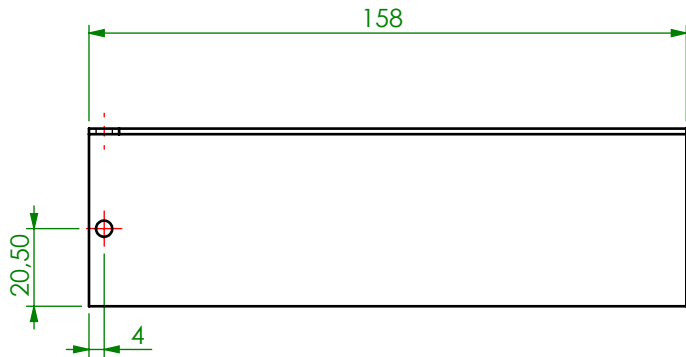
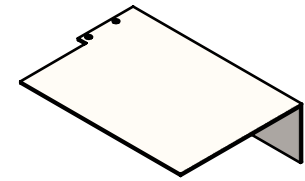
TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:	K110	<b>FICOCABLES, LDA</b>
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	19/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:	Têmpera	
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:	1	
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		DEPARTAMENTO:
ESCALA <b>2:1</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		Eng.º Equipamentos e Manutenção
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO Mordente superior					<b>PMDMOR0072 A</b>



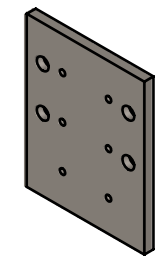
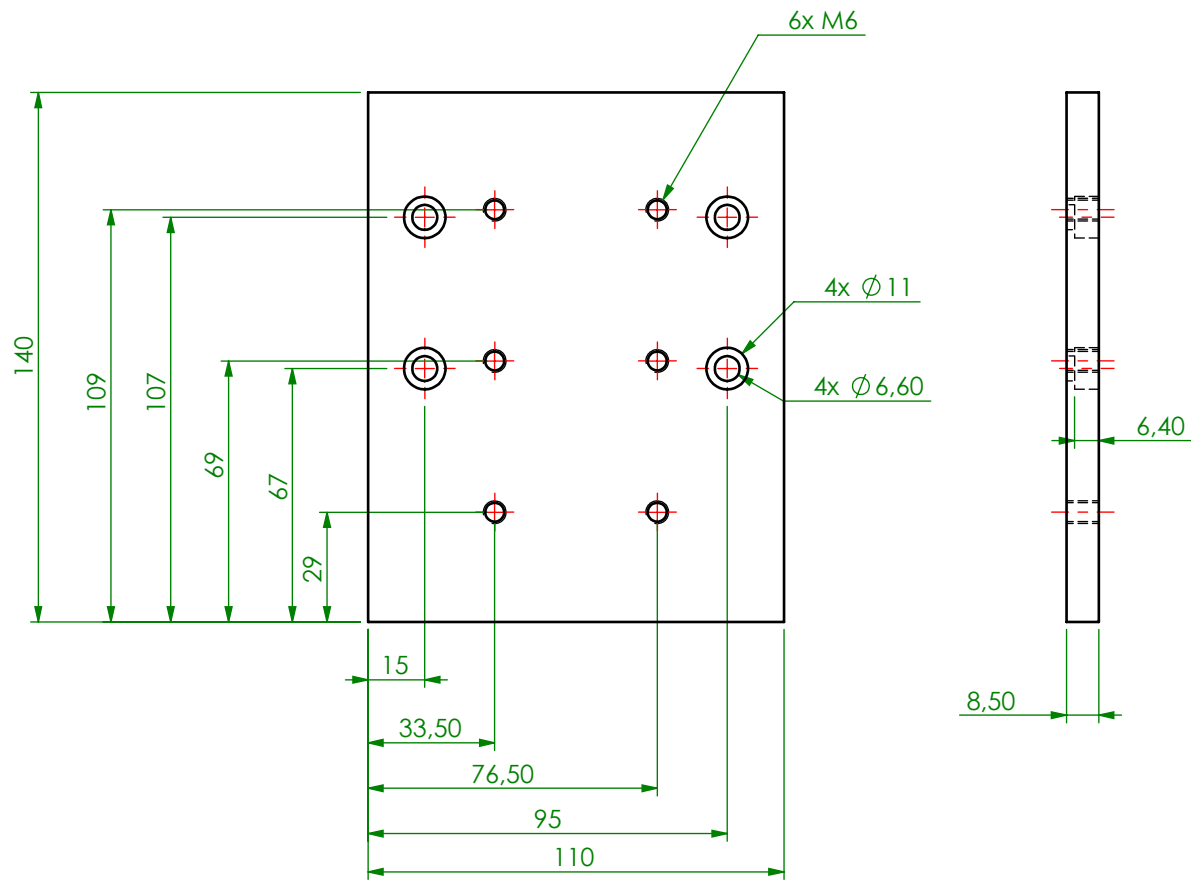
TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:	Ck 45	<b>FICOCABLES, LDA</b>
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	19/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:	Zincagem	
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:	1	
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		DEPARTAMENTO:
ESCALA <b>2:1</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		Eng.º Equipamentos e Manutenção
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO Apoyo do mordente superior					<b>PMPAPO6043 A</b>



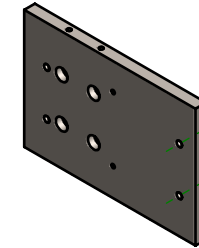
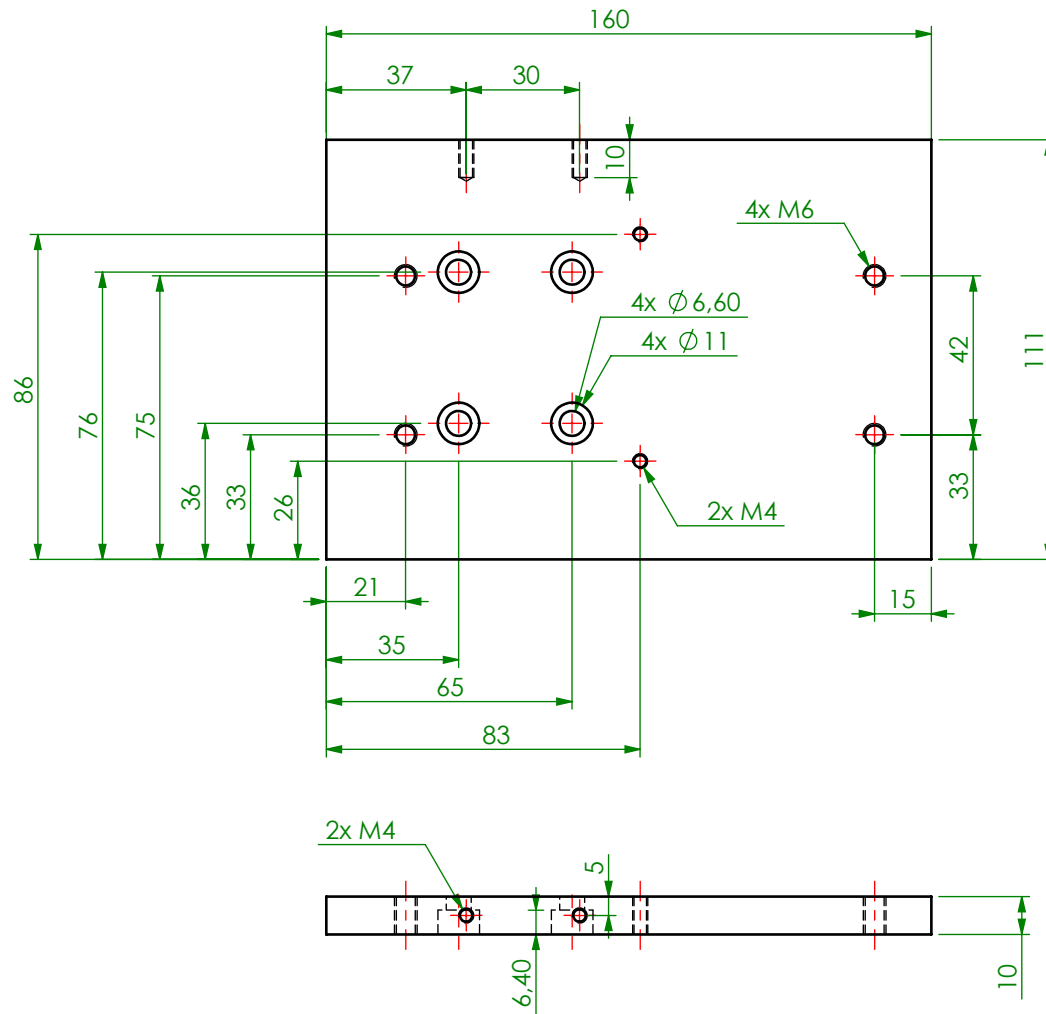
TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:	INOX	<b>FICOCABLES, LDA</b>	
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	21/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:			
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:	1	DEPARTAMENTO:	
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		Eng.º Equipamentos e Manutenção	
ESCALA <b>1:2</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:			
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO Proteção atuador A2					<b>PMPPRO1541</b>	<b>A</b>



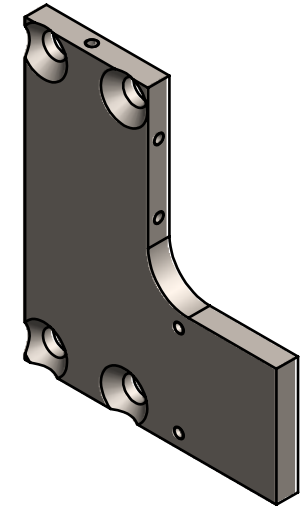
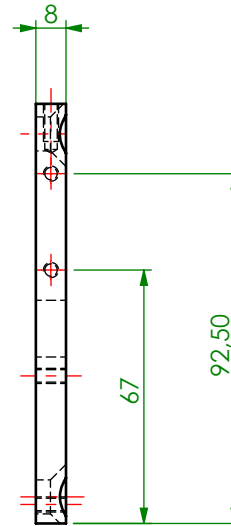
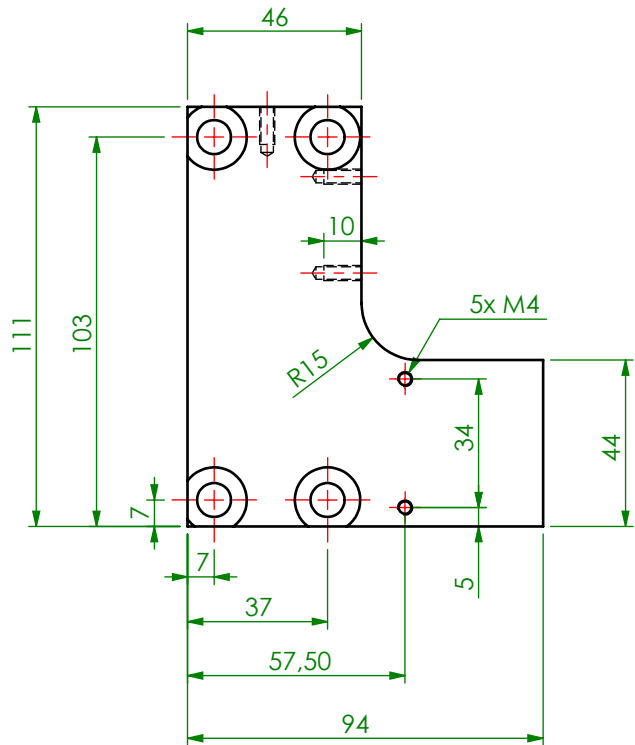
TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:	INOX	<b>FICOCABLES, LDA</b>	
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	21/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:			
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:	1	DEPARTAMENTO:	
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		Eng.º Equipamentos e Manutenção	
ESCALA <b>1:2</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:			
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO Proteção atuador A1					<b>PMPPRO1540</b>	<b>A</b>



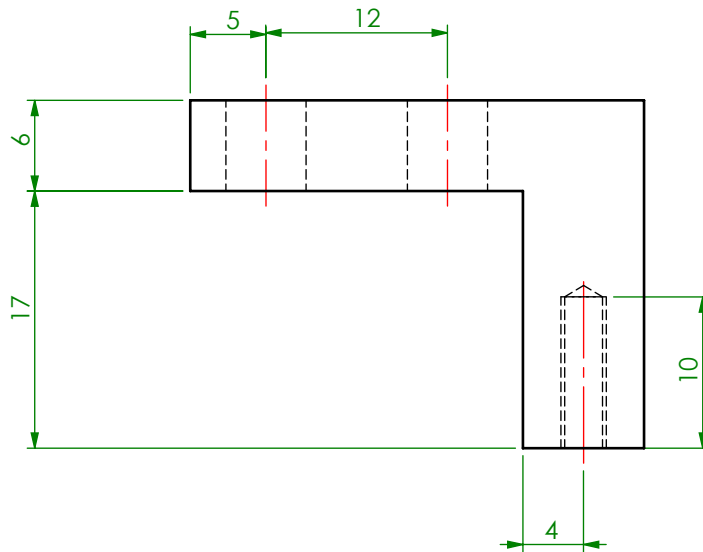
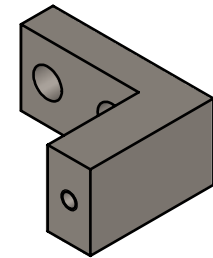
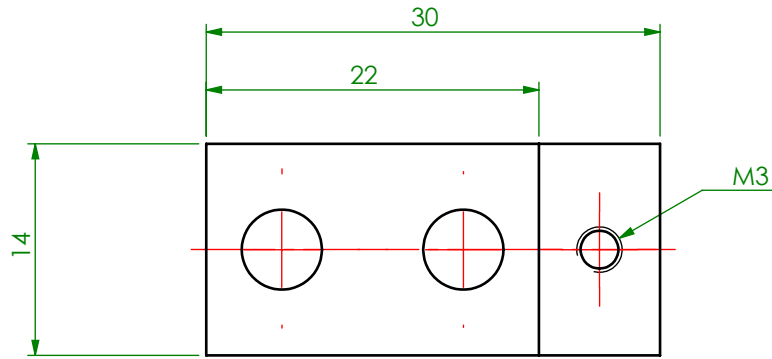
TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:	Ck 45	<b>FICOCABLES, LDA</b>	
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	19/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:	Zincagem		
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:	1		
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		DEPARTAMENTO:	
ESCALA <b>1:2</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		Eng.º Equipamentos e Manutenção	
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO Base do atuador A2					<b>PMPBAS7621</b>	<b>A</b>



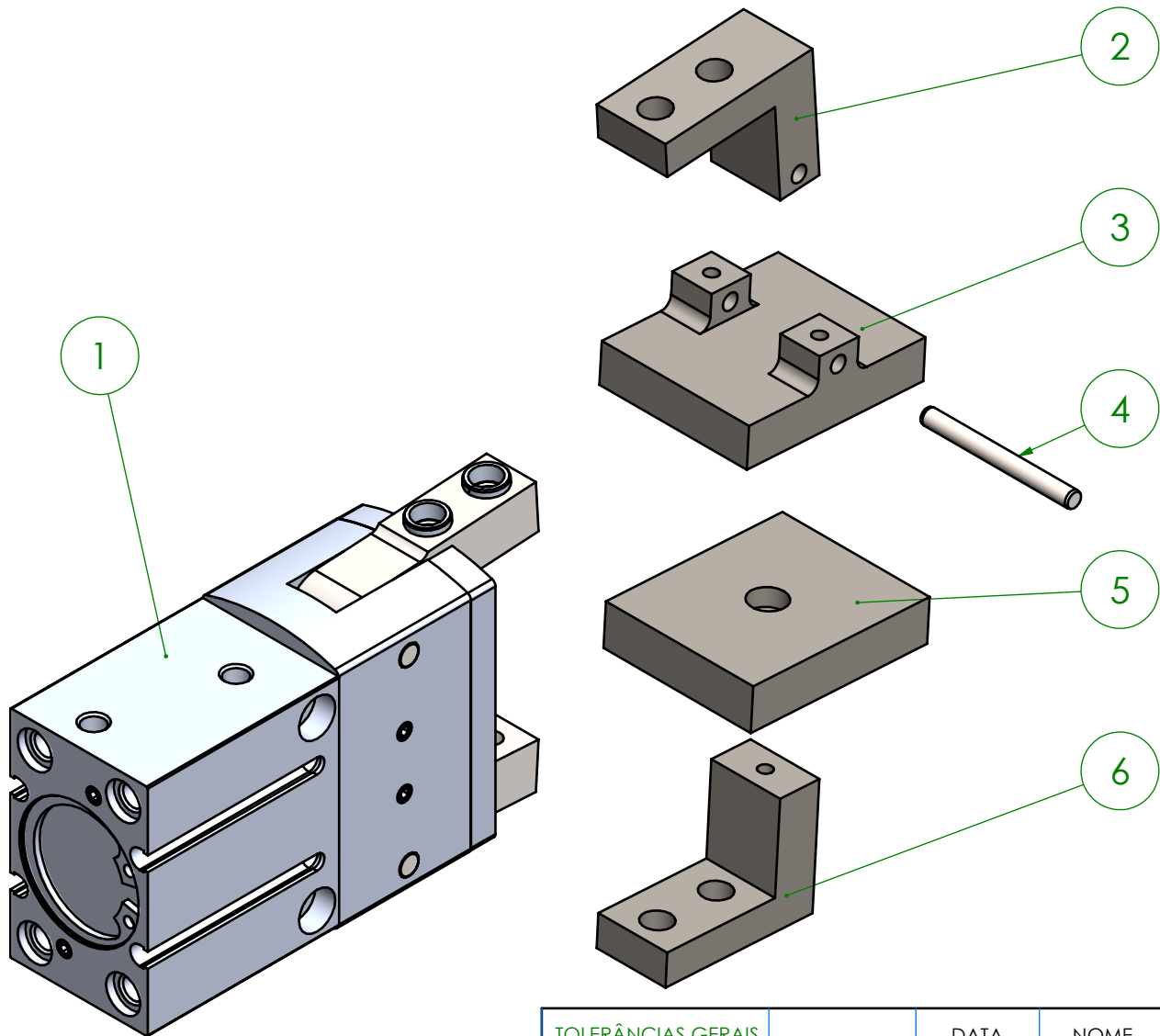
TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:	Ck 45	<b>FICOCABLES, LDA</b>	
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	19/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:	Zincagem		
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:	1		
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		DEPARTAMENTO:	
ESCALA <b>1:2</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		Eng.º Equipamentos e Manutenção	
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO Base do atuador A1					<b>PMPBAS7622</b>	<b>A</b>



TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:	Ck 45	<b>FICOCABLES, LDA</b>	
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	19/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:	Zincagem		
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:	1	DEPARTAMENTO:	
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		Eng.º Equipamentos e Manutenção	
ESCALA <b>1:2</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:			
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO Base da garra					<b>PMPBAS7623</b>	<b>A</b>

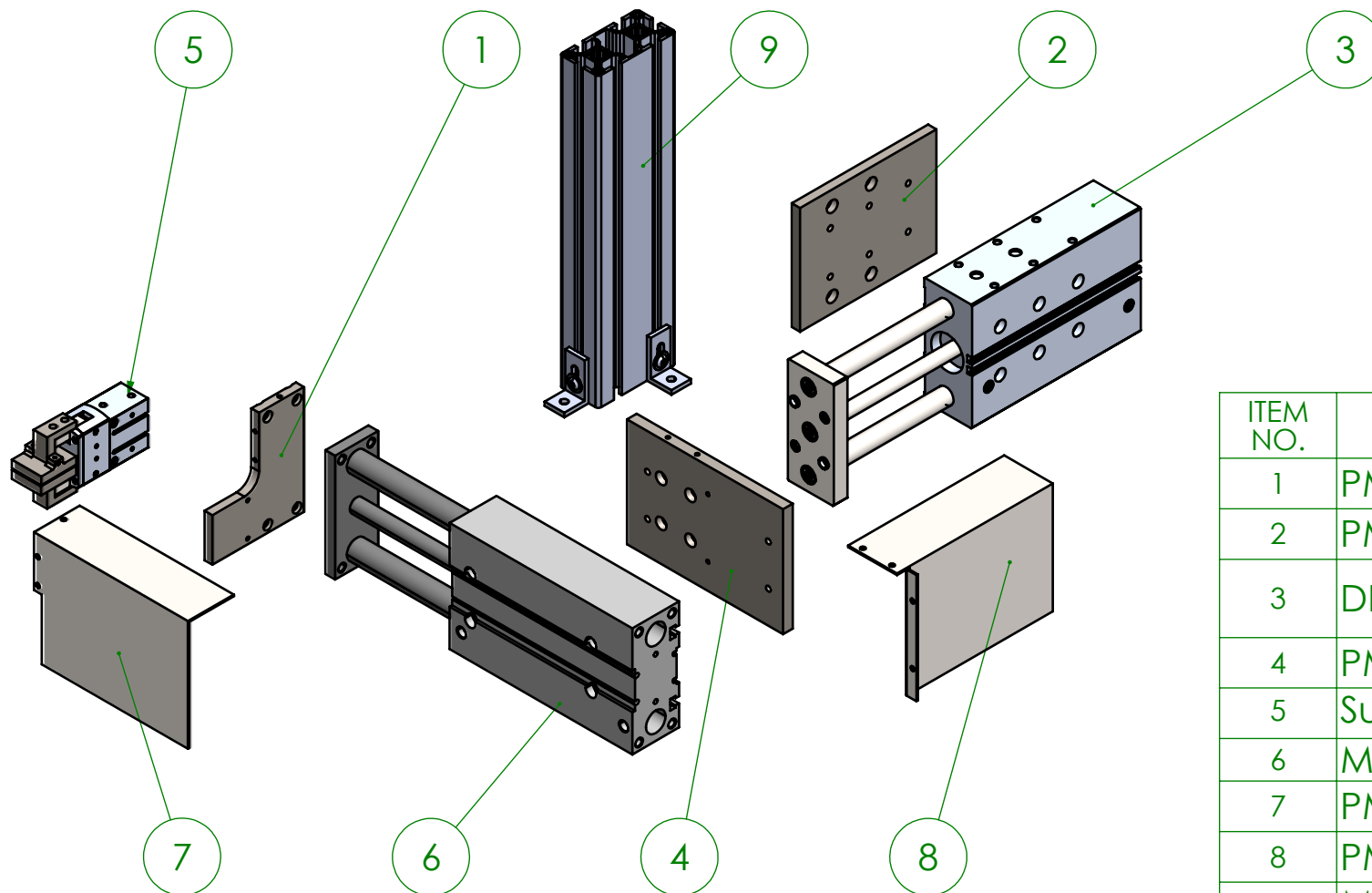


TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:	Ck 45	<b>FICOCABLES, LDA</b>
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	19/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:	Zincagem	
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:	1	DEPARTAMENTO:
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		Eng.º Equipamentos e Manutenção
ESCALA <b>2:1</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO Apoio do mordente inferior					<b>PMPAPO6044 A</b>



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	HGRT-20-A	1
2	PMPAPO6043	1
3	PMDMOR0072	1
4	DIN EN 28734 - 3 x 30 - A - St	1
5	PMDMOR0073	1
6	PMPAPO6044	1

TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:		<b>FICOCABLES, LDA</b>
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	27/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:		
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:		
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		
ESCALA <b>1:1</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO <b>Subconjunto Garra</b>					DEPARTAMENTO: Eng.º Equipamentos e Manutenção



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	PMPBAS7623	1
2	PMPBAS7621	1
3	DFM_32_125_P_A_KF	1
4	PMPBAS7622	1
5	Subconjunto Garra	1
6	MGPM32_150Z	1
7	PMPPRO1540	1
8	PMPPRO1541	1
9	Maytec 40x80 6E, LP	1

TOLERÂNCIAS GERAIS		DATA	NOME	MATERIAL:		<b>FICOCABLES, LDA</b>
LINEARES <b>±0.1</b>	DESENHADO	27/07/2022	Pedro R.	TRATAMENTO:		
ANGULARES <b>±0.1</b>	VISTO			QUANTIDADE:		
ROSCAS <b>H7</b>	APROVADO			DUREZA:		
ESCALA <b>1:5</b>	SUBSTITUI:		Nº PROJ:	ACABAMENTO:		
TODAS AS DIMENSÕES EM MILÍMETROS	DENOMINAÇÃO					DEPARTAMENTO:
	Sistema de extração de cabo					Eng.º Equipamentos e Manutenção



---

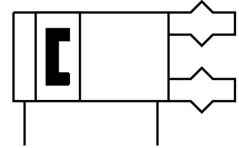
## 6.5 Anexo 5 – Fichas técnicas dos componentes de catálogo do sistema automático de extração de cabo



# Garra radial HGRT-20-A

Número de referência: 563906

FESTO



## Ficha de dados

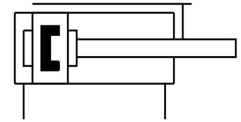
Característica	Valor
Tamanho	20
Intercâmbio máximo	≤0.2 mm
Folga angular máx. do mordente ax, ay	≤0.1 deg
Ângulo de abertura máx.	180 deg
Simetria rotacional	≤0.2 mm
Precisão de repetição da garra	≤0.02 mm
Número de mordentes	2
Posição de montagem	Qualquer um
Modo de funcionamento	Dupla ação
Função da garra	Radial
Construção	Sequência de movimentos conduzida pela força
Detecção de posição	Através do sensor de proximidade Para sensores indutivos
Símbolo	00991894
Pressão operacional	3 bar ... 8 bar
Frequência máx. de operação da garra pneumática	≤3 Hz
Tempo de abertura mín. em 6 bar	280 ms
Tempo mín. de fecho em 6 bar	308 ms
Meio de funcionamento	Ar comprimido de acordo com ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre o meio operacional/controlo	A operação lubrificada é possível (no caso em que a operação lubrificada será sempre obrigatória)
Classe de resistência à corrosão (CRC)	1 - Baixa resistência à corrosão
Temperatura ambiente	5 °C ... 60 °C
Binário de fixação total em 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), na abertura	588 Ncm
Torque de aderência total em 6 bar, fecho	516 Ncm
Momento de inércia	0.74 kgcm <sup>2</sup>
Força máxima no mordente Fz, estático	100 N
Torque máximo no mordente My, estático	6.2 Nm
Torque máximo no mordente Mz, estático	0.5 Nm
Intervalo de relubrificação dos elementos guia	10 MioCyc
Peso do produto	290 g
Tipo de montagem	Pela rosca fêmea e manga central
Conexão pneumática	M5
Observação sobre os materiais	Em conformidade com a RoHS
Material da caixa	Alumínio Anodizado suave

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Material do mordente	Aço Temperado

# Guided actuator DFM-32-125-P-A-KF

Part number: 170936

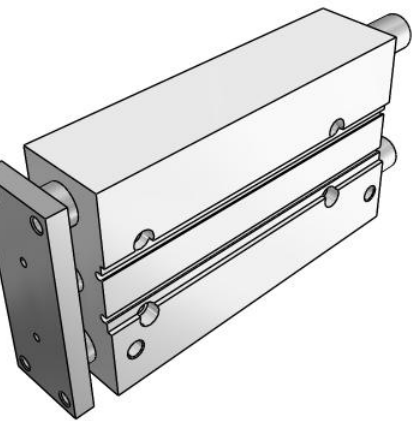
FESTO



## Data sheet

Feature	Value
Distance of centre of gravity of payload to yoke plate xs	50 mm
Stroke	125 mm
Piston diameter	32 mm
Drive unit operating mode	Yoke
Cushioning	Elastic cushioning rings/pads at both ends
Mounting position	Any
Guide	Recirculating ball bearing guide
Structural design	Guide
Position sensing	For proximity sensor
Symbol	00991737
Operating pressure	0.15 MPa ... 1 MPa
Operating pressure	1.5 bar ... 10 bar
Max. speed	0.8 m/s
Mode of operation	Double-acting
Operating medium	Compressed air as per ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Information on operating and pilot media	Operation with oil lubrication possible (required for further use)
Corrosion resistance class (CRC)	0 - No corrosion stress
LABS (PWIS) conformity	VDMA24364-B1/B2-L
Ambient temperature	-5 °C ... 60 °C
Impact energy in the end positions	0.4 J
Max. force Fy	1130 N
Max. force Fy static	1260 N
Max. force Fz	1130 N
Max. force Fz static	1260 N
Max. torque Mx	44.09 Nm
Max. static moment Mx	49.14 Nm
Max. torque My	40.13 Nm
Max. static moment My	44.73 Nm
Max. torque Mz	40.13 Nm
Max. static moment Mz	44.73 Nm
Max. permissible torque load Mx as a function of the stroke	7.66 Nm
Max. payload as a function of the stroke at defined distance xs	161 N
Theoretical force at 6 bar, retracting	415 N
Theoretical force at 6 bar, advancing	482 N
Moving mass	1418 g
Product weight	3189 g

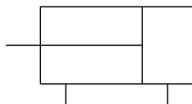
<b>Feature</b>	<b>Value</b>
Center of gravity of the moving mass as a function of the stroke	80.9 mm
Alternative connections	See product drawing
Pneumatic connection	G1/8
Note on materials	RoHS-compliant
Cover material	Wrought aluminum alloy
Seals material	NBR
Housing material	Wrought aluminum alloy
Piston rod material	High-alloy stainless steel



## MGP-Z, Compact Guide Cylinder MGPM32-150Z

### Datasheet

At SMC we have 'rolled' out an upgrade of our MGP Series guide cylinder, which is now smaller and boasts new features. The new MGP-Z is testament to our commitment to invest in ongoing research and development to refine and improve the performance and functionality of SMC products. The MGP-Z is up to 17% lighter and offers space savings thanks to shorter guide rods, without impacting on the variety of functions, robustness and quality performance of the original series. Another recent key development feature is that round auto switches can now be fitted directly onto the MGP-Z cylinder, removing the need for mounting brackets and reducing labour costs. The common issue of incorrectly positioned auto switches is also mitigated when using SMC's two colour indication solid state auto switch, D-M9\*W. The MGP-Z has many standard feature options including three types of bearings, four mount designs, piping from two directions and offers cooper and fluorine free versions. Suitable for many industries including General Automation and Car, it has several applications including smooth pusher and lifter, lateral load by acting as a stopper where shock is applied, or minimising plate displacement.



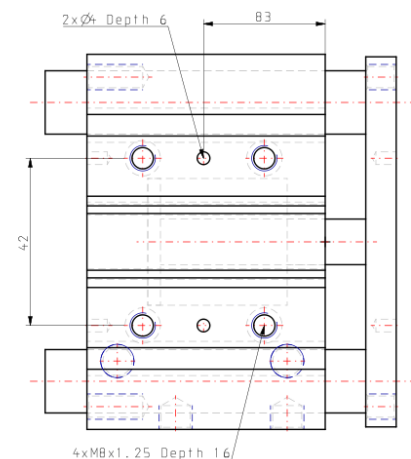
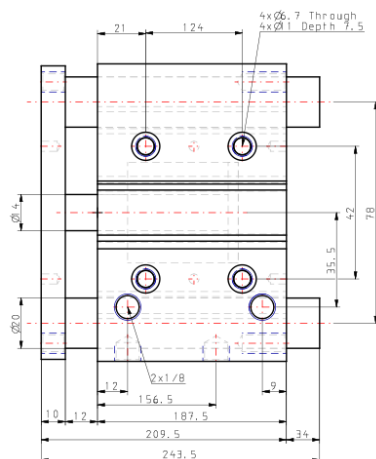
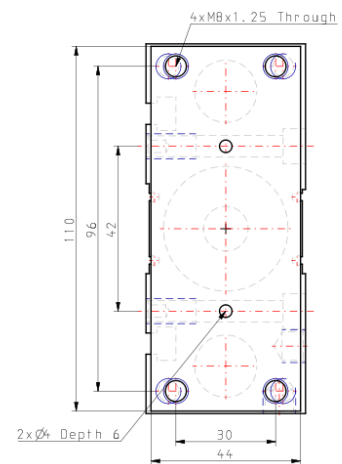
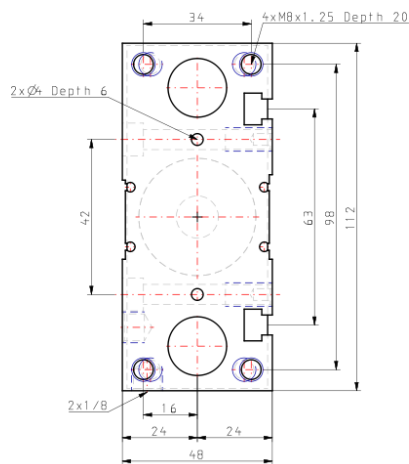
Double-acting, single-rod cylinder

### Standard specifications

Bearing Type	M (Slide Bearing)
Bore Size	Ø32 mm
Port Thread Type	Rc [Or M5x0.8 for 12, 16 Bores]
Lube-retainer	Without Stable Lubrication Function
Stroke	150
Auto Switch	No Switch
Lead Wire Length	0.5m [Or None in the Case of No Switch]
Number of Auto Switches	2 pcs. [Or None in Case of No Switch]
Rod End Options	None
Temperature Resistance	None
Low Speed	None
Fluororubber Seal	None
Grease for Food Processing Equipment	None

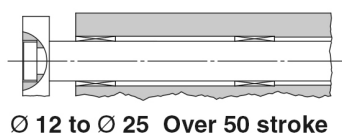
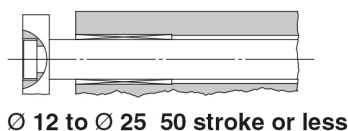
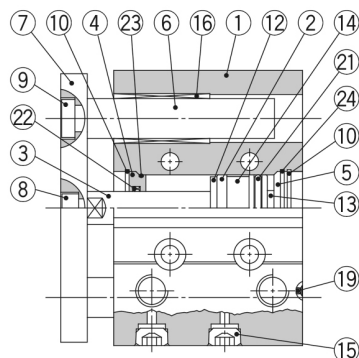
Pressure medium	Compressed air
Maximum temperature of pressure medium	60 °C
Minimum temperature of pressure medium	-10 °C (No freezing)
Maximum operating pressure	1.0 MPa
Minimum operating pressure	0.1 MPa
Proof pressure	1.5 MPa
Maximum ambient temperature	60 °C
Minimum ambient temperature	-10 °C (No freezing)
Numero of pneumatic connections	4 pcs.
Pneumatic input connection	R 1/8
Pneumatic exhaust connection	R 1/8
Mode of operation of drive	Double acting
Theoretical cylinder force, advance stroke (at 0.5 MPa)	402 N
Theoretical cylinder force, return stroke (at 0.5 MPa)	325 N
Maximum piston speed	500 mm/s
Type of cushioning	Rubber bumper on both ends
Non-rotating accuracy of plate	± 0.05 °
Weight	3.290 Kg

## Dimensions

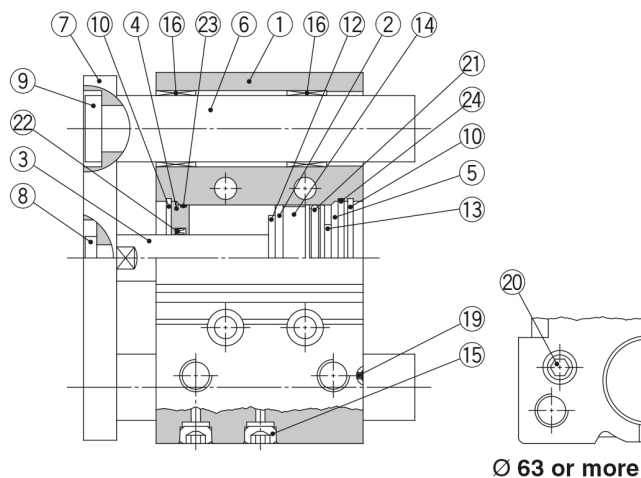


## Constructions

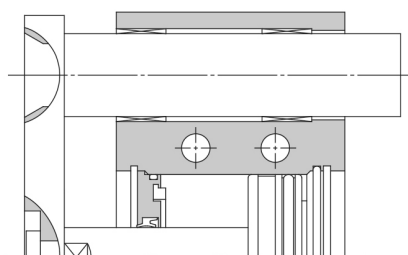
### MGPM12 to 25



### MGPM32 to 100



Ø 63 or more



Ø 50 or more

#### Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Body	Aluminium alloy	Hard anodised
2	Piston	Aluminium alloy	
3	Piston rod	Stainless steel	Ø 12 to Ø 25
		Carbon steel	Ø 32 to Ø 100   Hard chrome plating
4	Collar	Aluminium alloy	Chromated
5	Head cover	Aluminium alloy	Ø 12 to Ø 63   Chromated
			Ø 80, Ø 100   Painted
6	Guide rod	Carbon steel	Hard chrome plating
7	Plate	Carbon steel	Nickel plating
8	Plate mounting bolt	Carbon steel	Nickel plating
9	Guide bolt	Carbon steel	Nickel plating
10	Retaining ring	Carbon tool steel	Phosphate coated
11	Retaining ring	Carbon tool steel	Phosphate coated
12	Bumper A	Urethane	
13	Bumper B	Urethane	
14	Magnet	—	
15	Plug Hexagon socket head plug	Carbon steel	Ø 12, Ø 16   Nickel plating
			Ø 20 to Ø 100
16	Slide bearing	Bearing alloy	

※: A felt is not installed on the slide bearing.

#### Component Parts

No.	Description	Material	Note
17	Ball bushing		
18	Spacer	Aluminium alloy	
19	Steel ball	Carbon steel	Ø 12 to Ø 50
20	Plug	Carbon steel	Ø 63 to Ø 100   Nickel plating
21*	Piston seal	NBR	
22*	Rod seal	NBR	
23*	Gasket A	NBR	
24*	Gasket B	NBR	

#### Replacement Parts/Seal Kit

Bore size [mm]	Kit no.	Contents	Bore size [mm]	Kit no.	Contents
12	MGP12-Z-PS	Set of nos.	40	MGP40-Z-PS	Set of nos.
16	MGP16-Z-PS		50	MGP50-Z-PS	
20	MGP20-Z-PS	above	63	MGP63-Z-PS	above
25	MGP25-Z-PS	⑳, ㉑	80	MGP80-Z-PS	⑳, ㉑
32	MGP32-Z-PS	㉒, ㉓	100	MGP100-Z-PS	㉒, ㉓

※: Seal kit includes ㉑ to ㉓. Order the seal kit, based on each bore size.

※: Since the seal kit does not include a grease pack, order it separately.

**Grease pack part number: GR-S-010 (10 g)**

## Additional information

Catalogue

[MGP-Z-Dd\\_EU.pdf](#)