



DESENVOLVIMENTO E INTEGRAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA ORTOGONAL

RAFAEL SOUSA FONSECA

outubro de 2023

DESENVOLVIMENTO E INTEGRAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA ORTOGONAL

Rafael Sousa Fonseca

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

DESENVOLVIMENTO E INTEGRAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA ORTOGONAL

Rafael Sousa Fonseca

1151560

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho.

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais pelo apoio incondicional e incentivo ao longo de todo o meu percurso académico.

Ao meu orientador Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, por todo apoio e disponibilidade dedicado à realização desta dissertação.

A todos os trabalhadores da Antípoda por todo apoio e ajuda prestada, nomeadamente ao meu coorientador Engenheiro Alexandre Barbosa.

Finalmente, um agradecimento especial aos meus amigos que me apoiaram e motivaram em todos os momentos deste percurso.

RESUMO

O aumento exponencial do comércio eletrônico e as reivindicações dos consumidores, que exigem cada vez mais rapidez, apresentam um enorme desafio à indústria da intralogística. Neste sentido, a intralogística é uma área que tem sido alvo de estudos e desenvolvimento. As empresas têm necessidade de digitalizar, automatizar e robotizar todos os processos logísticos de forma a otimizar o fluxo de materiais e informação para se manterem competitivas no mercado global.

Foi neste sentido que a Antípoda propôs o desenvolvimento de uma transferência ortogonal, para a área de armazéns automáticos. O equipamento está destinado a ser integrado numa linha de transporte de caixas de pequeno porte e tem como objetivo a distribuição e organização logística dentro de armazéns. A fim de alcançar este objetivo, primeiramente foi realizada uma pesquisa das soluções existentes no mercado no sentido de se encontrar os pontos fortes de cada uma, assim como estudar hipóteses de melhoria. O equipamento foi desenhado e dimensionado com o auxílio do método de elementos finitos de forma a garantir que a solução encontrada é capaz de suportar os esforços de trabalho. Nesta dissertação também é apresentada a análise de custos e a construção de um protótipo e os ensaios práticos realizados a fim de aferir se o produto final é capaz de cumprir todos os objetivos impostos.

O equipamento apresentado demonstra ser uma solução viável e competitiva no que toca à transferência ortogonal automática de caixas. Este possui um mecanismo de elevação inovador capaz de elevar mais carga do que as transferências existentes no mercado, sendo capaz de funcionar 24 horas por dia com uma cadência superior a 30 unidades/min.

PALAVRAS-CHAVE

Intralogística; Projeto mecânico; Armazéns automáticos; Equipamentos industriais; Método de elementos finitos.

ABSTRACT

The exponential increase in e-commerce and the demands of consumers, who are increasingly demanding speed, present a huge challenge to the intralogistics industry. In this sense, intralogistics is an area that has been the subject of study and development. Companies need to digitize, automate, and robotize all logistics processes to optimize the flow of materials and information to remain competitive in the global market.

It was with this in mind that Antípoda proposed the development of an orthogonal transfer for the automated warehouse industry. The equipment is intended to be integrated into a roller conveyor line for transporting small boxes and its purpose is to distribute and organize logistics within warehouses. To achieve this goal, research was first carried out into existing solutions on the market to find the strengths of each one, as well as to study hypotheses for improvement. The equipment was designed and dimensioned using the finite element method to ensure that the solution found could withstand the workload. This dissertation also presents the cost analysis and the construction of a prototype, and the practical tests carried out to assess whether the final product is capable of meeting all the objectives set.

The equipment presented proves to be a viable and competitive solution when it comes to the automatic orthogonal transfer of boxes. It has an innovative lifting mechanism capable of lifting more loads than existing transfers on the market and is capable of operating 24 hours a day at a rate of more than 30 units/min.

KEYWORDS

Intralogistics; Mechanical design; Automated warehouses; Industrial machines; Finite element method.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XXI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura do relatório.....	2
1.5. Apresentação da empresa acolhedora.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Projeto de equipamentos industriais	3
2.1.1. Enquadramento ao projeto de equipamentos	3
2.1.2. Tipos de equipamentos.....	4
2.1.2.1. Monobloco fundido.....	4
2.1.2.2. Construção em chapa soldada	5
2.1.2.3. Perfis metálicos normalizados.....	6
2.1.2.4. Módulos funcionais ligados.....	7
2.1.3. Materiais utilizados em projeto	7
2.1.3.1. Aço.....	8
2.1.3.2. Alumínio	9
2.1.3.3. Polímeros.....	11
2.1.4. Normalização aplicável	14
2.1.5. Métodos de ligação.....	15
2.1.5.1. Ligações aparafusadas.....	15
2.1.5.2. Ligações soldadas	16
2.1.5.2.1. Mig-Mag	16
2.1.5.2.2. TIG	18
2.1.5.2.3. Eléctrodo revestido	19
2.1.6. Sistemas de acionamento	19
2.1.6.1. Sistemas pneumáticos.....	20
2.1.6.2. Sistemas hidráulicos	21
2.1.6.3. Sistemas eletromecânico	22
2.1.6.4. Componentes mecânicos adjacentes aos sistemas de acionamento	23
2.2. Projeto assistido por computador e dimensionamento	25
2.2.1. Desenho assistido por computador	25
2.2.2. Engenharia assistida por computador	26
2.2.3. Fabrico assistido por computador	27
2.2.4. Métodos de dimensionamento base	28

2.2.4.1. Critério da tensão tangencial máxima ou de Tresca	29
2.2.4.2. Critério da energia de distorção ou de von Mises.....	29
2.2.5. Método de elementos finitos	31
2.2.5.1. Introdução à ferramenta de projeto	31
2.2.5.2. Vantagens da utilização em projeto.....	31
2.2.5.3. Tipos de análises.....	32
2.2.5.3.1. Análise estática.....	32
2.2.5.3.2. Análise dinâmica.....	33
2.2.5.3.3. Análise térmica	33
2.2.5.3.4. Fadiga	34
2.2.5.4. <i>Software</i> existente e potencialidades	34
2.2.5.5. Fases da simulação	36
2.2.5.5.1. Pré-processamento	36
2.2.5.5.2. Processamento	37
2.2.5.5.3. Pós-processamento.....	37
2.2.5.6. Caso prático de dimensionamento	38
2.2.6. Estado da arte	39
2.3. Armazéns automáticos.....	40
2.3.1. Conceito e definição.....	40
2.3.2. Enquadramento legal.....	41
2.3.2.1. Diretiva máquinas 2006/42/EC	41
2.3.2.2. Sinalização do piso em armazéns.....	42
2.3.3. European Materials Handling Federation	44
2.3.4. Estruturas de transporte de carga	44
2.3.5. Equipamentos usados em armazéns automáticos	45
2.3.5.1. Estantes	45
2.3.5.2. Transelevadores	45
2.3.5.3. Elevadores	46
2.3.5.4. Transportadores de rolos	47
2.3.5.4.1. Transportadores estáticos ou gravíticos	47
2.3.5.4.2. Transportadores de rolo de corrente ou correia	47
2.3.5.4.3. Line shaft	47
2.3.5.5. Transportadores de correntes.....	48
2.3.5.6. Mesas de transferência com elevação	49
2.3.5.7. Mesas rotativas	50
2.3.5.8. Veículos autónomos	50
2.3.5.8.1. AGV – Automated guided vehicle	50
2.3.5.8.2. Drones	51
2.3.6. Indústria intralogística no mundo e em Portugal	51
2.3.7. Estado da arte	52
3. DESENVOLVIMENTO	55

3.1. Caracterização da empresa	55
3.2. Metodologia a aplicar.....	58
3.3. Caracterização do processo.....	59
3.4. Identificação de problemas	60
3.5. Objetivos	60
3.6. Requisitos e limitações.....	61
3.7. Anteprojeto	61
3.7.1. Conceito geral	62
3.7.2. Sistemas de acionamento	64
3.7.3. Módulo de elevação.....	67
3.7.4. Esticador do módulo de correias	73
3.8. Projeto.....	75
3.8.1. Estrutura final e subconjuntos	75
3.8.2. Princípio de funcionamento.....	79
3.8.3. Projeto de subconjuntos	80
3.8.3.1. Estrutura base	80
3.8.3.2. Mecanismo de elevação.....	82
3.8.3.3. Módulo de correias	92
3.8.3.4. Sistema de acionamento	97
3.8.3.5. Sistemas de controlo	102
3.8.3.6. Blindagens	104
3.8.4. Validação pelo MEF.....	108
3.8.5. Materiais e processos de fabrico	117
3.8.6. Desenhos de pormenor.....	125
3.8.7. Plano de manutenção	128
3.8.8. Análise de custos.....	129
3.8.9. Construção de protótipo e validação de funcionamento	131
4. CONCLUSÕES.....	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
Anexos – Desenhos	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Processo iterativo das fases de um projeto [1].....	4
Figura 2 - Exemplo de um torno [2]	5
Figura 3 – Quinadora [3]	5
Figura 4 - Conectores para perfis de alumínio [4].....	6
Figura 5 - Transportador timing belt com estrutura em perfis de alumínio [5].....	6
Figura 6 - Exemplo de um equipamento constituído por módulos funcionais ligados [6]	7
Figura 7 - Perfis comuns em aço laminados [7]: a) barras com diversas secções transversais, b) chapa de aço, c) perfis estruturais laminados, d) carril, e) Tubo quadrado, f) tubo redondo	8
Figura 8 - Tabela de propriedades de aços estruturais segundo a norma EN 10025 [9]	9
Figura 9 - Peça em alumínio maquinada [11]	9
Figura 10 - Perfis de alumínio normalizados [13].....	10
Figura 11 - Cadeia de monómeros constituintes de um polímero [15]	11
Figura 12 - Exemplo de um casquilho da IGUS [18]	13
Figura 13 - Exemplo de um rolete em nylon [19].....	13
Figura 14 - Exemplo de engrenagens em material polimérico [20]	13
Figura 15 - Exemplo de perfis de deslizamento em nylon [21]	13
Figura 16 - Exemplo de uma correia em PVC [22].....	14
Figura 17 - Exemplo de uma banda modular em POM [23].....	14
Figura 18 - Esquema do processo de soldadura por MIG-MAG [29]	17
Figura 19 - Processo de soldadura MIG-MAG automatizado através de braços robóticos [30].....	17
Figura 20 - Ilustração de um equipamento de soldadura MIG-MAG [31]	18
Figura 21 – Ilustração do processo de soldadura TIG [32]	18
Figura 22 - Ilustração do processo de soldadura por elétrodo revestido [33].....	19
Figura 23 - exemplo de um cilindro de simples efeito [36].....	20
Figura 24 - Exemplo de um cilindro pneumático de duplo efeito [37]	20
Figura 25 - Exemplo de um cilindro sem haste [38].....	20
Figura 26 - Exemplo de um cilindro com guiamento [39]	21
Figura 27 - Exemplo de um cilindro pneumático rotativo [40]	21
Figura 28 - Exemplo de um fole pneumático [41].....	21
Figura 29 - Exemplo de bomba de engrenagens [43]	22
Figura 30 - Exemplo de um motor redutor [44].....	23
Figura 31- Exemplo de um rolo motorizado [45]	23
Figura 32 - Exemplo de engrenagens [47].....	24
Figura 33 - Exemplo de um fuso [48]	24
Figura 34 - Exemplo de guias lineares [49]	24
Figura 35 - Exemplo de uma corrente de transmissão [50]	24
Figura 36 - Exemplo de uma correia [51]	25
Figura 37 - Exemplo de um rolamento [52]	25
Figura 38 - Exemplo de equipamento desenhado em CAD (autoria própria).....	26
Figura 39 - Comparação do fluxo de ar à volta do pneu e conduta de ar dos travões com duas asas frontais distintas [55]	27
Figura 40 - Criação de um toolpath no Solidworks (adaptado de [57])	27

Figura 41 - Corte a laser de uma chapa [58]	28
Figura 42 - Transformação de tensões [60]	29
Figura 43 - Representação da elipse de Von Mises e do hexágono de Tresca [60]	30
Figura 44 – Otimização automática através de MEF [65]	32
Figura 45 - Análise estática, verificação da tensão de Von Misses num pórtico (autoria própria)..	33
Figura 46 - Análise de frequências modais (autoria própria)	33
Figura 47 - Diagrama de Goodman e Soderberg [67]	34
Figura 48 - Gráfico do deslocamento de um ponto em função ao número de elementos da malha [54]	36
Figura 49 - Malha gerada para simulação da prensa [73]	38
Figura 50 - a) tensão máxima de von Misses da prensa versão B b) deslocamento máximo da prensa versão B [74]	39
Figura 51 - Marcação CE [83]	42
Figura 52 - Listas de sinalização em armazéns [84]	43
Figura 53 - Estantes em armazém [86].....	45
Figura 54 - Representação de um transelevador [87].....	46
Figura 55 - Representação de um elevador num armazém [88].....	46
Figura 56 - Exemplos de transportadores de caixas [89]	47
Figura 57 – exemplo de um sistema line shaft [92]	48
Figura 58 - Exemplo de um transportador de correntes [93]	49
Figura 59 - Exemplo de uma mesa de transferência [94]	50
Figura 60 - Exemplo de uma empilhadora (a) e de um rebocador AVG (b) [96, 97].....	51
Figura 61 - Aumento do comércio eletrônico, e previsões futuras [101]	52
Figura 62 - Logo da empresa Antípoda [93]	55
Figura 63 - Processo de transferência de uma caixa	59
Figura 64 - Esboço de uma transferência em módulo completo [108].....	62
Figura 65 - Esboço de uma transferência em módulo individual (autoria própria)	63
Figura 66 - Ilustração da primeira iteração do excêntrico	67
Figura 67 - Esboço da peça auxiliar do excêntrico	68
Figura 68 - a) Esboço da primeira iteração do caracol; b) respetivo desenho CAD	68
Figura 69 - Elevação do excêntrico e caracol em função do ângulo	69
Figura 70 - a) Representação CAD do módulo de testes, b) modelo real	71
Figura 71 - Vista de corte do módulo de elevação.....	71
Figura 72 - Esboço da primeira solução para o esticador, a) vista de corte, b) vista frontal, rasgo	73
Figura 73 - Esboço da segunda solução para o esticador, vista de corte.....	74
Figura 74 - Equipamento final, sem blindagens.....	77
Figura 75 - Vista explodida dos conjuntos constituintes do equipamento final.....	78
Figura 76 - a) Posição inferior b) Posição superior.....	79
Figura 77 - a) Posição inferior com caixa b) Posição superior com caixa	79
Figura 78 - Descida da estrutura superior.....	79
Figura 79 - Estrutura inferior.....	80
Figura 80 - Pontos de ancoragem	81
Figura 81 - Pontos de acesso e chapa de suporte do rolo	81
Figura 82 - Módulo de elevação.....	82
Figura 83 - Mesa superior	83

Figura 84 - Pontos de fixação do mecanismo de elevação	83
Figura 85 - Mecanismo de sincronismo	84
Figura 86 - Braço de elevação	84
Figura 87 - a) Encaixe do braço de elevação no veio; b) Fixação do braço de elevação.....	85
Figura 88 - Barras de sincronismo	85
Figura 89 - Detalhe dos casquilhos das barras sincronizadoras.....	86
Figura 90 - Ligação braço de elevação e barras de sincronismo, vista explodida.....	86
Figura 91 – a) vista superior dos batentes; b) vista inferior dos batentes.....	87
Figura 92 – a) Ligação do braço com a estrutura superior; b) Vista explodida.....	87
Figura 93 - Suporte do rolamento.....	88
Figura 94 - Suporte do rolamento vista explodida e corte	88
Figura 95 - a) Movimento de rotação da mesa; b) representação do braço	89
Figura 96 - Sketch de elevação.....	89
Figura 97 - Evolução do desenho do caracol: a) versão base; b) primeira evolução; c) segunda evolução.....	90
Figura 98 - Detalhe de aperto da segunda evolução do caracol.....	91
Figura 99 - Módulo de correias	92
Figura 100 - a) Vista lateral da cassete, destaque dos pontos de união das chapas; b) representação dos veios de união.....	92
Figura 101 - Quinagem superior da chapa da cassete	93
Figura 102 - Conjunto do rolete	93
Figura 103 - Conjunto do rolete, vista explodida.....	94
Figura 104 – Superfície do rolete ovalizada	94
Figura 105 – a) Representação do conjunto do esticador; b) Representação do esticador na cassete	95
Figura 106 - Diâmetros mínimos da polia segundo a HABASIT para a correia MAM-04H [109]	96
Figura 107 - Forma da correia, limitações de atravacamento	97
Figura 108 - a) Conjunto considerado; b) propriedades de massa do respectivo conjunto.....	98
Figura 109 - Diagrama de forças, elevação de uma carga sobre uma cunha.....	98
Figura 110 – Catálogo Pulseroller, especificações de rolos motorizados [110].....	99
Figura 111 - Distância de transferência de uma caixa	100
Figura 112 - Calço do rolo motorizado.....	101
Figura 113 - Sensor indutivo SICK IQ06 [111].....	102
Figura 114 - Detalhe do suporte dos sensores indutivos.....	102
Figura 115 - Sensor indutivo e parafuso de detecção, vista de corte.....	103
Figura 116 - Módulo de sensores.....	104
Figura 117 - Equipamento completo com blindagens	105
Figura 118 - Recorte da blindagem	106
Figura 119 – Detalhe da proteção lateral do equipamento pela longarina	106
Figura 120 - Definição dos apoios fixos para a análise MEF do módulo de correias	108
Figura 121 - Características da correia [109].....	109
Figura 122 - Numeração dos roletes	109
Figura 123 - a) Conjunto completo b) Simplificação considerada para efeitos de MEF	110
Figura 124 - Representação geral dos apoios e forças para a análise MEF	111
Figura 125 - Tensões de von Mises obtidas após análise MEF.....	112

Figura 126 - Deslocamentos resultantes para a cassete obtidos através de análise MEF	112
Figura 127 - a) Representação das reações na estrutura b); área escolhida para fixação na análise MEF, vista de corte.....	113
Figura 128 - a) Representação das reações no rolamento; b) peça simplificada para análise MEF	113
Figura 129– a) Vista superior, cassetes fixas na mesa; b) área escolhida para aplicação das cargas na análise MEF	114
Figura 130 - Representação do caso crítico para análise MEF da mesa superior	115
Figura 131 - Representação geral de ações impostas à mesa para a análise MEF	115
Figura 132 - Malha para a análise MEF da mesa superior	116
Figura 133 - Tensão de von Mises para a mesa obtidos pela análise de MEF	116
Figura 134 - Deslocamentos resultantes para a mesa obtidos através da análise MEF	117
Figura 135 - Desenho técnico de uma peça cortada a laser	125
Figura 136 - Desenho técnico do veio dos roletes	126
Figura 137 - Desenho técnico da base da estrutura	127
Figura 138 - Diagrama de Gantt	130
Figura 139 - Montagem dos conjuntos dos roletes	131
Figura 140 - Cola de vedação Peclock – 31638 [112]	132
Figura 141 - Montagem de uma cassete.....	132
Figura 142 – a) Montagem do mecanismo de elevação; b) Montagem da mesa superior e rolo de acionamento das correias	133
Figura 143 - Dificuldade de montagem do rolo motorizado.....	133
Figura 144 - Nova estrutura base com rasgo para facilitar a montagem do rolo motorizado	134
Figura 145 - a) Suporte do rolamento do protótipo; b) Desenho da nova versão do suporte	134
Figura 146 - Protótipo concluído, sem blindagens.....	135
Figura 147 - Teste contínuo do ciclo de elevação	137

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Séries das ligas de alumínio [12]	10
Tabela 2 - Polímeros e respectivas características (adaptado de [16])	12
Tabela 3 - Peças poliméricas utilizadas em equipamentos industriais	13
Tabela 4 - Eurocódigos publicados [24]	14
Tabela 5 - Valores nominais da tensão de cedência, f_{yb} , e da tensão rotura, f_{ub} , para parafusos [26]	15
Tabela 6 - Processos de soldadura segundo a fonte de calor, adaptado de [7]	16
Tabela 7 – Tipos de atuadores pneumáticos.....	20
Tabela 8 - Componentes de acionamento mecânico comuns	24
Tabela 9 – Comparação de resultados obtidos, tensão e deslocamentos [73]	39
Tabela 10 - Estado da arte em dimensionamento e projeto assistido por computador	39
Tabela 11 - Códigos de cores de segurança segundo a Diretiva 92/58/CEE	43
Tabela 12 - Estado da arte em armazéns automáticos	52
Tabela 13 - Lista de equipamentos fabricados pela Antípoda [93].....	55
Tabela 14 - Especificações técnicas do equipamento	61
Tabela 15 - Análise SWOT do módulo completo.....	62
Tabela 16 - Análise SWOT do módulo único	63
Tabela 17 - Análise SWOT do acionamento por motor redutor	64
Tabela 18 - Análise SWOT do acionamento por rolo motorizado.....	65
Tabela 19 – Análise SWOT do acionamento por sistema de foles pneumáticos	65
Tabela 20 - análise SWOT do acionamento por sistema de cilindros pneumáticos	66
Tabela 21 - análise SWOT do acionamento por sistema de cilindros elétricos	67
Tabela 22 - Características para o excêntrico e para o caracol.....	70
Tabela 23 - Força de elevação teórica para ambas soluções	70
Tabela 24 - Resultados dos ensaios de cara reais	71
Tabela 25 - Análise SWOT para o excêntrico	72
Tabela 26 - Análise SWOT para o caracol.....	72
Tabela 27 - Análise SWOT para a 1ª solução do esticador.....	74
Tabela 28 - Análise SWOT para a 1ª solução do esticador.....	75
Tabela 29 - Especificações do protótipo (cotas apresentadas têm em conta as blindagens)	76
Tabela 30 - Propriedades da versão base da peça	90
Tabela 31 - Massa a elevar pelo rolo motorizado	98
Tabela 32 - Dados e valores referentes ao dimensionamento do rolo motorizado	99
Tabela 33 - Cálculo do tempo de ciclo teórico do equipamento	100
Tabela 34 - Conjuntos de blindagens	107
Tabela 35–Forças atuantes sobre os roletes provocados pela tensão da correia	110
Tabela 36 – Propriedades da malha do módulo de cassetes.....	111
Tabela 37 - Valores máximos de tensão de von Mises e de deslocamento resultante para a cassette	112
Tabela 38 - Valores de massa para análise pelo MEF da mesa superior.....	114
Tabela 39 - Propriedades da malha.....	116
Tabela 40 - Resultados da análise MEF	117

Tabela 41 - Aços usados no projeto	117
Tabela 42 - Listagem das peças do protótipo	118
Tabela 43 - Plano de manutenção preventiva	128
Tabela 44 - Custo das peças constituintes do protótipo.....	129
Tabela 45 - Custos de mão de obra.....	129
Tabela 46 - Ensaios práticos realizados ao protótipo	135
Tabela 47 - Cadência do processo de transferência em função do peso da caixa.....	137

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

AGV	<i>Automated guided vehicle</i>
AMR	<i>Autonomous Manoeuvrable Robots</i>
AS/RS	<i>Automated Storage and Retrieval System</i>
CAD	<i>Computer aided drawing</i>
CAE	<i>Computer aided engineering</i>
CAM	<i>Computer aided manufacturing</i>
CFD	<i>Computer fluid dynamics</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
EC	Eurocódigo
FEM	<i>Fédération Européenne de la Manutention</i>
GL	Graus de liberdade
MEF	Método dos elementos finitos
MIG-MAG	<i>Metal Inert Gas – Metal Active Gas</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>
TIG	<i>Tungsten Inert Gas</i>

Lista de Símbolos

E	Módulo de Young	GPa
c.s.	Coeficiente de segurança	-
L_{cf}	Comprimento final da correia	m
L_{ci}	Comprimento inicial da correia	m
f_{yb}	Tensão de cedência do parafuso	MPa
f_{yb}	Tensão limite última do parafuso	MPa
σ_T	Tensão equivalente de Tresca	MPa
$\sigma_{v,M}$	Tensão equivalente de von Mises	MPa
g	Aceleração gravítica	m/s ²
L	Comprimento	m
v	Velocidade	m/s
ε	Alongamento	-
ρ	Densidade	kg/m ³
σ	Tensão normal	MPa
τ	Tensão de corte	MPa

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A intralogística é hoje uma área de suma importância no âmbito empresarial que muito contribui para garantir o sucesso sustentável destas, é nesse sentido que o fluxo adequado de informações e materiais é muito importante nas operações logísticas.

A intralogística é um processo em constante evolução que tem como objetivo integrar, gerir, automatizar o fluxo de materiais e informações, para assim aumentar a produtividade operacional de um centro de distribuição.

As soluções da intralogística moderna estão em permanente crescente. Incrementando assim a produtividade com diversas soluções adaptáveis aos mais diversos tipos de empresas, contribuindo assim para um ótimo manuseamento de materiais e processamento de informações. Desta forma é possível criar uma base para o crescimento, otimização de processos acompanhados de uma produtividade laboral de excelência.

A necessidade de hoje em ser competitivo na indústria, exige naturalmente que os armazéns automáticos tenham a capacidade de ajustar a sua produtividade em função do aumento exponencial do consumo de produtos, assim estes têm a necessidade de estarem equipados com a mais recente tecnologia por forma a otimizarem a sua produtividade e eficiência e rapidez, para responderem assim a um mercado global cada vez mais exigente.

É seguindo esta exigente e desafiante era moderna, em que a inovação é essencial para o crescimento empresarial, que foi projetamos e criada esta mesa de transferência ortogonal com elevação, um inovador equipamento com elevada eficiência por forma a aumentar a capacidade produtiva.

1.2. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho, é projetar um equipamento designado por mesa de transferência ortogonal com elevação, como solução de um sistema de elevação de caixas de pequeno porte para assim serem distribuídas a outros transportadores adjacentes.

Desta forma os principais objetivos são os seguintes:

- Desenvolvimento de uma transferência ortogonal como equipamento standard da ANTIPODA;
- Estudo de um modelo modelar a integrar noutros equipamentos da ANTIPODA;
- Definição dos requisitos do equipamento e gama de produtos a transportar;
- Estudo da viabilidade económica do equipamento;
- Elaboração e análise do modelo em formato 3D;
- Aprovação e fabrico do modelo final.

1.3. Metodologia

A elaboração do presente trabalho irá seguir a metodologia que a seguir se descreva:

- Estudo e análise de soluções semelhantes existentes no mercado, tendo como objetivo analisar para cada uma os seus pontos fortes e as suas fraquezas;
- Apresentação/ discussão e aprovação do modelo 3D;
- Análise de possíveis melhorias, modificações e atualização do modelo 3D;
- Discussão e análise do trabalho desenvolvido;
- Desenvolvimento das estruturas principais do sistema;
- Desenvolver o projeto mecânico incluindo o sistema de rotação;
- Elaboração de desenhos para o fabrico das peças desenvolvidas e respetivos desenhos de montagem.

1.4. Estrutura do relatório

A estrutura da presente dissertação está dividida em quatro capítulos:

1. O primeiro capítulo consiste numa breve introdução a este trabalho, é realizada uma contextualização à indústria da intralogística e são apresentados os objetivos e a metodologia, bem como uma apresentação da empresa acolhedora.
2. No segundo capítulo, realiza-se a revisão bibliográfica onde se enquadra o leitor com os temas envolventes deste projeto
3. O terceiro capítulo tem como objetivo descrever todo o projeto realizado, desde as ideias preliminares para a resolução deste problema, até à construção e validação final do equipamento.
4. No quarto e último capítulo são apresentadas as conclusões inerentes a este projeto, assim como são apresentadas propostas para trabalhos futuros.

1.5. Apresentação da empresa acolhedora

A empresa que acolheu o projeto a desenvolver é a Antípoda Lda, uma empresa sediada na cidade da Maia, distrito do Porto, fundada em 2002. a Antípoda é especializada na conceção, fabrico e instalação de equipamentos intralogísticos, dispondo de uma gama completa e variada de transportadores para praticamente todas as aplicações industriais.

Atualmente com uma estratégia de crescimento sustentado e contínuo, permitiu à Antípoda em 2008 internacionalizar-se nos mercados Europeu, África, Ásia e América do Norte com um importante sucesso, estes mercados são hoje de particular relevância representando 50% do volume de negócios.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Projeto de equipamentos industriais

A indústria de projeto de equipamentos industriais é uma das maiores e mais diversificadas do mundo. Os projetistas são responsáveis por criar e projetar equipamentos seguros e eficientes. Ao longo dos seguintes subcapítulos são abordados tópicos inerentes a esta tema, tais como os tipos de equipamentos industriais e os materiais mais utilizados na sua execução.

2.1.1. Enquadramento ao projeto de equipamentos

O projeto de um equipamento industrial é um processo complexo e iterativo, onde conceitos complexos são subdivididos em partes mais pequenas e simples. O desenho de uma nova máquina consiste em transformar uma ideia mental num produto físico funcional, seguro e competitivo, que atenda à necessidades e requisitos exigidos [1]. Não existe uma forma correta de projetar um novo equipamento, de tal forma que na maioria dos casos existem inúmeras soluções distintas e cabe ao projetista tomar a melhor decisão, atendendo às limitações impostas, sejam estas, o processo de fabrico, materiais utilizados, custos entre outros. Segundo Shigley, pode-se dividir o processo de *design* em 6 etapas, sendo estas [1]:

1. **Identificação da necessidade** – o reconhecimento de uma necessidade é geralmente a primeira fase do projeto, sendo que esta pode variar desde uma simples melhoria de um equipamento existente até a um conceito completamente novo e inovador;
2. **Definição do problema** – nesta fase são definidas todas as especificações necessárias à resolução do problema, como por exemplo as dimensões, o processo de fabrico, o método de acionamento, velocidades, temperaturas limites, custos, entre outras;
3. **Síntese** – a síntese pode ser associada à fase de anteprojecto. Nesta fase é realizado um *brainstorming* de ideias no qual são propostas múltiplas soluções para os mais variados problemas que possam estar relacionadas com o projeto. Durante a síntese também se escolhem as soluções a implementar no projeto final;
4. **Análise e otimização** – esta fase consiste na criação de um modelo matemático. Este deve ser uma representação o mais fiel possível da realidade para que possa ser corretamente analisado e melhorado;
5. **Avaliação** – a avaliação é a prova de um *design* com sucesso e usualmente envolve um teste de um protótipo de forma a verificar se todos os requisitos foram cumpridos;
6. **Apresentação** – a última fase destina-se à partilha e apresentação do projeto, na qual se procura provar que este novo projeto é a melhor solução.

Como já referido todas estas fases do projeto são profundamente iterativas (Figura 1), pelo que é fundamental que este esteja em constante análise e avaliação. Caso seja necessário, deve-se voltar a uma fase anterior, por exemplo na eventualidade de se testar um protótipo e este não cumprir com os objetivos requeridos.

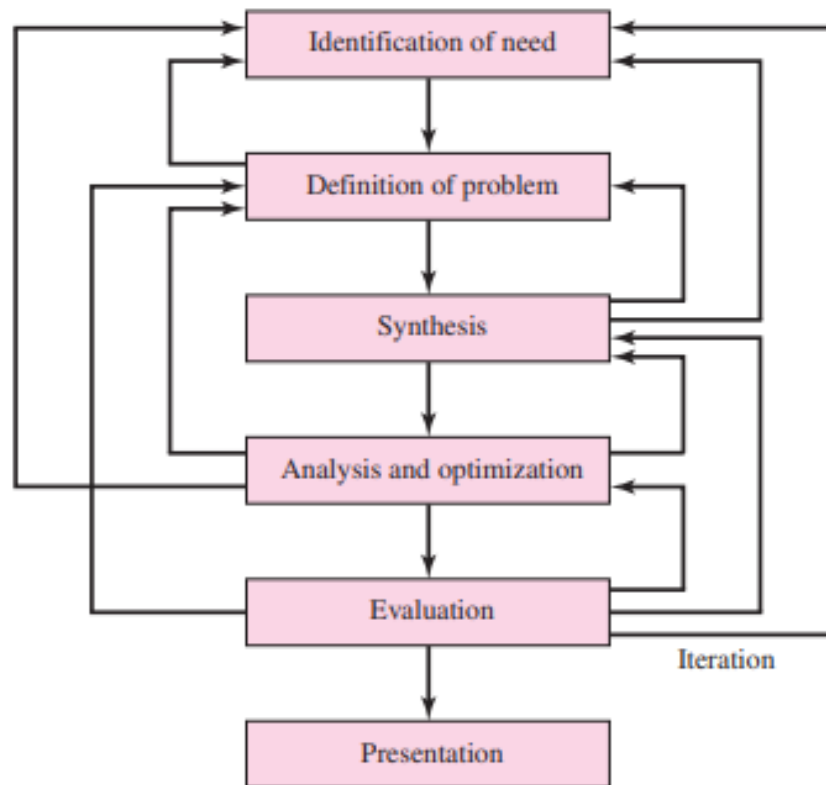


Figura 1 - Processo iterativo das fases de um projeto [1]

2.1.2. Tipos de equipamentos

No âmbito industrial, a utilização de equipamentos adequados é fundamental para garantir o bom desempenho das operações e alcançar eficiência produtiva. Entre as diversas opções disponíveis, é possível identificar quatro tipos de equipamentos principais:

- Monobloco fundido;
- Construção em chapa soldada;
- Perfis metálicos normalizados;
- Módulos funcionais ligados.

Ao longo dos seguintes subcapítulos estes quatro tipos de equipamentos são abordados e descritos, destacam-se as suas respectivas vantagens e desvantagens e apresentam-se ilustrações dos mesmos.

2.1.2.1. Monobloco fundido

Este processo construtivo, vastamente utilizado em equipamentos de baixo porte, tem a vantagem de permitir obter peças com as mais variadas formas, espessuras e materiais. Para além disso, uma outra grande vantagem da obtenção de peças por fundição é a sua eficiência na produção. De facto, após um molde ter sido criado, existe muita facilidade da produção de uma peça em grande escala e a um custo baixo. Na Figura 2 encontra-se representado um equipamento que utiliza monobloco fundido como base da sua estrutura.



Figura 2 - Exemplo de um torno [2]

2.1.2.2. Construção em chapa soldada

A fabricação de equipamentos por meio da união de chapas por soldadura é um método amplamente utilizado na construção de equipamentos industriais devido à sua versatilidade e baixo custo. Esta abordagem permite a criação de estruturas leves com alta rigidez, resultando em produtos finais eficientes e resistentes. Apresenta-se como exemplo deste conceito uma quinadora, representada na Figura 3.



Figura 3 – Quinadora [3]

Este conceito oferece uma série de benefícios na fabricação de equipamentos. Primeiramente, este permite a criação de estruturas personalizadas, adaptadas às necessidades específicas do projeto com a possibilidade da união de chapas com diferentes espessuras e geometrias, que deste modo permite obter formas complexas e otimizadas. Para além disso, este tipo de construção proporciona uma excelente transferência de carga entre as chapas, resultando em estruturas com alta rigidez. Esta característica é especialmente vantajosa em equipamentos nos quais a rigidez e a resistência são requisitos essenciais, como na maioria dos equipamentos industriais.

2.1.2.3. Perfis metálicos normalizados

A construção em perfil normalizado, nomeadamente em alumínio, é uma técnica comum na indústria para a fabricação de estruturas leves e resistentes. Estes perfis de alumínio são extrudidos em formas normalizadas, com secções transversais específicas, permitindo a criação de estruturas modulares facilmente interconectáveis através de inúmeros conectores existentes, representados na Figura 4.



Figura 4 - Conectores para perfis de alumínio [4]

Este método de construção permite que a montagem e desmontagem de um equipamento seja fácil e rápida sem que haja necessidade de executar tarefas como soldadura ou furação. Para além destas vantagens, os perfis de alumínio não necessitam de um acabamento superficial, ao invés dos equipamentos construídos em aço. Na Figura 5 pode-se observar um exemplo deste conceito construtivo, nomeadamente um transportador *timing belt* cuja totalidade da estrutura, desde os suportes e das longarinas que apoiam a correia, até aos reforços centrais, são feitos a partir de perfis de alumínio conectados entre si.



Figura 5 - Transportador timing belt com estrutura em perfis de alumínio [5]

2.1.2.4. Módulos funcionais ligados

Por fim refere-se à construção por módulos funcionais ligados, caso em que se promove a interconexão de módulos individuais para formar um equipamento completo. Este tipo de equipamentos apresenta uma abordagem inovadora na conceção e implementação de sistemas industriais, o que permite uma série de vantagens, nomeadamente a flexibilidade operacional. A conexão entre os módulos é projetada para ser simples e de rápida execução, de tal forma que seja possível configurar e adaptar os equipamentos às necessidades específicas de cada aplicação, assim como substituir um módulo.

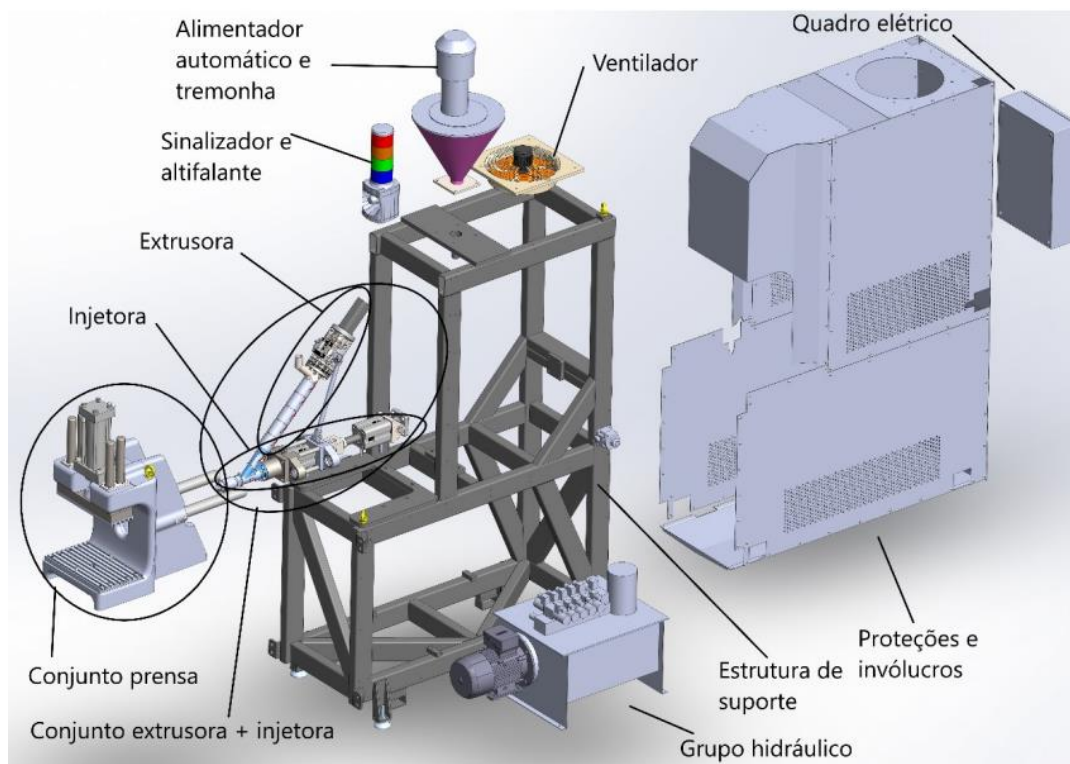


Figura 6 - Exemplo de um equipamento constituído por módulos funcionais ligados [6]

A Figura 6 representa um exemplo de um equipamento que tem como objetivo a injeção de termoplásticos. Para realizar a função pretendida, este é constituído por pequenos módulos distintos interligados, como um alimentador automático, uma extrusora, uma injetora, prensa entre outros.

2.1.3. Materiais utilizados em projeto

Os materiais mais utilizados em projeto de equipamentos industriais são os aços de construção e os alumínio. A grande maioria das peças que compõem uma máquina são fabricadas com estes materiais. No entanto, para peças não estruturais, como casquilhos e perfis de deslizamento, é bastante comum o uso de materiais poliméricos, como o nylon e o polietileno (PE).

2.1.3.1. Aço

O material mais usado no projeto de equipamentos industriais é o aço, devido às suas excelentes propriedades mecânicas. O aço é uma liga ferro-carbônica formada a partir de minérios de ferro, cujos componentes principais são o ferro e o carbono, onde este último pode ocupar até 2% da sua composição [7]. Estes são geralmente obtidos por extrusão ou laminagem em barras, chapas ou perfis normalizados. Os principais perfis laminados utilizados na indústria metalomecânica podem ser observados na Figura 7.

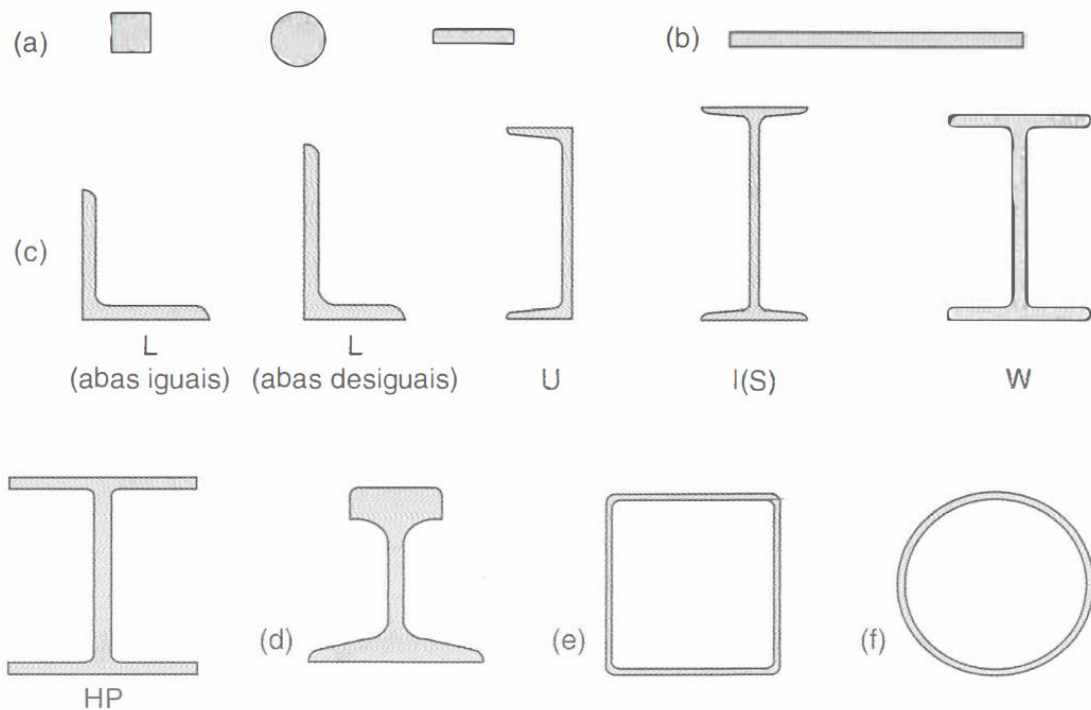


Figura 7 - Perfis comuns em aço laminados [7]: a) barras com diversas seções transversais, b) chapa de aço, c) perfis estruturais laminados, d) carril, e) Tubo quadrado, f) tubo redondo

Estas ligas ferrosas destacam-se na indústria metalomecânica devido à sua excepcional combinação de propriedades chave, tais como a boa resistência mecânica, tendo bom desempenho tanto à tração como à compressão, boa ductilidade, deformação elástica até valores de tensão elevados, boa soldabilidade, característica fundamental para a ligações em estruturas metálicas, e boa maneabilidade, propriedades que garantem uma enorme versatilidade a este material [7]. As ligas de aço inoxidável possuem níveis mais elevados de cromo na sua composição, permitindo desta forma que este seja mais resistente à corrosão. No entanto, as restantes ligas de aço podem ser sujeitas a tratamentos superficiais, como a galvanização, obtendo também características anticorrosivas [8]. Para além disso, o aço é um material com um custo relativamente baixo e que apresenta uma ótima disponibilidade no mercado.

Os tipos de aço mais utilizados em projeto de equipamentos industriais são os aços estruturais. Estes são regidos pela norma europeia EN 10025, que estabelece os requisitos de fabrico e fornece informações relativas à composição química e propriedades mecânicas dos mesmos. Na Figura 8 pode-se observar a tensão de cedência e de rutura dos aços estruturais desde a série S235 até à série S500 [9].

Designation		Minimum yield strength R_{eH}^a MPa Nominal thickness mm									Tensile strength R_m^a MPa Nominal thickness mm				
Steel name	Steel number	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	> 250 ≤ 400	< 3	≥ 3 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 ≤ 400
S235JR	1.0038	235	225	215	215	215	195	185	175	165	360 to 510	360 to 510	350 to 500	340 to 490	330 to 480
S235J0	1.0114														
S235J2	1.0117														
S275JR	1.0044	275	265	255	245	235	225	215	205	195	430 to 580	410 to 560	400 to 540	380 to 540	380 to 540
S275J0	1.0143														
S275J2	1.0145														
S355JR	1.0045	355	345	335	325	315	295	285	275	265	510 to 680	470 to 630	450 to 600	450 to 600	450 to 600
S355J0	1.0553														
S355J2	1.0577														
S355K2	1.0596														
S460JR ^b	1.0507	460	440	420	400	390	390	-	-	-	-	550 to 720	530 to 700	-	-
S460J0 ^b	1.0538														
S460J2 ^b	1.0552														
S460K2 ^b	1.0581														
S500J0 ^b	1.0502	500	480	460	450	450	450	-	-	-	-	580 to 760	560 to 750	-	-

^a For plate, strip and wide flats with widths ≥ 600 mm the direction transverse (t) to the rolling direction applies. For all other products the values apply for the direction parallel (l) to the rolling direction.

^b Applicable for long products only.

Figura 8 - Tabela de propriedades de aços estruturais segundo a norma EN 10025 [9]

2.1.3.2. Alumínio

As ligas de alumínio ganharam mais espaço no mercado das construções metálicas nos últimos anos. Características como a baixa densidade, boa trabalhabilidade, elevada resistência mecânica e à corrosão fazem com que as estruturas em alumínio sejam mais adequadas do que as estruturas em aço em certas aplicações [10]. A excelente maleabilidade do alumínio confere-lhe uma posição de destaque na seleção de materiais para o fabrico de peças maquinadas (Figura 9). Apesar de apresentar um custo superior em relação ao aço, a sua maquinabilidade é tão mais rápida e precisa que, em algumas situações, o fabrico de peças em alumínio pode ser economicamente mais vantajoso do que em aço. Além disso, o alumínio é amplamente utilizado quando há a necessidade de produzir peças com espessuras elevadas, pois sua baixa densidade pode ser um fator determinante na busca por uma redução de peso estrutural.

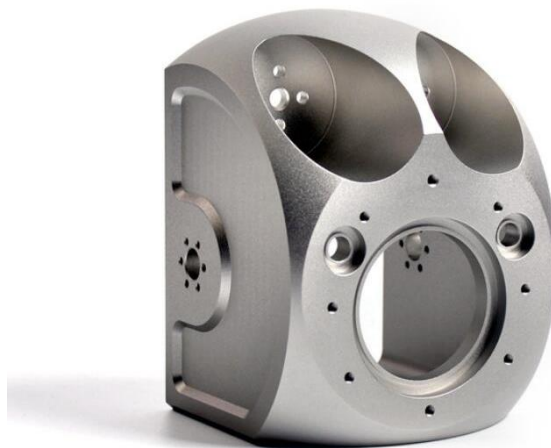


Figura 9 - Peça em alumínio maquinada [11]

As ligas de alumínio podem ser divididas em duas categorias: ligas trabalhadas, que são moldadas por meio de trabalho mecânico, e ligas fundidas, que são fundidas em estado líquido e colocadas num molde de forma a determinar a sua forma [12]

Em 1954, a *Aluminium Association* introduziu um sistema de designação de ligas de alumínio. Sob esse sistema, um número de quatro dígitos é atribuído a cada liga. O primeiro número indica o elemento de liga primário, que resulta num agrupamento de ligas com propriedades semelhantes, conforme explicitado na Tabela 1 [12]

Tabela 1 - Séries das ligas de alumínio [12]

Número da série	Elemento de liga primário
1xxx	Nenhum
2xxx	Cobre
3xxx	Manganês
4xxx	Silício
5xxx	Magnésio
6xxx	Magnésio e silício
7xxx	Zinco

Das séries apresentadas, a mais comumente utilizada em projeto de estruturas e equipamentos mecânicos é a serie 6000. Este grupo tem um excelente balanço no que toca à resistência à corrosão e tensão de cedência, sendo esta última aproximadamente 240 MPa. Uma outra grande vantagem desta série é o facto de ser facilmente extrudada, dando origem à maioria dos perfis normalizados como se pode observar na Figura 10 [12]



Figura 10 - Perfis de alumínio normalizados [13]

2.1.3.3. Polímeros

Os polímeros são materiais sintéticos compostos por macromoléculas (Figura 18), constituídas a partir da ligação de inúmeras moléculas mais pequenas (monómeros). Estas macromoléculas podem ser orgânicas, sintéticas ou naturais. Os plásticos e borrachas são exemplos de polímeros sintéticos, enquanto o couro, a seda, a madeira e a lã são constituídos por macromoléculas orgânicas naturais [14].

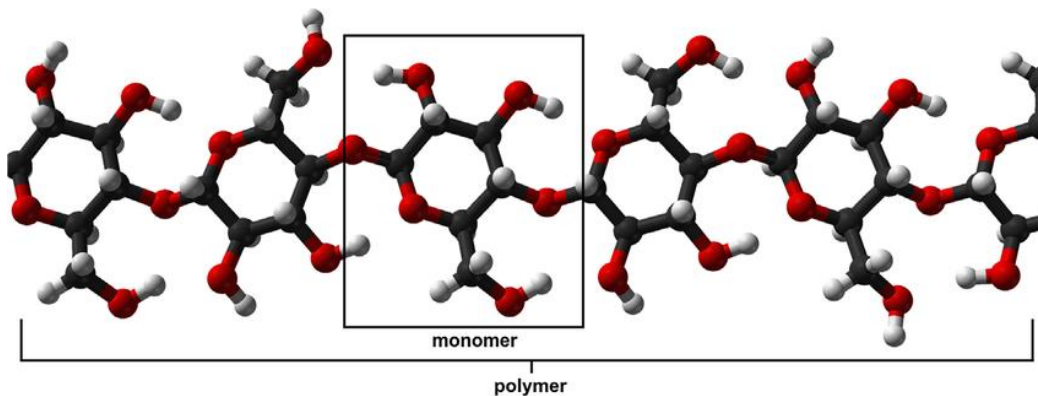


Figura 11 - Cadeia de monómeros constituintes de um polímero [15]

Os materiais poliméricos podem ser classificados em três grupos principais [16]:

- **Termoplásticos** – Este tipo de polímero possui a propriedade única de aumentar a mobilidade das cadeias quando se eleva a sua temperatura, o que permite que estes polímeros sejam moldados a quente, antes de endurecerem de novo ao arrefecer. Portanto, estes polímeros podem ser repetidamente conformados mecanicamente desde que a sejam aquecidos para lá da sua temperatura de fusão. Alguns exemplos são destes polímeros são o polietileno, PVC e polipropileno.
- **Termoendurecíveis** – As suas cadeias apresentam um elevado número de ligações entre as macromoléculas, o que origina uma estrutura tridimensional, pelo que deixa de ser possível deslocar as suas macromoléculas. Deste modo, estes polímeros não amolecem com o aumento de temperatura e atualmente não são recicláveis. Alguns exemplos são os poliésteres, poliuretanos e resinas epoxídicas.
- **Elastómeros** – Este tipo de polímero distingue-se pela sua capacidade elástica, de deformação e recuperação à sua forma original. Alguns exemplos são a borracha natural, borracha de estireno e neopreno.

Estes materiais apresentam várias características que podem ser vantajosas em certas aplicações em projeto. Os polímeros mais utilizados em projeto de máquinas industriais são apresentados na Tabela 2, assim como as suas características.

Tabela 2 - Polímeros e respectivas características (adaptado de [16])


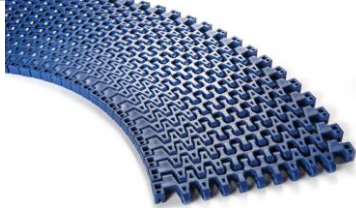
Designação	Características
ABS (Acrilonitrila butadieno estireno)	Boa tenacidade, rigidez e dureza Boa resistência química Pode ser transformado por: injeção, extrusão, sopro, modelagem a quente Suscetível à fadiga
PE (Polietileno)	Baixo custo Facilmente processável Ótima resistência química Baixo coeficiente de atrito Temperatura de trabalho entre os -40°C e os 96°C Existe uma categoria de PE's que apresenta uma densidade mais elevada e é denominada de UHMWPE (<i>Ultra-High Molecular Weight Polyethylene</i>)
PP (Polipropileno)	Baixa densidade (0,92) Boa resistência ao impacto Soldável e moldável Baixo custo Facilmente maquinável Baixa resistência mecânica
PTFE (Teflon®)	Excelente resistência química Ampla gama de temperaturas de trabalho: -180°C a 250°C Permite o uso de aditivos Coeficiente de atrito muito baixo Bom amortecedor de vibrações Baixa resistência mecânica Baixa resistência à abrasão
PVC	Boa resistência química Admite soldadura, colagem, moldação, dobragem, corte e maquinagem Boa rigidez Baixa resistência ao impacto à abrasão

A utilização destes materiais em projeto de equipamentos é comum em certas aplicações. Na Tabela 3 estão representados exemplos de algumas peças feitas em diversos materiais poliméricos constituintes em equipamentos industriais.

Tabela 3 - Peças poliméricas utilizadas em equipamentos industriais

Peça	Material	Ilustração
Casquilhos	UHMW PE, Nylon, PEEK, PTFE [17]	 <p><i>Figura 12 - Exemplo de um casquilho da IGUS [18]</i></p>
Roletes	Nylon, POM, PE, PU [19]	 <p><i>Figura 13 - Exemplo de um rolete em nylon [19]</i></p>
Engrenagens	PETG, Nylon, ABS [20]	 <p><i>Figura 14 - Exemplo de engrenagens em material polimérico [20]</i></p>
Perfis de deslizamento	UHMW [21]	 <p><i>Figura 15 - Exemplo de perfis de deslizamento em nylon [21]</i></p>

Tabela 3 - Peças poliméricas utilizadas em equipamentos industriais (continuação)

<p>Correias</p>	<p>PVC, Polietileno tereftalato (PET) [22]</p>	 <p>Figura 16 - Exemplo de uma correia em PVC [22]</p>
<p>Bandas modulares</p>	<p>POM, Poliamida (PA), PP [23]</p>	 <p>Figura 17 - Exemplo de uma banda modular em POM [23]</p>

2.1.4. Normalização aplicável

No âmbito do dimensionamento de estruturas existe um conjunto de normas europeias aplicáveis por forma a desenvolver e uniformizar regras de cálculo e dimensionamento para diversos tipos de estruturas, este conjunto de normas são designadas por Eurocódigos (EC) estruturais. Os EC foram lançados na década de setenta pela Comissão das Comunidades Europeias, com o propósito de elaborar um conjunto de regras técnicas para projetos estruturais de edifícios e outras obras de engenharia. Em maio de 2007 estas sofreram a sua última importante atualização até à presente data, perfazendo as 58 normas existentes atualmente [24]. Na Tabela 4 estão representados os EC publicados atualmente.

Tabela 4 - Eurocódigos publicados [24]

Norma Europeia	Eurocódigo	Nº de Partes
EN 1990	EUROCÓDIGO relativo às bases de projeto de estruturas	1
EN 1991	EUROCÓDIGO 1 relativo às ações em estruturas	10
EN 1992	EUROCÓDIGO 2 relativo ao projeto de estruturas em betão	4
EN 1993	EUROCÓDIGO 3 relativo ao projeto de estruturas de aço	20
EN 1994	EUROCÓDIGO 4 relativo ao projeto de estruturas mistas aço-betão	3
EN 1995	EUROCÓDIGO 5 relativo ao projeto de estruturas em madeira	3
EN 1996	EUROCÓDIGO 6 relativo ao projeto de estruturas em alvenaria	4
EN 1997	EUROCÓDIGO 7 relativo ao projeto geotécnico	2
EN 1998	EUROCÓDIGO 8 relativo ao projeto de estruturas para resistência aos sismos	6
EN 1999	EUROCÓDIGO 9 relativo ao projeto de estruturas em alumínio	5

Relativamente ao presente trabalho, o EC3 é o mais relevante, já que este é o responsável pela filosofia de cálculo de estruturas em aço.

Relativamente às máquinas industriais, existe a diretiva máquinas. Esta representa um dos mais importantes conjuntos de legislação que visa harmonizar os requisitos essenciais de segurança para máquinas na União Europeia. A diretiva máquinas descreve requisitos padronizados de saúde e segurança para a interação entre humanos e máquinas. A diretiva promove a livre circulação de máquinas dentro do mercado único e garante um alto nível de proteção para os trabalhadores e cidadãos da UE. Mais detalhes acerca da diretiva máquinas são apresentados no capítulo 2.3.2.

2.1.5. Métodos de ligação

Entende-se por ligação todos os métodos que promovem a união de partes de uma dada estrutura. Estes podem incluir uniões aparafusadas, soldadas, através de adesivos, entre outros. A escolha do método de ligação a ser usado tem de ser feita com muita atenção e cuidado por parte do projetista, tensões, geometria, local da montagem, facilidade de desmontagem são fatores importantes que podem influenciar o preço final do projeto assim como a sua facilidade de montagem [25].

2.1.5.1. Ligações aparafusadas

O parafuso de rosca helicoidal foi uma das mais importantes invenções da mecânica. Os parafusos são capazes de transformar movimento angular em linear, e de transmitir esforços entre um ou mais elementos. Este é um dos tipos de ligação mais utilizada em construções mecânicas pois facilita a montagem e desmontagem mantendo os custos baixos.

Segundo o EC3 [26], para se verificar a resistência de uma ligação ao corte é necessário verificar a resistência dos seus elementos nas seguintes situações: parafuso ao corte, esmagamento das chapas, rotura da chapa e secção de tração [26].

A resistência da ligação é dada pela resistência do elemento menos resistente presente na mesma. As resistências individuais de cada componente da ligação são calculadas tendo em conta a formulação do EC3 [26].

Conforme o EC3-1-8, EN 1993-1-8 (2010), as classes de materiais para as ligações com parafusos, rebites ou cavilhas mais utilizados são: 4.6, 5.6, 6.8, 8.8 e 10.9, sendo que para solicitações dinâmicas utilizam-se as classes iguais ou superiores a 8.8. Na Tabela 5 são apresentadas a tensão de cedência e de rutura à tração para cada classe [26].

Tabela 5 - Valores nominais da tensão de cedência, f_{yb} , e da tensão rotura, f_{ub} , para parafusos [26]

Classe do parafuso	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	300	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

2.1.5.2. Ligações soldadas

A soldadura é um método de ligação permanente pelo qual duas ou mais peças são fundidas através de calor, pressão ou ambos, formando assim uma junta soldada [27]. Este é um processo usualmente usado em metais ou termoplásticos que oferece excelentes propriedades mecânicas, bem como uma junta mais resistente do que os materiais ligados. Uma das vantagens deste processo é a possibilidade de verificação da qualidade da junta através de ensaios não destrutivos, como por exemplo inspeção visual, líquidos penetrantes, ultrassons, entre outros [REF]. A Tabela 6 apresenta vários métodos de soldadura, organizados segundo a fonte de calor utilizada.

Tabela 6 - Processos de soldadura segundo a fonte de calor, adaptado de [7]

Eletricidade	Gás	Mecânica
MIG – MAG	Oxi – Acetalina	Fricção
TIG		
Eléctrodo revestido		Explosão
Fio fluxado		
Arco Submerso	Brasagem forte	Indentação
Plasma		
Laser		Ultrassons
Feixe de electrões		
Brasagem fraca		

Quanto à sua relevância do uso destes métodos de soldadura no que toca a equipamentos industriais os mais comumente usados são *Metal Inert Gas – Metal Active Gas* (MIG-MAG), *Tungsten Inert Gas* (TIG) e eléctrodo revestido, processos descritos ao longo dos seguintes subcapítulos.

2.1.5.2.1. Mig-Mag

A soldadura MIG-MAG é um processo que utiliza o arco eléctrico como meio energético para produzir a fusão do material base e do material de adição, em que a corrente é conduzida até à junta pelo próprio material de adição, sob a forma de fio. A fusão, transferência do material de adição e banho de fusão são protegidos por um fluxo de gás que poderá ser inerte, no caso do processo MIG (Árgon ou Hélio) ou ativo, no caso do processo MAG (CO₂), e que é projetado a partir da tocha, conforme poderá ser observado na figura seguinte [28].

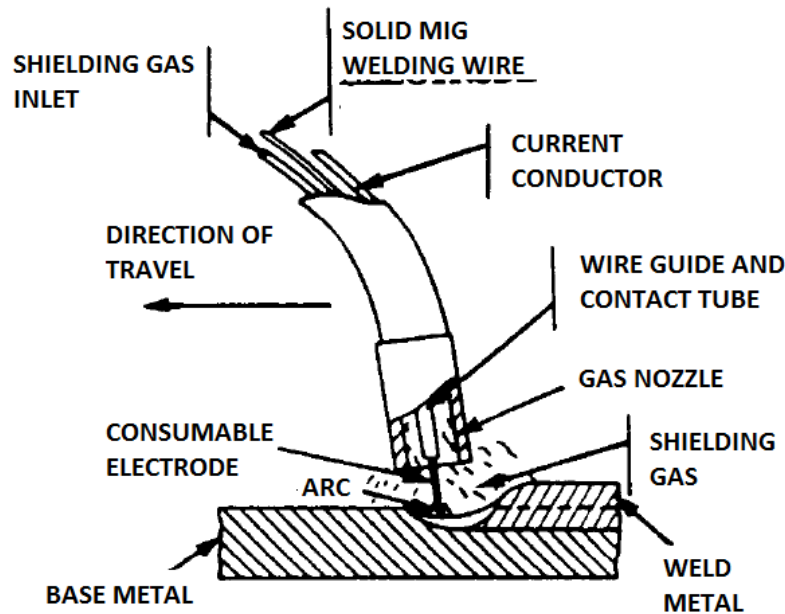


Figura 18 - Esquema do processo de soldadura por MIG-MAG [29]

Este método é usualmente denominado como um processo semiautomático devido à alimentação automática do fio e do gás, enquanto o movimento de soldadura é exercido manualmente pelo operador. No entanto, uma das vantagens deste método de soldadura é o seu potencial para ser automatizado através de braços robóticos (Figura 19). Deste modo, é possível aumentar a cadência em indústrias que assim o exigem, como por exemplo na indústria automóvel e ferroviária.



Figura 19 - Processo de soldadura MIG-MAG automatizado através de braços robóticos [30]

Este processo é capaz de soldar a maior parte dos metais não ferrosos (exceto o zinco), alumínio, níquel, magnésio e titânio entre outros e oferece vantagens incluindo, grande velocidade de soldadura, ausência de escoria após a finalização do processo e facilidade de operação [28].

Relativamente ao equipamento necessário para a realização de soldadura MIG-MAG (Figura 20), é necessário:

- Fonte de alimentação de corrente elétrica;
- Fonte de gás de proteção;

- Unidade de alimentação do fio de metal de adição;
- Caixa de comando;
- Manorredutor e debitómetro.

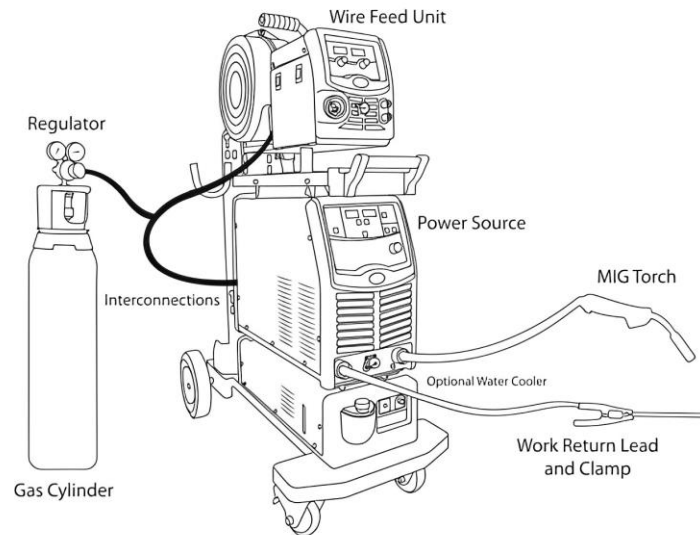


Figura 20 - Ilustração de um equipamento de soldadura MIG-MAG [31]

2.1.5.2.2. TIG

O processo de soldadura TIG, é bastante utilizado na indústria e produz uma solda de qualidade muito elevada com uma composição o mais próxima possível do metal original. Este processo é realizado utilizando uma tocha de soldadura que segura o eléctrodo de tungsténio e o gás de proteção. O arco eléctrico é gerado entre o eléctrodo e a peça de trabalho, criando uma temperatura muita elevada capaz de fundir o material base. O gás de proteção é direccionado para a área de soldadura para evitar que o oxigénio e outros elementos contaminadores entrem em contacto com o material fundido de forma a não comprometer a qualidade da soldadura [28].



Figura 21 – Ilustração do processo de soldadura TIG [32]

Este processo é capaz de soldar uma ampla gama de materiais como aços ao carbono, aços de liga, aços inoxidáveis, ligas resistentes a altas temperaturas, alumínio, berílio, cobre, magnésio. O chumbo e o níquel são dificilmente soldáveis por este processo já que, tendo temperaturas de fusão relativamente baixas, tornam o controlo do processo bastante mais difícil. A soldadura TIG convencional pode produzir uma penetração máxima de 3 mm de espessura numa única passagem, por esta razão é comumente utilizada apenas para soldar secções finas [28]. Este processo tem a desvantagem de ser mais lento que outros, como por exemplo MIG-MAG, no entanto, da mesma forma que o último, este também pode ser automatizado através de braços robóticos para aumentar a cadência de produção.

2.1.5.2.3. Eléctrodo revestido

Este é um dos processos de uso mais corrente, pois é um dos mais simples do ponto de vista operacional, embora não seja o mais produtivo. Conforme o nome indica, este utiliza um eléctrodo revestido como fornecedor de material de adição, fazendo uso do arco eléctrico para proceder ao aquecimento e fusão, tanto do material de base como do material de adição, promovendo um banho com a composição química que será resultante da mistura da composição química dos materiais que estiveram na sua origem [28].

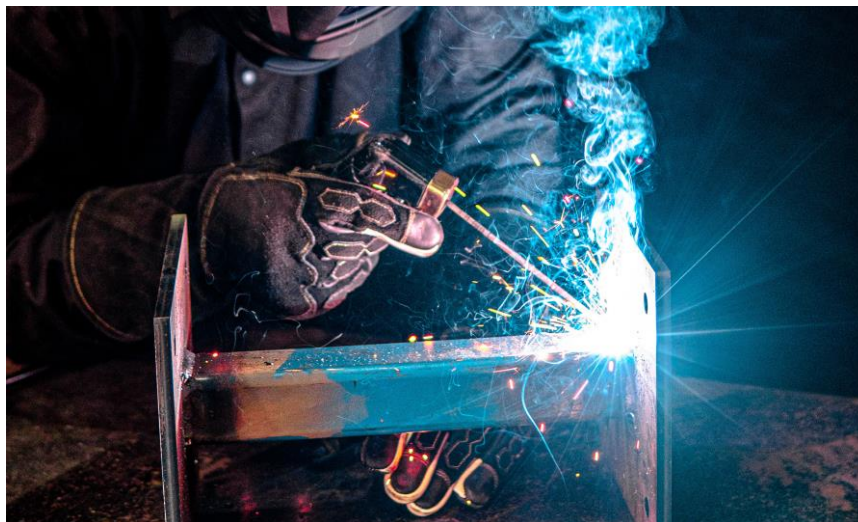


Figura 22 - Ilustração do processo de soldadura por eléctrodo revestido [33]

Este método permite soldar inúmeros materiais, embora seja importante referir que a escolha do eléctrodo adequado é fundamental para a boa prática deste processo. Comercialmente existem eléctrodos para soldar os seguintes materiais: aços carbono; aços micro ligados; aços inox; ferros fundidos, diversas ligas de alumínio, cobre e níquel. [28]

2.1.6. Sistemas de acionamento

Os sistemas de acionamento são necessários sempre que se pretende impor movimento num equipamento. Existem três tipos diferentes de sistemas capazes de realizar essa função: os pneumáticos, os hidráulicos e os eletromecânicos. Cada um deste tipo de sistema possui vantagens e desvantagens, e cabe ao projetista escolher qual o mais adequado ao projeto em questão, atendendo a necessidades como a força necessária, cadência, custo, fontes de energia disponíveis

no chão de fábrica, entre outros. No final do capítulo ainda se faz referência a peças mecânicas pertencentes à cadeia cinemática de qualquer equipamento industrial que se encontram a jusante do sistema de acionamento.

2.1.6.1 Sistemas pneumáticos

Um atuador pneumático é um equipamento capaz de converter energia na forma de um fluido comprimido, neste caso ar, em energia cinética por movimento linear ou rotativo. Este tipo de sistema é ideal quando se procura movimentos rápidos que não necessitam de forças elevadas. Importante realçar que estes sistemas possuem custos reduzidos comparativamente com os outros sistemas de acionamento [34]. A Tabela 7 apresenta os principais tipos de atuadores pneumáticos.

Tabela 7 – Tipos de atuadores pneumáticos



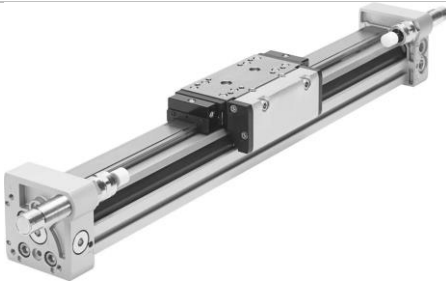
Componente	Descrição	Ilustração
Simple efeito	O ar pressurizado é aplicado somente num dos lados do cilindro e o retorno é realizado através de uma mola. Estes cilindros são de desenho mais complexo e requerem mais peças que os de duplo efeito, pelo que são, mais dispendiosos [35].	 <p>Figura 23 - exemplo de um cilindro de simples efeito [36]</p>
Duplo efeito	Neste tipo de cilindros o ar comprimido tanto é responsável pelo movimento de extensão como o de recuo. Devido à sua simplicidade e custos reduzidos, este é o tipo de atuador pneumático mais comumente utilizado [35].	 <p>Figura 24 - Exemplo de um cilindro pneumático de duplo efeito [37]</p>
Cilindro sem haste	Este tipo de cilindro é especialmente vantajoso em condições de espaço limitado. A ausência da haste permite que todo o comprimento do cilindro seja aproveitado para movimento linear [35].	 <p>Figura 25 - Exemplo de um cilindro sem haste [38]</p>

Tabela 7 – Tipos de atuadores pneumáticos (continuação)

<p>Cilindro com guia</p>	<p>Os cilindros com guias são essenciais em aplicações que requeiram que este suporte esforços não axiais. As guias evitam que a haste do cilindro deforme perante tais esforços [37].</p>	 <p><i>Figura 26 - Exemplo de um cilindro com guiamento [39]</i></p>
<p>Cilindro rotativo</p>	<p>Este tipo de cilindro pneumático exerce um movimento rotativo quando o ar pressiona as aletas internas. Normalmente estes sistemas são limitados no que toca ao seu curso, podendo girar até 270° [40].</p>	 <p><i>Figura 27 - Exemplo de um cilindro pneumático rotativo [40]</i></p>
<p>Foles pneumáticos</p>	<p>Os foles pneumáticos, também conhecidos como cilindros de fole, são constituídos por duas chapas e uma membrana de borracha. Estes sistemas não necessitam de uma mola de retorno, pois esse movimento é normalmente realizado pela carga aplicada. Uma das vantagens destes equipamentos é a capacidade de compensar desalinhamentos em sistemas mecânicos e a absorção de vibrações [41].</p>	 <p><i>Figura 28 - Exemplo de um fole pneumático [41]</i></p>

2.1.6.2. Sistemas hidráulicos

Os sistemas hidráulicos utilizam a movimentação de fluidos, normalmente óleo sob pressão, para transmitir forças. Estes sistemas usualmente operam a pressões muito superiores aos sistemas pneumáticos, e conseqüentemente geram forças mais elevadas. Estes tipos de sistemas são usados quando são necessárias forças muito elevadas e controlos precisos de posição. No entanto, os sistemas hidráulicos apresentam custos mais elevados comparativamente a outros métodos de acionamento [42].

Cilindro hidráulico

Estes cilindros seguem o mesmo princípio de funcionamento dos cilindros pneumáticos já previamente referidos, na medida em que o fluido, neste caso o óleo, aplica força sobre o embolo do cilindro, deslocando-o. De forma idêntica aos cilindros pneumáticos, estes podem ser de diversos tipos diferentes, nomeadamente simples, duplos, rotativos, tandem, entre outros. Estes são comumente utilizados em prensas, guindastes e outros equipamentos que necessitem de forças elevadas.

Bomba de engrenagens

Uma bomba hidráulica de engrenagens é um dispositivo usado para conferir movimento a um líquido e, assim, converter energia mecânica em hidráulica. Estas bombas contêm um mecanismo de bombeamento composto por duas engrenagens, sendo uma a motriz e a outra mandada.

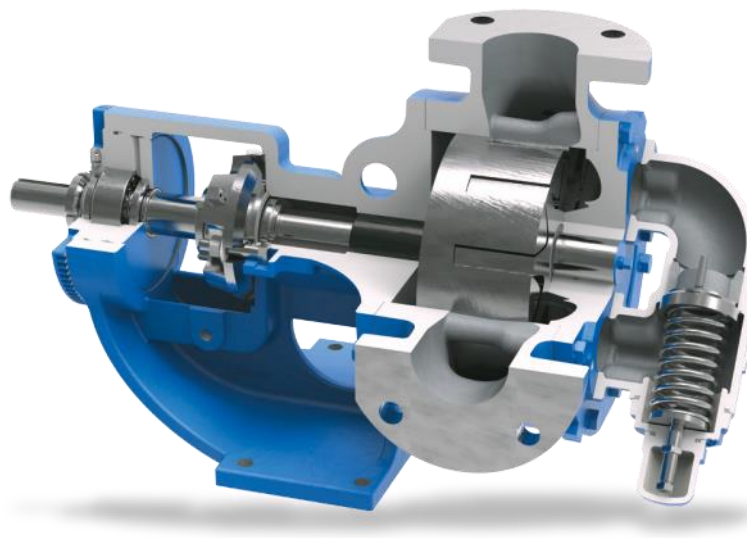


Figura 29 - Exemplo de bomba de engrenagens [43]

2.1.6.3. Sistemas eletromecânico

Motor redutor

Um moto-redutor é um equipamento compacto composto por um redutor e um motor elétrico ou um servomotor acoplado no mesmo sistema. O redutor contém vários estágios de redução, já que é composto por pares de engrenagens que transmitem a força do motor da extremidade de entrada para a extremidade de saída, funcionando como um conversor de velocidade e binário. Na maioria dos casos, o redutor diminui a velocidade de rotação do motor, aumentando por sua vez o binário. Em alguns casos surge a necessidade de aplicações que requerem velocidades de rotação elevadas, e aí os redutores podem funcionar como amplificadores de rotação. Este tipo de equipamento é essencial em inúmeras indústrias incluindo automóvel, aeroportos e intralogística onde se encontram durante todo o processo de produção, seja para elevar cargas, mover caixas e paletes, entre outras aplicações [44].



Figura 30 - Exemplo de um motor redutor [44]

Rolo motorizado

Este tipo de equipamento é especialmente importante no ramo da intralogística, onde se pode substituir um motor redutor por um rolo motorizado em diversos equipamentos como por exemplo num transportador de rolos, tornando-os mais compactos e baratos. Estes consistem num tubo cilíndrico com um motor e um mecanismo de engrenagens incorporado. Os rolos motorizados utilizam uma fonte de alimentação de 24 V consumindo menos de metade da energia de um motor redutor. Estes podem ser interligados a rolos adjacentes por correias, correntes ou cordões permitindo criar uma zona de controlo [45].



Figura 31- Exemplo de um rolo motorizado [45]

2.1.6.4. Componentes mecânicos adjacentes aos sistemas de acionamento

Existem ainda componentes mecânicos responsáveis por transmitir força, binário ou movimento de uma dada fonte de energia para um sistema, de forma confiável e eficiente. Estes componentes encontram-se a jusante de um sistema de acionamento e fazem parte da cadeia cinemática de inúmeros equipamentos industriais. Na Tabela 8 encontra-se uma lista de componentes de acionamento mecânico comuns.

Tabela 8 - Componentes de acionamento mecânico comuns

Componente	Descrição	Ilustração
Engrenagens	<p>Estes é um componente extremamente versátil capaz de transmitir potência e controlar movimentos, por exemplo [46]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alterar a velocidade de rotação; • Alterar o sentido e plano de rotação; • Multiplicar ou dividir binário. 	 <p><i>Figura 32 - Exemplo de engrenagens [47]</i></p>
Fusos	<p>Sistemas utilizado para converter movimento rotacional em movimento linear, que consiste num veio roscado e uma porca. O fuso é usualmente colocado em rotação através de um motor ou manivela, cujo movimento rotacional é convertido em movimento linear através da porca que se desloca ao longo do veio. Este sistema oferece uma capacidade de carga e precisão de posição muito elevada [48].</p>	 <p><i>Figura 33 - Exemplo de um fuso [48]</i></p>
Guias lineares	<p>Estes sistemas possibilitam o movimento linear preciso e com atrito muito reduzido. As guias lineares são constituídas por uma calha e blocos deslizantes contendo esferas ou rolos que rolam ao longo da calha [49].</p>	 <p><i>Figura 34 - Exemplo de guias lineares [49]</i></p>
Correntes	<p>As correntes transmitem potência entre eixos através de força de contacto entre a engrenagem e a corrente. Estas oferecem a vantagem de transmitir movimento sem que haja qualquer escorregamento [46].</p>	 <p><i>Figura 35 - Exemplo de uma corrente de transmissão [50]</i></p>

Tabela 8 - Componentes de acionamento mecânico comuns (continuação)

<p>Correias</p>	<p>As correias são componentes mecânicos flexíveis capazes de transmitir potência entre dois ou mais eixos distantes através de fricção. Estas consistem em faixas geralmente feitas de polímeros como o poliuretano, podendo ser de vários tipos distintos, como as lisas, poly-v, dentadas, entre outras. Estas apresentam uma solução barata e leve [46].</p>	 <p>Figura 36 - Exemplo de uma correia [51]</p>
<p>Rolamentos</p>	<p>Os rolamentos são componentes amplamente utilizados para permitir a rotação entre duas peças em contacto, reduzindo o atrito entre elas. Estes componentes consistem num anel interno, um anel externo, e entre estes, elementos rolantes como esferas, rolos cilíndricos ou cónicos [46].</p>	 <p>Figura 37 - Exemplo de um rolamento [52]</p>

2.2. Projeto assistido por computador e dimensionamento

2.2.1. Desenho assistido por computador

Desenho assistido por computador ou CAD (*Computer-aided design*) é o uso de um *software* com a capacidade de criar esquemas a 2D e modelos 3D de forma digital, agilizando assim o processo da execução para um dado elemento ou conjunto de elementos. Os desenhos de engenharia são usados há mais de dois mil anos, mas foi apenas no século XVIII que a geometria descritiva foi criada pelo matemático francês Gaspard Mongue. Inicialmente os desenhos técnicos de engenharia eram feitos à mão, desenhos estes de complexidade e precisão elevada. CAD é uma solução para muitos problemas de engenharia que necessitem da combinação de análise e resolução de problemas que requerem uma representação gráfica do mesmo [53]. Com a utilização de este tipo de *software*, um projetista consegue dimensionar e alterar peças de forma muito mais rápida e eficiente, assim como proceder à montagem de um conjunto de elementos e analisar pormenorizadamente o funcionamento do mesmo, (Figura 38). Esta forma de fácil visualização consegue agilizar todo o processo de desenho de um dado equipamento, aumenta a eficiência e qualidade dos desenhos, aumenta a produtividade do engenheiro, possibilita a reutilização de projetos prévios e melhora a organização de informação e comunicação [53].

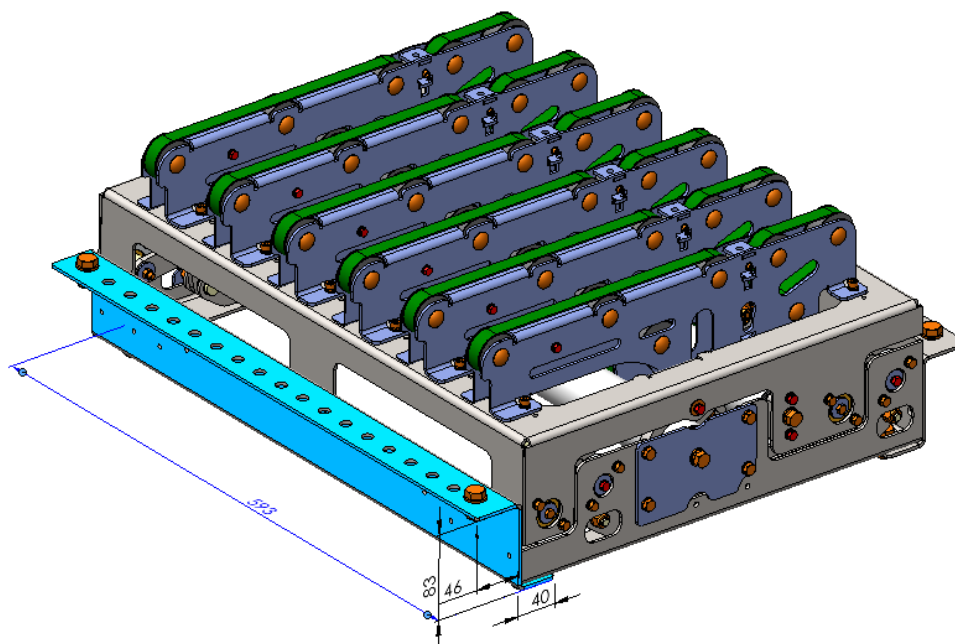


Figura 38 - Exemplo de equipamento desenhado em CAD (autoria própria)

Desde a sua introdução no início da década de 60, através de um *software* chamado Sketchpad, até aos dias de hoje, este tipo de *software* tem evoluído de forma exponencial, acompanhando a evolução computacional. Através do uso destes *softwares* os projetistas conseguem poupar horas de trabalho [53].

2.2.2. Engenharia assistida por computador

CAE (*computer-aided engineering*) ou engenharia assistida por computador é um termo usado para descrever todo o processo de engenharia do desenvolvimento de um dado produto, desde o desenho e análises virtuais, através de algoritmos analíticos sofisticados, até ao planeamento do fabrico. Desta forma é possível que os engenheiros consigam acompanhar todo o processo de engenharia testando inúmeras possibilidades de geometria e materiais de forma sem que haja necessidade de se criar um modelo físico reduzindo significativamente o custo de um determinado produto [15]. Os principais propósitos de CAE são testar, prever e melhorar o desempenho, a eficiência energética e a durabilidade de componentes e de conjuntos de componentes, com a finalidade de se obter um produto melhor. Para tal, podem ser realizados inúmeros tipos de simulações computacionais, que serão abordadas em capítulos posteriores [54]. Por exemplo, atualmente é comum utilizar-se *software* para o desenvolvimento de componentes aerodinâmicos para veículos de competição, através de simulações de *computational fluid dynamics* (CFD), (Figura 39), ao invés de se estar dependente da prototipagem de peças para teste em túnel de vento, processo este extremamente dispendioso.

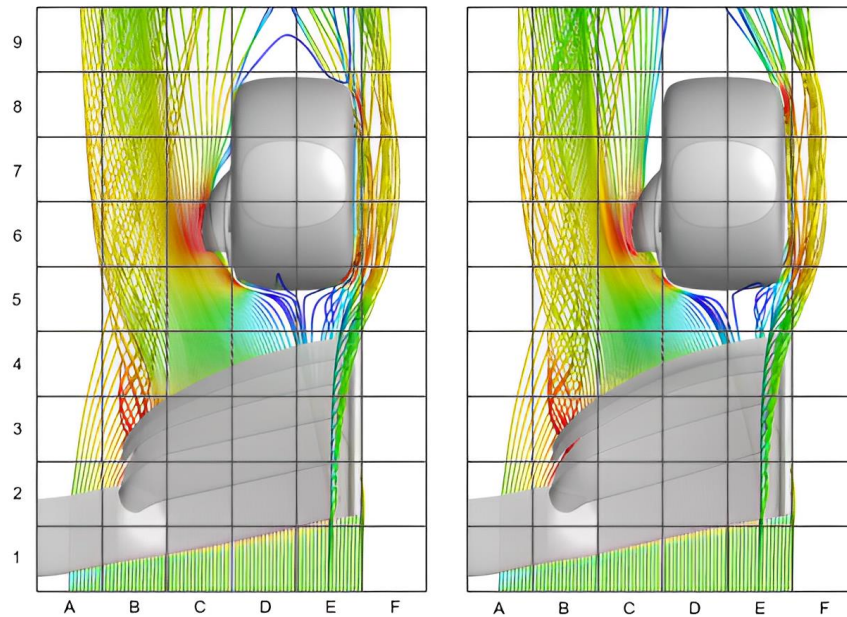


Figura 39 - Comparação do fluxo de ar à volta do pneu e conduta de ar dos travões com duas asas frontais distintas [55]

2.2.3. Fabrico assistido por computador

Fabrico assistido por computador ou *computer-aided manufacturing* (CAM) é o uso de *software* e maquinarias controladas por computadores para assistir ou automatizar processos de fabrico, seja este corte em máquinas CNC, laser, jato de água, impressão 3D entre outros. Baseado na definição apresentada, são necessárias três condições para que um sistema CAM funcione [56]:

- *Software* que informe uma máquina como fazer uma peça através da geração do percurso da ferramenta;
- Equipamentos capazes de transformar um material em bruto num produto acabado;
- Converter o percurso da ferramenta dado pelo *software* em linguagem para que as máquinas possam executar a sua função.

O processo é iniciado através da modelação em CAD de uma peça. Nesta fase, cabe ao projetista garantir que a peça é possível ser fabricada pelo método de fabrico pretendido de forma mais rápida e com um custo mais reduzido.

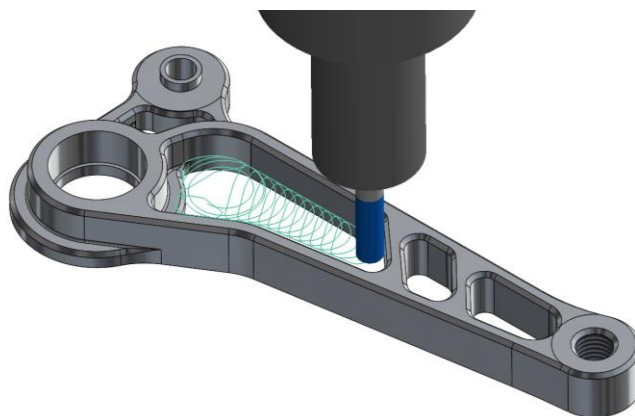


Figura 40 - Criação de um toolpath no Solidworks (adaptado de [57])

O *software* CAM vai começar a preparar o modelo para produção através de várias ações, incluindo:

- Verificação se o modelo tem erros geométricos que possam impactar o processo de fabrico;
- Criação de um conjunto de coordenadas que a máquina ira seguir durante o processo de fabrico;
- Definição de parâmetros da máquina, incluindo, velocidade de corte, profundidade do corte entre outros.

Assim que um modelo esteja pronto para ser produzido, o programa converte toda a informação numa linguagem denominada de *G-Code*. Este é o conjunto de instruções que controla todas as ações da máquina [56].



Figura 41 - Corte a laser de uma chapa [58]

As vantagens principais da utilização de CAM são [59]:

- A velocidade e a precisão do processo, permitindo a produção em série de peças de forma consistente;
- Redução do desperdício de material;
- Maior controlo do processo: permite realizar simulações de todo o processo de fabrico, ajustar parâmetros e escolha de ferramentas.

2.2.4. Métodos de dimensionamento base

Os elementos estruturais e os componentes de máquinas são projetados de modo que os materiais que as compõem, sendo estes dúcteis, não excedam o seu limite de tensão de cedência quando sujeitos a um certo carregamento. De forma a garantir esta condição o projetista deve estabelecer um valor limite para o estado de tensão que defina a falha do material garantindo assim a segurança da estrutura em causa. Estes modos de falha são facilmente definidos quando o elemento estiver somente submetido a um estado de tensões uniaxial, mas tornam-se mais complicados de definir

quando o elemento estiver submetido a um estado triaxial de tensões. Desta forma, é necessária a adoção de uma metodologia que consiste em criar um estado de tensão uniaxial equivalente ao estado de tensão triaxial em análise, como ilustra a Figura 42 [1].

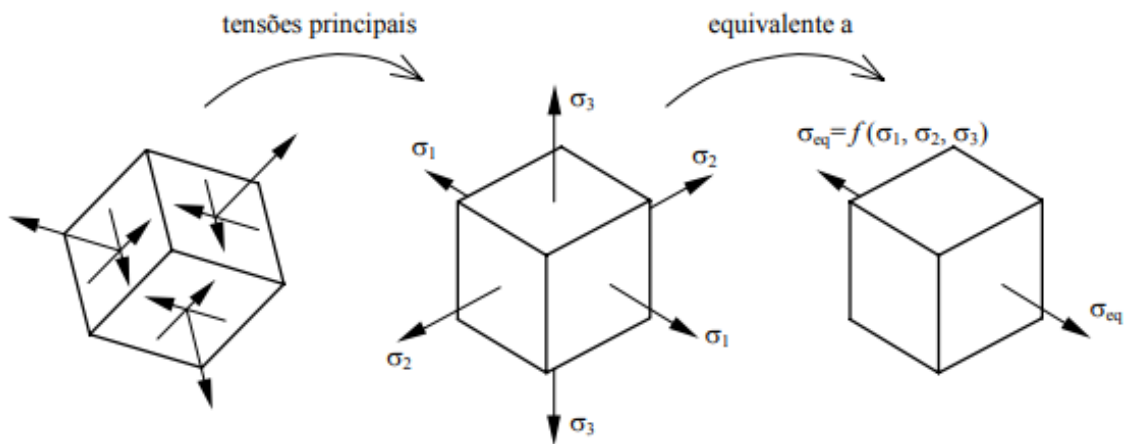


Figura 42 - Transformação de tensões [60]

Para tal, existem diferentes critérios para determinar o estado de tensão equivalente. Neste subcapítulo são abordados o critério da tensão tangencial máxima e o critério da energia de distorção [61].

2.2.4.1. Critério da tensão tangencial máxima ou de Tresca

Este critério, também conhecido como teoria da tensão de corte máxima, desenvolvido por Tresca e apenas aplicável a materiais dúcteis, estabelece que a tensão de cedência de um material dúctil é igual à tensão máxima de corte do mesmo quando sujeito a um ensaio de tração, ou seja:

$$\tau^{max} = \tau_{ced}^{max} \quad (1)$$

A tensão de corte máxima é determinada por:

$$\tau^{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}; \quad (2)$$

sendo que σ_1 representa a maior tensão principal e σ_3 a menor. Visto isto, a tensão de corte máxima é dada por:

$$\tau^{max} = \frac{\sigma_{ced}}{2} \quad (3)$$

Substituindo nas equações obtém-se a tensão equivalente, segundo o critério de Tresca:

$$\sigma_T = \sigma_{ced} = \sigma_1 - \sigma_3 \quad (4)$$

2.2.4.2. Critério da energia de distorção ou de von Mises

Richard von Mises descobriu que, mesmo quando nenhuma das tensões nas direções principais excedem a tensão de cedência de um dado material, este pode entrar no regime plástico devido à combinação dos respetivos esforços. Conhecendo este fenómeno, von Mises propôs a combinação das três principais tensões de forma a criar uma tensão equivalente [62]. Desta forma, a sua expressão no caso geral fica:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2} + [(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2] + 3(\tau_{12}^2 + \tau_{23}^2 + \tau_{31}^2)} \quad (5)$$

Considerando apenas as tensões principais, a expressão toma a forma:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2} + [(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{11} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2]} \quad (6)$$

Estando um componente apenas sujeito a uma força de tração resultando numa tensão σ_y , ($\sigma_1 = \sigma_y$; $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$) a tensão de von Mises resultante é dada pela seguinte equação:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{2} + [(\sigma_y - 0)^2 + (\sigma_y - 0)^2 + (0 - 0)^2]} = \sigma_y \quad (7)$$

Como se pode ver na Figura 43, o critério de von Mises consegue representar a tensão de cedência com maior precisão em todos os quadrantes. Pode-se também observar que o critério de Tresca é mais conservador que o de von Mises, originando coeficientes de segurança superiores.

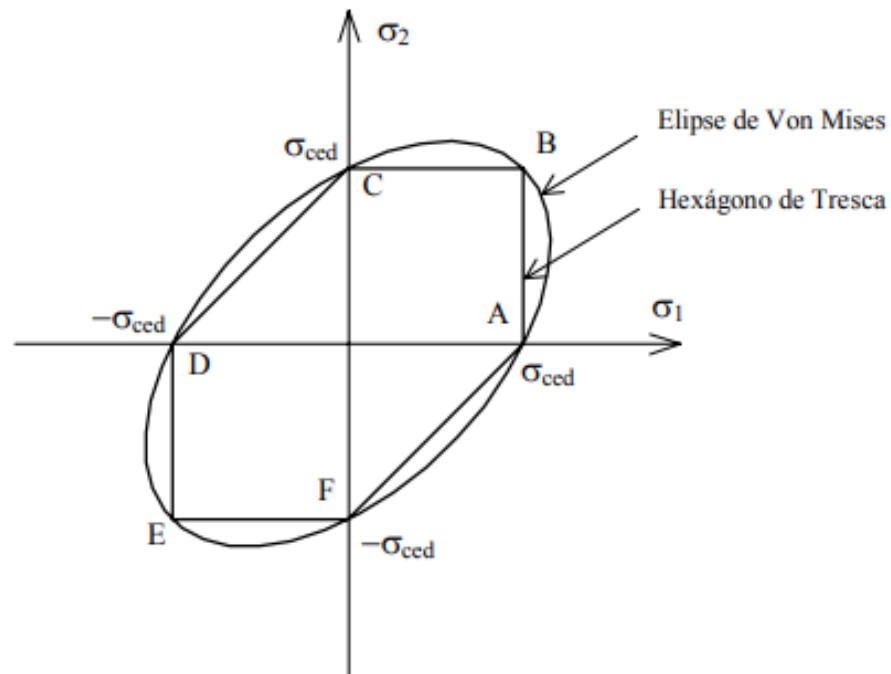


Figura 43 - Representação da elipse de Von Mises e do hexágono de Tresca [60]

A decisão sobre qual critério utilizar deve ser tomada pelo projetista, após considerar todos os factos num dado problema em particular. Um projetista que está a tentar descobrir a razão de falha de uma determinada peça, de modo que se possa fazer um trabalho de dimensionamento com maior precisão, deverá utilizar o critério de von Mises. Caso um problema que não necessite grande rigor dimensional e que tenha de ser resolvido rapidamente, o critério de Tresca pode ser o indicado [1].

2.2.5. Método de elementos finitos

2.2.5.1. Introdução à ferramenta de projeto

Atualmente, a simulação computacional para análise e dimensionamento de elementos ou estruturas é vastamente utilizada pelas empresas em praticamente todos os ramos da engenharia. Estas análises são realizadas por meio de *software* que utiliza o método dos elementos finitos (MEF) que possibilitam a obtenção para inúmeros problemas de engenharia, previamente impossíveis de resolver. Este método consiste em subdividir uma peça num número de elementos finitos conectados entre si por pontos, designados de nós. Ao conjunto dos nós e respetivos elementos dá-se o nome de malha. O MEF vai fazer uma estimativa numérica das equações integrais ou diferenciais associadas aos elementos em análise, retornando soluções aproximadas para os nós dos elementos finitos. Este método permite obter soluções para diversos problemas de engenharia como o cálculo de tensões e deslocamentos num corpo, escoamento de fluidos, aerodinâmica, entre outros [63, 64].

2.2.5.2. Vantagens da utilização em projeto

Nos últimos anos, a engenharia tem testemunhado avanços significativos na forma como projetos e análises de engenharia são conduzidos. Entre as diversas metodologias disponíveis, o MEF emergiu como uma ferramenta poderosa e indispensável para a análise e simulação de problemas complexos em inúmeras indústrias. De seguida são listadas vantagens da utilização de MEF [65]:

- **Reduzir tempo e custo do projeto** – A possibilidade de se realizar simulações ao invés da produção de vários protótipos físicos ao longo de um processo iterativo de tentativa-erro mostra-se economicamente viável e permite fazer um projeto em muito menos tempo.
- **Otimização do desenho** – Uma análise MEF permite ao projetista encontrar os pontos com maior concentração de tensões e de possíveis falhas. Desta forma, este pode-se focar em aumentar a robustez numa área específica, ou até remover material desnecessário a uma peça. Atualmente certos *softwares* conseguem otimizar a topologia, forma e tamanho de elementos automaticamente (Figura 44);
- **Análises complexas** – O MEF é capaz de realizar análises a peças com geometrias e materiais com propriedades complexas que seriam extremamente difíceis ou impossíveis através de métodos analíticos;
- **Visualização** – O MEF possibilita a visualização da distribuição de tensões, deslocamentos, temperaturas entre outros, através de uma escala de cores, o que facilita a compreensão e a comunicação;
- **Conformidade regulatória** – MEF assiste na demonstração do cumprimento das normas e regulamentações da indústria, garantindo que o produto final atenda aos requisitos de segurança e qualidade. Apresentam-se como exemplo os ensaios de *crash* na indústria automóvel.

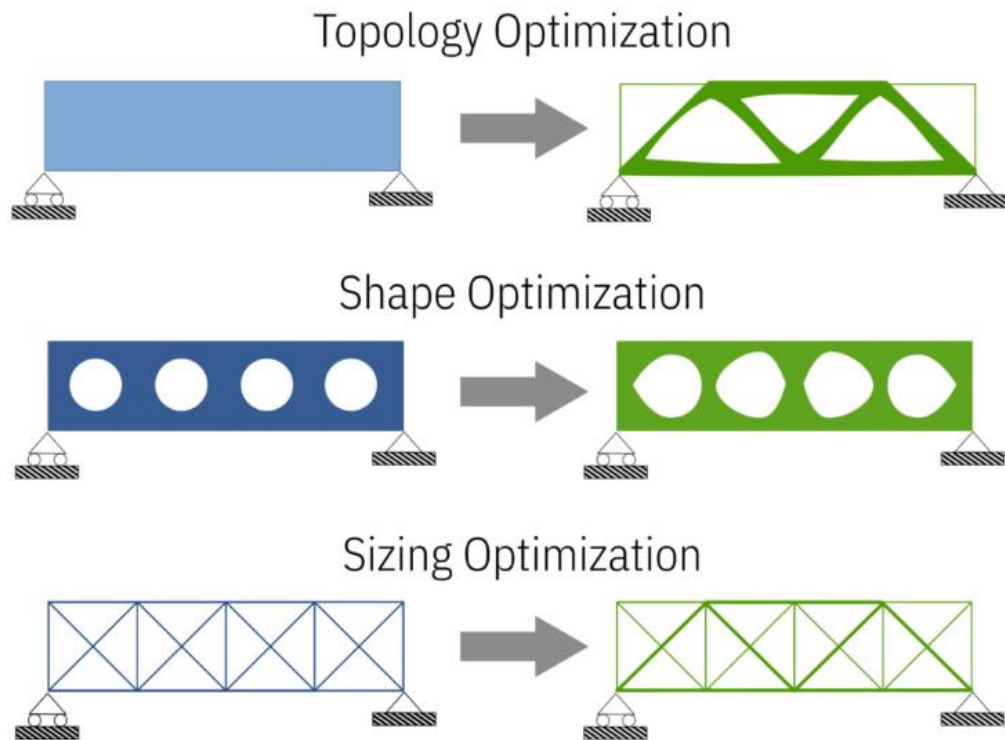


Figura 44 – Otimização automática através de MEF [65]

2.2.5.3. Tipos de análises

2.2.5.3.1. Análise estática

A análise estática é o tipo de análise mais comum realizado através do MEF. Este tipo de análise consiste em aplicar cargas a um corpo originando uma deformação no mesmo. Para absorver o efeito das cargas exteriores aplicadas o corpo gera esforços internos e reações nas zonas de suporte. Estas forças internas e respetivas reações vão criar tensões e deformações no corpo. Durante o processo de calculo de esforços e deslocamentos é assumido que as forças são aplicadas de forma gradual e lenta até atingirem a sua total magnitude (não variando mais no tempo) e que todas as respostas do sistema são lineares, para tal [66]:

- Todos os materiais envolvidos seguem a lei de Hooke, ou seja, as tensões são proporcionais às deformações.
- Os deslocamentos impostos são de uma magnitude muito baixa, não causando mudanças de rigidez;
- As condições de fronteira não variam durante a aplicação de cargas externas. A carga tem de ser de magnitude, direção e distribuição constante.

Figura 45A Figura 45 ilustra as tensões de von Mises instaladas num pórtico, os valores foram obtidos após uma análise estática, realizada no *software* ANSYS.

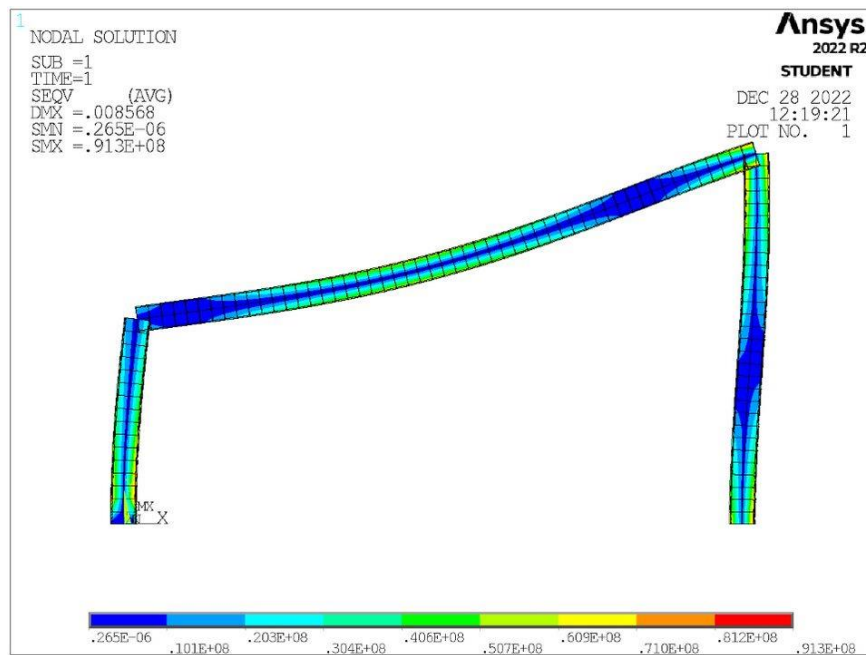


Figura 45 - Análise estática, verificação da tensão de Von Mises num pórtico (autoria própria)

2.2.5.3.2. Análise dinâmica

Aplica-se este tipo de análise a uma estrutura quando esta está sujeita a cargas que variam no tempo. Um dos casos mais comuns de análise dinâmica consiste na avaliação da resposta de edifícios a tremores de terra. Todos os corpos têm a tendência de vibrar a uma certa frequência, chamada frequência de vibração natural [66]. Na Figura 46 estão representadas as duas frequências de vibração naturais de um pórtico com dois graus de liberdade (GL), valores obtidos após uma análise modal, realizada no *software* Abaqus.

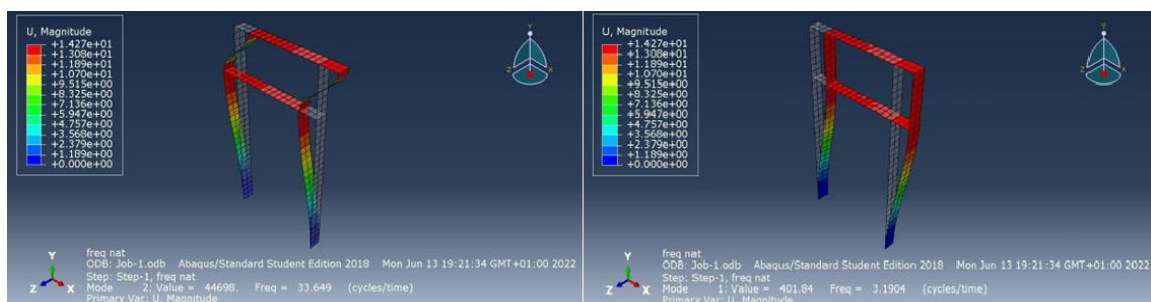


Figura 46 - Análise de frequências modais (autoria própria)

2.2.5.3.3. Análise térmica

Este tipo de análise permite calcular a distribuição de temperatura num dado corpo, resultante dos três mecanismos de transferência de calor, nomeadamente condução, convecção e radiação. Existem dois tipos de estudos: dentro da análise térmica, análise térmica estática e transiente. No primeiro caso estamos apenas interessados nas condições de temperatura do corpo quando este atinge um equilíbrio térmico enquanto segundo caso quando estamos interessados em saber a variação de temperatura ao longo do tempo [66].

2.2.5.3.4. Fadiga

Este tipo de análise é utilizada para verificar qual é o número máximo de ciclos de um carregamento dinâmico que se pode aplicar a uma peça ou estrutura até que esta falhe [66]. Durante este estudo pode ser necessária a utilização do diagrama de Goodman e Soderberg, que serve para quantificar a interação de tensões médias e alternadas durante o processo de fadiga de um material.

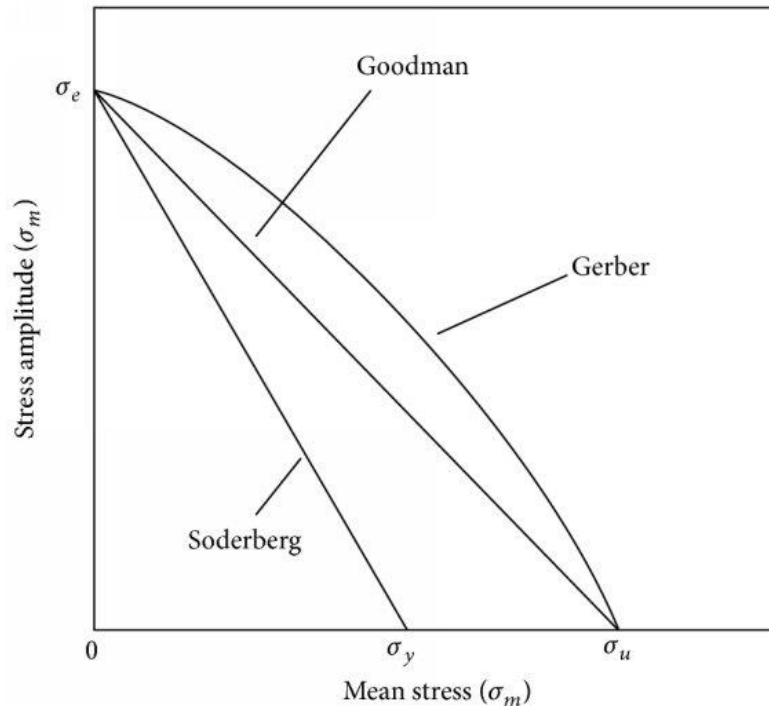


Figura 47 - Diagrama de Goodman e Soderberg [67]

2.2.5.4. Software existente e potencialidades

Como já foi abordado, atualmente os *softwares* desempenham um papel fundamental em diversas áreas da engenharia e, como tal, têm-se vindo a desenvolver *softwares* com propósitos e potencialidades diversas, para que as suas funcionalidades possam abranger todas as necessidades de engenharia. Dentro dos *softwares* profissionais existentes destacam-se o: Solidworks®, Abaqus®, Ansys® e Inventor®. Ainda assim também existem *softwares open source* (código aberto), para o utilizador comum, como o FreeCAD.

De seguida, serão apresentadas as potencialidades dos *softwares* profissionais descritos:

Solidworks® [68]

- Modelação em CAD;
- Biblioteca com características e propriedades de materiais;
- Biblioteca com diversas peças *standard*;
- Cálculo de modelos estáticos, dinâmicos e transientes, lineares e não lineares;
- Simulações de fluidos e fluxo de calor;

- Otimização topológica;
- Componente CAM, preparação de um componente para fabrico;
- Possibilidade de importação de modelos CAD de diferentes fontes;
- Projeção de peças em chapa metálica prontas para fabrico.

Ansys® [69]

- Possibilidade de manipulação dos modelos de estudo através de *Drag-and-Drop* de condições de estudo (propriedades físicas externas/vizinhança);
- Possibilidade de importação de modelos CAD de diferentes fontes;
- Otimização topológica;
- Modelação de materiais compósitos;
- Possibilidade de mudança das condições de análise ainda antes de ser concluída a simulação ou análise;
- Possibilidade de ajustar a malha de elementos dos modelos em análise segundo os critérios pretendidos (refinamento à medida);
- Cálculo de modelos estáticos, dinâmicos e transientes, lineares e não lineares;
- Simulações de fluidos e fluxo de calor.

Abaqus® [70]

- Possibilidade de importação de modelos CAD de diferentes fontes;
- Cálculo de modelos estáticos, dinâmicos e transientes, lineares e não lineares;
- Cálculo de resposta acústica e fadiga;
- Possibilidade de programação de novos elementos finitos pelo utilizador;
- Possibilidade de cálculo e simulação de fluxos de calor;
- Possibilidade de simulação de fluidos (CFD);
- Permite automatizar pré-processamento e pós-processamento através de *Python*.

Inventor® [71]

- Modelação em CAD;
- Biblioteca com características e propriedades de materiais;
- Biblioteca com diversos elementos standard;
- Possibilidade de importação de modelos CAD de diferentes fontes;
- Cálculo de modelos estáticos, dinâmicos e transientes, lineares e não lineares;
- Programação dos modelos de modo a agirem como as suas contrapartes reais (um modelo de motor programado com parâmetros reais, é simulado como um motor real).

2.2.5.5. Fases da simulação

A simulação MEF é dividida em três fases distintas, o pré-processamento, o processamento e o pós-processamento, cada uma destas será descrita ao longo dos seguintes subcapítulos.

2.2.5.5.1. Pré-processamento

O pré-processamento é a primeira etapa a ser realizada num problema de MEF. Quando surge a necessidade de resolver um problema de análise de uma estrutura, a primeira questão que se coloca é a sua classificação quanto à geometria, material e as respetivas cargas externas aplicadas [72]. Para tal é necessário escolher o tipo de elemento mais apropriado ao problema em questão, esta escolha vai depender essencialmente das condições de fronteira, dos esforços aplicados e da precisão dos resultados que se pretende obter, estes elementos podem ser unidimensionais, por exemplo barra ou viga, tridimensionais, eixos simétricos ou ainda elementos de placa de casca e de membrana [64].

Um dos problemas que se pode encontrar durante o pré-processamento é a convergência da malha. Como se pode observar na Figura 48 a quantidade de elementos de uma malha não é proporcional ao deslocamento de um dado ponto do corpo em análise, esta tende a convergir para um dado ponto, ou seja, o excesso de elementos não vai melhorar o resultado da simulação, mas vai aumentar o tempo necessário à sua computação [54].

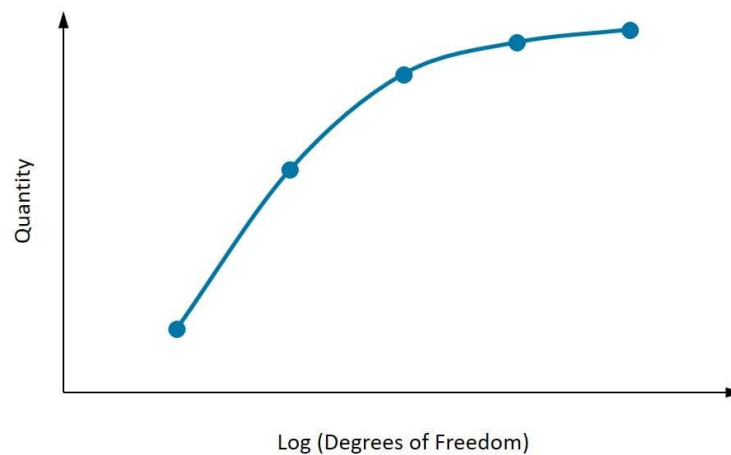


Figura 48 - Gráfico do deslocamento de um ponto em função ao número de elementos da malha [54]

Portanto, por vezes é pertinente realizar um refinamento de malha em zonas de geometria complexa, enquanto se pode utilizar uma malha mais grosseira em zonas de geometria mais constante. A escolha do tipo de elementos numa análise pelo MEF depende da disposição física do domínio a modelar e no grau de precisão pretendido para os resultados, aqui também será importante escolher entre um a análise a 1, 2 ou 3 dimensões [64].

De seguida enumera-se os passos inerentes ao pré-processamento:

- Definição do domínio geométrico do problema;
- Definição do tipo/tipos de elementos a ser usado, formulação do elemento;
- Definição das propriedades materiais do elemento;

- Definição das propriedades geométricas dos elementos;
- Definição da malha do modelo;
- Definição das condições de fronteira;
- Definições dos carregamentos.

2.2.5.5.2. Processamento

O processamento consiste em montar as equações algébricas em forma matricial ou na forma de um sistema de equações a partir das matrizes de cada elemento que compõe o caso em estudo. A resolução deste sistema oferece como solução as variáveis de campo no sistema local [64].

A formulação genérica do sistema de equações é apresentada pela seguinte expressão,

$$\begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \cdots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & \cdots & k_{nm} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_3 \end{Bmatrix}, \quad (8)$$

Ou na forma matricial,

$$\mathbf{k}_e \mathbf{a}_e = \mathbf{f}_e \quad (9)$$

Após transformação de coordenadas, de forma a obter as variáveis de campo no sistema global de coordenadas, a expressão fica,

$$\mathbf{K}_e \mathbf{A}_e = \mathbf{F}_e \quad (10)$$

Finalmente, o sistema global de equações que permite obter as reações do sistema fica,

$$\mathbf{K} \mathbf{A} = \mathbf{R} + \mathbf{F} \quad (11)$$

Na expressão 11, \mathbf{K} representa a matriz de rigidez global, \mathbf{A} o vetor global das variáveis de campo, \mathbf{R} o vetor global das reações na estrutura e finalmente \mathbf{F} o vetor global das forças nodais [64].

2.2.5.5.3. Pós-processamento

A última fase, o pós-processamento, consiste na visualização e análise dos resultados obtidos pela simulação MEF. Os *softwares* atuais já permitem a seleção de dados a apresentar e visualização dos resultados obtidos através de uma interface interativa. Estes resultados têm de ser cuidadosamente validados pelo projetista, pois é necessário verificar se estes vão de encontro ao que seria esperado no caso real. Alguns exemplos de operações incluem [64]:

- Ordenações das tensões dos elementos por magnitude;
- Verificação do equilíbrio estático;
- Cálculo de coeficientes de segurança;
- Visualização da estrutura deformada;
- Animação do modelo;
- Visualização em escala de cor de tensões ou temperaturas.

2.2.5.6. Caso prático de dimensionamento

Neste capítulo é descrito um exemplo de uma estrutura projetada e dimensionada através do *software Solidworks* através do MEF. A estrutura destina-se a um equipamento capaz de fabricar peças de vestuário automaticamente [73].

Neste exemplo foca-se o desenho da prensa e sua otimização. Esta é fabricada em alumínio AW 6063-T6. Para efeitos de simulação MEF, devido à geometria do conjunto em questão, foi escolhida uma malha baseada em curvatura utilizando elementos tetraédricos com dimensões de aresta entre os 2 e os 20 mm (Figura 49).

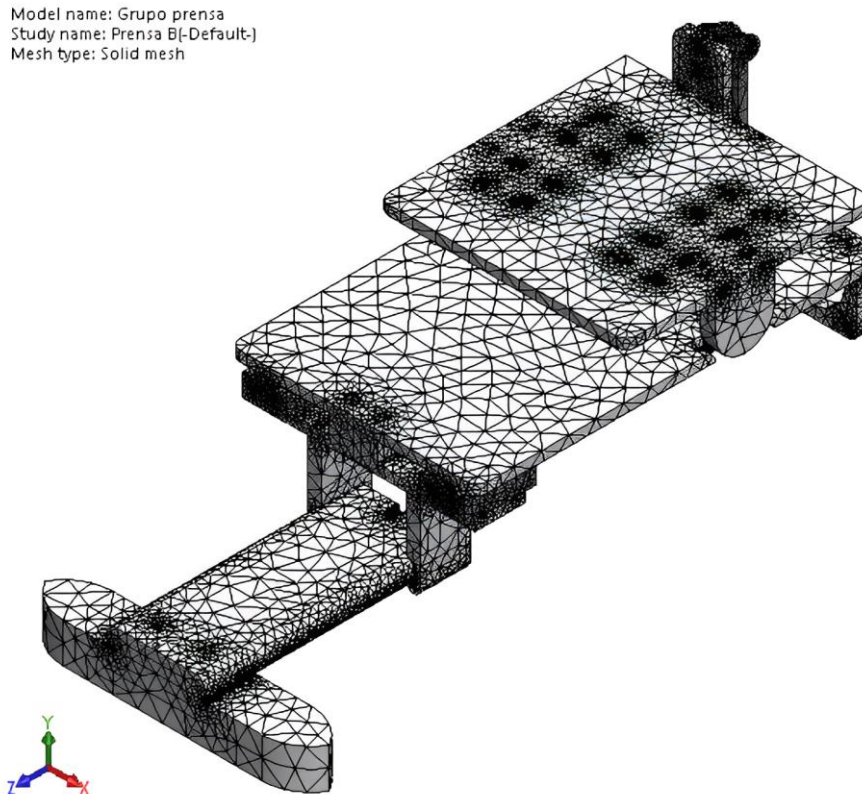


Figura 49 - Malha gerada para simulação da prensa [73]

Para simular a pressão exercida no topo da mesa, foi aplicada uma força de 46 N assim como o peso próprio do conjunto. As condições de fronteira consistiram na fixação da peça pelos furos da placa superior. Foi realizada uma análise estática no *software Solidworks* para determinar as tensões máximas de von Mises assim como as deformações. Através da simulação computacional foi possível observar que a estrutura se encontrava sobredimensionada já que a tensão de cedência do material (AW 6063-T6; $\sigma_{ced} = 215$ MPa) é muito superior à tensão máxima de von Mises imposta (11,4 MPa), obtendo-se um coeficiente de segurança de 18,9. Visto isto, em busca da otimização da prensa, foi criada uma versão B, na qual a espessura das suas peças foi reduzida. As simulações da versão B da prensa podem ser observadas na Figura 50.

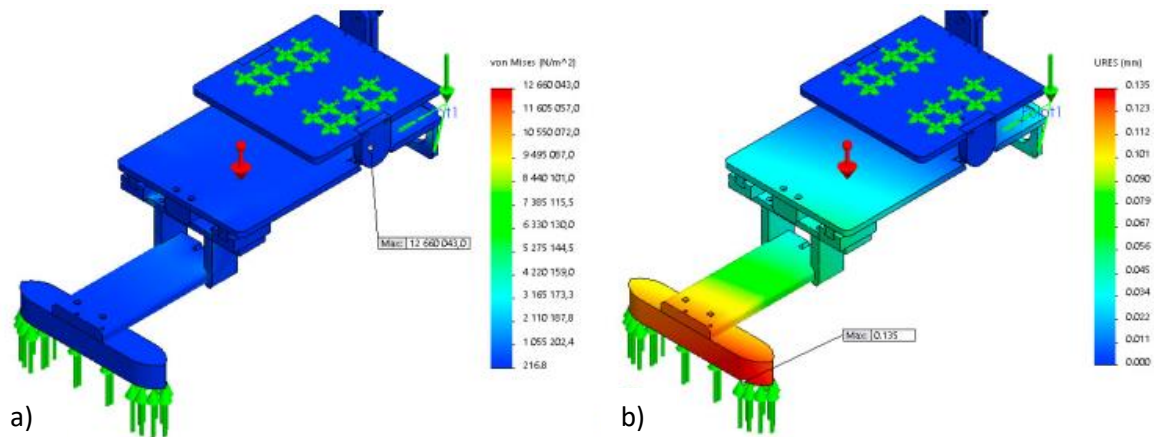


Figura 50 - a) tensão máxima de von Mises da prensa versão B b) deslocamento máximo da prensa versão B [74]

Na Tabela 9 estão dispostos os resultados obtidos, onde é possível comparar a versão original da prensa (Versão A) com a otimizada (versão B). Deste modo pode-se observar que, mesmo diminuindo a espessura de certos elementos, continua-se com um coeficiente de segurança muito elevado o que possibilita a redução do peso da prensa em 30% e mantendo o deslocamento da mesma perto da décima de milímetro.

Tabela 9 – Comparação de resultados obtidos, tensão e deslocamentos [73]

Versão A		Versão B		Redução de peso
Tensão máxima de von Mises	Deslocamento máximo	Tensão máxima de von Mises	Deslocamento máximo	
11,4 MPa	0,07 mm	12,7 MPa	0,135 mm	30%

2.2.6. Estado da arte

Seguidamente, na Tabela 10 apresentam-se alguns estudos sobre dimensionamento e projeto assistido por computador.

Tabela 10 - Estado da arte em dimensionamento e projeto assistido por computador

Referência Bibliográfica	Descrição do Trabalho
Moreira [75]	Neste trabalho tem como objetivo aprofundar o conhecimento do processo de fabrico de corte e estampagem em punçoadora, procurando perceber os fenómenos que ocorrem neste processo. Durante o desenvolvimento do trabalho foi utilizado um <i>software</i> de elementos finitos de forma a simular vários cortes e estampagens. No final foi possível perceber o compromisso entre o acabamento e a longevidade das ferramentas, e que tipos de geometria dos punções podem alterar as forças durante o processo.

Tabela 10- Estado da arte em dimensionamento e projeto assistido por computador (continuação)

Oliveira [76]	Esta tese tem como objetivo desenvolver um veículo de transporte de cargas em ambientes industriais. Este terá de ser capaz de transportar 8 toneladas no veículo, rebocar 20 toneladas a reboque, ser modular e ter um baixo custo de operação. Todo o processo de desenvolvimento foi acompanhado por <i>software</i> MEF que permitiu verificar a integridade de toda a estrutura às condições impostas. No final todos os objetivos foram conseguidos com sucesso.
Fernandes [77]	Esta tese tem como finalidade encontrar um novo método para incorporar novos equipamentos de corte de energia em subestações móveis. Deste modo foram traçados os seguintes objetivos; desenvolver uma estrutura capaz de suportar o trans-rupter e que garante as distâncias de isolamento entre equipamentos, ser de fácil utilização, otimizar a estrutura em termos de massa e custos. Através da realização de simulações pela parte de <i>software</i> MEF, foi possível perceber que a estrutura aguentava todos os esforços impostos.
Silva et al. [78]	Este artigo incide sobre o controlo de temperatura durante o processo de extrusão na fabricação de pneus, este quando incorreto pode originar desperdício de borracha devido à vulcanização prematura da mesma. Foi realizada uma análise CFD de forma a se estudar o fluxo de borracha dentro dos canais de extrusão com o objetivo de otimizar o controlo de temperatura do processo. No final foi possível reduzir o desperdício de borracha em 100%.
Xu et al. [79]	Este estudo propõe uma solução para pneus em fim de vida, reutilizando-os para o fabrico de paredes de casas residenciais. Utilizando o <i>software</i> Abaqus uma parede tridimensional composta por pneus foi recriada. Os resultados obtidos a uma análise quase-estática com carga pontuais e cargas cíclicas permitiu verificar que o modelo matemático se aproximava aos testes experimentais realizados previamente. Através da análise MEF foi também possível observar que as cargas de compressão muito dificilmente poderiam levar à rutura da estrutura, aumentando a confiança da utilização deste tipo de parede para futuras construções.

2.3. Armazéns automáticos

Ao longo dos seguintes subcapítulos, vai ser abordado a temática dos armazéns automáticos, respetivos equipamentos associados e a legislação vigente relativa a estes.

2.3.1. Conceito e definição

Nos últimos anos, os armazéns automáticos (AS/RS – *automated storage and retrieval system*) tornaram-se uma tecnologia de armazenamento e retorno de itens muito utilizada os AS/RS são sistemas computadorizados e robotizados capazes de armazenar e retornar objetos sem a ajuda de um operador humano. Os componentes principais que os compõem são estantes, máquinas capazes de armazenamento, pontos de entrada e de saída, e transportadores.

Os armazéns automáticos apresentam inúmeras vantagens em relação aos armazéns tradicionais, tais como [80, 81]:

- Aumento da densidade de armazenamento;
- Aumento de produtividade;
- Maior segurança no transporte de produtos;
- Controlo de inventário em tempo real;
- Ambiente mais ergonómico devido à entrega de itens aos operadores a alturas convenientes, eliminando o tempo perdido durante a procura;
- Poupanças no custo de mão de obra;
- Redução da taxa de erros.

2.3.2. Enquadramento legal

2.3.2.1. Diretiva máquinas 2006/42/EC

A diretiva máquinas 2006/42/EC, transportada para o direito interno português pelo decreto-lei 103/2008 de 24 de junho, tem como objetivo garantir que as máquinas cumpram os requisitos de saúde e segurança impostos pela União Europeia. Esta diretiva é aplicada aos seguintes equipamentos [82]:

- Máquinas;
- Equipamento intermutável;
- Acessórios de elevação;
- Correntes, cabos e correias;
- Dispositivos de transmissão mecânica;
- Quase-máquinas.

Tendo em conta a natureza dos riscos durante o processo de utilização das máquinas abrangidas pela diretiva 2006/42/EC, foi necessário criar procedimentos de avaliação da conformidade que garantem que os requisitos de saúde e segurança são acotulados. Estes procedimentos deveriam ser concebidos tendo em conta o grau de perigosidade intrínseco à máquina em questão. Esta diretiva é destinada a fabricantes e comerciantes e é constituída por um vasto conjunto de regras que visam os princípios de integração de segurança, comando, proteção, perigos e de natureza mecânica, entre outros [82].

Manifestamente é necessário criar por categoria de máquinas o procedimento adequado de acordo com a Decisão 93/465/CEE do Conselho de 22 de julho de 1993 relativo aos módulos referentes às diversas fases dos procedimentos de avaliação da conformidade e às regras de aposição e utilização da marcação “CE” de conformidade, tendo em conta a natureza da verificação exigida referente a essas máquinas [82].

Somente a marcação “CE”, como ilustra a Figura 51, deverá ser reconhecida como absoluta garantia da conformidade da máquina com os requisitos desta Diretiva. Esta marcação deve ser colocada na máquina de forma perfeitamente legível [82].



Figura 51 - Marcação CE [83]

2.3.2.2. Sinalização do piso em armazéns

A sinalização do piso de um armazém consiste em cobrir o pavimento de uma instalação logística com indicações. Esta medida de segurança minimiza possíveis riscos no armazém e, por sua vez, também serve para organizar o espaço. Para evitar riscos no armazém, as superfícies destinadas às tarefas de armazenagem ou as áreas onde circulam equipamentos de movimentação e pedestres devem ser marcadas e visualmente diferenciadas, ajudando os operadores e alertando-os para os riscos de forma muito visual, clara e óbvia.

Todas as áreas onde pode haver risco para os operadores devem estar sinalizadas, como a localização de substâncias e produtos perigosos. Também são indicadas as saídas de emergência, as áreas com obstáculos e os locais onde se encontram os sistemas de incêndio, facilitando a sua localização.

Na União Europeia, está em vigor a Diretiva g2/58/CEE, e que, por conseguinte, faz parte da legislação nacional. De acordo com a mesma, a empresa deve garantir que o chão do seu armazém é marcado quando existem riscos que não podem ser evitados por outros meios técnicos de proteção. Descrevem-se alguns pontos abrangidos pela Diretiva g2/58/CEE:

- Informação e formação dos trabalhadores:

Esta diretiva torna obrigatória a formação dos trabalhadores e seus responsáveis sobre as medidas preventivas e de sinalização que têm sido utilizadas. Esta deve ser realizada sempre que é introduzida nova sinalização, a sinalização existente é modificada ou quando são admitidos novos trabalhadores.

- Cores:

A diretiva descreve as cores de segurança que podem ser usadas tanto para a sinalização dos painéis como para a marcação de linhas no solo, como indicado na Tabela 11.

Tabela 11 - Códigos de cores de segurança segundo a Diretiva 92/58/CEE

Cor	Significado	Indicações e detalhes
Vermelho	Sinal de proibição	Comportamentos perigosos
	Material de equipamentos de combate a incêndios	Paragem obrigatória e evacuação
Amarelo / amarelo alaranjado	Sinal de aviso / perigo	Atenção, cuidado, verificação
Azul	Sinal de obrigação	Comportamento ou ação específica/obrigação de usar equipamentos de proteção individual
Verde	Sinal de salvamento ou socorro	Portas, saídas, passagens, equipamentos, kits de primeiros socorros, estações de resgate ou ajuda, instalações
	Situação de segurança	Retorno à normalidade

Para que estas cores sejam mais eficazes, é necessário evitar que outras placas limitem a sua visibilidade ou que fiquem muito próximas umas das outras.

- Obstáculos e lugares perigosos:

Devem ser sinalizadas as áreas onde existe o risco de colisão com obstáculos, queda de objetos e pessoas. Por exemplo, são sinalizadas as passagens inferiores que atravessam as estantes para paletes transversalmente e que facilitam o fluxo dos movimentos, cumprindo a função de saída de emergência. Para esta função, o mais comum é usar listas amarelas e pretas ou listas vermelhas e brancas, Figura 52.



Figura 52 - Listas de sinalização em armazéns [84]

- Vias de circulação:

As rotas de circulação de veículos devem ser claramente identificadas por faixas de cor visível, de preferência branca ou amarela, tendo em consideração a cor do terreno. Para localizar essas faixas, deve ser considerada a distância de segurança entre os veículos e qualquer objeto que possa estar nas proximidades, incluindo os próprios funcionários [84].

2.3.3. European Materials Handling Federation

Fundada em 1953 a *European Material Handling Federation* ou *Fédération Européenne de la Manutention* (FEM) é uma associação comercial sem fins lucrativos com sede em Bruxelas, que tem como objetivo dar suporte aos fabricantes de equipamentos de manuseamento, elevação e armazenamento de materiais, através da publicação de normas direcionadas a engenheiros e projetista [85].

A sua missão é representar os interesses técnicos, económicos e políticos dos produtores europeus, e fornecer uma plataforma para intercâmbios sobre tendências de mercado e desenvolvimentos tecnológicos. Esta também assegura a cooperação com outros setores industriais relativamente a problemas de interesse comum [85].

A FEM tem como objetivos facilitar e encorajar o progresso técnico, assim como a segurança no trabalho, desenvolvimento sustentável e eficiência energética na indústria de manuseio de materiais, desenvolver standards técnicos a níveis europeus e internacionais, fornecer guias de implementação referentes à legislação europeia aplicável à indústria e promover e encorajar a cooperação e fabricantes, tanto a nível europeu como a nível mundial [85].

A FEM conta com o seu próprio conjunto de normas técnicas que visam ser guias de projeto para armazéns automáticos. A FEM fornece recomendações para o cálculo estrutural e coeficientes de segurança, espaçamento entre inspeções, entre outros aspetos, e tem como por objetivo principal complementar as normas em vigor relativas ao projeto de máquinas [85]. Atualmente a FEM oferece guias técnicos para os seguintes equipamentos:

- Equipamento pesado de levantamento e manuseamento de cargas;
- Manuseamento contínuo de equipamentos;
- Veículos pesados industriais;
- Gruas moveis;
- Equipamentos de elevação;
- Transelevadores;
- Plataformas moveis de elevação.

2.3.4. Estruturas de transporte de carga

As estruturas de transporte de cargas, são estruturas capazes de movimentar diversas cargas em armazéns pelo que constituem uma componente fundamental dos sistemas de logística. Estas podem ser estruturas aéreas de grande porte que suportam cargas de peso muito elevado, como por exemplo, guindastes, pórticos e semi-pórticos, travessas de carga entre outros, ou estruturas de transporte de cargas pequenas, como paletes e caixas.

2.3.5. Equipamentos usados em armazéns automáticos

2.3.5.1. Estantes

As estantes são parte essencial dos armazéns, já que facilitam a organização eficaz de unidades de carga, sejam paletes ou caixas, e apresentam grande influência na eficiência de todas as operações realizadas. Estantes adequadas otimizam o espaço para uma maior eficiência no processo de recolha e expedição. A disposição do armazém desempenha um papel fundamental no tipo das estantes, uma vez que a largura do corredor, os locais de ancoragem e outros componentes afetam as opções a utilizar [86].



Figura 53 - Estantes em armazém [86]

2.3.5.2. Transelevadores

Os transelevadores cuja função é a armazenagem automática de paletes ou unidades de dimensões menores. Estes deslocam-se a longo dos corredores e realizam as funções de entrada, colocação e saída de mercadorias. Os transelevadores são guiados por um *software* de gestão que coordena todos os movimentos [87]. Estes transelevadores adaptam-se facilmente às necessidades de cada armazém quanto à capacidade de carga, dimensões, altura de construção e tempos de ciclo, pelo que permitem cobrir [87]:

- Automatização das operações de entrada e saída de produtos;
- Gestão de inventários controlados e atualizados a qualquer altura;
- Eliminação de erros derivados da gestão manual.

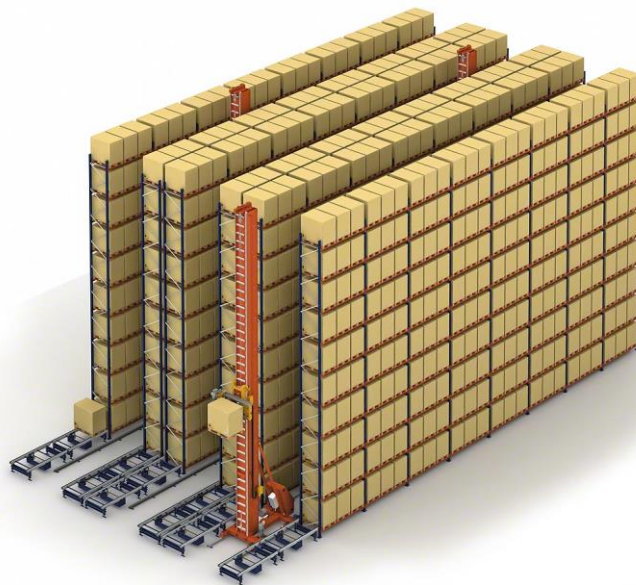


Figura 54 - Representação de um transelevador [87]

2.3.5.3. Elevadores

Os elevadores atendem necessidades de transporte vertical de cargas, sendo muito utilizados em fábricas, armazéns, entre outras aplicações. Estes são equipamentos robustos, projetados e fabricados em função das necessidades de cada armazém. Os elevadores representam um papel muito importante na automatização de armazéns, alimentando caixas ou paletes aos equipamentos periféricos [88].

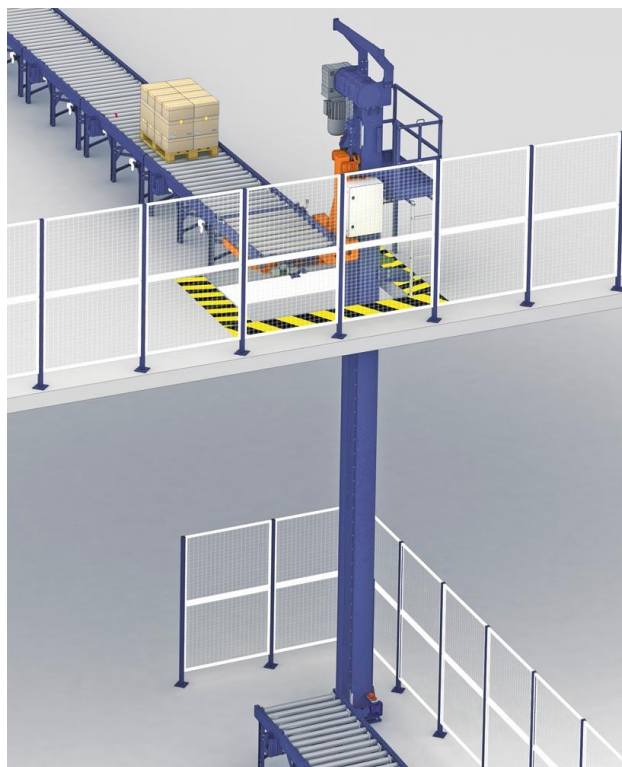


Figura 55 - Representação de um elevador num armazém [88]

2.3.5.4. Transportadores de rolos

Este tipo de transportador utiliza rolos igualmente espaçados entre si para transportar carga. Estes movem objetos de um ponto para outro utilizando a força gravítica ou unidades motorizadas, como motores redutores ou rolos motorizados. O material a ser transportado tem de ter uma superfície rígida suportada por, pelo menos, três rolos. Este tipo de sistema são ideias para aplicações de acumulação de carga. Ao longo dos seguintes subcapítulos descrevem-se os diferentes tipos de transportadores de rolos.



Figura 56 - Exemplos de transportadores de caixas [89]

2.3.5.4.1. Transportadores estáticos ou gravíticos

Os transportadores estáticos ou gravíticos, como o nome indica, não usam uma unidade de potência para mover objetos para além de um operador humano ou da força gravítica, caso este seja montado a um ângulo. Bloqueios neste tipo de linhas são frequentes, portanto devem ser montadas em zonas onde existam trabalhadores que possam desbloquear as linhas. Os dois principais tipos de transportadores gravíticos utilizam rolos ou rodas. Rolos para linhas inclinadas e cadências baixas, pois a inércia dos rolos impede que as caixas acelerem de forma excessiva e rodas para cargas leves, pois requerem menos inércia para começar a rodar que os rolos [90].

2.3.5.4.2. Transportadores de rolo de corrente ou correia

Este é um tipo de transportador, que, como o nome indica, conta com uma corrente ou correia acoplada na extremidade dos rolos de forma a possibilitar a transmissão de movimento aos mesmos. Esta transmissão pode ser feita de duas formas, rolo a rolo ou um corrente única que abraça todos os rolos. Este último é um sistema mais simples e menos dispendioso, mas tem menos capacidade de carga.

2.3.5.4.3. Line shaft

Neste tipo de transportador os rolos são individualmente colocados em movimento através de cordões redondos em poliuretano que abraçam bobines ligadas a um veio que corre por baixo do

transportador ao longo do seu comprimento. Este é colocado em movimento através de um moto redutor. Estes sistemas são bastante silenciosos e requerem pouca manutenção. As bobinas vão escorregar na presença de acumulação de carga, sendo assim, um rolo pode parar sem que impacte os adjacentes minimizando acumulação de carga, desta forma os *line shafts* são uma excelente solução para aplicações com cargas ligeiras ou médias [90, 91].



Figura 57—exemplo de um sistema line shaft [92]

2.3.5.5. Transportadores de correntes

Os transportadores de correntes são uma família de transportadores que utilizam correntes que trabalham em *loop* fechado entre duas rodas dentadas, não só para transmitir binário, mas também para carregar objetos. As cargas podem ser acionadas diretamente pela corrente ou através de acessórios ligados à mesma. As rodas dentadas responsáveis por transmitir o movimento à corrente são montadas no mesmo eixo, fazendo com que as diversas correntes trabalhem sincronizadas, permitindo que as cargas a transportar tenham um movimento retilíneo e alinhado [90].

Estes equipamentos são constituídos por uma estrutura que pode ser feita em aço ou alumínio. Os elementos longitudinais onde desliza a corrente são longarinas, que suportam o peso das cargas e possuem um deslizador que tem como objetivo reduzir o atrito de deslizamento da corrente. Um transportador de correntes pode estar equipado com duas, ou até ao número de correntes necessário para transportar uma dada carga com um certo peso e dimensão [90].

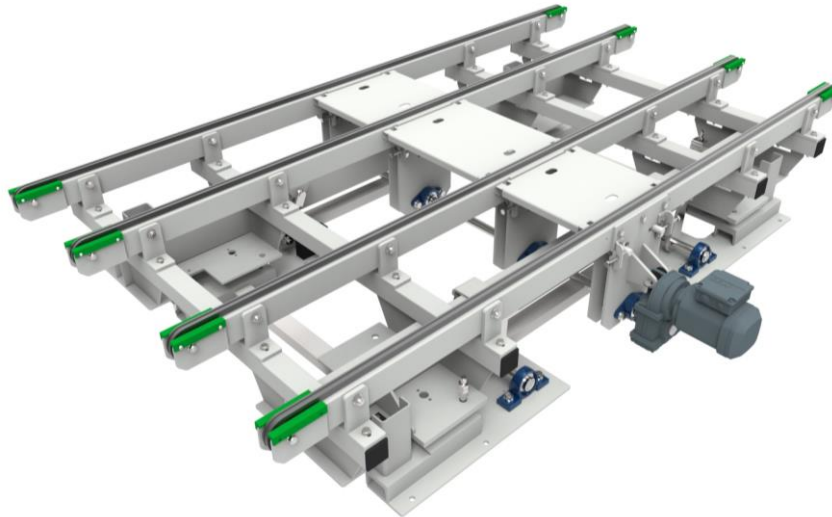


Figura 58 - Exemplo de um transportador de correntes [93]

O acionamento mais simples para este tipo de equipamentos consiste na utilização de um motor redutor ligado à roda dentada situada na ponta das correntes. No entanto, este tipo de sistema só permite que a linha funcione numa direção. O outro tipo de acionamento é baseado em motorização central, este tipo de sistema permite que as rodas dentadas nas extremidades da corrente sejam mais pequenas, o que conduz a uma transferência de carga entre transportadores mais suaves assim como permitir a possibilidade de o sistema trabalhar de forma bidirecional [90].

2.3.5.6. Mesas de transferência com elevação

As mesas de transferência com elevação são equipamentos capazes de realizar uma transferência ortogonal de uma carga que segue num transportador de rolos para um outro transportador adjacente. Estes equipamentos são montados por baixo de um transportador de rolos e são constituídos por um mecanismo de elevação que eleva um módulo de correntes até que estas se encontrem acima do plano de trabalho dos rolos. O processo de funcionamento das mesas de transferência com elevação pode ser descrito da seguinte forma:

1. A carga a ser transferida desloca-se num transportador de rolos;
2. Os rolos param na zona de transferência;
3. As correntes da mesa de transferência sobem até elevarem a carga cerca de 10mm acima dos rolos;
4. As correntes são acionadas tem início o movimento da carga para um transportador de correntes;
5. As correntes voltam à posição inicial.

Existem dois tipos de mesas de transferência com elevação designadamente as simples e duplas

As simples foram descritas acima e que serão o alvo em estudo deste presente trabalho, onde as cassetes contendo as correntes fazem todo o movimento vertical elevando a carga dos rolos, ilustrado na Figura 59.

No sistema duplo, as correntes sobem até ao plano de trabalho dos rolos, e de seguida, os rolos descem. O sistema duplo apresenta a vantagem de não se necessitar de elevar a carga, pois esta permanece sempre no mesmo plano, logo requer uma força de elevação inferior.



Figura 59 - Exemplo de uma mesa de transferência [94]

2.3.5.7. Mesas rotativas

As mesas rotativas apresentam a capacidade de mudança de direção de uma carga através de um mecanismo que roda sobre um eixo posicionando a carga na direção que se pretende. Estas podem utilizar rolos ou correntes e até incorporar um sistema de elevação, possibilitando assim a transferência de uma dada carga entre um transportador de rolos para um transportador de correntes e vice-versa.

2.3.5.8. Veículos autónomos

2.3.5.8.1. AGV – Automated guided vehicle

Estes equipamentos consistem num transportador de cargas que navega numa linha ou área predeterminada sem necessidade de um condutor ou operador. Esta navegação pode ser conseguida de várias formas, como por exemplo seguir uma linha definida através de cabos indutivos, fitas magnéticas ou ainda através de um guiamento laser. Como os AGV's se movem num percurso predeterminado com acelerações e desacelerações controladas por computador com um grande nível de precisão, e também equipados com sensores de obstáculos de forma a evitar colisões, estes oferecem uma grande segurança no manuseamento de cargas. Algumas aplicações típicas dos AGV's incluem o transporte de matérias-primas ou produtos acabados em linhas de produção, armazenamento e distribuição [80].

Existem diversos tipos de AGV's para diferentes tipos de aplicações, desde pequenos veículos para transporte de caixas de peso reduzido, rebocadores que puxam veículos não motorizados durante longas distâncias, que podem estar associados a várias estações de embarque e desembarque ao longo do seu percurso, até empilhadoras automáticas. Estes podem ser semelhantes a alguns equipamentos manobrados por operadores, mas são desenhados para funcionarem sem qualquer intervenção humana direta, o que reduz potenciais erros [95].

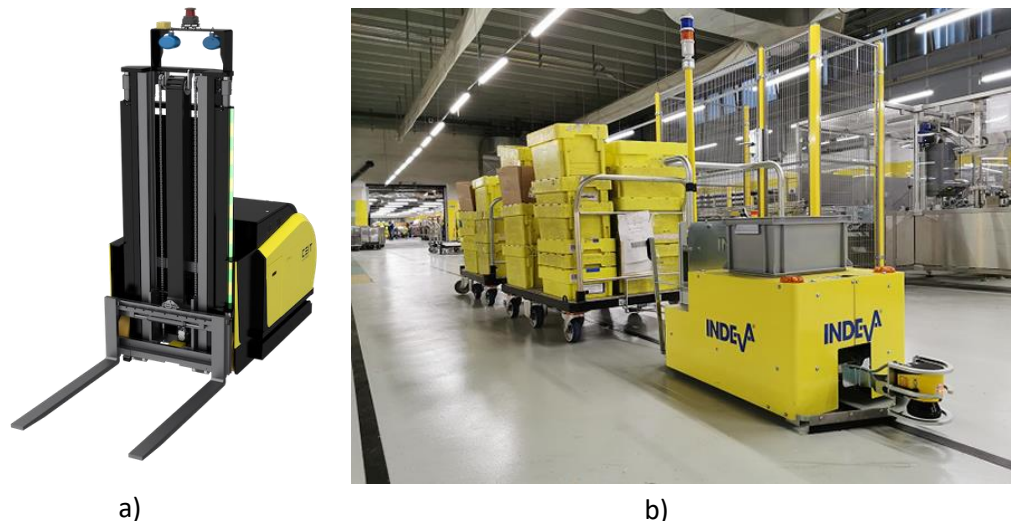


Figura 60 - Exemplo de uma empilhadora (a) e de um rebocador AVG (b) [96, 97]

Os AMR's (*autonomous mobile vehicles*) são uma tecnologia emergente. Usando os mesmos princípios dos AGV's, os AMR's oferecem uma tecnologia mais avançada e uma enorme flexibilidade através de câmaras, sensores e inteligência artificial, para navegar de forma independente sobre ambientes não controlados, ao invés de seguir percursos pré-determinados. Esta tecnologia pode ajudar a impulsionar uma empresa no sentido da indústria 4.0 e acelerar todos os processos relativos à área da intralogística [98].

2.3.5.8.2. Drones

Os drones são plataformas aéreas e robóticas usadas em armazéns inteligentes com o propósito de realizar gestão de inventário, contagens de stock, mas também têm potencialidade em desempenhar funções como[99]:

- Intralogística – Os drones são capazes de fazer o transporte de peças de armazém, devido à sua capacidade de programação para fazer um percurso definido. No entanto, também demonstram algumas limitações, como ao peso máximo a ser transportado e posicionamento da carga;
- Inspeção e vigilância – Os drones podem ser uma alternativa viável para substituir inspeções e vigilância em armazéns. Atualmente, estas funções já são desempenhadas por drones em certas indústrias como a construções, petroquímica, óleo e gás. O crescimento dos armazéns tem feito com que os custos devido à manutenção e inspeção tenham aumentado também. Muitas vezes o trabalho de inspeção requer trabalhadores especializados em locais especialmente perigosos para o trabalhador, sendo que o drones através de imagens em tempo real facilitam as inspeções.

2.3.6. Indústria intralogística no mundo e em Portugal

O aumento exponencial do comércio eletrónico, Figura 61, os problemas na gestão logística global, o aumento dos custos de transporte devido ao aumento do preço do petróleo as reivindicações dos

consumidores que exigem cada vez mais rapidez, apresentam um enorme desafio à indústria intralógica [100].

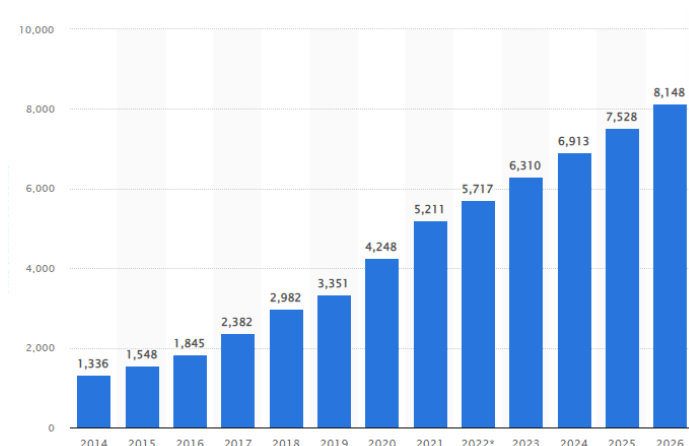


Figura 61 - Aumento do comércio eletrônico, e previsões futuras [101]

Neste sentido, as empresas têm necessidade de digitalizar, automatizar e robotizar todos os processos logísticos no sentido de otimizar o trabalho de forma a manterem-se competitivas no mercado global. As empresas modernas utilizam novas tecnologias como a inteligência artificial para tomar milhares de decisões necessárias diariamente [102].

Portugal segue a mesma tendência das suas congêneres europeias e mundiais, modernizando os seus armazéns e oferecendo soluções inovadoras que permitem responder aos desafios do de um mercado em constante mudança.

2.3.7. Estado da arte

Na Tabela 12 encontram-se estudos desenvolvidos no âmbito no âmbito de armazéns automáticos. Estes incidem principalmente nos equipamentos de manipulação e transporte de cargas que constitui ditos armazéns, mas também oferece soluções matemáticas que visam otimizar o espaço e tempo na armazenarão em armazéns automáticos.

Tabela 12 - Estado da arte em armazéns automáticos

Referência bibliográfica	Descrição do trabalho
Vieira et al. [103]	Neste trabalho foi desenvolvido um sistema inovador de rotação e elevação para mesas rotativas de paletes, com o objetivo de as tornar mais económicas, eficientes e fiáveis. Após ter sido efetuada uma análise de soluções existentes com o intuito de se identificar os pontos fortes e oportunidades de melhoria, a máquina foi desenhada e dimensionada através do método de elementos finitos no sentido de promover uma solução eficiente e segura relativamente às cargas de serviço. Os resultados obtidos foram muito positivos, a máquina encontra-se instalada no armazém do cliente a operar 24h por dia, 7 dias por semana.

Tabela 12- Estado da arte em armazéns automáticos (continuação)

Fernandes et al. [104]	Este artigo foca-se nas áreas da indústria 4.0, automação, robótica e intralogística, aqui procura-se otimizar um dos equipamentos mais usados nos AS/RS, o transportador de paletes adaptando o mesmo às necessidades impostas indústria 4.0. Desta forma o transportador desenhado é incorporado num sistema de picagem e capaz de otimizar a seleção de produtos, formando conjuntos e subconjuntos de diversos produtos retirados de estantes diferentes. A solução encontrada é inovadora dentro do ramo da intralogística e indústria 4.0 cumprindo assim o seu objetivo de aumentar a produtividade em armazéns inteligentes.
Yang et al. [105]	Este artigo analisa sistemas de controlo, tecnologia de gestão e processos de operações nos AS/RS e estabelece um modelo para a otimização de espaço em armazéns automáticos. O processo de recolha e expedição de itens também é analisado, aqui o artigo oferece uma fórmula matemática que otimiza a distância de deslocação.
Aleotti et al. [106]	Este artigo apresenta uma plataforma de manipulação móvel desenhada para a função de despalatização autónoma através de um braço robótico colaborativo implementado num AMR. É utilizado um sistema de visão 3D para fornecer uma estimativa inicial da posição das caixas na camada superior da paleta e para detetar com precisão a separação entre as caixas para manipulação. O sistema proposto foi implementado e testado num cenário laboratorial simplificado e os resultados dos ensaios experimentais são positivos.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Caracterização da empresa

Fundada em 2002, a Antípoda especializa-se no design, construção e instalação de equipamento intralogístico, complementado por uma gama completa de transportadores para qualquer aplicação industrial. A estratégia da Antípoda foca-se no contínuo crescimento e inovação, traduzindo-se num crescimento médio anual nos últimos 10 anos de 26%. Desde 2008, a Antípoda iniciou a sua internacionalização nos mercados Europeu, África, Ásia e América do Norte, estes mercados são agora responsáveis por mais de 50% do total de vendas e encontram-se em contínuo crescimento.



Figura 62 - Logo da empresa Antípoda [93]

O atributo principal da Antípoda reside na sua equipa tecnológica de engenheiros, projetistas e técnicos com uma vasta experiência em equipamento e soluções industriais, assim como uma excelente relação com os clientes. A Antípoda tem como missão desenvolver soluções de logística industrial eficazes, amigáveis do ambiente, assim como fornecer um serviço técnico capaz, a fim de oferecer uma vantagem competitiva aos seus clientes. Faz ainda parte da missão da empresa estabelecer um valor sustentável para a comunidade, funcionários e acionistas. A visão da Antípoda passa por desenvolver soluções de logística industrial inovadoras, de forma a gerar atividades de valor acrescentado para o nosso cliente e contribuir para o crescimento económico.

Tabela 13 - Lista de equipamentos fabricados pela Antípoda [93]

Transportador de rolos	
-------------------------------	--

Tabela 13- Lista de equipamentos fabricados pela Antípoda [93] (continuação)

Transportador de correntes	
Transportador de tela	
Mesa rotativa	

Tabela 13- Lista de equipamentos fabricados pela Antípoda [93] (continuação)



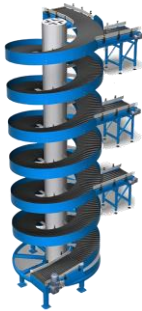


Transferência ortogonal de paletes	
RGV	
Transportador em espiral	

Tabela 13- Lista de equipamentos fabricados pela Antípoda [93] (continuação)

Elevador	 A blue industrial scissor lift with a platform and a motorized base.
Manipulador	 A grey industrial overhead crane with a horizontal beam and a suspended hoist mechanism.

3.2. Metodologia a aplicar

A metodologia aplicada nesta dissertação é a *Design Science Research* (DSR). Esta metodologia é comumente utilizada em sistemas de informação, incluindo teses e projetos, e tem como objetivo principal a criação e avaliação de soluções inovadoras baseadas em equipamentos já existentes. Por isso, a escolha da DSR para esta dissertação é bastante apropriada.

A metodologia DSR pode ser definida por seis etapas, que serão enumeradas a seguir [107]. A primeira etapa é a identificação do problema, segundo a qual se define o problema que se pretende resolver e a sua relevância. A segunda etapa é a definição dos objetivos da solução, onde se definem os objetivos a atingir com a solução proposta. A terceira etapa é a criação da solução, durante esta etapa desenvolve-se a solução proposta para o problema identificado. A quarta etapa é a demonstração da solução, aqui avalia-se a eficácia da solução criada através da simulação ou aplicação em ambientes controlados. A quinta etapa é a avaliação da solução, pretende-se avaliar a eficácia da solução em ambiente real, e se mede o seu impacto em relação ao problema inicial. Por fim, a sexta etapa é a comunicação da solução, onde se documenta e dissemina a solução criada e os resultados obtidos para que estes possam ser replicados e/ou melhorados por outros.

Desta forma, a utilização da metodologia DSR na presente dissertação permitirá a criação de uma solução inovadora e eficaz para o problema identificado, e sua avaliação de forma rigorosa e consistente, possibilitando que a solução seja disseminada e aplicada em outros contextos relevantes.

3.3. Caracterização do processo

Neste capítulo dá-se início à primeira etapa da metodologia DSR, na identificação e caracterização do problema a ser abordado. O equipamento em consideração neste trabalho está destinado a ser incorporado numa linha de automática de transporte de caixas. A máquina projetada pretende realizar a transferência de uma caixa de um transportador para um outro transportador disposto na direção perpendicular, podendo realizar a dita transferência em ambos os sentidos. Na Figura 63 encontra-se uma representação de todas as etapas do processo de transferência. As etapas do processo são definidas como:

1. A caixa desloca-se num transportador;
2. A caixa é detetada através de sensores fotovoltaicos, que origina a paragem dos rolos, imobilizando a caixa na zona de transferência;
3. As correias elevam a caixa acima do transportador;
4. As correias deslocam a caixa, transferindo-a para um transportador adjacente;
5. As correias recolhem à sua posição inicial abaixo dos rolos do transportador;
6. A caixa desloca-se noutra transportador.

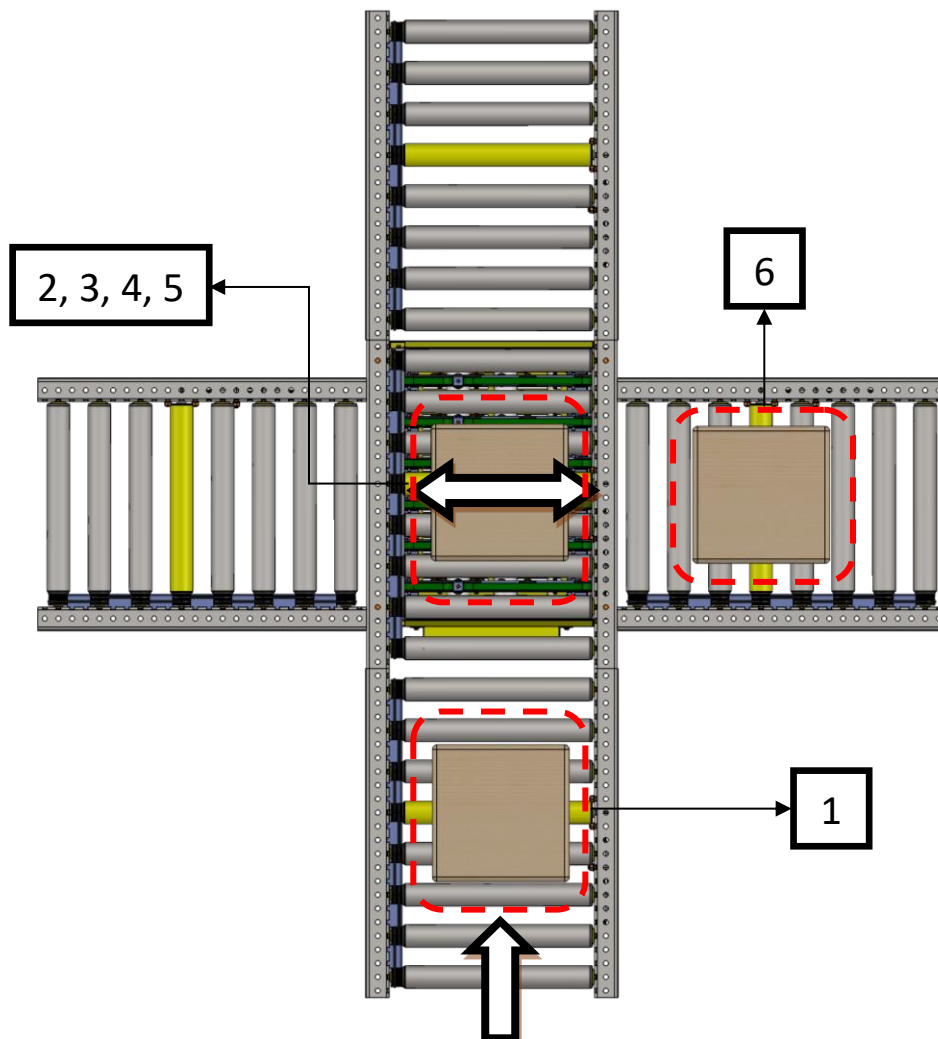


Figura 63 - Processo de transferência de uma caixa

3.4. Identificação de problemas

Ao longo deste capítulo são abordados inúmeros problemas e dificuldades encontradas durante o desenvolvimento e toda a fase de anteprojetado e projeto do equipamento, nomeadamente:

- a) Fixação do excêntrico/caracol no rolo motorizado;
- b) Força de elevação;
- c) Deslocamento horizontal durante a elevação;
- d) Falta de espaço interno;
- e) Tendência das correias auto removerem-se dos roletes;
- f) Afrouxamento das correias com o tempo;
- g) Sistemas de segurança e paragem de movimentos (redundância dupla).

Nos capítulos de anteprojetado e projeto, estes problemas serão abordados, e são descritas as soluções encontradas para os solucionarem.

3.5. Objetivos

Neste capítulo dá-se início à segunda fase da metodologia DRS, onde se definem os objetivos. Esta etapa é estendida ao capítulo seguinte com a apresentação dos requisitos impostos. O objetivo da presente dissertação consiste no projeto de uma mesa de transferência ortogonal mais económica do que as da concorrência e capaz de ser facilmente integrada numa linha de transportadores de rolos standard, sem que seja necessário de adaptar os transportadores de rolos existentes do catálogo da Antípoda a mesas de transferência de outras marcas, tornando todo o processo de projeto mais rápido e eficiente. Desta forma, a Antípoda, em vez de adquirir mesas de transferências a outra empresas, pode fabricá-las, o que conduz a uma redução de custos e melhoria de eficiência e flexibilidade durante o projeto.

Em suma, os objetivos do desenvolvimento da mesa de transferência são:

- Desenvolvimento de um equipamento mais barato do que a concorrência,
- Normalização do mesmo para que possa facilmente ser integrado numa linha existente,
- Versatilidade de adaptação a caixas de vários tamanhos,
- Adaptabilidade do equipamento aos requisitos do cliente (número de pistas variável, quatro larguras disponíveis e cinco posicionamentos distintos da carta de controlo),
- Garantia de segurança de operação, manutenção e instalação,
- Qualidade construtiva e redução ao máximo da probabilidade de avarias,
- Utilização do menor número de peças possíveis,
- Acesso fácil a componentes que necessitem de manutenção ou afinação mais frequente,
- Cumprimento de todas as normas aplicáveis.

3.6. Requisitos e limitações

Na fase inicial do projeto foi realizada uma pesquisa de mercado para conhecer a concorrência e as necessidades da indústria. Tendo em conta a nova informação adquirida, definiram-se as seguintes especificações técnicas, explícitas na Tabela 14. O equipamento também deve constituir no conjunto de equipamentos normalizados Antípoda, para que este possa ser facilmente acoplado a outros equipamentos normalizados e integrado numa linha já existente, para tal, este foi desenvolvido com 4 larguras de rolos distintas (450, 650, 850, 1000 mm) e 2 espaçamentos entre rolos diferentes (90 e 120 mm). O número de correias fica ao critério do cliente, no intervalo entre 2 e 6. Também é fundamental garantir que o equipamento atende às seguintes normas:

- Machine Directive 2006/42/CE;
- Low Voltage Directive 2014/35/CE;
- EN ISO 12100:2010 – Safety of machinery - Basic Terms, general design principles – Part 1: fundamental terminology, methodology;
- EN349:1993+A1:2008 – Safety of machinery – Minimum gaps to avoid crushing of body parts.

Tabela 14 - Especificações técnicas do equipamento

Especificação técnica	Valor/descrição
Tipologia da carga	Caixa
Dimensões da carga [mm]	Acomodar diferentes tamanhos (min: 270 x 270)
Carga máxima a transportar [kg]	50
Temperatura de funcionamento [°C]	0 – 55
Controlo de posição	Sensores indutivos
Cadência [unidade/hora]	≈ 1500
Custo [€]	< 2000

3.7. Anteprojeto

Após os requisitos e as limitações terem sido definidas, tem início a fase de anteprojeto, esta que corresponde à terceira fase da metodologia DSR. O anteprojeto é uma etapa fundamental no desenvolvimento de qualquer equipamento, já que são desenvolvidos as ideias preliminares e os esboços que servem de base para a criação do projeto final. Ao longo deste capítulo são exploradas diferentes ideias e soluções no que toca ao conceito geral do equipamento, assim como mecanismos específicos. No final são feitas análises SWOT às diversas ideias que servem de auxílio na escolha da melhor solução.

3.7.1. Conceito geral

Este tipo de equipamento pode ser desenvolvido essencialmente a partir de dois conceitos distintos descritos de seguida, designadamente um módulo completo ou um módulo único.

1ª solução - módulo completo

O módulo completo (Figura 64) consiste num equipamento capaz de realizar a transferência de uma caixa através de um mecanismo de elevação e de um módulo de correias e também um módulo de rolos. Este tipo de equipamento tem limitações relativamente à sua flexibilidade, pois apenas podem ser inseridos numa linha que contenha transportadores preparados para a sua ancoragem.

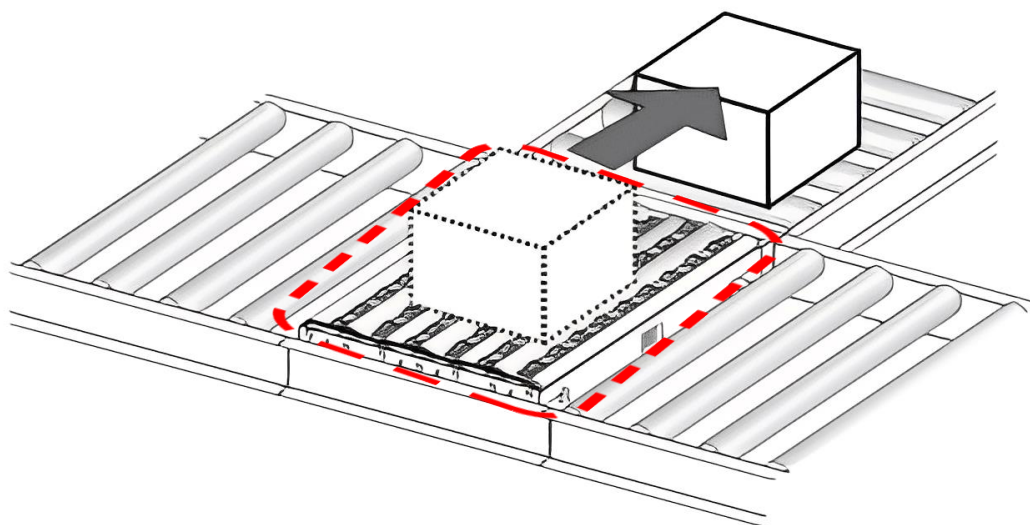


Figura 64 - Esboço de uma transferência em módulo completo [108]

Tabela 15 - Análise SWOT do módulo completo

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Facilidade de instalação; Módulo completo compacto, facilidade de atravacamento.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Falta de flexibilidade no que toca à integração numa linha já existente; Custo mais elevado.</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Beneficia de dimensões normalizadas que ajudam à sua integração modular.</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Equipamentos mais flexíveis.</p>

2ª solução - módulo único

O módulo único consiste num equipamento somente composto pelo mecanismo de elevação e respetivas correias. Este deve ser ancorado à face inferior dos tramos de um transportador já existente. Deste modo, é possível integrar este equipamento sem que haja necessidade de estar a

alterar os transportadores já existentes. Mesmo no que toca ao projeto de uma nova linha, um módulo único oferece vantagens pois nunca fica dependente dos comprimentos normalizados dos transportadores de rolos.

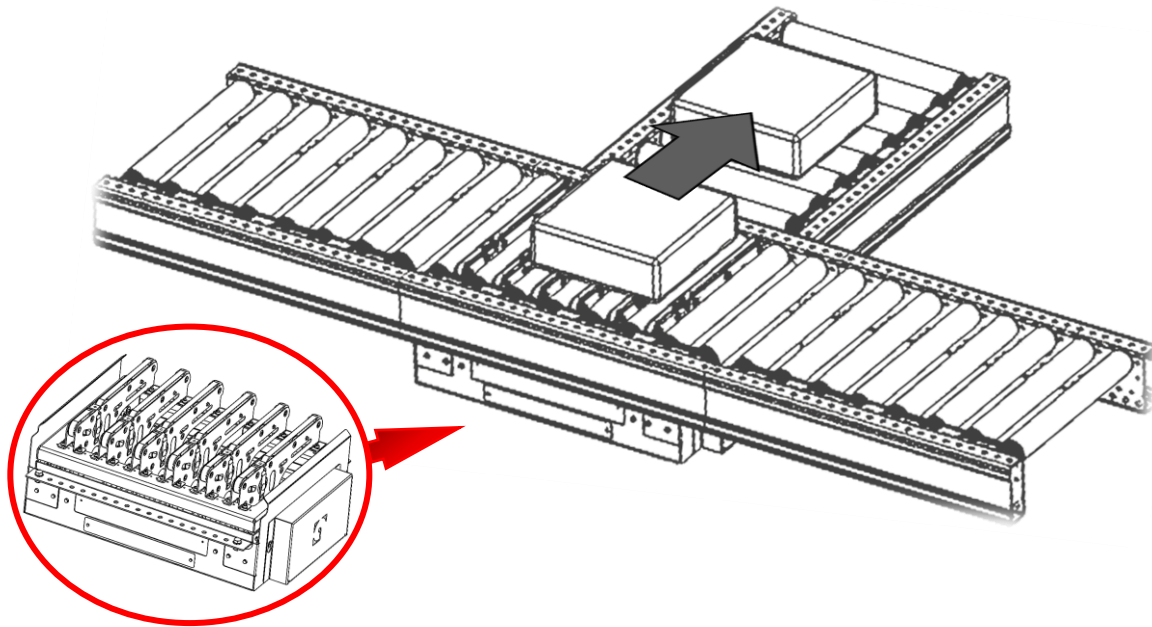


Figura 65 - Esboço de uma transferência em módulo individual (autoria própria)

Tabela 16 - Análise SWOT do módulo único

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Flexibilidade de colocar o equipamento em qualquer ponto de um dado transportador.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Instalação e remoção do equipamento mais difícil.</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Furação adaptada a vários transportadores existentes no mercado.</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Equipamentos mais completos e de maior facilidade de instalação.</p>

Decisão

Após terem sido feitas as análises SWOT decidiu-se priorizar a flexibilidade do equipamento e como tal optou-se pela 2ª solução.

3.7.2. Sistemas de acionamento

Neste capítulo procura-se encontrar a solução de acionamento mais adequada ao equipamento em questão. Pretende-se um sistema que seja capaz de elevar a estrutura superior, levando o módulo de correias ao contacto com uma dada caixa elevando-a do transportador de forma a transferi-la. A escolha deste sistema é de suma importância pois origina filosofias de desenho distintas. Ou seja, todos os mecanismos envolventes de um sistema elétrico e de um sistema pneumático são completamente diferentes. Procura-se um sistema que seja de fácil montagem, manutenção e que garanta força de elevação e cadência necessária. É necessário ter em atenção que o custo do sistema de acionamento não é somente o equipamento responsável pelo acionamento (por exemplo: cilindro pneumático) mas sim todos os componentes que integram o mesmo (por exemplo: válvulas direcionais e tubagens).

1ª solução - Motor redutor

Uma das hipóteses para o acionamento do módulo de elevação é através de um motor redutor que vai induzir rotação num veio. Nas extremidades desse veio são montados 2 rolamentos que fazem a ligação com a estrutura superior. A dimensão do motor redutor é uma das maiores desvantagens desta solução pois irá criar dificuldades no atravacamento do equipamento. Esta é também uma das soluções mais baratas. De seguida apresenta-se a análise SWOT desta solução na Tabela 17.

Tabela 17 - Análise SWOT do acionamento por motor redutor

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Garante boa precisão de movimentos;</p> <p>Custo relativamente baixo;</p> <p>Solução muito fiável;</p> <p>Fácil instalação.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Peso elevado;</p> <p>Sistema com grande dimensão comparativamente a outras soluções.</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Solução muito utilizada na indústria.</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Sistemas mais leves e compactos.</p> <p>Flutuação dos preços de energia.</p>

2ª solução - Rolo motorizado

A segunda hipótese consiste em utilizar um rolo motorizado. Este é fixo à estrutura através de parafusos para que o eixo central seja impedido de rodar, permitindo que o motor elétrico consiga mover a sua periferia. Nas extremidades do rolo serão acoplados dois excêntricos, que estarão em contacto com rolamentos fixos à mesa superior. Adicionalmente, este tipo de solução irá requerer um mecanismo de sincronismo que garanta que a mesa suba e desça de forma equilibrada. Como o rolo motorizado é fixo dentro da própria estrutura, esta demonstra ser uma solução muito compacta. Esta é uma das soluções mais baratas mesmo tendo em conta o custo de todos os sistemas de automação adjacentes como por exemplo a carta de controlo do rolo. De seguida apresenta-se a análise SWOT desta solução na Tabela 18.

Tabela 18 - Análise SWOT do acionamento por rolo motorizado

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Solução muito compacta; Solução mais barata; Solução que utiliza menor quantidade de peças; Facilidade de montagem.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Requer engenharia extra no que toca à ligação dos excêntricos com o rolo; Menor capacidade de carga que outras soluções.</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Solução muito utilizada na indústria; Integração com automação avançada.</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Soluções com maior capacidade de carga; Flutuação dos preços de energia.</p>

3ª solução - Sistema pneumático por foles

A terceira ideia é a utilização de foles pneumáticos a fim de realizar a elevação. O sistema seria composto por 4 foles distribuídos e fixos pela superfície inferior nos cantos da estrutura, enquanto a sua face superior estará em contacto com a mesa superior. Os foles são insuflados através de uma linha pneumática elevando a mesa que suporta as correias. De qualquer forma, é necessário um mecanismo de sincronismo que garanta que a mesa suba de forma equilibrada, para além de ser conveniente existirem limitadores de curso para o fole. Este dispositivo pode ter problemas de travacamento interno para as transferências ortogonais de tamanho mais reduzido. De seguida apresenta-se a análise SWOT desta solução na Tabela 19.

Tabela 19 – Análise SWOT do acionamento por sistema de foles pneumáticos

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Facilidade de montagem; Flexibilidade no que toca a forma; Resistentes a ambientes hostis; Excelente absorção de vibrações.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Custo elevado; Requer linhas pneumáticas na zona de instalação; Manutenção complexa; Suscetibilidade à perfuração da membrana.</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Incomum no mercado internacional; Interesse em desenvolver este tipo de solução para outros equipamentos;</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Sistemas mais baratos; Maior número de peças, ao longo da cadeia pneumática, que possam necessitar de substituição.</p>

4ª solução - Sistema com cilindros pneumáticos

Esta solução é semelhante à anterior, mas ao invés de utilizar foles pneumáticos utilizar-se-iam cilindros pneumáticos. Também seriam necessários 4 cilindros dispostos pelos 4 cantos do equipamento e um mecanismo de sincronismo. Este sistema oferece algumas vantagens em relação ao último, como a facilidade de atravacamento, maior velocidade de movimento e custo mais reduzido. No entanto, este conta com uma capacidade de carga inferior. De seguida apresenta-se a análise SWOT desta solução na Tabela 20.

Tabela 20 - análise SWOT do acionamento por sistema de cilindros pneumáticos

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Simplicidade de operação; Custo inferior aos foles pneumáticos; Elevada velocidade de operação; Sistema mais compacto que os foles pneumáticos.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Requer linhas pneumáticas na zona de instalação; Menor capacidade de carga que os foles pneumáticos; Baixa precisão; Requer manutenção frequente.</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Solução muito utilizada na indústria</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Sistemas mais leves e compactos; Maior número de peças, ao longo da cadeia pneumática, que possam necessitar de substituição.</p>

5ª solução – Sistema com cilindros elétricos

A última solução pensada foi acionamento através de cilindros elétricos. Esta solução é muito semelhante à 4ª solução. Uma das grandes vantagens é o acionamento elétrico em vez de pneumático, pois nem todas as fábricas possuem redes pneumáticas. Outras vantagens relativamente aos cilindros pneumáticos são a maior força dos cilindros e a maior fiabilidade. No entanto, esta é a solução cuja implementação constitui custos mais elevados. Apesar de permitir muito mais flexibilidade no que toca a programação, esta solução é mais difícil comparativamente aos sistemas pneumáticos. De seguida apresenta-se a análise SWOT desta solução na Tabela 21.

Tabela 21 - análise SWOT do acionamento por sistema de cilindros elétricos

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Requerem pouca manutenção; Elevada precisão; Solução compacta; Não necessita de linhas pneumáticas.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Solução com o custo mais elevado; Automação mais complexa que os cilindros pneumáticos.</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Custos iniciais elevados, no entanto, a menor necessidade de manutenção e eficiência energética pode levar a uma redução de custos a longo prazo.</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Flutuações de preços de energia; Sistemas mais baratos.</p>

Decisão

Depois de analisados todos os fatores optou-se pelo acionamento através do rolo motorizado. Esta solução oferece o menor custo.

3.7.3. Módulo de elevação

O mecanismo de elevação é responsável pela elevação de toda a estrutura superior da mesa, assim como do módulo de correias. Este conjunto é constituído por um rolo motorizado ao qual serão apertadas duas peças, uma em cada extremidade do rolo, capazes de transformar a rotação do rolo em movimento vertical variável. Para tal surgiram duas soluções.

1ª solução – Excêntrico

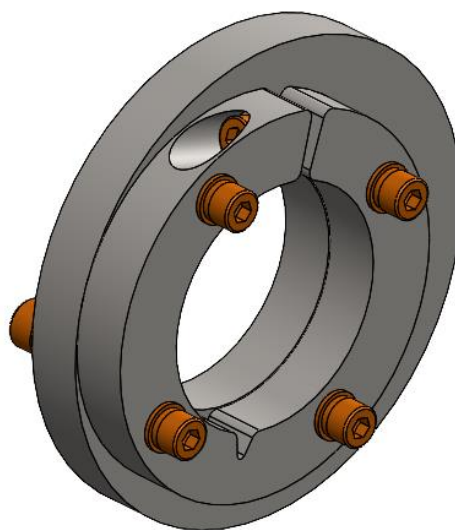


Figura 66 - Ilustração da primeira iteração do excêntrico

Primeiramente pensou-se em utilizar um excêntrico para realizar a elevação. Esta é a peça mais comumente utilizada para realizar esta função neste tipo de equipamentos. Nesta fase surge o primeiro problema deste projeto. As empresas responsáveis pelo desenho deste tipo de transferências ortogonais também fabricam os seus rolos motorizados, pelo que são capazes de fazer os respetivos rolos com cabeçotes especiais onde estão incluídos os excêntricos. Como a Antípoda não é um fabricante de rolos motorizados, foi necessário encontrar uma solução para que o excêntrico fosse inserido e fixado no mesmo. Inicialmente a ideia era colar o excêntrico ao rolo. No entanto, a fim de se realizar uma ligação desmontável para que se possa substituir o rolo sem substituir as peças e vice-versa, surgiu a ideia de se fazer uma peça (Figura 67) que será aparafusada ao excêntrico com o objetivo de funcionar como abraçadeira.

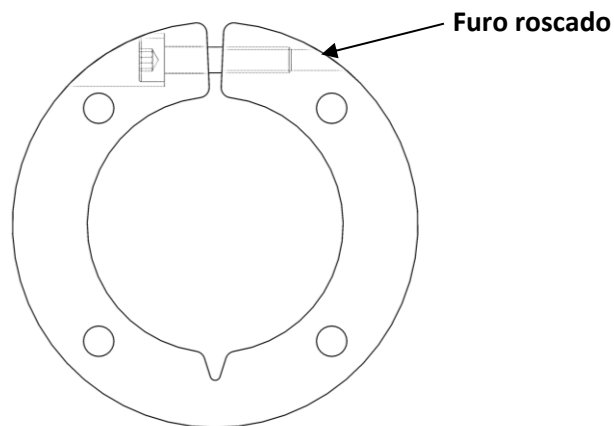


Figura 67 - Esboço da peça auxiliar do excêntrico

Esta peça, como se pode observar na Figura 67, tem uma forma em “C”, permitindo que um parafuso possa apertar a peça, reduzindo o seu diâmetro. É este sistema que permite apertar o excêntrico ao rolo motorizado, ou seja, o excêntrico possui um diâmetro ligeiramente superior ao rolo e a peça auxiliar é responsável por todo o contacto com o rolo. Os quatro parafusos que fazem a ligação entre as duas peças encontram-se em furos que foram dimensionados de forma a terem as folgas adequadas à flexão da peça auxiliar.

2ª solução – Caracol

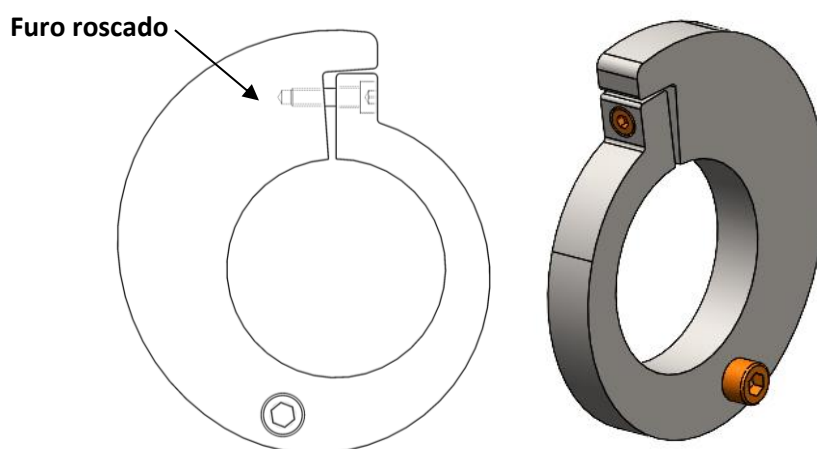


Figura 68 - a) Esboço da primeira iteração do caracol; b) respetivo desenho CAD

Esta solução inovadora visa obter maior força de elevação para mesmo binário aplicado, através de um arco de contacto mais longo do que o excêntrico. Enquanto o último necessita de meia revolução para atingir o seu ponto mais alto, o caracol necessita de uma revolução completa. As superfícies iniciais e finais do arco estão centradas com a circunferência do diâmetro interno. Deste modo, não existem diferenças de altura nos pontos extremos. Isto resulta em maior estabilidade tanto no ponto superior como inferior, pois a mesa tem um arco de 30 mm onde pode permanecer imóvel com maior facilidade. Esta peça segue a mesma filosofia de abraçadeira já descrita previamente, com a vantagem de não necessitar de uma peça auxiliar para fazer a ligação ao rolo. Como se pode observar na Figura 68, devido a diferenças de altura iniciais e finais do arco de elevação, é possível colocar um parafuso de modo a apertar o caracol ao rolo.

Comparação das soluções

O seguinte gráfico (Figura 69) ilustra a curva de elevação em função do ângulo, para o excêntrico e para o caracol ao longo de quatro revoluções (1440°) do rolo motorizado. Como seria de esperar, o excêntrico completa dois ciclos por cada ciclo do caracol, pois os seus pontos inferiores e superiores encontram-se a 180° um do outro, reduzindo assim o tempo de ciclo. Também é importante referir que os pontos do caracol no ponto inferior e superior têm a mesma cota, o que garante mais estabilidade à mesa.

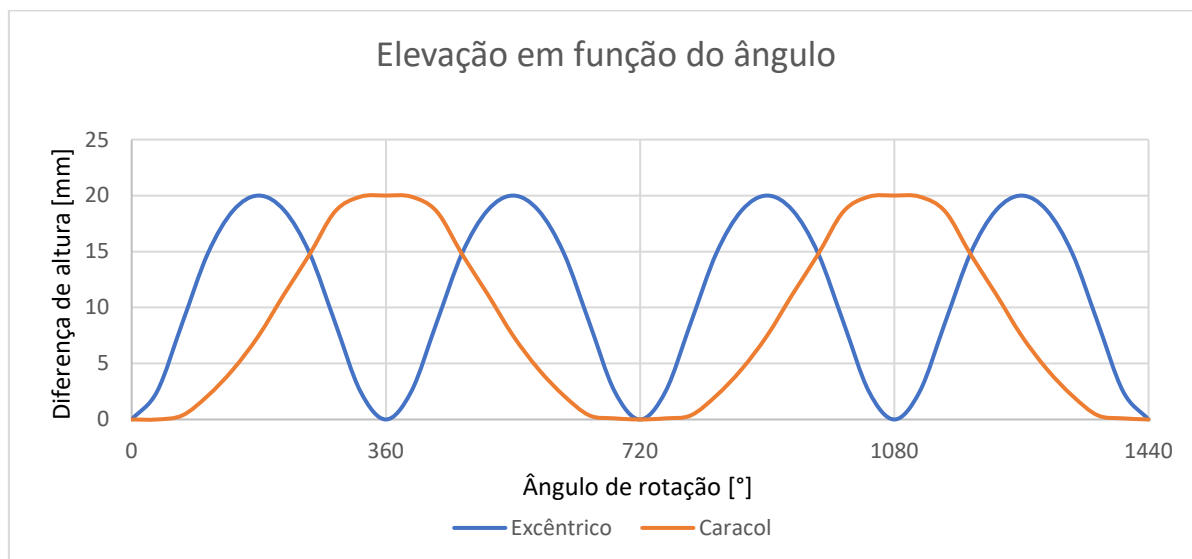


Figura 69 - Elevação do excêntrico e caracol em função do ângulo

Cálculos teóricos da capacidade de elevação

Procurou-se averiguar a diferença entre ambas soluções no que toca à capacidade de elevação de carga. Para tal, foram realizados cálculos com o fim de se determinar a força de elevação teórica, para os dois casos. Para tal, foi considerado que a força de elevação pode ser aproximada ao cálculo da força atuante numa cunha. A Tabela 22 representa as características para ambas as peças.

Tabela 22 - Características para o excêntrico e para o caracol

Componente	Arco (mm)	Elevação (mm)
Excêntrico	157,1	20
Caracol	272,8	20

A força utilizada para efeitos de cálculo foi de 42,8 N, correspondente à força tangencial nominal exercida pelo rolo motorizado PM500FE, *speed code 55* da ITOH DENKI, o mesmo rolo motorizado que foi posteriormente utilizado no módulo de testes que será descrito de seguida. Deste modo, a expressão da força de elevação é:

$$F_E = \frac{\text{Arco} \times F_t}{\Delta h} \quad (12)$$

Onde,

- F_E – Força de elevação;
- F_t – Força total;
- Δh - Diferença entre altura máxima e mínima.

Os resultados obtidos encontram-se descritos na Tabela 23.

Tabela 23 - Força de elevação teórica para ambas soluções

Componente	Força de elevação teórica (kg)
Excêntrico	33,6
Caracol	58,4

Como esperado, o caracol em teoria consegue em teoria elevar mais carga, neste caso 42% mais carga do que o excêntrico.

Módulo de testes

Foi projetado um módulo de teste, com dois objetivos:

1. Verificar se o sistema de abraçadeira é de facto uma solução viável;
2. Aferir a força de elevação real, tanto para o excêntrico assim como para o caracol.

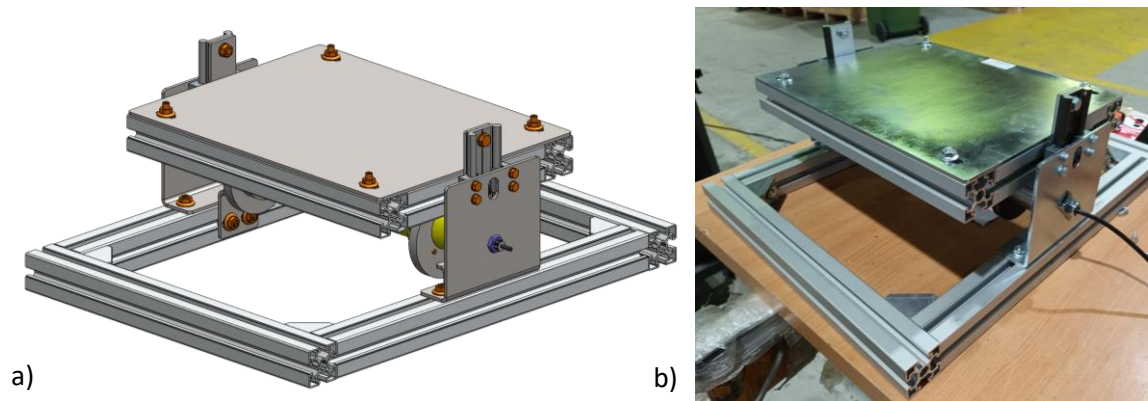


Figura 70 - a) Representação CAD do módulo de testes, b) modelo real



Figura 71 - Vista de corte do módulo de elevação

Como se pode observar na Figura 70 e na Figura 71, este equipamento consiste em duas bases retangulares feitas a partir de perfis de alumínio $45 \times 45 \text{ mm}^2$. A base inferior é responsável por garantir toda a estabilidade estrutural, enquanto a segunda, mais pequena, é estrutura a ser elevada que contém uma chapa que serve de base para se colocar carga. Na base inferior são aparafusadas 2 chapas quinadas em aço S235. Estas serão responsáveis pela fixação do rolo motorizado assim como fazer a ligação com as guias lineares que garantem o equilíbrio entre as duas bases.

Resultados dos testes reais

A Tabela 24 explicita os resultados dos ensaios práticos realizados para a carga máxima elevada por ambas soluções.

Tabela 24 - Resultados dos ensaios de cara reais

Componente	Carga máxima elevada (kg)
Excêntrico	23
Caracol	37

Relativamente ao ensaio prático, o caracol conseguiu elevar 38% mais carga que o excêntrico. Há que ter em consideração que o sistema de elevação do módulo de testes em questão corria sobre guias lineares que não estavam perfeitamente alinhadas, originando bastante atrito e consequentemente elevada resistência ao movimento, o que explica a diferença entre a força de elevação teórica e real.

Para ajudar a ter uma visão geral, tanto interna como externa, para ambas soluções decidiu-se realizar análises SWOT (Tabela 25 e Tabela 26).

Tabela 25 - Análise SWOT para o excêntrico

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Cadência elevada;</p> <p>Automação mais simples (rolo gira sempre no mesmo sentido).</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Mecanismo com mais peças;</p> <p>Mais instável nos pontos estáticos;</p> <p>Menor capacidade de elevação;</p> <p>Mais difícil de sincronizar os excêntricos durante a montagem.</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Implementação do sistema noutros equipamentos.</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Sistemas com maior capacidade de elevação.</p>

Tabela 26 - Análise SWOT para o caracol

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Elevada capacidade de carga;</p> <p>Maior estabilidade nos pontos estáticos;</p> <p>Maior facilidade de sincronismo.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Menor cadência;</p> <p>Necessidade de reverter o sentido de rotação do rolo;</p> <p>Requer segurança extra para garantir que o caracol não faça uma revolução completa, deixando a mesa cair do ponto superior para o inferior</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Implementação do sistema noutros equipamentos;</p> <p>Incomum no mercado internacional.</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Sistemas com cadência mais elevada</p>

Decisão

Após os testes estarem concluídos e atendendo às análises SWOT analisadas, optou-se por avançar com o caracol que oferece mais força de elevação e maior estabilidade durante o processo de transferência.

3.7.4. Esticador do módulo de correias

O módulo de correias é responsável por realizar o deslocamento de uma dada carga para um transportador adjacente. Este módulo é constituído por duas chapas laterais nas quais são fixos roletes que definem a forma da correia. Acontece que as correias têm tendência a afrouxar com o tempo e para tal é necessário haver um sistema que permita afinar a mesma. Para além disso, convém que a tensão da correia tenha um ajuste de tensão.

1ª solução – Esticador simples

Durante o processo de *brainstorming* de ideias para o módulo de correias, uma das decisões a tomar foi relativa ao modo de como o esticador irá atuar. Marcas concorrentes como a *Itohdenki* e *Pulseroller* utilizam um sistema manual, segundo o qual se empurra o rolete com duas chaves, movendo-o para baixo ao mesmo tempo em que se aperta os parafusos laterais de forma a fixar o mesmo. Este tipo de sistema é barato e de fácil implementação, mas por outro lado torna o processo de afinação das correias mais complicado, especialmente num ambiente industrial.

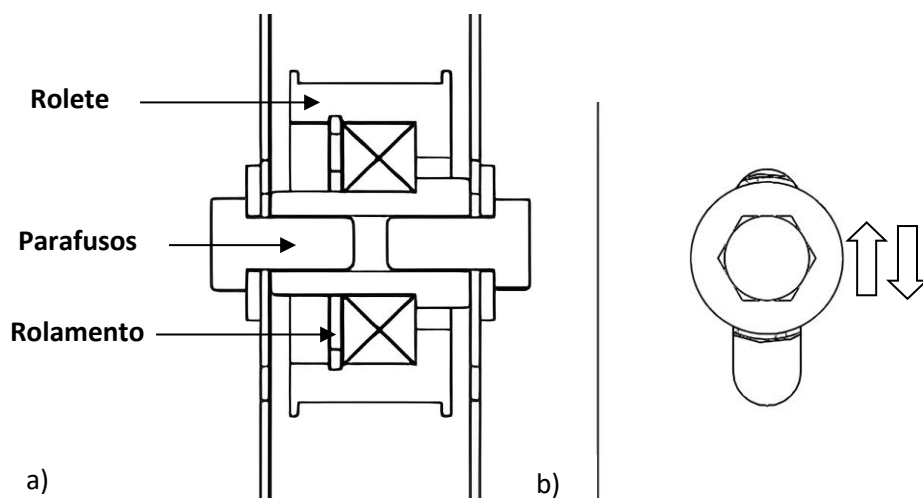


Figura 72 - Esboço da primeira solução para o esticador, a) vista de corte, b) vista frontal, rasgo

De seguida apresenta-se a análise SWOT desta solução na Tabela 27.

Tabela 27 - Análise SWOT para a 1ª solução do esticador

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Sistema simples e barato.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Dificuldade de utilização; Rolete poderá ficar inclinado, devido a um desalinhamento durante a afinação; Pode desafinar devido à vibração.</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Implementação do sistema em equipamentos que tem atravacamento limitado.</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Sistemas que permitam manutenção mais fácil e eficaz.</p>

2ª solução – Esticador complexo

Pensou-se numa solução de executar esta tarefa de forma mais fácil. A ideia que surgiu foi fixar o rolete a uma peça em “C” onde a aba superior contém um furo roscado. Um parafuso de cabeça oca será alojado entre duas peças para que seja impossível de se mover verticalmente. Deste modo, a sua rotação irá acionar a peça em “C”, e esta irá mover-se verticalmente em conjunto com o rolete tensionando a correia. O esboço deste sistema encontra-se na Figura 73.

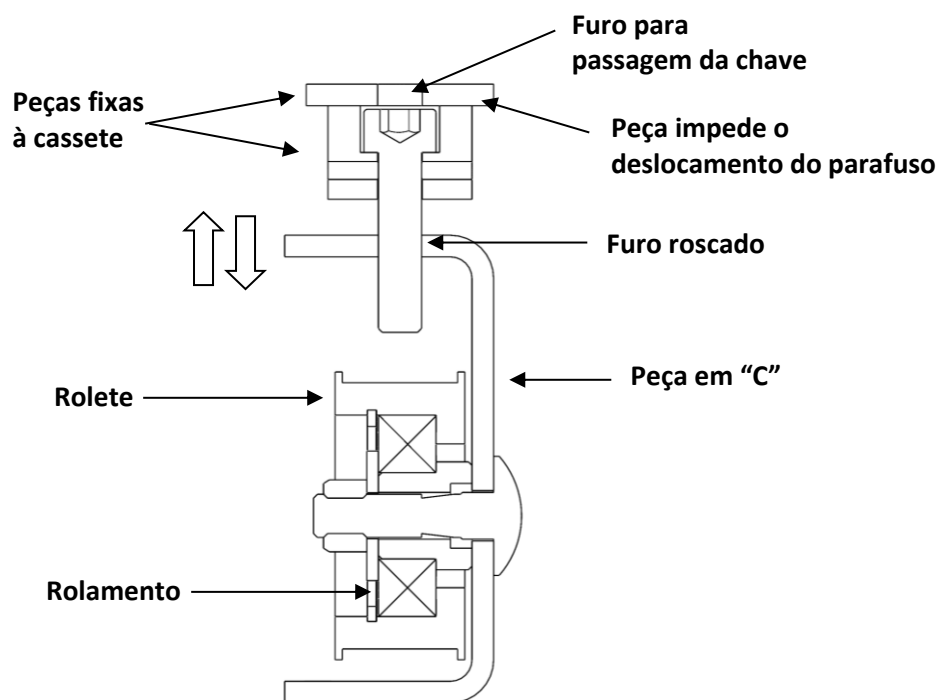


Figura 73 - Esboço da segunda solução para o esticador, vista de corte

De seguida apresenta-se a análise SWOT desta solução na Tabela 28.

Tabela 28 - Análise SWOT para a 1ª solução do esticador

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Excelente acessibilidade para afinar a correia durante a manutenção</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Custo mais elevado.</p> <p>Mecanismo com mais peças.</p>
Externos (Ambiente)	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Possível implementação deste sistema noutros equipamentos.</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Sistemas mais simples e mais baratos.</p>

Decisão

Atendendo às análises SWOT realizadas para ambos os sistemas e à experiência da empresa acolhedora com este tipo de equipamentos decidiu-se priorizar a acessibilidade durante a manutenção em vez do custo. Num ambiente industrial, com espaço limitado, por vezes é bastante complicado aceder ao sistema esticador, requerendo muitas vezes desmontar rolos do transportador onde a transferência se encontra. Deste modo, optou-se pela segunda solução.

3.8. Projeto

Tendo-se já analisado e definido os objetivos, os requisitos e as soluções a implementar da fase de anteprojecto, dá-se o início da fase de projecto, esta que corresponde à quarta fase da metodologia DSR. Ao longo deste capítulo é apresentado e descrito o equipamento final assim como os respetivos subconjuntos, detalhando os mecanismos e peças constituintes dos mesmos. Também se descreve o processo de seleção de certos componentes e é feita uma validação estrutural das peças mais críticas com o auxílio do método de elementos finitos, através do *software* Solidworks. No final do capítulo é ilustrada a montagem do protótipo assim como os ensaios experimentais impostos ao mesmo conducentes à validação do conceito proposto.

3.8.1. Estrutura final e subconjuntos

Como já foi previamente abordado, este equipamento foi desenvolvido com o objetivo de ser o mais flexível possível, pelo que este foi desenhado para transportadores com 4 larguras diferentes e um número de correias entre 2 até 6. Como tal, o protótipo foi desenvolvido a pensar no caso mais difícil de projetar, ou seja, o menor comprimento de rolos possível, 450 mm, o menor passo entre rolos, 90 mm, e o maior número de correias possíveis, 6. Assim, tem-se a maior dificuldade no que toca ao atravacamento de todo o mecanismo de elevação e posicionamento de rolos motorizados, devido ao espaço disponível reduzido enquanto se considera o peso máximo que a estrutura terá de suportar devido às 6 correias. Também foi escolhido o posicionamento da carta de controlo (componente responsável pela automação do equipamento) mais complicado relativamente ao espaço disponível para a passagem de cabos. Como esta é a versão com a maior

complexidade de projeto, a execução com sucesso deste protótipo garante que é possível fabricar qualquer outra variante deste equipamento. Na Tabela 29 são apresentadas as características do protótipo.

Tabela 29 - Especificações do protótipo (cotas apresentadas têm em conta as blindagens)

Comprimento [mm]	676
Largura [mm]	538
Altura total [mm]	260
Passo entre correias [mm]	90
Número de correias	6
Cadência [unidades/hora]	≈ 1800
Massa [kg]	58

O equipamento final, ilustrado na Figura 74, pode ser dividido em 4 subconjuntos principais, sendo estes: a estrutura base, o sistema de elevação, módulo de correias e os módulos de acionamento. Estes conjuntos estão ilustrados em vista explodida na Figura 75.

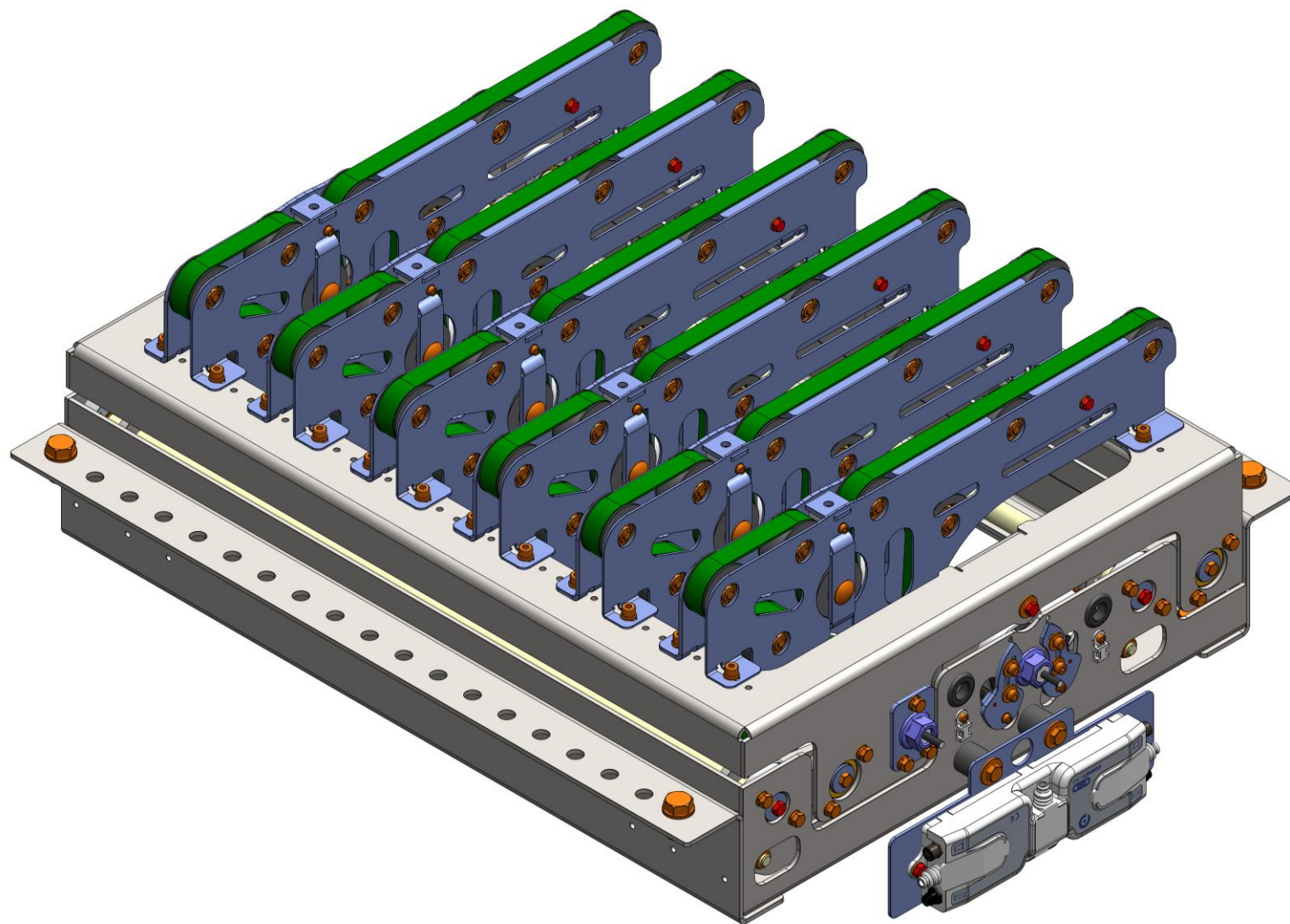


Figura 74 - Equipamento final, sem blindagens

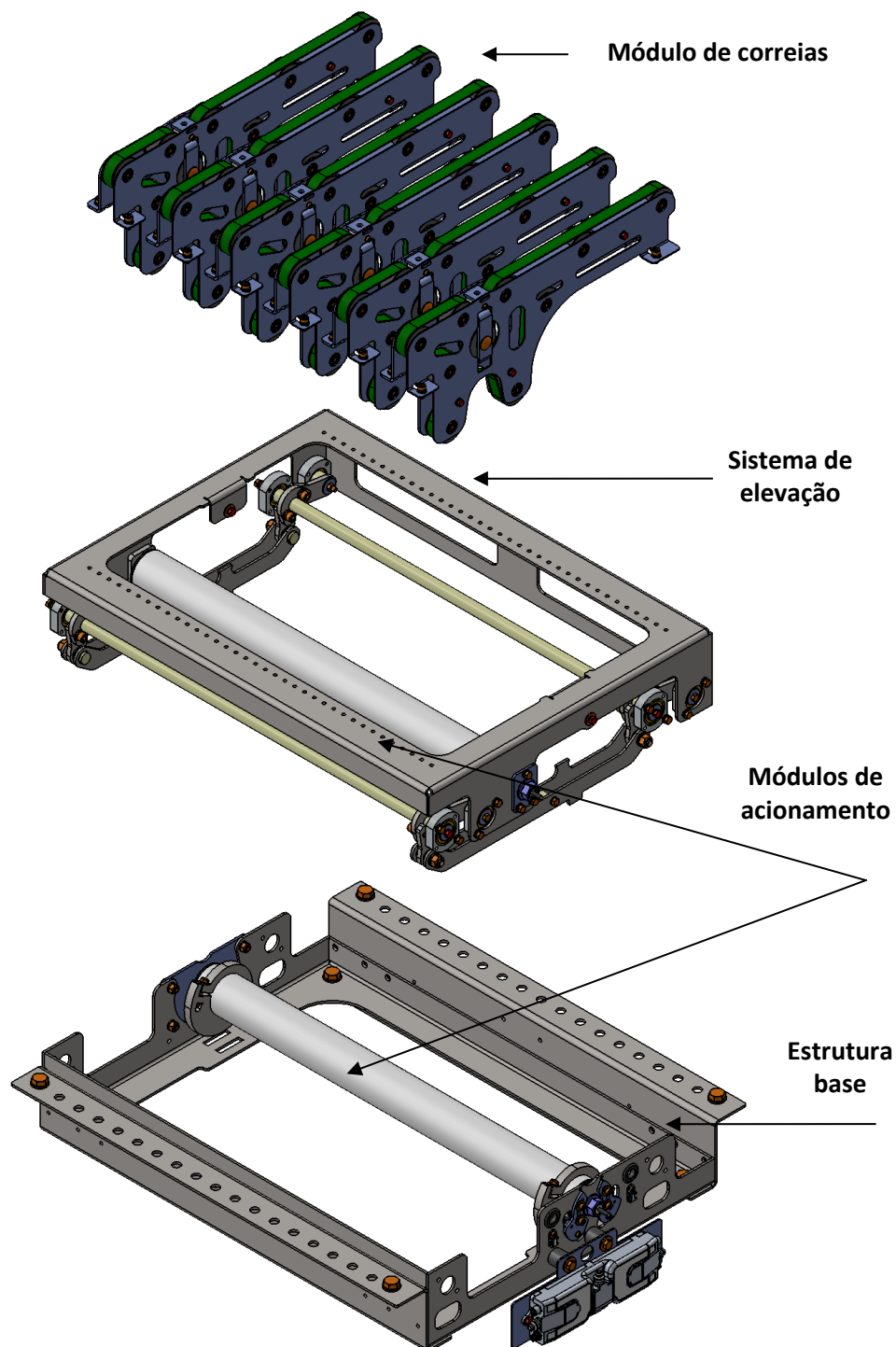


Figura 75 - Vista explodida dos conjuntos constituintes do equipamento final

Existem dois módulos de acionamento que se encontram em duas estruturas distintas. O módulo da estrutura inferior é responsável pela elevação da estrutura superior, enquanto o segundo é responsável pelo acionamento das correias.

3.8.2. Princípio de funcionamento

1. Detecção da caixa na posição de transferência que origina a paragem do transportador de rolos.
2. Ambos os rolos motorizados são ativados. O rolo representado a amarelo na Figura 76 é responsável por levantar a estrutura superior pelo efeito do caracol, elevando a caixa 10 mm acima do transportador de rolos (Figura 77). O rolo representado a verde aciona as correias.

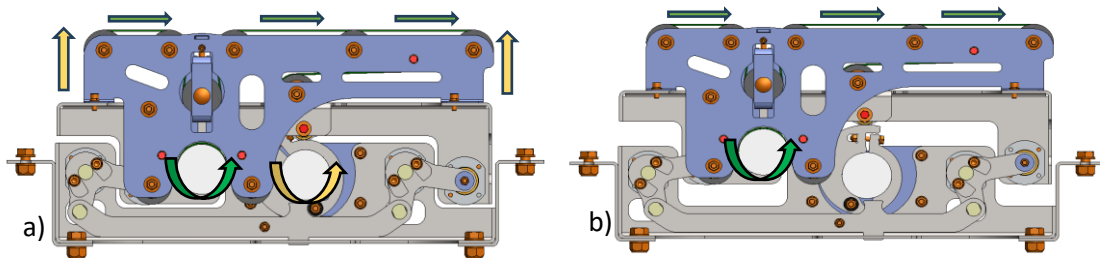


Figura 76 - a) Posição inferior b) Posição superior

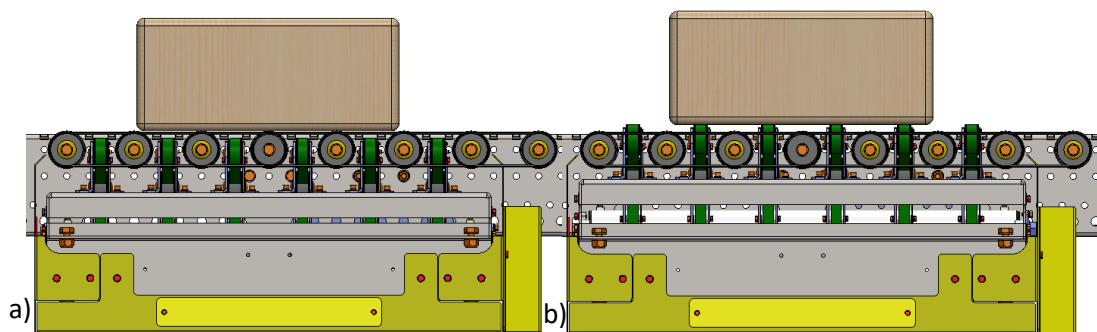


Figura 77 - a) Posição inferior com caixa b) Posição superior com caixa

3. As correias transportam a caixa para um transportador adjacente, numa direção ortogonal em à da receção da caixa.
4. Assim que a transferência da caixa esteja concluída, o rolo das correias é inativado, enquanto o rolo de elevação gira no sentido oposto, recolhendo a estrutura superior à posição inicial (Figura 78). Desta forma, o equipamento está disponível para repetir a operação de transferência.

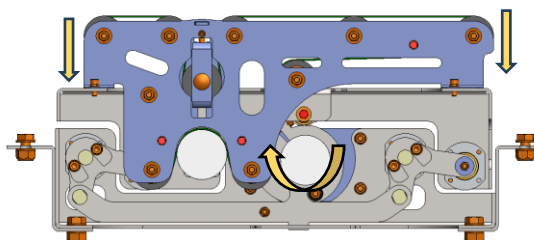


Figura 78 - Descida da estrutura superior

3.8.3. Projeto de subconjuntos

Neste capítulo é descrito em detalhe o funcionamento de cada conjunto assim como todas as justificações necessárias para as decisões que foram tomadas.

3.8.3.1. Estrutura base

A Figura 79 ilustra a estrutura base da máquina. Este subconjunto é fabricado integralmente em aço S235, e constitui uma das peças mais importantes a nível dimensional, pois todas as forças, tanto externas como o peso próprio dos outros subconjuntos, vão convergir e atuar sobre a mesma. Este conjunto é composto por 3 peças:

- Uma base que consiste numa chapa com 3 mm de espessura quinada e soldada nos 4 cantos pelo interior, para garantir rigidez estrutural e impedir que as abas abram. Sobre esta base, encontram-se ligados os suportes dos rolamentos do mecanismo de elevação, que suportam toda a estrutura superior, o módulo de cassetes e o peso das caixas. A base ainda suporta o rolo motorizado responsável pela elevação da estrutura superior.
- Duas chapas quinadas laterais, também com 3mm de espessura são aparafusadas à base através de 4 parafusos DIN933 M10 pela sua aba inferior. As abas superiores são responsáveis pela ancoragem do equipamento ao transportador de rolos (Figura 80) e, portanto, contêm as mesmas furações das longarinas do transportador de rolos, o que permite a fixação em qualquer ponto do último.

As furações laterais tanto da base como das chapas quinadas são destinadas à fixação das blindagens do equipamento.

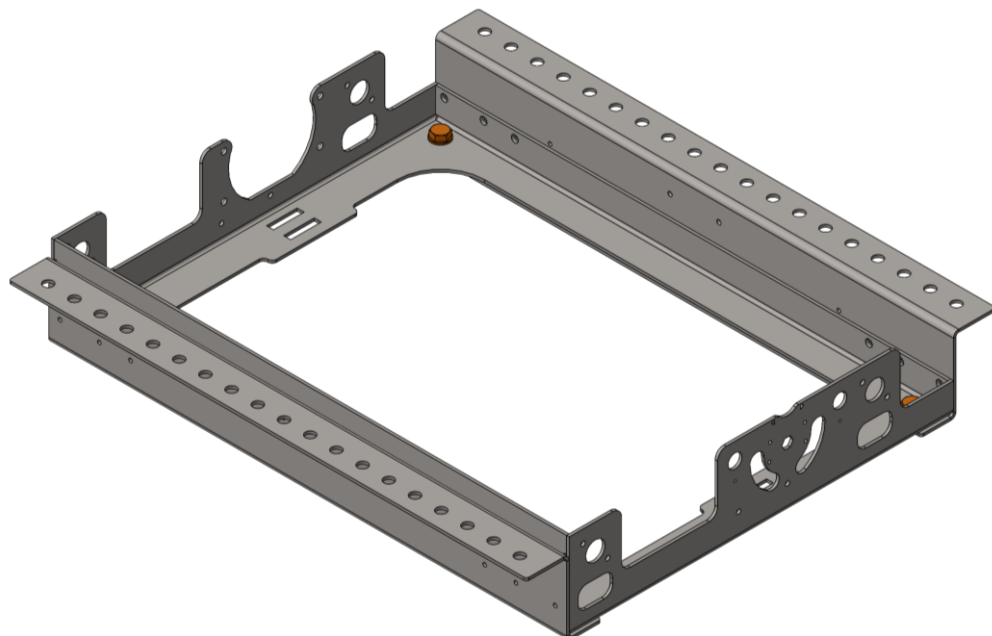


Figura 79 - Estrutura inferior

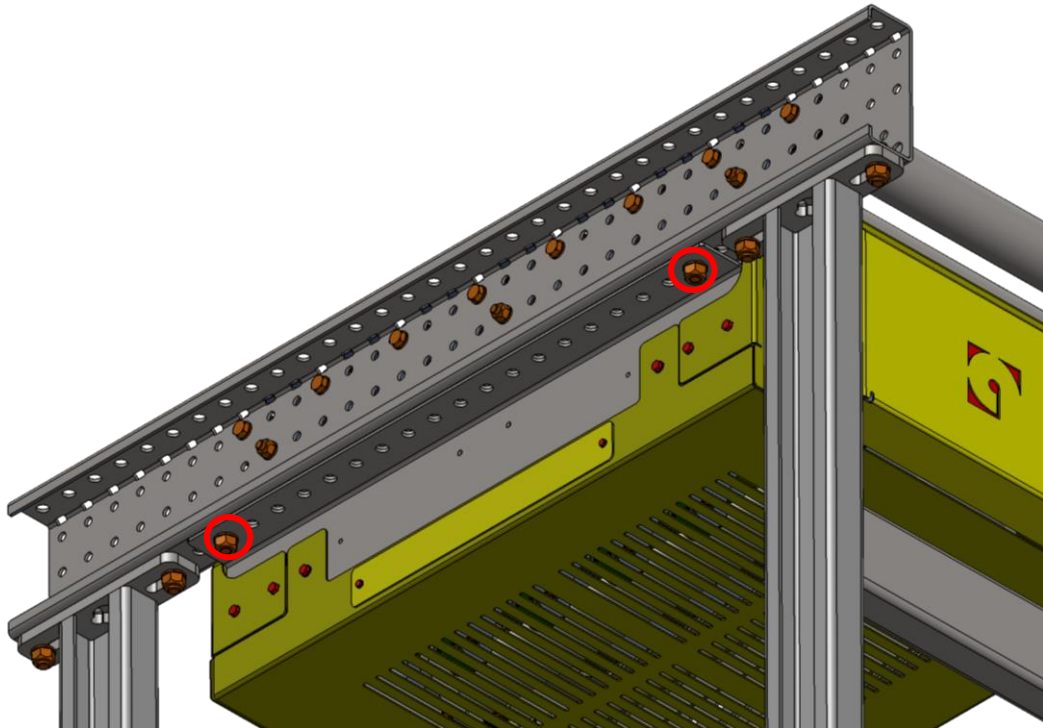


Figura 80 - Pontos de ancoragem

Para facilitar a manutenção e a montagem do equipamento foram abertos quatro rasgos na estrutura, a vermelho na Figura 81, que permitem aceder ao mecanismo de elevação e respetiva desmontagem e troca de peças sem que haja necessidade de remover todo o equipamento do transportador ao qual o mecanismo de elevação está ancorado. No mesmo sentido, desenhou-se uma chapa de fixação com 3 mm que suporta o rolo motorizado responsável pela elevação da estrutura e permite que este seja . Com este sistema, a instalação e remoção do rolo motorizado torna-se muito fácil e rápida.

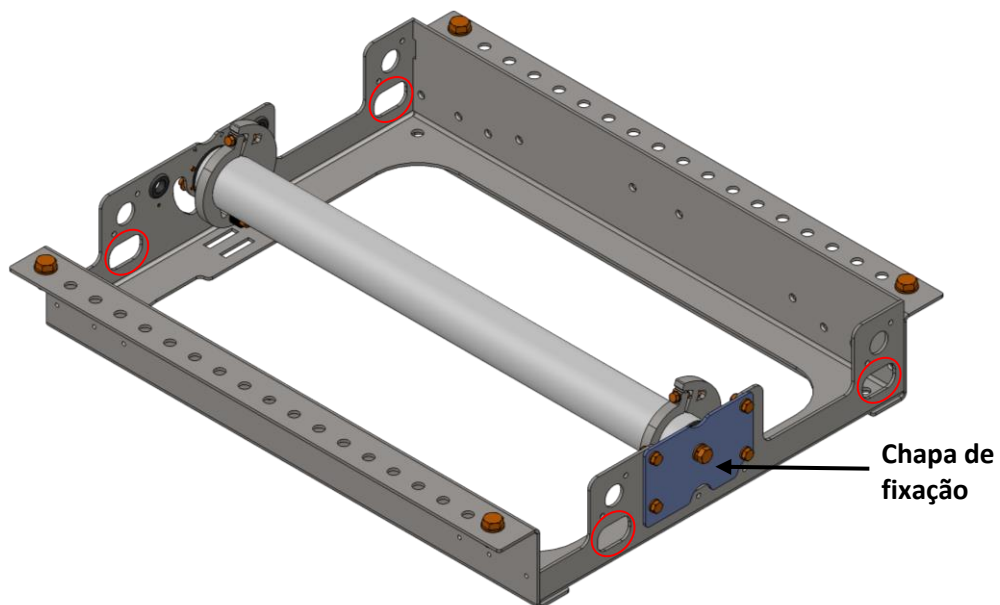


Figura 81 - Pontos de acesso e chapa de suporte do rolo

3.8.3.2. Mecanismo de elevação

A Figura 82 ilustra o módulo de elevação deste equipamento. Este é composto por uma mesa superior feita em chapa quinada com 3 mm de espessura e outros sistemas que garantem que todo o módulo seja elevado de forma estável, sincronizado e segura, conforme descrição posterior. Este módulo foi projetado tendo em consideração dois objetivos principais: rigidez e leveza.

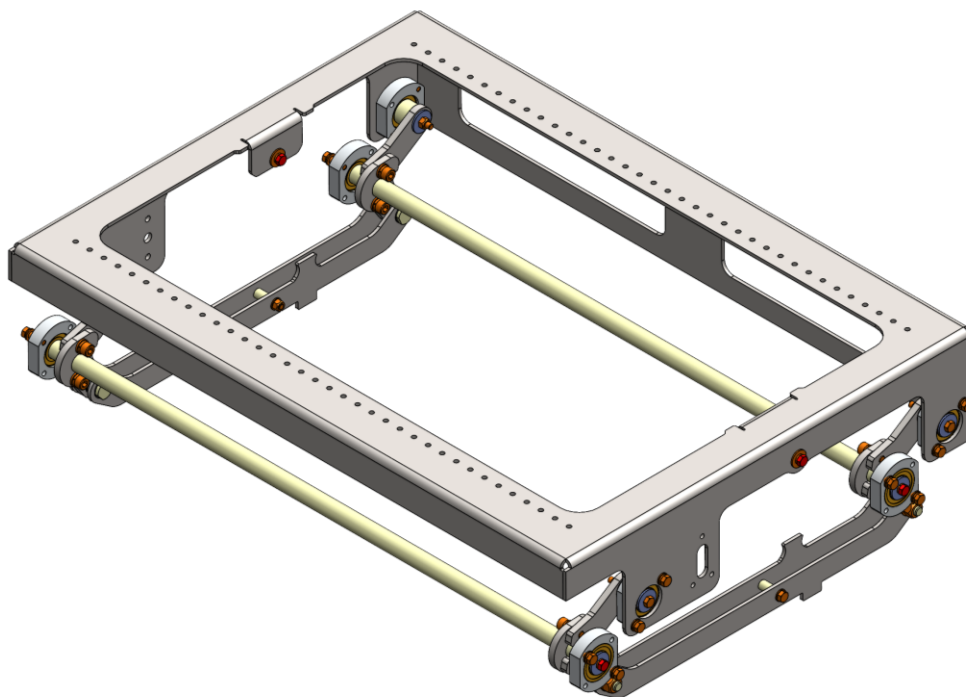


Figura 82 - Módulo de elevação

Mesa superior

A mesa (Figura 83) tem de suportar o peso máximo de uma caixa de 50 kg, as seis cassetes e o rolo motorizado que as aciona. Com o intuito de garantir a sua rigidez estrutural as abas laterais da mesa superior foram quinadas e posteriormente soldadas pelo interior para aumentar a rigidez e para garantir a geometria da peça quando sobre esforços. As abas laterais foram prolongadas o máximo possível para aumentar o momento de inércia da peça, sendo que a sua cota é limitada pela estrutura inferior. Ademais, a leveza da mesa é de suma importância para que diminuir a carga de elevação total. Como tal, utilizou-se o menos material possível no seu desenho, assim como a abertura de duas janelas numa das abas quinadas. Por fim, a mesa apresenta furações de 15 em 15 mm para que se possa dispor o módulo de correias livremente e garantir um passo entre rolos de 90 mm ou 120 mm.

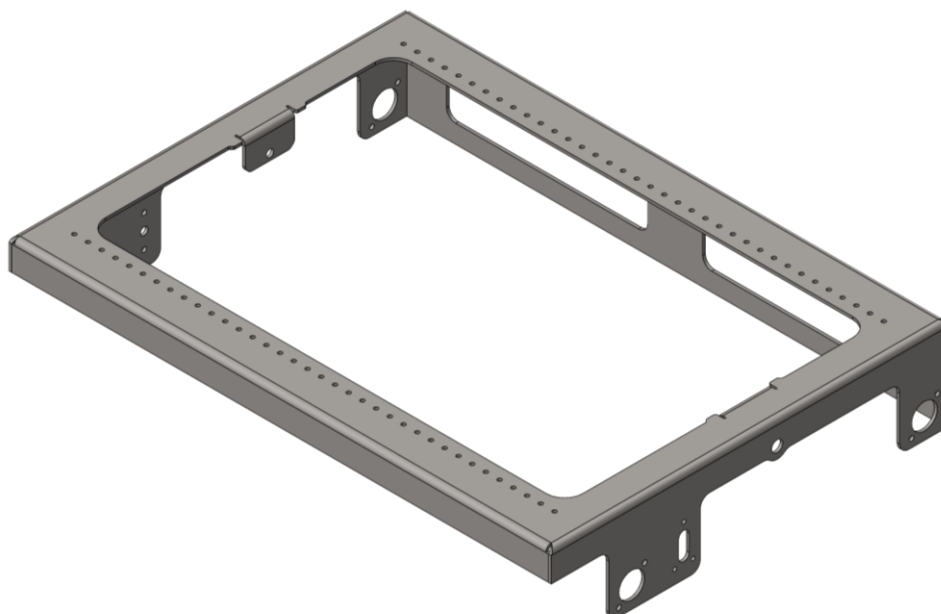


Figura 83 - Mesa superior

Fixação

O mecanismo de elevação conecta a estrutura inferior com a estrutura superior através de oito pontos de ligação, quatro por cada face, rodeados a vermelho na Figura 84 (algumas peças foram ocultadas ou colocadas a transparente a fim de facilitar a visualização).

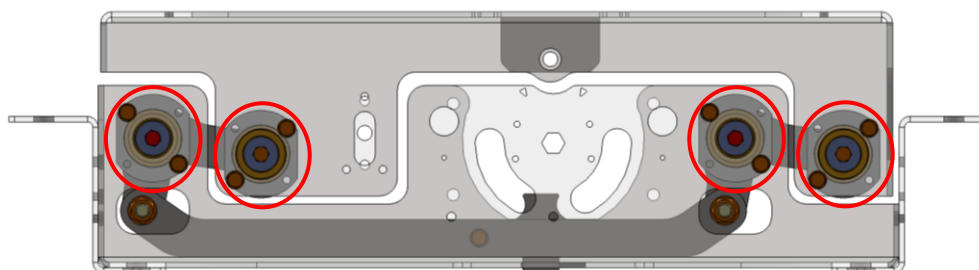


Figura 84 - Pontos de fixação do mecanismo de elevação

Inicialmente pretendia-se utilizar chumaceiras de flange a fim de fixar todo o mecanismo de elevação à estrutura base. No entanto devido à limitação de espaço, foi desenvolvida uma peça em alumínio que é fixa à estrutura através de 2 parafusos M5 e que também serve de alojamento para o rolamento. Os apoios foram projetados de forma a que o seu posicionamento fosse o mais afastado possível para assegurar a máxima estabilidade do sistema.

Mecanismo de sincronismo

A Figura 85 ilustra o mecanismo responsável pela elevação segura e estável da mesa. Os veios garantem que ambos os braços ligados ao mesmo rodem solidariamente, assegurando assim o sincronismo longitudinal, enquanto o conjunto composto por um par de barras, em ambas extremidades, asseguram o sincronismo horizontal.

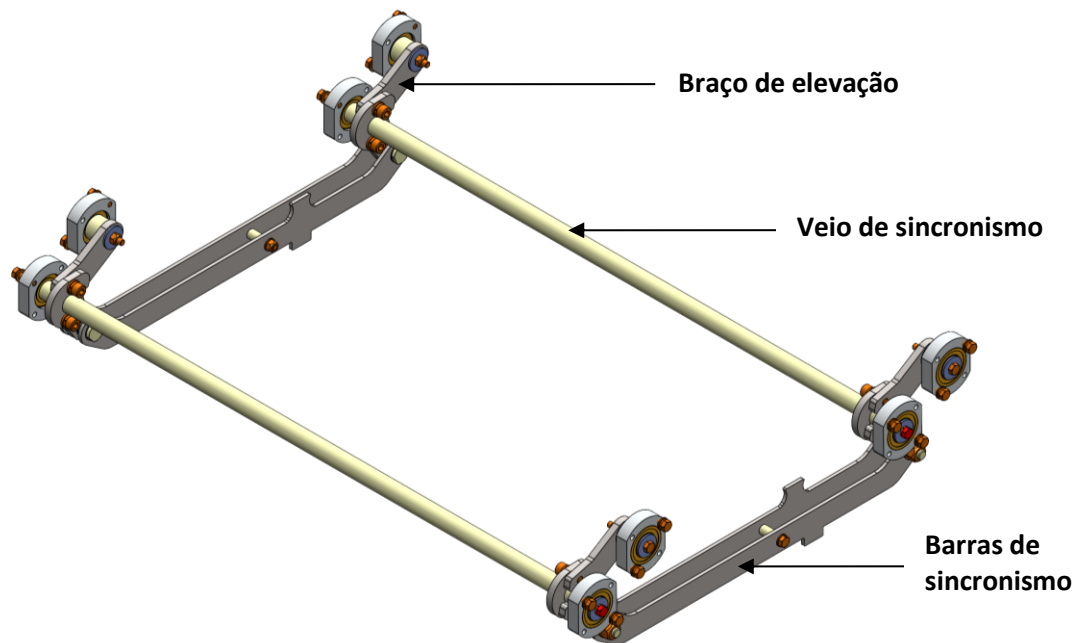


Figura 85 - Mecanismo de sincronismo

Braço de elevação

O braço de elevação ilustrado na Figura 86 é uma peça fundamental dentro do mecanismo de elevação pois todos os outros subconjuntos ligam à mesma. Esta é fabricada em chapa de aço EN S235JR com 6 mm de espessura. As distâncias entre o furo rodeado a vermelho e o rasgo determinam a circunferência de elevação da mesa superior. Quanto maior for esta distância maior é a eficácia na transmissão de binário, ou seja, o braço irá responder com mais facilidade aos desníveis impostos, no entanto, como já referido o limite de espaço é um dos principais problemas do desenho do protótipo. O furo a amarelo permite fazer a ligação com as barras de sincronismo horizontais. O rasgo que se encontra entre os furos faz a ligação com o veio sincronizador, como se descreve de seguida.

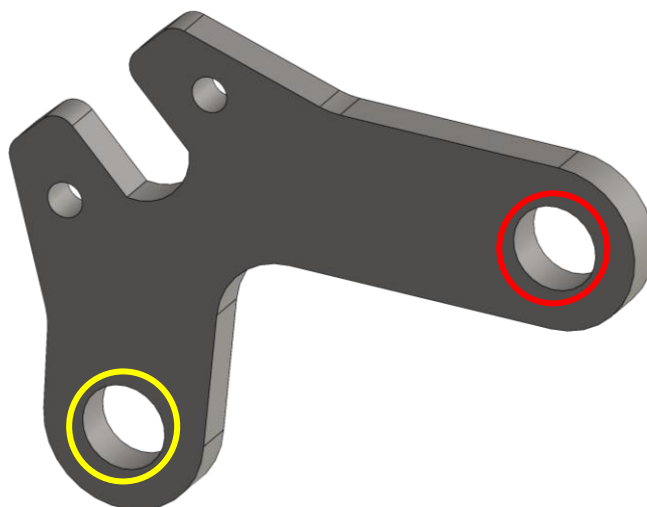


Figura 86 - Braço de elevação

Braço de elevação e veio de sincronismo

Com o objetivo de se facilitar a montagem deste conjunto decidiu-se facejar o veio como se pode observar na Figura 87 a) para que o braço encaixe facilmente impedindo tanto a rotação como o deslocamento axial do braço de elevação sobre o veio através do rasgo. Posteriormente, para impedir o deslocamento radial do braço sobre o veio desenhou-se uma peça em “C” que liga ao braço através de dois parafusos (Figura 87 b)). Assim, evita-se a soldadura deste conjunto o que possibilita a troca de apenas um componente caso seja necessário.

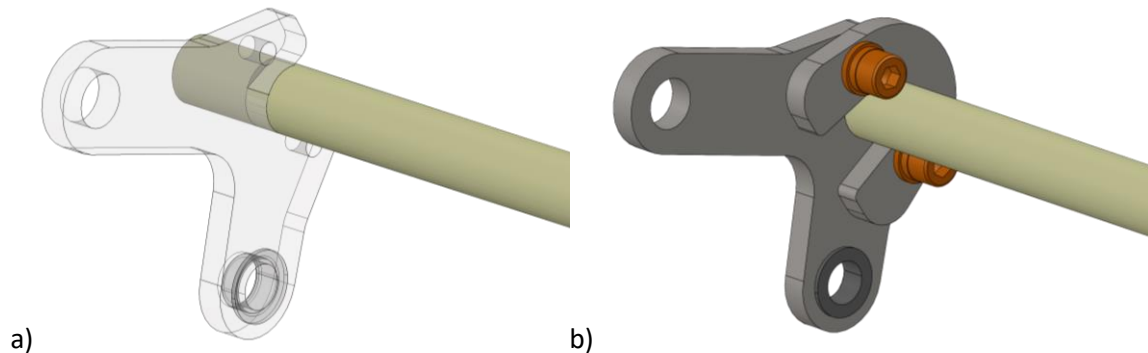


Figura 87 - a) Encaixe do braço de elevação no veio; b) Fixação do braço de elevação

Barras de sincronismo

O mecanismo de sincronismo representado na Figura 85 é essencial para o bom funcionamento do equipamento, e deve garantir que a mesa suba paralela à base. O conjunto conecta os quatro pontos de elevação, garantindo a subida estável da estrutura.

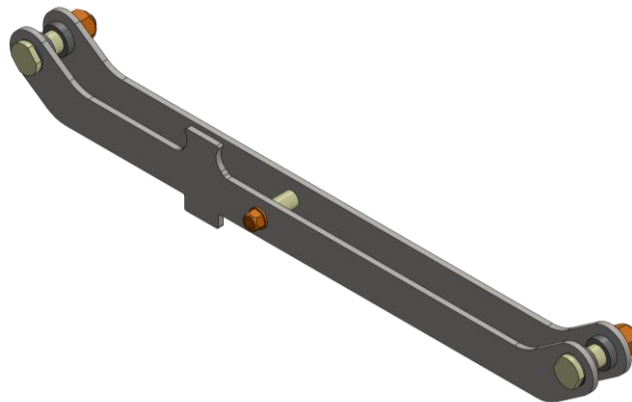


Figura 88 - Barras de sincronismo

O conjunto representado na Figura 88 é constituído essencialmente por duas barras de 3 mm de espessura que conectam os braços de elevação, e os forçam a rodar solidariamente. O braço de elevação é montado entre as duas barras e separado através de dois casquilhos. Para que este sistema funcione, tem de haver deslize entre o braço e o veio. No sentido de facilitar este movimento e reduzir o desgaste, foi inserido, no furo do braço, um casquilho autolubrificante com flange da IGUS, visível na Figura 87. O mesmo foi feito com os furos das duas barras, como ilustra a Figura 89, na qual as barras foram colocadas a transparente a fins de facilitar a visualização. Desta forma, também é possibilitado o deslizamento das duas barras com o veio.

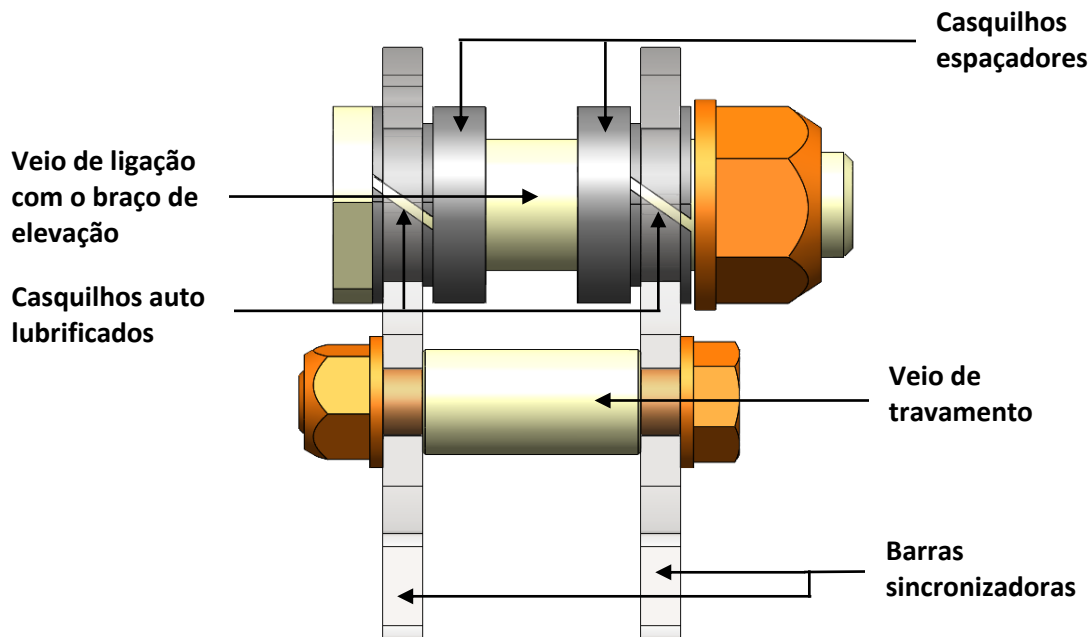


Figura 89 - Detalhe dos casquilhos das barras sincronizadoras

Todo o conjunto é apertado através de um veio roscado na ponta que aperta uma porca autoblocante DIN 985 M5, como ilustra a Figura 90. Também foi colocado um travamento entre as duas barras, que consiste num veio em aço EN C45 E contendo um furo passante, a fim de aumentar a rigidez do conjunto.

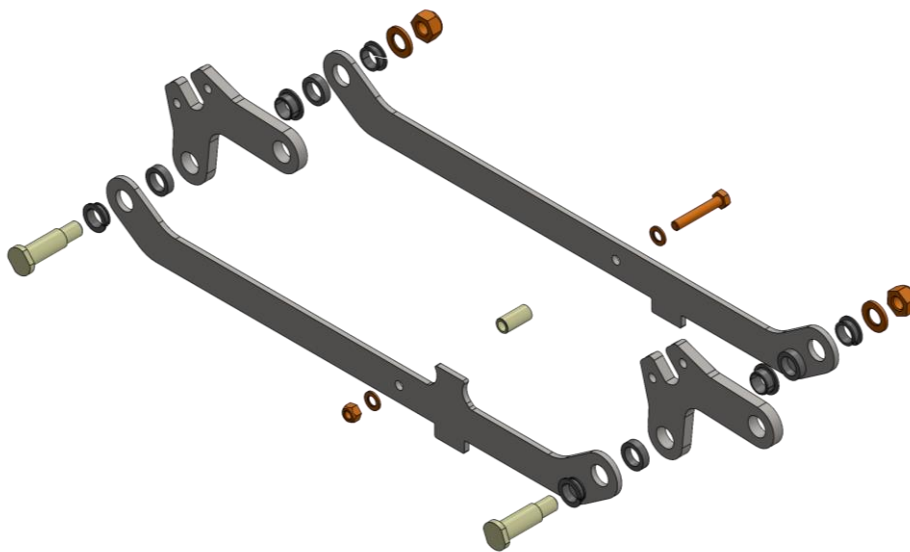


Figura 90 - Ligação braço de elevação e barras de sincronismo, vista explodida

Para além de sincronizar o movimento de rotação dos veios, este conjunto também tem a função de batente. Essa função é conseguida através de entalhes nas barras. Este equipamento apresenta dois sistemas de segurança que podem ser observados na Figura 91. O primeiro batente, representado pela cor amarela, é um batente fabricado em borracha e encontra-se instalado no caracol. No entanto, caso este batente falhe, devido a desgaste ou outra razão, foi desenvolvido um outro sistema que garante que a estrutura não caia abruptamente do ponto mais elevado para o mais baixo do caracol, que resultaria em danos graves no equipamento. O segundo sistema de segurança consiste nos entalhes da face inferior das barras correr dentro de dois rasgos da

estrutura. Estes batentes só entram em contacto com a estrutura, caso o primeiro sistema de segurança falhe. Na Figura 91 também se pode observar que o espaçamento entre as duas barras foi definido com a intenção de permitir a passagem do caracol, o que garante maior compactação de todo o equipamento.

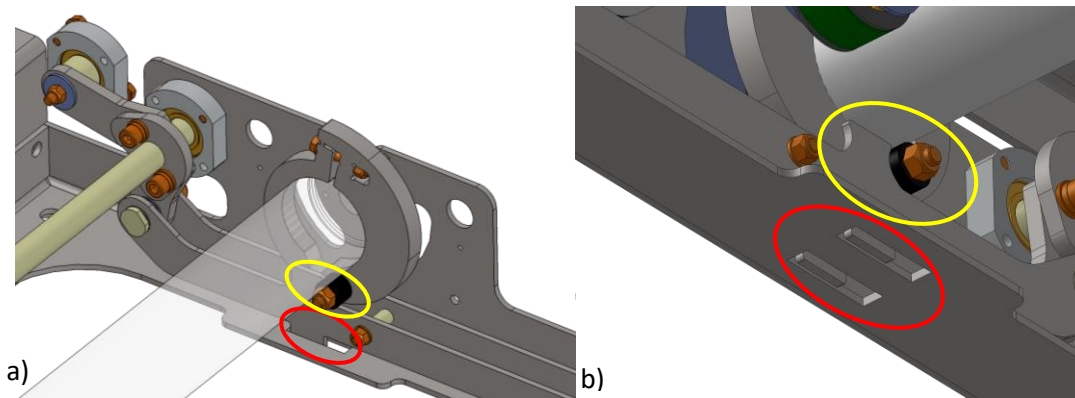


Figura 91 – a) vista superior dos batentes; b) vista inferior dos batentes

Ligação do braço de elevação com a estrutura superior

Este subconjunto faz a ligação entre o braço de elevação e a mesa superior. Como se pode observar na Figura 92 b), um veio em aço EN C45 E com um furo passante encaixa por pressão no braço de elevação. Este veio contém três variações de diâmetro, sendo a central a de maior dimensão, de forma a encostar o braço e o rolamento às faces do veio, o que garante o posicionamento correto do conjunto. Todo o conjunto é apertado entre um parafuso e uma porca autoblocante DIN 985. Finalmente, como já previamente referido, a peça em alumínio que aloja o rolamento será fixa à mesa superior pelos dois furos representados a vermelho, na face interior da mesma.

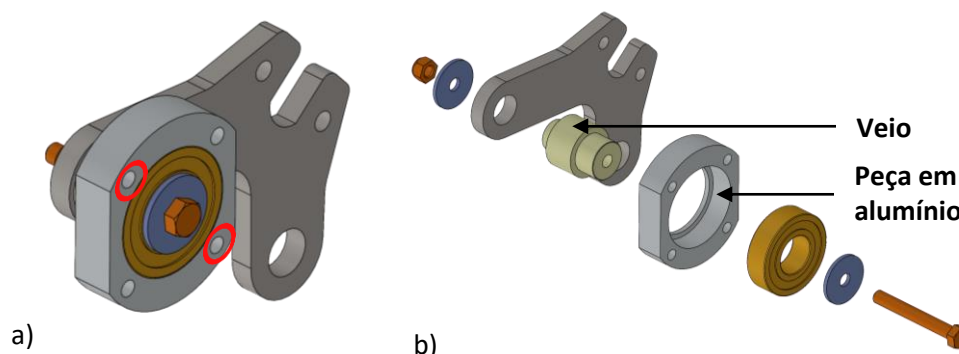


Figura 92 – a) Ligação do braço com a estrutura superior; b) Vista explodida

Suporte do rolamento

Para que a mesa superior seja elevada é necessário estabelecer o contacto entre o caracol com a mesa superior (Figura 93). Deste modo, utilizou-se um rolamento DIN625 – 608 - 2RS a fim de se reduzir o atrito ao máximo, levando ao menor desgaste possível.

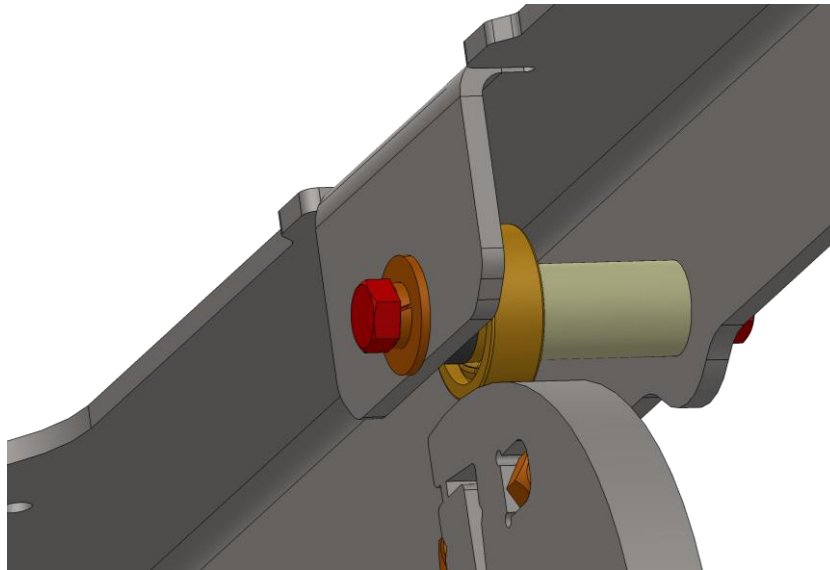


Figura 93 - Suporte do rolamento

Este conjunto é composto por um rolamento que entra à pressão num veio com toleranciamento J6 e encosta o seu anel interno na face de mudança de diâmetro do veio. Para impedir que o rolamento tenha qualquer movimento horizontal foi colocado um casquilho entre a outra face do rolamento e a chapa quinada. O veio tem as duas faces extremas roscadas para que este seja aparafusado à mesa superior através de dois parafusos M5.

Com a intenção de se facilitar a montagem deste conjunto, o furo, a vermelho na Figura 94, apresenta um diâmetro ligeiramente superior ao veio, permitindo que o último consiga entrar pelo exterior da chapa. O impedimento do movimento axial do veio é conseguido através de duas anilhas de aba larga DIN 9021, que cobrem o diâmetro do furo.

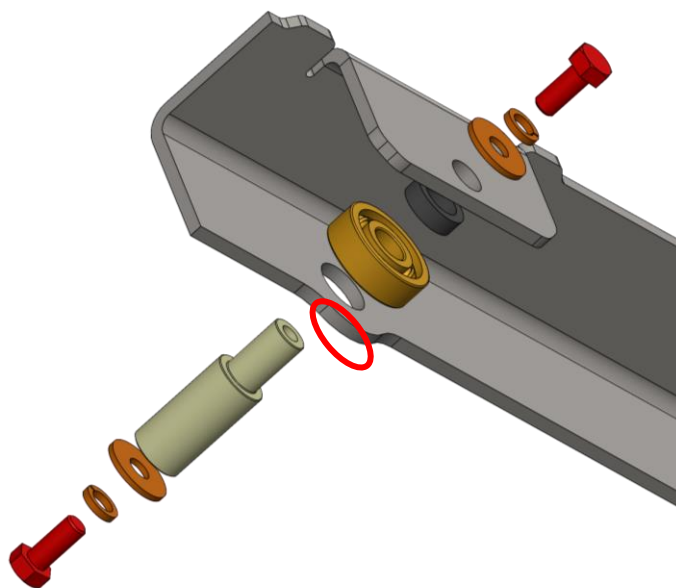


Figura 94 - Suporte do rolamento vista explodida e corte

Com a finalidade de reduzir custos e quantidade de peças, para servir de ponto de fixação entre o veio e rolamento optou-se por quinar uma aba na mesa superior ao invés de se utilizar uma peça extra em “L” aparafusada à mesa.

Deslocamento horizontal da estrutura superior

Devido à natureza do mecanismo de elevação, quando a mesa superior sofre um deslocamento vertical (Figura 95 a)), esta irá conseqüentemente ter um deslocamento horizontal associado, pois o braço de elevação induz uma trajetória circunferencial dos pontos de apoio da mesa superior (Figura 95 b)). Devido à limitação do espaço disponível, convém limitar o deslocamento horizontal o máximo possível.

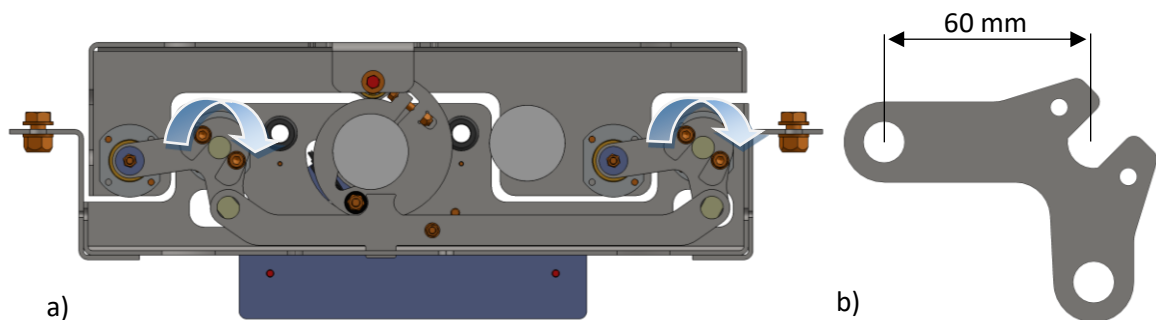


Figura 95 - a) Movimento de rotação da mesa; b) representação do braço

Como o braço tem 60 mm entre eixos (Figura 95) para executar um deslocamento vertical de 20 mm, conseqüentemente tem lugar 3,43 mm de deslocamento horizontal da mesa superior. Este efeito é mitigado atribuindo um ângulo inicial ao braço, fazendo com que este atinja o ponto mais extremo a meio do curso. Assim sendo é possível diminuir o deslocamento horizontal para 0,84 mm, como se pode observar na Figura 96.

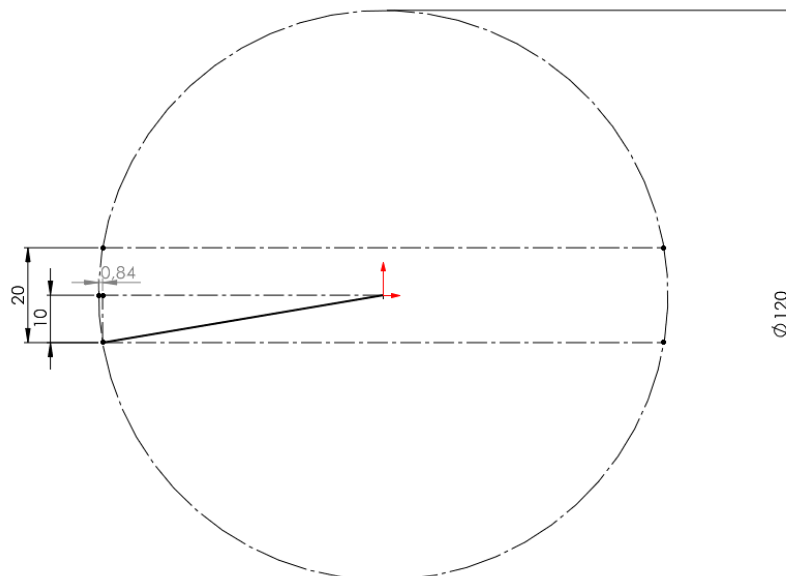


Figura 96 - Sketch de elevação

Caracol

Durante a fase de anteprojecto foi decidido que o caracol seria a melhor escolha para realizar a elevação do sistema. No entanto, esta peça sofreu inúmeras alterações ao longo da fase de projeto, mais propriamente durante os ensaios práticos realizados. A evolução da peça é documentada de seguida.

Evolução da peça

Ao longo das fases de anteprojecto e projeto, esta peça foi sofrendo inúmeras alterações no sentido de a otimizar, nomeadamente no que toca ao aperto ao rolo. Na Figura 97 encontram-se as três iterações do caracol, desde a primeira versão, utilizada no módulo de testes, até à última versão que se encontra no equipamento final. Na Tabela 30 encontram-se as características iniciais da peça.

Tabela 30 - Propriedades da versão base da peça

Material	Espessura [mm]	Processo de fabrico
EN S235 JR	12	Corte a laser, Furação

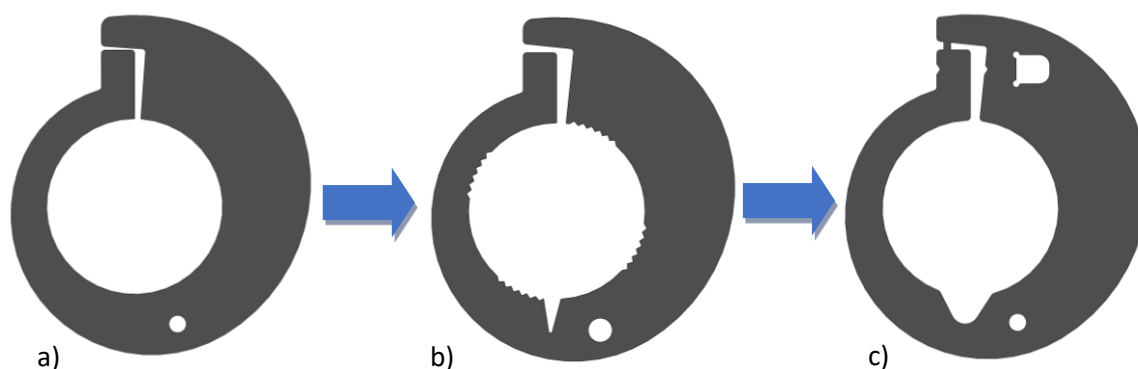


Figura 97 - Evolução do desenho do caracol: a) versão base; b) primeira evolução; c) segunda evolução

Versão base

A primeira versão do caracol consiste somente no perfil de elevação, no sistema de abraçadeira previamente descrito no capítulo de anteprojecto e num furo destinado ao alojamento de um parafuso com a função de batente. Considera-se que os problemas inerentes do caracol nesta versão são:

- Dificuldade de aperto da peça;
- Empeno de parafuso durante o aperto;
- Superfícies cilíndricas exterior e interior com ligeira conicidade ao longo da espessura;
- Diâmetro interno difícil de garantir.

1ª evolução

A dificuldade de aperto da versão base motivou a maioria das modificações executadas nesta versão. Como se pode observar na Figura 97 b), foi realizado um corte na superfície de diâmetro interno da peça. Este corte encontra-se precisamente no lado oposto da abertura da circunferência e tem como objetivo diminuir a rigidez da secção de modo que o fecho da peça seja mais fácil.

Também se constata que as faces da zona de junção encontram-se mais afastadas nesta versão, com o intuito de aumentar o curso de aperto. A última modificação foi a criação de quatro zonas dentadas na superfície interna da peça com o intuito de aumentar o atrito entre a peça e o rolo.

2ª evolução

A peça sofreu severas modificações na segunda evolução. O método de aperto continuava a não ser satisfatório, pelo que se consideram diferentes soluções. O furo para o aperto do parafuso passou a ser passante ao invés de roscado, e foi aberta uma janela na peça de modo a alojar uma porca autoblocante como se pode ver na Figura 98. Esta entra com uma folga de 0,1 mm às faces superiores e inferiores, o que bloqueia a rotação solidária com o parafuso quando este é apertado.

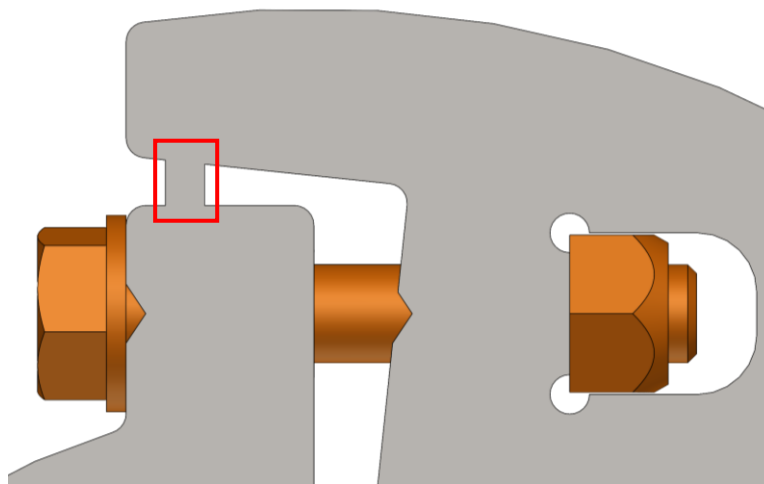


Figura 98 - Detalhe de aperto da segunda evolução do caracol

Este conceito surgiu devido a vários problemas existentes nas versões anteriores, como a dificuldade por parte do operador de executar a furação roscada na posição correta. Deste modo, o furo passante é executado com uma folga elevada (furo de 6.5 mm de diâmetro para um parafuso M5), de tal forma que o parafuso se ajuste naturalmente durante a fase de aperto e não empene, problema recorrente nas versões prévias. Para facilitar a furação da peça, esta contém dois entalhes triangulares nas duas faces de furação, o que auxilia ao guiamento da broca, e garante a concentricidade dos furos em ambas as superfícies.

Outro problema identificado nas versões anteriores consiste na tendência da peça em abrir após serem cortadas, aumentando o diâmetro interior. Para evitar este efeito, a peça foi cortada a laser com a ligação que se pode observar na Figura 98 (detalhe a vermelho). Esta ligação é posteriormente cortada após a furação da peça estar concluída.

Por fim, ainda no sentido de melhorar o aperto da peça, ou seja, aumentar a sua flexão, decidiu-se diminuir a sua espessura de 12 para 8 mm, para além de aumentar o ângulo do corte do lado oposto da junção, com o objetivo de se encontrar um equilíbrio entre o aumento de flexão sem que seja necessário reduzir a secção de forma tao drástica, obtendo maior resistência da peça.

A última versão da peça satisfaz todos os objetivos e demonstra-se eficaz no que toca ao aperto, fabrico e montagem.

3.8.3.3. Módulo de correias

A Figura 99 ilustra o módulo de correias. Este conjunto tem como função alojar e definir a forma de uma correia que, quando acionada, transfere uma carga transferindo-a para um transportador adjacente.

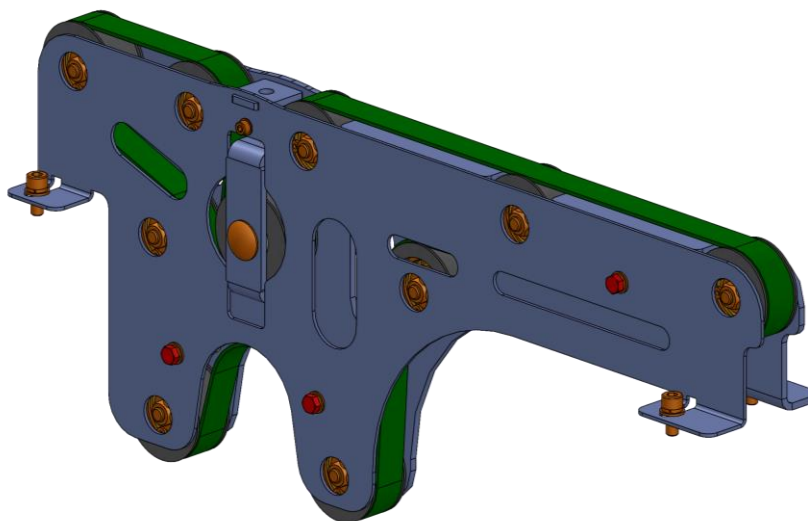


Figura 99 - Módulo de correias

Este módulo é composto por duas chapas de aço galvanizado. Uma delas, com 3 mm de espessura, é responsável por alojar os roletes e o esticador, e absorver a maioria das cargas externas. A segunda chapa, com 1 mm de espessura, tem como objetivo principal servir de blindagem e de apoio. As chapas estão ligadas entre si por quatro pontos, a verde na Figura 100 a), de forma a aumentar a rigidez do conjunto e garantir toda a integridade do sistema quando este for sujeito a cargas externas.

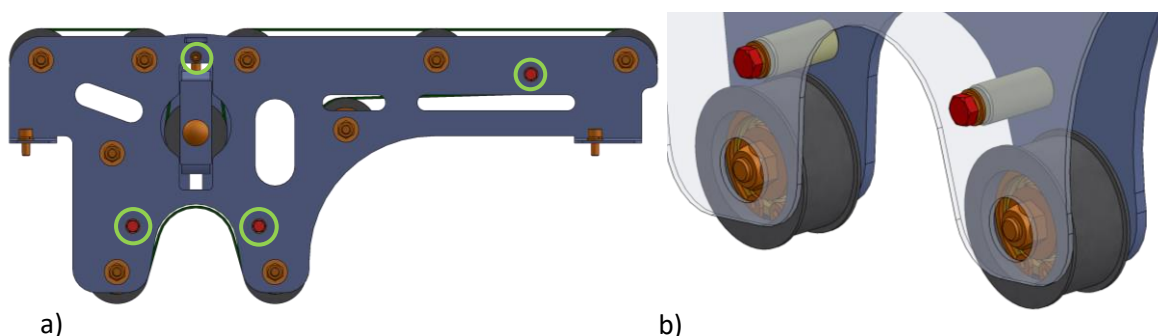


Figura 100 - a) Vista lateral da cassete, destaque dos pontos de união das chapas; b) representação dos veios de união

Como ilustrado na Figura 100 b), três das ligações entre as chapas consistem em veios roscados em ambas as extremidades, a quarta ligação pertence ao esticador e será posteriormente abordada. As chapas laterais possuem múltiplas quinagens, como está ilustrado na Figura 99. As quinagens inferiores contêm rasgos que permitem a passagem de parafusos, com uma margem de afinação, para a fixação do módulo, assim como garantem a perpendicularidade com a mesa. As quinagens superiores (Figura 101) servem para apoiar a correia caso esta flita quando aplicada carga, que impede que uma caixa embata num rolete, podendo danificar o mesmo ao longo de vários ciclos.

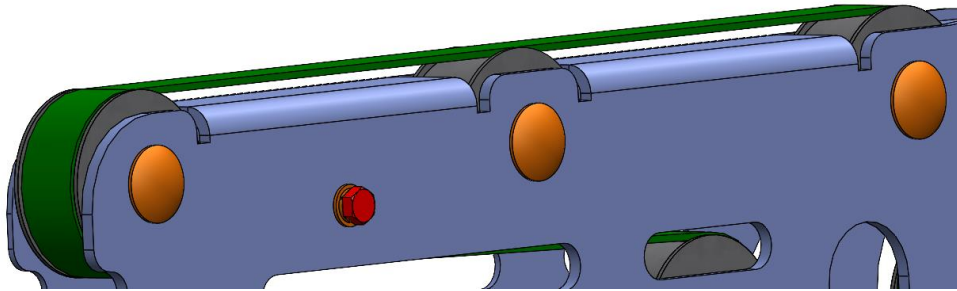


Figura 101 - Quinagem superior da chapa da cassete

Os rasgos nas chapas laterais foram feitos com o intuito de redução de peso. Como o módulo faz parte do conjunto a ser elevado pelo rolo motorizado, é importante que este seja o mais leve possível.

Roletes

Os roletes (Figura 102) são peças críticas neste equipamento, uma vez que a falha de um destes componentes todo o funcionamento da linha poderá estar comprometido. Portanto, estes requerem especial atenção no que toca ao seu dimensionamento.

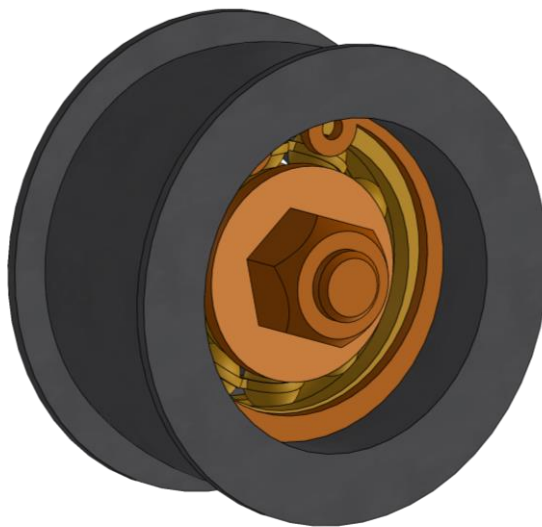


Figura 102 - Conjunto do rolete

Como o espaço no interior do equipamento é bastante limitado, é conveniente que os roletes tenham um diâmetro reduzido, desta forma, o diâmetro escolhido foi de 37 mm. Acontece que roletes com diâmetro tao reduzidos não são usualmente utilizados em equipamentos industriais, pelo qual foi necessário subcontratar a sua maquinagem a empresas especializadas. O material escolhido para esta peça foi o POM, pois este é fácil de maquinar com uma precisão elevada e garante a resistência mecânica necessária. Para fixar os roletes, como já foi previamente referido, optou-se por aparafusá-los a somente uma chapa, para que não haja problemas com o alinhamento. Isto é conseguido com a utilização de um parafuso DIN603 M6 que contém um “pescoço” quadrado. Isto permite que quando utilizados em conjunto com os furos na chapa, também quadrados, o que impossibilita a rotação. Como é possível observar na Figura 103, o

rolamento entra à pressão num veio, cuja face tem como objetivo garantir a perpendicularidade do conjunto com a chapa. O rolamento é bloqueado entre a parede interna do rolete e um freio. Todo o conjunto do rolete é apertado entre a chapa lateral da cassete e uma fêmea autoblocante DIN 985 M6.



Figura 103 - Conjunto do rolete, vista explodida

Também é importante referir que os roletes contêm a superfície ovalizada, para garantir que a correia permaneça centrada e com capacidade de autocentramento no rolete (Figura 104), devido à tendência observada do deslocamento lateral da correia até perder todo com o rolete, observado nos modelos cilíndricos considerados inicialmente.



Figura 104 – Superfície do rolete ovalizada

Esticador

O esticador é um módulo fundamental para todos os equipamentos industriais que utilizam correias ou correntes como meio de transmissão de energia. A sua principal função é garantir que a correia tenha a tensão adequada, garantindo o funcionamento de todo o sistema. Uma correia insuficientemente tensionada poderá deslizar, enquanto uma correia demasiado tensionada pode criar esforços excessivos nos roletes. Para além disso, o esticador facilita a colocação e remoção da correia no sistema. Neste caso, o sistema de esticamento da correia já tinha ficado definido durante a fase de anteprojecto, sistema este que visa facilitar o ajuste e manutenção da correia e que pode ser observado na Figura 105.

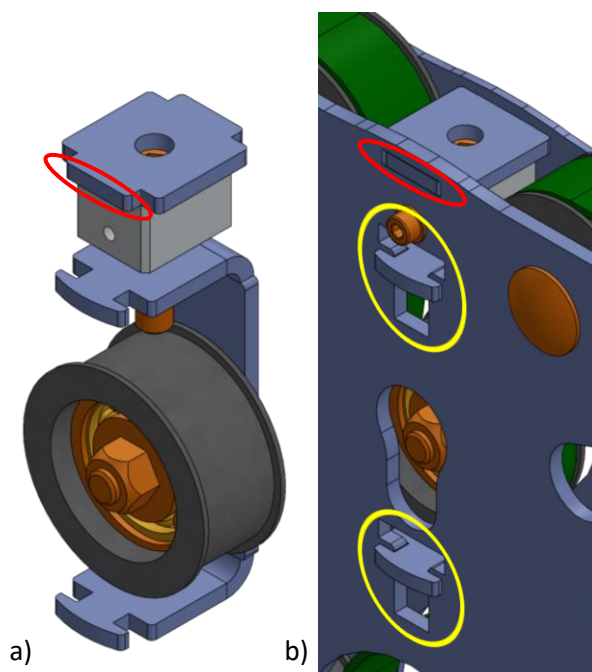


Figura 105 – a) Representação do conjunto do esticador; b) Representação do esticador na cassette

O funcionamento deste conjunto já foi abordado durante a fase de anteprojecto. No entanto, é relevante salientar que a peça quadrada que se encontra no topo do conjunto é responsável por impedir que o parafuso se desloque verticalmente. Esta contém duas abas que encaixam nas chapas laterais das cassetes (a vermelho na Figura 105 a)). A amarelo na mesma figura realça-se o sistema de guiamento vertical do esticador. A peça em “C” corre sobre o rasgo da cassette, o que impede a sua rotação e movimento horizontal. A zona superior dos rasgos é ligeiramente superior à largura da peça em “C” para que esta possa ser facilmente montada e desmontada. Por fim, é de realçar a peça em alumínio, representada a cinzento. Esta peça, para além de alojar e posicionar o parafuso, contém dois furos roscados, servindo do quatro ponto de ligação das chapas, como já previamente referido.

Correia

A correia, para ser funcional, tem de obedecer a certas características:

- Tem de ter aderência suficiente para poder ser acionada pelo rolo motriz assim como para transportar carga;
- Boa resistência à fadiga;
- Boa resistência à abrasão;
- Dimensionalmente estável.

Por outro lado, esta deve atender a alguns requisitos dimensionais impostos pelo projeto:

- Largura = 14 mm;
- Espessura \approx 1,5 mm;
- Comprimento \approx 1265 mm.

Em função das características e requisitos apresentados, a correia que garante todas as condições previamente referidas é a MAM-04H da HABASIT. Relativamente ao dimensionamento da correia, segundo a HABASIT esta necessita de trabalhar em polias com um diâmetro mínimo de 25 mm, tanto em flexão como em contra flexão (Figura 106). Os roletes possuem um diâmetro externo de 37 mm, pelo que estes conseguem acomodar a correia corretamente.

Joining method		Flexproof 10 x 120
Pulley diameter (minimum)	mm inch	25 0.98
Pulley diameter minimum with counter flexion	mm inch	25 0.98

Figura 106 - Diâmetros mínimos da polia segundo a HABASIT para a correia MAM-04H [109]

Desenho da correia e posicionamento geral de componentes

A definição da forma da correia foi um processo altamente iterativo. Inúmeras limitações foram surgindo e subsequentemente alterações a todos os conjuntos foram feitas de modo a acomodar o percurso ideal da correia. Na Figura 107, é possível visualizar algumas das limitações principais neste processo:

- O próprio transportador normalizado, especialmente a blindagem destacada na Figura 107;
- A mesa superior e respetivas áreas de apoio da cassette;
- O posicionamento dos dois rolos motorizados;
- O mecanismo de elevação.

Nesta fase, o deslocamento horizontal durante a elevação também se revelou ser uma limitação crítica, pois as cassetes colidiam com a blindagem do tramo, quando a mesa se encontrava no ponto superior de elevação, mas não no inferior.

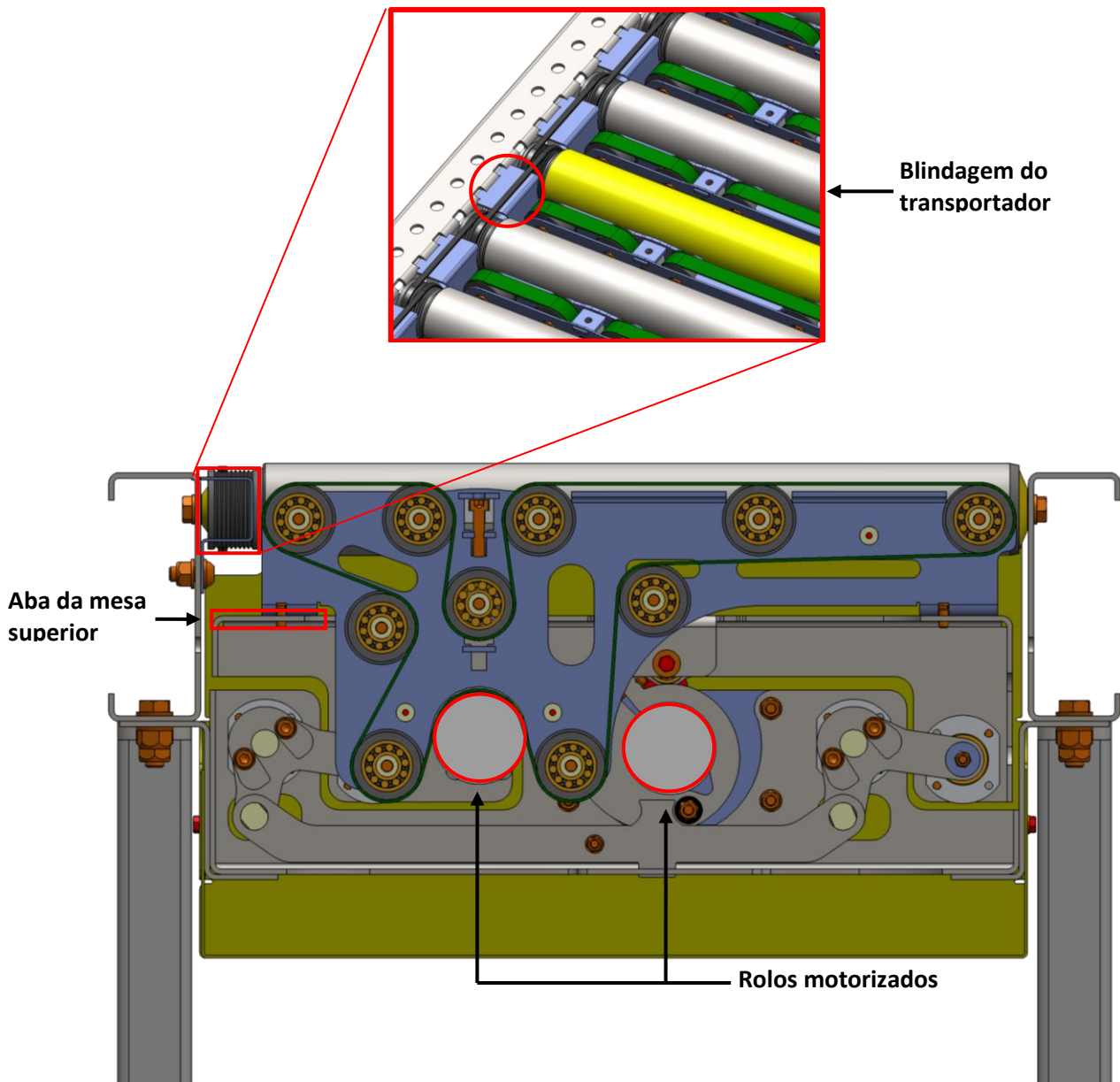


Figura 107 - Forma da correia, limitações de atravacamento

3.8.3.4. Sistema de acionamento

Como já referido na fase de anteprojecto o acionamento será realizado através de dois rolos motorizados, um responsável pela realização da elevação da plataforma superior, e outro para movimentar as correias. No sentido de se prosseguir ao dimensionamento destes componentes temos de ter em conta dois fatores cruciais, designadamente a massa a ser elevada e a cadência do processo de transferência.

A massa total a elevar vai corresponder à soma da massa máxima das caixas a transportar com a massa da própria estrutura que é elevada. De forma a encontrar a última, recorreu-se ao Solidworks, que permite fazer a montagem de todas as peças que são elevadas pelo rolo motorizado (Figura 108) sendo estas: o mecanismo de elevação, o rolo motorizado de acionamento de correias e as seis cassetes que contem as correias. Os valores são sintetizados na Tabela 31.

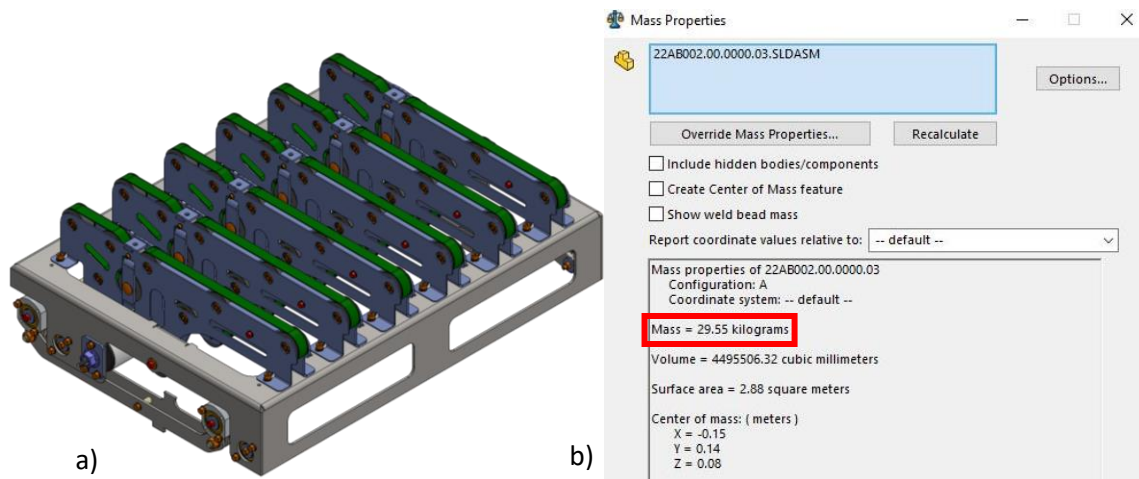


Figura 108 - a) Conjunto considerado; b) propriedades de massa do respetivo conjunto

Tabela 31 - Massa a elevar pelo rolo motorizado

Massa das caixas [kg]	50
Massa da estrutura a elevar [kg]	30
Massa total a elevar [kg]	80

Tendo em conta os valores apresentados, procede-se à seleção de um rolo motorizado apropriado às condições impostas. Procura-se um rolo com força suficiente para elevar a carga já descrita com uma margem de segurança elevada e que garanta a cadência definida de 1500 unidades/h.

Dimensionamento

A fim de realizar o dimensionamento do rolo calculou-se a força tangencial teórica necessária para elevar a carga de 80 kg. Para tal, aproximou-se este problema a um problema de cunha (Figura 109). Os valores correspondentes ao problema são apresentados na Tabela 32.

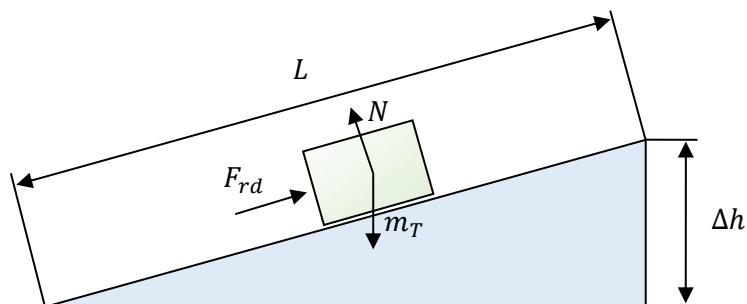


Figura 109 - Diagrama de forças, elevação de uma carga sobre uma cunha

Tabela 32 - Dados e valores referentes ao dimensionamento do rolo motorizado

Símbolo [Unidade]	Descrição	Valor
L [mm]	Comprimento do arco do caracol	212
F_{rd} [N]	Força tangencial do rolo motorizado	-
m_T [kg]	Massa total a ser elevada	80
Δh [mm]	Altura de elevação	20

A partir do diagrama da Figura 109, foi deduzida a seguinte expressão para calcular qual a força mínima necessária para elevar os 80 kg:

$$F_{rd} = \frac{\Delta h \times m_T \times g}{L} = \frac{20 \times 10^{-3} \times 80 \times 9,81}{212 \times 10^{-3}} = 74 \text{ N} \quad (13)$$

Speed Code	Gearbox	ECO-mode						BOOST-mode									
		Speed (m/min)	Torque(N-m)			Tangential force(N)		Current (A)		Speed (m/min)	Torque(N-m)			Tangential force(N)		Current (A)	
			Rated	Starting	Accel	Rated	Starting	Rated (max)	Starting		Rated	Starting	Accel	Rated	Starting	Rated (max)	Starting
15	3 stage	2.0 ~ 20.3	2.97	16.39	4.95	118.8	655.7			2.0 ~ 14.7	5.40	21.37	7.94	216.0	855.0		
20		2.7 ~ 27.7	2.17	12.00	3.62	86.9	480.0			2.7 ~ 20.0	3.95	15.64	5.81	158.1	625.8		
25	2 stage	3.4 ~ 33.8	1.78	9.83	2.97	71.2	393.4			3.4 ~ 24.4	3.24	12.82	4.76	129.6	513.0		
35		4.9 ~ 49.9	1.20	6.66	2.00	48.3	266.6			4.9 ~ 36.1	2.19	8.69	3.59	87.8	347.7		
45		6.0 ~ 60.8	0.99	5.46	1.65	39.6	218.5			6.0 ~ 44.0	1.80	7.12	2.94	72.0	285.0		
60		8.2 ~ 83.1	0.72	4.00	1.20	28.9	160.0			8.2 ~ 60.1	1.31	5.21	2.15	52.7	208.6	3.5	5.0
75	1 stage	10.1 ~ 101.4	0.59	3.27	0.98	23.7	131.1			10.1 ~ 73.3	1.08	4.27	1.76	43.2	171.0		
95		13.3 ~ 133.8	0.44	2.48	0.73	17.9	99.3			13.3 ~ 96.8	0.81	3.23	1.49	32.7	129.5		
125		18.1 ~ 182.5	0.33	1.82	0.55	13.2	72.8			18.1 ~ 131.9	0.60	2.37	1.09	24.0	95.0		
175		24.7 ~ 249.3	0.24	1.33	0.40	9.6	53.3			24.7 ~ 180.3	0.43	1.73	0.78	17.5	69.5		
215		30.2 ~ 304.1	0.19	1.09	0.32	7.9	43.7			30.2 ~ 219.9	0.36	1.42	0.65	14.4	57.0		

Figura 110 – Catálogo Pulseroller, especificações de rolos motorizados [110]

O rolo motorizado escolhido foi o PR-AD-50-581-15Z MAT (primeira linha da Figura 110) este é o modelo capaz de produzir a maior força tangencial, e conseqüentemente, possui a menor velocidade angular. Como se está perante a elaboração de um protótipo decidiu-se jogar pelo lado da segurança.

Introduzindo os valores da força tangencial correspondentes ao rolo selecionado (118,8 N) foi possível calcular a massa máxima teórica possível de elevar:

$$m_T = \frac{212 \times 10^{-3} \times 118,8}{(20 \times 10^{-3}) \times 9,81} = 128 \text{ kg}$$

Como a massa a elevar é de 80 kg, obtém-se uma margem de segurança de 1.6, considerando os valores mínimos de força do rolo. No modo *boost* o rolo motorizado (Figura 110) possui uma força tangencial de 216 N, desta forma é teoricamente possível elevar 230 kg.

Relativamente ao acionamento das correias optou-se pelo rolo PR-AD-50-572-25Z MAT. Este rolo é semelhante ao rolo de elevação, mas apresenta um *speed code* mais elevado, ou seja, a sua velocidade angular é superior e a sua força tangencial inferior. Esta escolha é justificada pelo facto de este rolo não necessitar de elevar carga, e a velocidade extra que possui será conveniente para aumentar a cadência do processo.

Cálculo da cadência teórica

Para efeitos do cálculo da cadência do equipamento considerou-se: o tempo de subida da estrutura, o tempo da transferência de uma caixa e o tempo de descida da estrutura. A distância considerada para a subida e descida foi o arco da superfície do caracol, a distância considerada para a transferência de uma caixa foi a distância entre eixos entre o primeiro e o último rolete da cassette, (Figura 111), ou seja, o caso mais crítico já que nem todas as caixas têm de percorrer toda esta distância dependendo da posição de entrada. Na Tabela 33 são apresentados todos os valores correspondentes ao cálculo da cadência do equipamento.

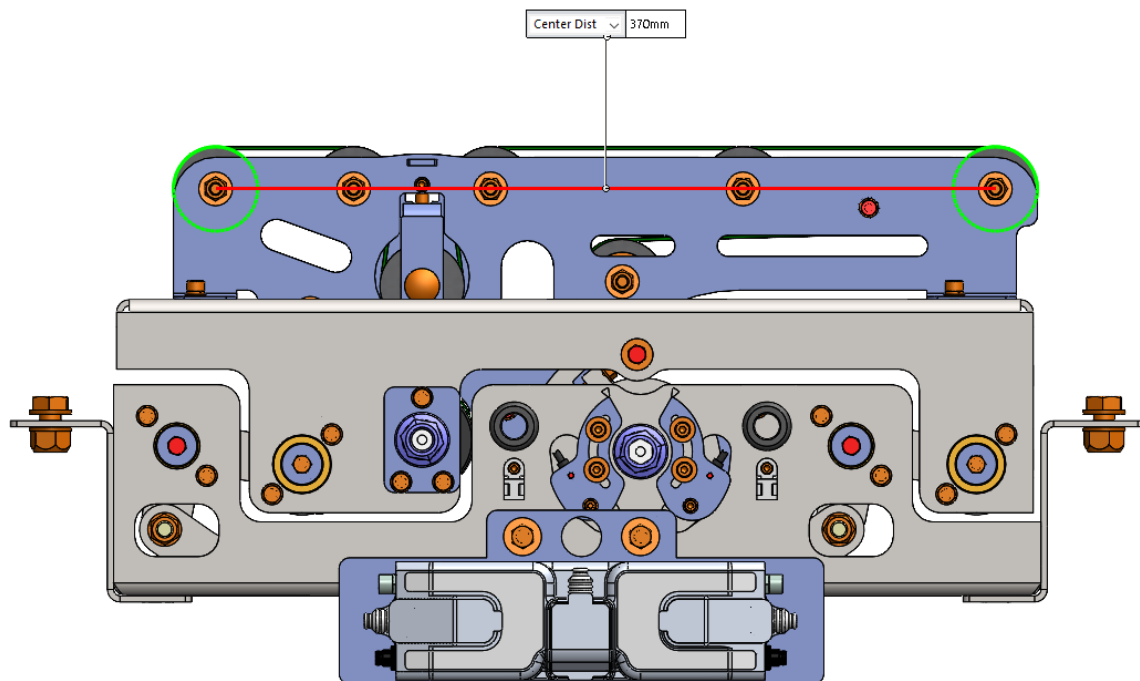


Figura 111 - Distância de transferência de uma caixa

Tabela 33 - Cálculo do tempo de ciclo teórico do equipamento

Símbolo [unidade]	Subida	Transferência	Descida
L [mm]	212	370	212
v [m/s]	0,333	0,566	0,333
T [s]	0,636	0,653	0,636

O tempo de ciclo teórico total é obtido somando o tempo de subida, de transferência e de descida, o que permite obter,

$$(0,636 \times 2) + 0,653 = 1,93 \text{ s} \quad (14)$$

Logo, a cadência teórica é,

$$\frac{3600}{1,93} = 1866 \frac{\text{unidades}}{\text{hora}} \quad (15)$$

Este é um valor bastante positivo tendo em conta que o objetivo era alcançar uma cadência de 1500 unidades/hora. Os cálculos efetuados tiveram em consideração o caso crítico de elevação da carga máxima admitida pelo equipamento e a entrada da caixa mais desfavorável. Com 1866 unidades/hora existe uma boa margem de segurança para se fazer afinações ao processo de transferência em prole da fiabilidade dos rolos motorizados e das correias.

Por fim, como os rolos motorizados escolhidos possuem *speed codes* distintos, estes não são intercambiáveis. Portanto, para que não haja problemas ou confusões durante o processo de montagem, foi decidido que os rolos deveriam ter comprimentos diferentes. Como tal, foi desenvolvido um calço que consiste numa chapa de aço S235 com 6 mm de espessura para o rolo mais curto. Este caço é montado na extremidade do rolo que aciona as correias, como se pode observar na Figura 112.

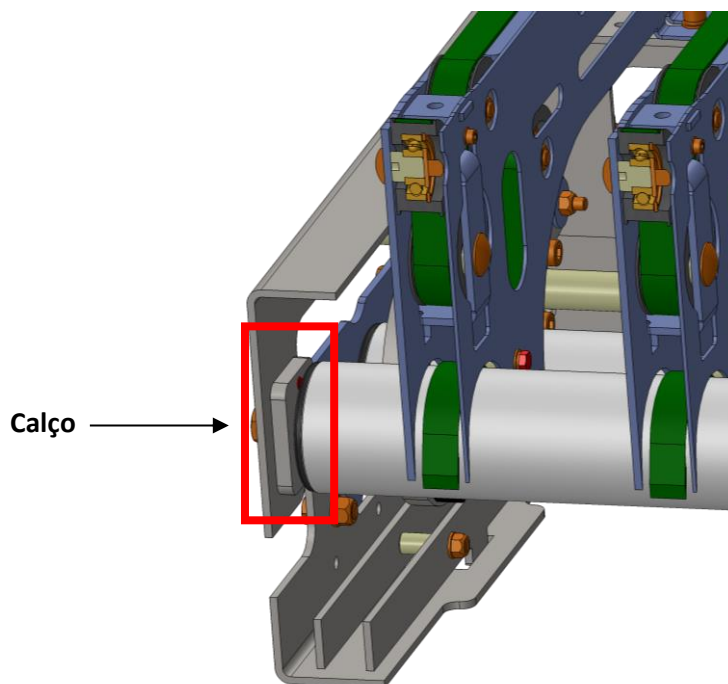


Figura 112 - Calço do rolo motorizado

Desta forma, foi utilizado o conceito de *pokayoke*, que vem do japonês “à prova de erros” e visa evitar erros humanos ou falhas em processos. Neste caso, com a utilização do calço é garantido que os rolos motorizados possam somente ser montados no sítio certo.

3.8.3.5. Sistemas de controlo

A deteção do posicionamento da mesa superior é feita através de dois sensores indutivos SICK IQ06-03BPSKU2S (Figura 113) que são capazes de detetar alvos metálicos até 3 mm de distância.



Figura 113 - Sensor indutivo SICK IQ06 [111]

Foram desenvolvidas duas chapas em aço galvanizado S235 para fixar os sensores à estrutura base, na última foram abertos dois rasgos de forma que exista margem de afinação angular, como é ilustrado na Figura 114.

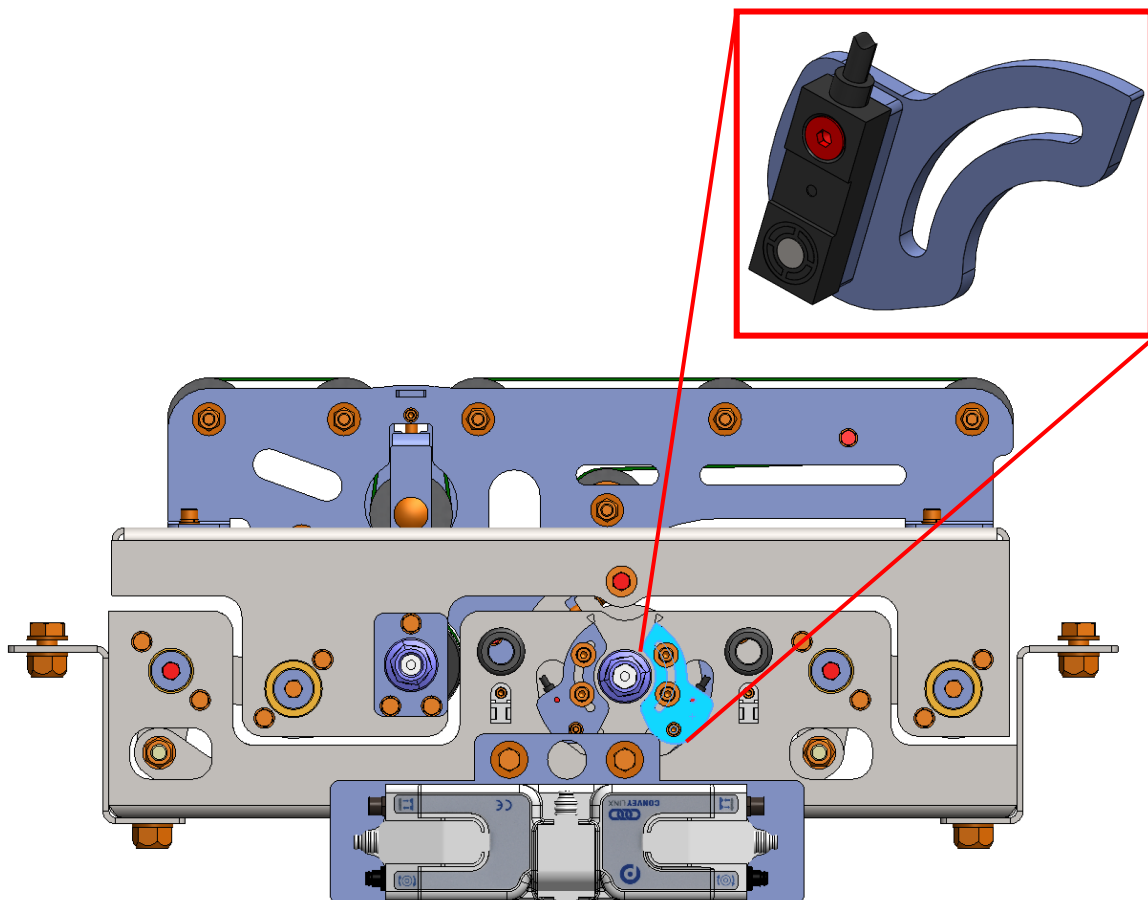


Figura 114 - Detalhe do suporte dos sensores indutivos

Deste modo, o alvo pode ser facilmente afinado (distancia aos sensores) e substituído, como se pode observar na Figura 115. O alvo de deteção é um parafuso sextavado DIN933 – M6 que está ligado ao caracol e também tem a função de batente.

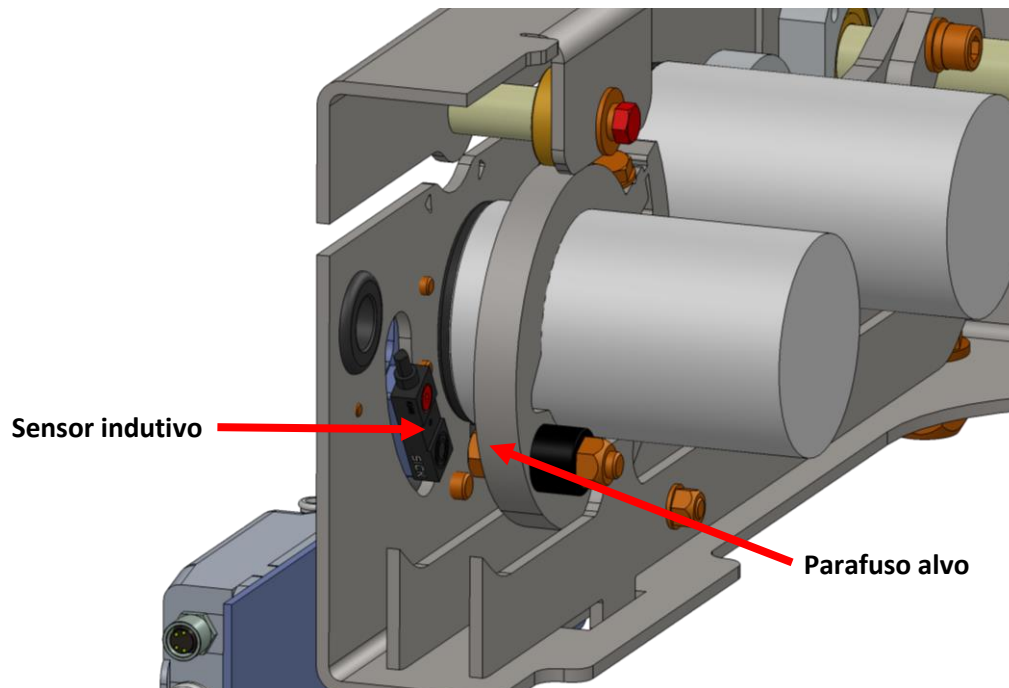


Figura 115 - Sensor indutivo e parafuso de deteção, vista de corte

Como o alvo é um parafuso que roda solidariamente com o caracol, este descreve uma trajetória circular ao longo de cerca de 360°, o que possibilita um posicionamento compacto dos sensores indutivos, como se pode ver na Figura 116. É importante referir que este posicionamento dos sensores conduz ao ótimo acesso para efeitos de manutenção ou afinação, sendo apenas necessário remover dois parafusos de uma blindagem exterior para que se obtenha acesso total a este módulo. A estrutura contém dois furos onde foram colocados passa muros, de modo a facilitar a passagem dos fios desde os sensores e dos dois rolos motorizados até à carta de controlo, também tendo em consideração a organização dos fios dentro das blindagens. De forma a garantir que nenhum deles é trilhado, vincado ou danificado de alguma forma, foram colocadas duas peças de atar braçadeiras HC-0 (Figura 116).

Num caso real de integração deste equipamento numa linha, serão necessários mais sensores de deteção, nomeadamente no que toca à identificação e posicionamento da caixa, para a ativação da elevação da mesa. No entanto, como não fazem parte da máquina propriamente dita, estes não foram considerados neste projeto.

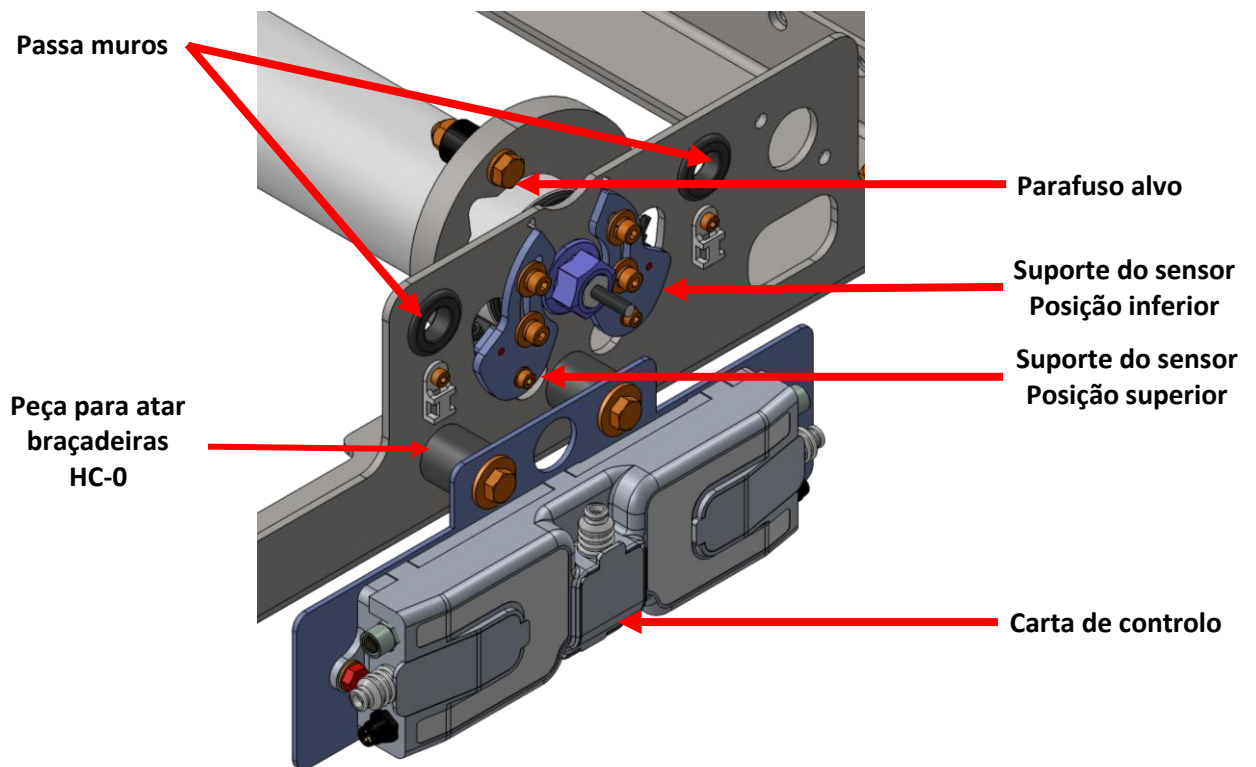


Figura 116 - Módulo de sensores

3.8.3.6. Blindagens

Como medida de segurança e prevenção de acidentes que possam ocorrer durante o funcionamento da máquina, foram projetadas blindagens metálicas para proteger os operadores dos perigos de entalamento em peças com movimento relativo entre si, nomeadamente entre a estrutura base e a estrutura superior. Também foram desenvolvidas blindagens para proteção da máquina perante quaisquer potenciais danos provenientes do meio envolvente. Estas últimas também garantem que a passagem de fios dentro da máquina seja efetuada de forma segura. A Figura 117 representa o equipamento completo com as blindagens.

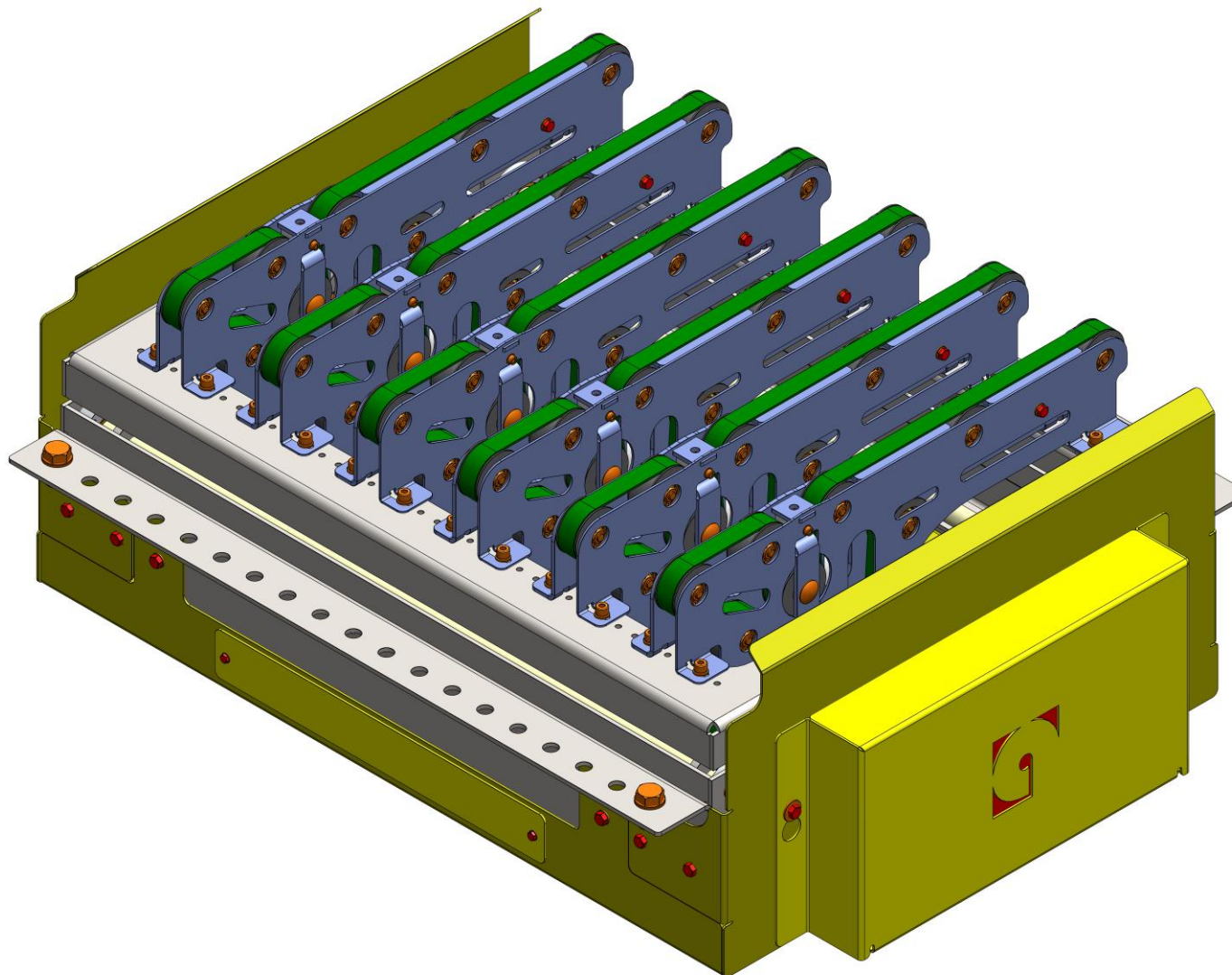


Figura 117 - Equipamento completo com blindagens

É de salientar o recorte da blindagem detalhado a vermelho Figura 118, que garante a passagem do módulo de transmissão rolo-a-rola do transportador de rolos através de correias *poly-v* e garante o espaçamento necessário impostos pela norma EN 349:1993 + A1:2008 no que toca ao espaçamento mínimo para evitar o entalamento de dedos.

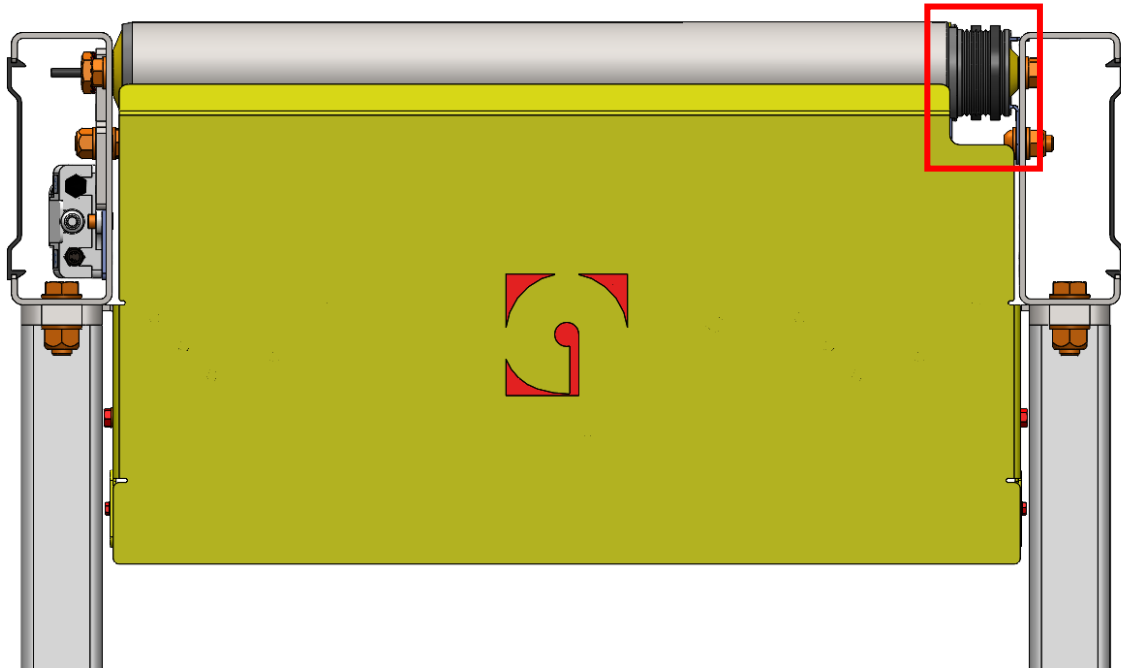


Figura 118 - Recorte da blindagem

O equipamento não necessita de blindagens nas laterais, mais propriamente na zona da mesa superior, pois essa encontra-se protegida pela longarina do transportador de rolos, como se pode observar na Figura 119, transportador representado a transparente a fim de facilitar a visualização do detalhe em questão.

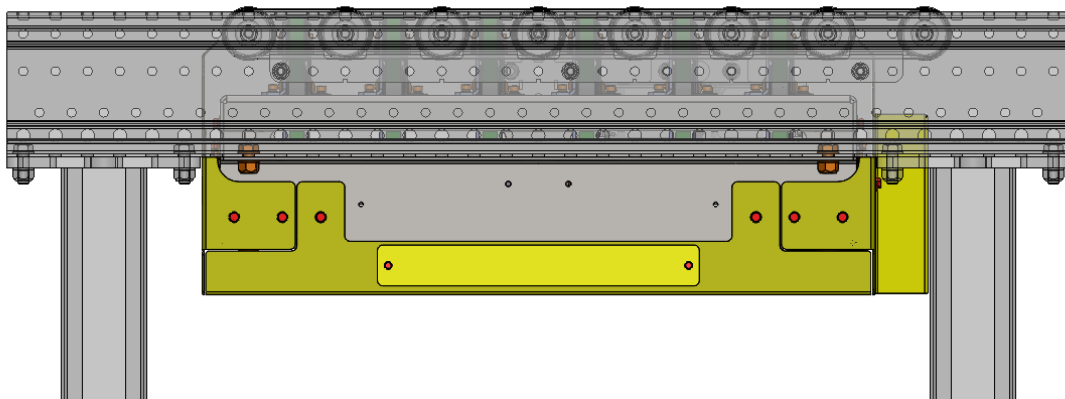
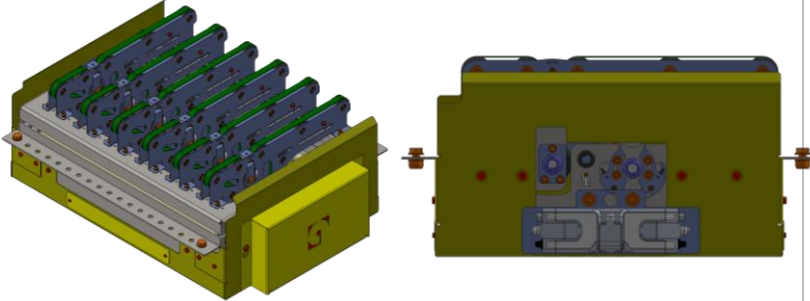
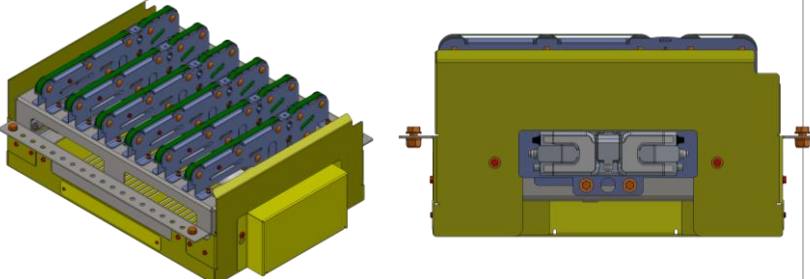
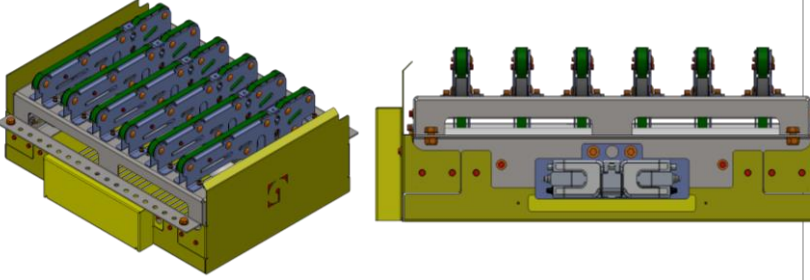


Figura 119 – Detalhe da proteção lateral do equipamento pela longarina

Conjuntos de blindagens

De forma a aumentar a flexibilidade deste equipamento, foram idealizadas quatro posições diferentes para as cartas de controlo, caso o cliente tenha alguma limitação ou preferência no que toca ao atravancamento do equipamento que varia em função da posição da carta de controlo. Consequentemente, foram desenvolvidos quatro grupos de blindagens diferentes que permitam a passagem segura de fios. Estes conjuntos encontram-se representados na Tabela 34 acompanhados de uma breve descrição. Existe ainda uma quinta opção, que consiste em colocar a carta de controlo no transportador de rolos ao qual este equipamento é ancorado.

Tabela 34 - Conjuntos de blindagens

<p>A – Nesta configuração, a carta de controlo encontra-se posicionada na zona de saída dos fios dos rolos motorizados e dos sensores</p> <p>- Configuração escolhida para a execução do protótipo.</p>	
<p>B – Carta de controlo colocada do lado oposto à saída de fios, que passam pela blindagem inferior até à carta de controlo.</p>	
<p>C/D – Carta de controlo colocada numa das laterais do equipamento, fios passam pela blindagem inferior até à face lateral. Configuração C a carta é fixa na face esquerda do equipamento e na D é fixa na face direita.</p>	

3.8.4. Validação pelo MEF

Ao longo deste capítulo são realizadas análises segundo o MEF de forma a validar se certas peças e conjuntos críticos suportam em segurança as cargas externas impostas. Também é importante ser crítico ao diz respeito, aos resultados obtidos, já que estes podem apontar para áreas em que pode ser benéfico reforçar e até mesmo áreas que contêm material em excesso que leva a um equipamento final mais pesado.

Módulo de correias

O módulo de correias é um conjunto crítico do equipamento. Recorreu-se a uma análise MEF a fim de se verificar que este aguenta as cargas externas impostas, tanto a nível de tensões como a nível de deformações. Esta análise também vai permitir visualizar as zonas mais críticas, que devem ser reforçadas e as zonas onde existe maior margem para se reduzir material, diminuindo ao peso, otimizando a peça.

O primeiro passo para se fazer a análise MEF é definir os apoios do módulo. Neste caso, os apoios são as 4 abas inferiores que estão em contacto com a mesa. No *Solidworks*, foram atribuídas às abas apoios fixos, representado a verde na Figura 120, impedindo o movimento das mesmas.

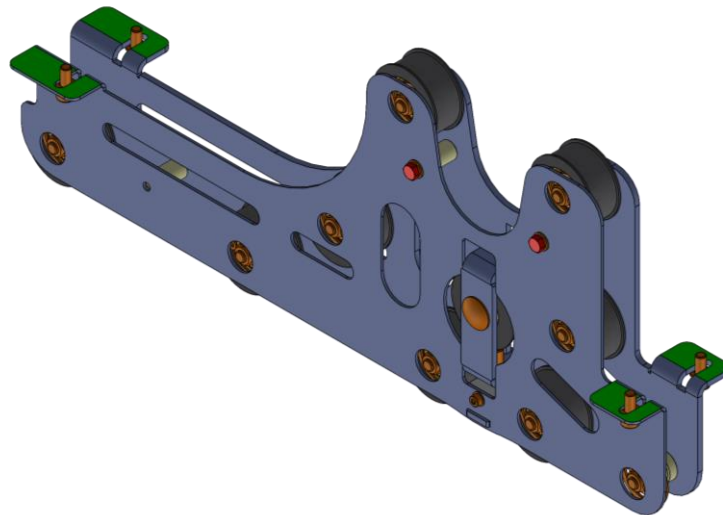


Figura 120 - Definição dos apoios fixos para a análise MEF do módulo de correias

Cálculo de esforços no módulo de cassetes

De forma a se fazer uma validação através do *Simulation* do *Solidworks*, é necessário ter o conhecimento prévio de todas as forças aplicadas no sistema, sendo estas o peso da carga e a tensão criada pela correia nos roletes. Para se determinar a força nos roletes provocado pela tensão da correia é necessário saber qual a tensão exercida pela mesma perante um certo alongamento. Na Figura 121 pode-se ver que, para um alongamento de 8%, a força por unidade de largura da correia é de 2,6 N/mm.

Technical data		
Thickness of belt	1.45 mm	0.06 inch
Mass of belt (belt weight)	1.4 kg/m ²	0.287 lb/soft
Tensile force for 8% elongation (k8% static) per unit of width (Habasit Standard SOP3-155 / EN ISO 21181):	2.6 N/mm	15 lbf/in
Tensile force for 8% elongation after relaxation (k8% relaxed) per unit of width (Habasit Standard SOP3-155 / EN ISO 21181):	1.8 N/mm	10 lbf/in
Min. operating temperature admissible (continuous)	-20 °C	-4 °F
Max. operating temperature admissible (continuous)	60 °C	140 °F
Seamless manufacturing width	1200 mm	47.24 inch

Figura 121 - Características da correia [109]

Sabendo isto, calcula-se o alongamento a que a correia está sujeita, através da seguinte equação,

$$\varepsilon = \frac{L_{cf} - L_{ci}}{L_i} \times 100 = \frac{1330 - 1265}{1265} \times 100 = 5\% \quad (16)$$

Onde;

- ε - Representa a deformação;
- L_{cf} - Comprimento final da correia (tensionada);
- L_{ci} - Comprimento inicial da correia.

Com este valor foi realizada uma regra 3 simples para se obter a tensão exercida pela correia para 5% de alongamento, obtendo 1,7 N/m. Por fim, para se obter a força exercida pela correia foi necessário multiplicar pela largura da correia (14 mm), obtendo 23,8 N.

Para se modelar fielmente este caso também é necessário ter em consideração o ângulo da força atuante em cada rolete. Para tal, foi realizada a soma vetorial das duas forças exercidas pela correia em cada rolete. Estas forças serão transmitidas através dos veios dos roletes para a chapa lateral que os suporta. De forma a facilitar a compreensão, os roletes foram numerados no sentido horário (Figura 122) e os respectivos valores do ângulo resultante em relação ao eixo horizontal e força são apresentados na Tabela 35.

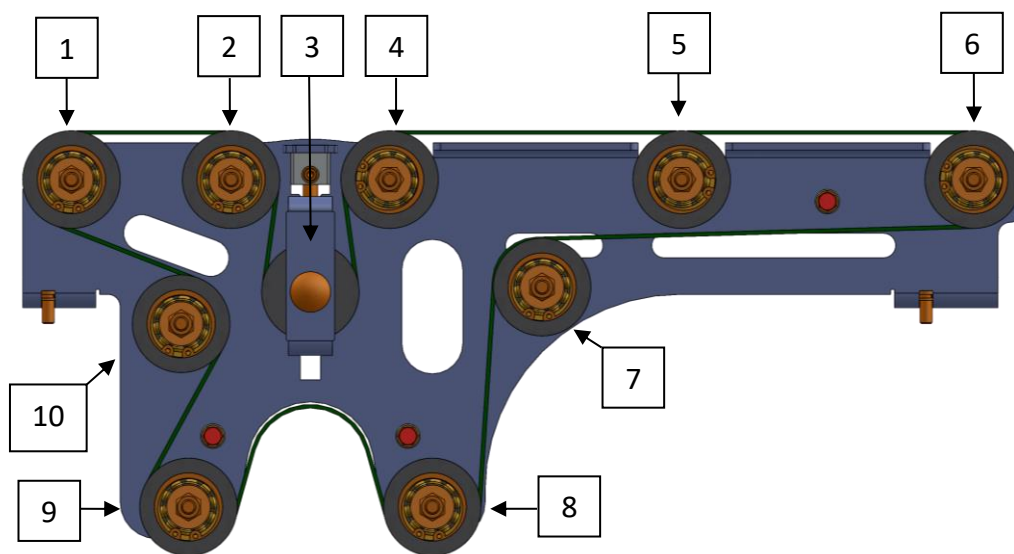


Figura 122 - Numeração dos roletes

Tabela 35–Forças atuantes sobre os roletes provocados pela tensão da correia

Rolete	α [°]	F [N]
1	350	46,9
2	221	35,9
3	90	47,1
4	319	35,9
5	-	-
6	181	47,5
7	314	31,9
8	96	46,9
9	68	47,2
10	200	36,5

O rolete 5 não apresenta forças devido à tensão da correia, pois a correia apenas entra em contacto com o rolete quando o equipamento transporta uma carga. Para além da carga provocada pela correia também é necessário de contabilizar a carga da caixa mais pesada a ser transportada. A fim de realizar o dimensionamento, é boa prática considerar-se sempre o caso mais crítico, que tem lugar quando uma caixa, é somente suportada por duas correias (Figura 130). Desta forma os 50 kg da caixa são distribuídos pelos cinco roletes na zona superior da correia. Ou seja, serão aplicados 50 N em cada rolete. A fim de se executar a análise MEF, realizou-se uma simplificação do conjunto. Como se pode observar na Figura 123 b) apenas é considerado os veios dos roletes, representados a azul, que transmitem as forças aplicadas nos roletes para a chapa da cassette e os veios de união das chapas, representados a amarelo, já que estes têm função estrutural.

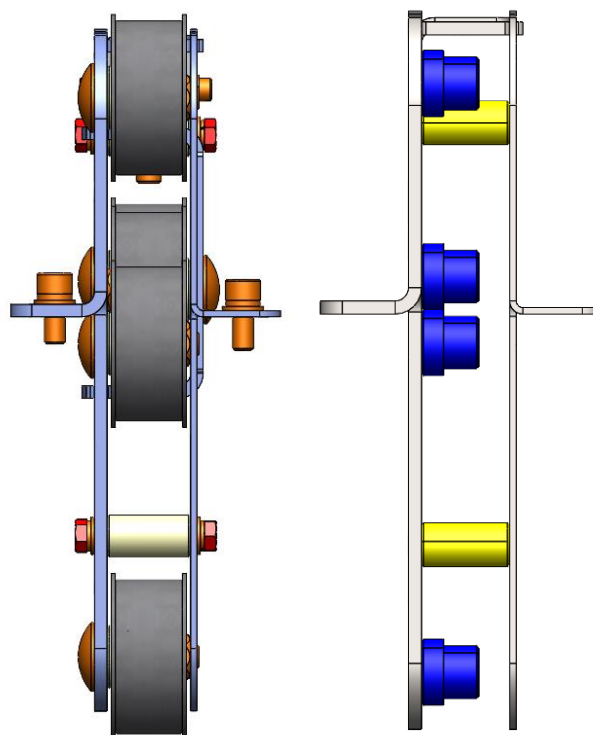


Figura 123 - a) Conjunto completo b) Simplificação considerada para efeitos de MEF

Desta forma, para efeitos de simulação, este conjunto funciona como uma peça única, uma vez que os veios do rolete e os veios estruturais estão completamente unidos com as chapas laterais, simulando uma ligação aparafusada. A Figura 124 representa a malha utilizada para efeitos de simulação MEF, na Tabela 36 encontra-se informação relativamente à malha e à simulação realizada.

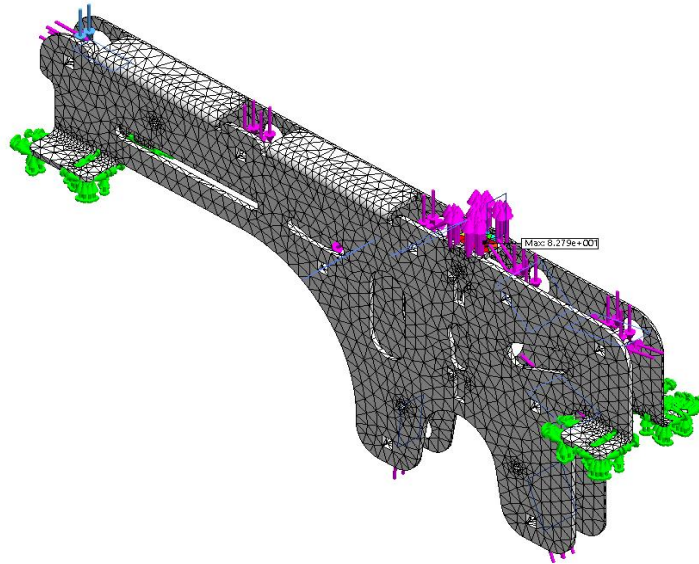


Figura 124 - Representação geral dos apoios e forças para a análise MEF

Tabela 36 – Propriedades da malha do módulo de cassetes

Tipo de análise	Estática
Tipo de malha	Malha sólida
Número de elementos	20724
Número de nós	42942

Após a análise pelo MEF ter sido executada, os resultados foram obtidos. A Figura 125 ilustra valores obtidos para a tensão de von Mises e a Figura 126 ilustra os valores para o deslocamento resultante. De seguida, a Tabela 37 exhibe o valor da tensão máxima de von Mises assim como valor máximo do deslocamento resultante na estrutura. Todas as imagens apresentam uma escala de deformação de 44 vezes superior ao real, a modo de facilitar a visualização.

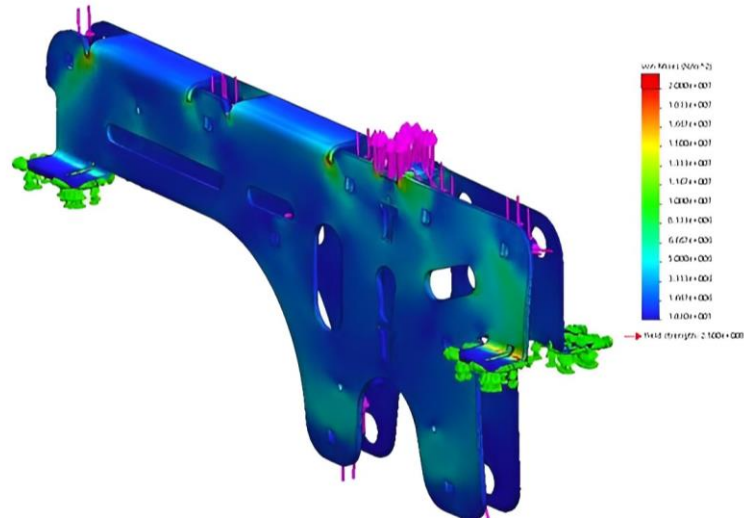


Figura 125 - Tensões de von Mises obtidas após análise MEF

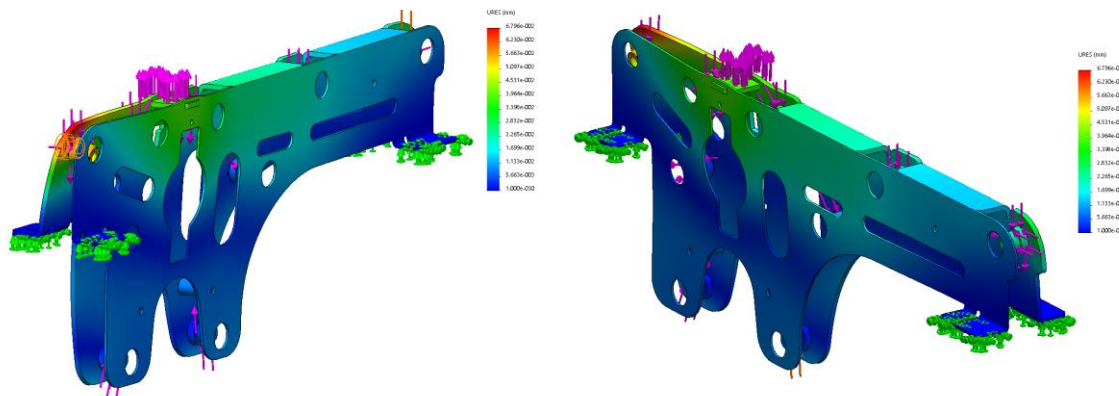


Figura 126 - Deslocamentos resultantes para a cassete obtidos através de análise MEF

Tabela 37 - Valores máximos de tensão de von Mises e de deslocamento resultante para a cassete

Tensão máxima de von Mises [MPa]	≈ 20
Deslocamento resultante máximo [mm]	0,12

Com o valor da tensão máxima de von Mises calcula-se o c.s. deste conjunto,

$$c. s = \frac{\sigma_{ced}}{\sigma_{v.M,max}} = \frac{235}{20} = 11,75, \quad (17)$$

onde

c.s. – Coeficiente de segurança;

σ_{ced} – Tensão de cedência do material (MPa);

$\sigma_{v.M,max}$ – Tensão máxima de von Mises (MPa).

Os valores do c.s. obtidos permitem concluir que a cassete não apresenta preocupações estruturais, uma vez que a tensão de cedência é aproximadamente 12 vezes superior à tensão instalada, considerando o caso mais crítico possível.

O deslocamento resultante máximo de 0,12 mm não provoca qualquer impedimento funcional do conjunto.

Mesa superior

A mesa superior suporta as cassetes com as correias assim como a carga a transportar. De forma a averiguar se esta peça é capaz de suportar os esforços a que está sujeita, foi realizada uma análise pelo MEF para determinar as tensões máximas de von Mises e o deslocamento máximo que a estrutura sofre. Esta peça está apoiada através de 6 pontos. Quatro ligações aparafusadas e dois contactos realizados entre o suporte do rolamento sobre o caracol. Como as ligações aparafusadas consistem numa peça que é apertada contra a estrutura, temos de considerar que o atrito que esta cria também tem de ser contabilizado para a absorção da carga aplicada. Como tal, para definir os pontos de fixação da estrutura consideraram-se as áreas representadas a verde na Figura 127.

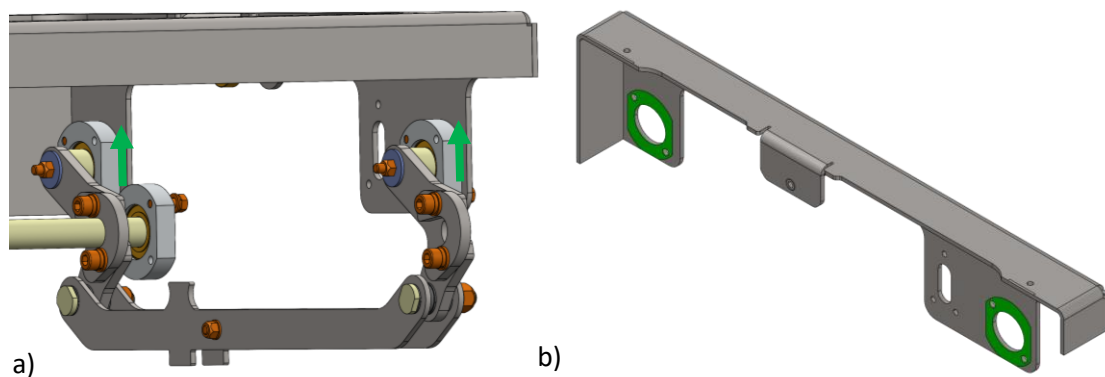


Figura 127 - a) Representação das reações na estrutura b); área escolhida para fixação na análise MEF, vista de corte

O rolamento é o principal ponto de apoio desta estrutura, pelo que também foi considerado um apoio fixo para efeitos da análise pelo MEF. Uma peça auxiliar, semelhante ao conjunto veio-rolamento foi desenhada para facilitar a simulação, como se observa na Figura 128 b).

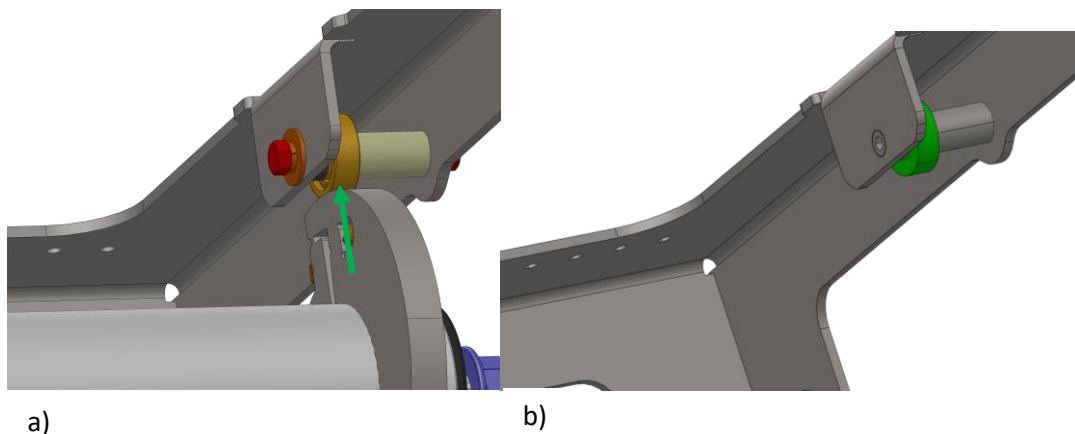


Figura 128 - a) Representação das reações no rolamento; b) peça simplificada para análise MEF

As 6 superfícies de apoio selecionadas foram consideradas como apoios fixos na simulação em *Solidworks*, bloqueando todos os seus deslocamentos.

O segundo passo para se realizar a simulação consiste na definição das cargas a aplicadas. Como já referido, estes são o peso das cassetes e o peso da carga a ser transportado, na Tabela 38 encontram-se os valores das cargas a ter em conta para esta análise.

Tabela 38 - Valores de massa para análise pelo MEF da mesa superior

Peça	Massa [kg]
Módulo de cassetes	2,10 (x 6 = 12,60)
Caixa	50

A força é transmitida da cassette para a estrutura através das 4 abas da mesma. Assim sendo, utilizou-se o comando *split line* no *Solidworks* para definir a área exata correspondente ao contacto das abas na mesa superior, representada a azul na Figura 129.

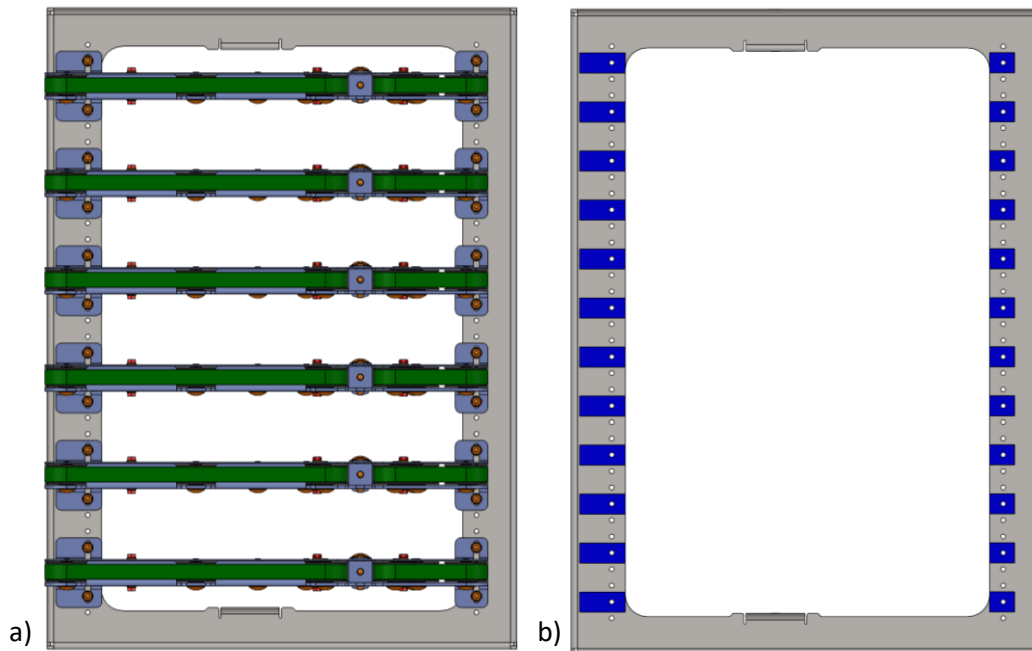


Figura 129– a) Vista superior, cassetes fixas na mesa; b) área escolhida para aplicação das cargas na análise MEF

De seguida efetua-se o cálculo das forças proveniente do peso próprio da cassette. A força aplicada por aba é dada por;

$$\frac{(m_{cassete} \times g)}{N_{abas}} = \frac{(2,1 \times 9,81)}{4} = 5,2 \text{ N} \quad (18)$$

Onde,

$m_{cassete}$ – Massa de um módulo de cassette (kg)

g – Aceleração gravítica (m/s^2)

N_{abas} – Numero de abas pelas quais a força é distribuída.

Por fim, relativamente ao esforço exercido pela caixa, foi considerado o caso mais crítico possível, ou seja, quando a caixa está suportada apenas por duas correias, sendo estas as correias centrais. Como estas são as correias que se encontram mais longe dos apoios laterais, a carga irá provocar a maior flecha na estrutura. Este caso está representado na Figura 130.

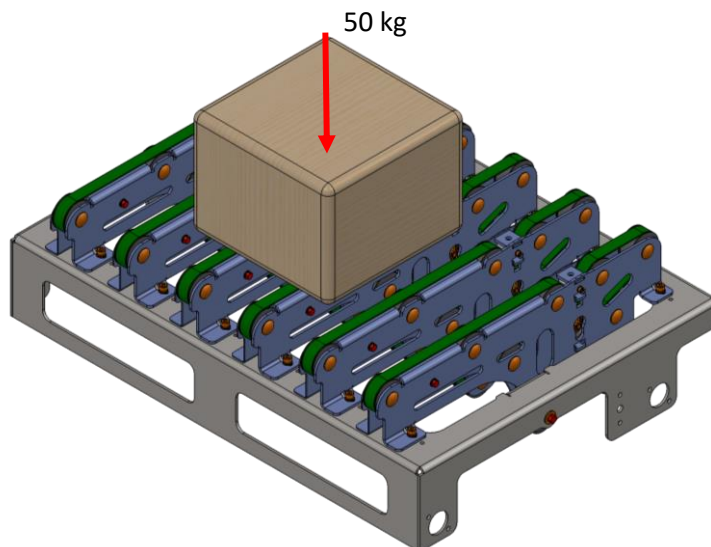


Figura 130 - Representação do caso crítico para análise MEF da mesa superior

A carga exercida pela caixa diverge para as abas das cassetes centrais. Deste modo, é necessário somar este esforço ao peso próprio das cassetes para as 8 áreas de contacto central na mesa.

$$\frac{(m_{caixa} \times g)}{N_{abas}} = \frac{(50 \times 9,81)}{8} = 61.31 \text{ N}; \quad (19)$$

onde,

m_{caixa} – Massa da caixa (kg);

g – Aceleração gravítica (m/s^2);

N_{abas} – Número de abas pela qual a força é distribuída.

A representação geral dos apoios e das forças aplicadas pode ser vista na Figura 131.

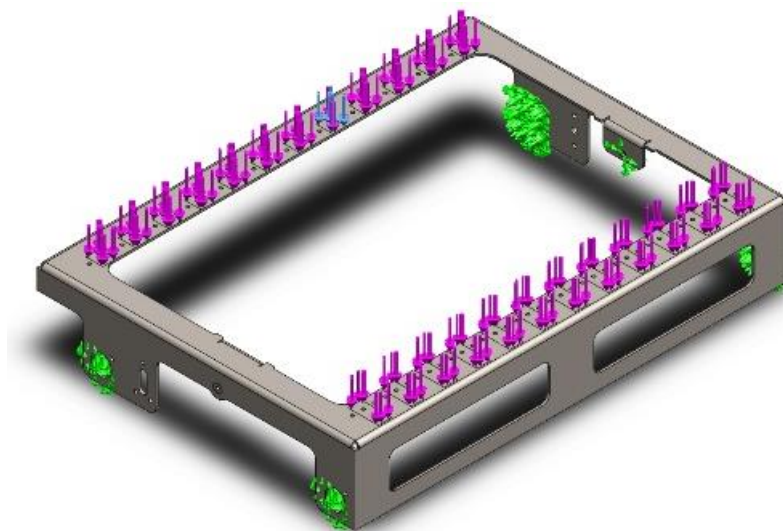


Figura 131 - Representação geral de ações impostas à mesa para a análise MEF

A Figura 132 exibe a representação visual da malha, enquanto a Tabela 39 fornece informações sobre as características da malha.



Figura 132 - Malha para a análise MEF da mesa superior

Tabela 39 - Propriedades da malha

Tipo de análise	Estática
Tipo de malha	Malha sólida
Número de elementos	78392
Número de nós	37799

Após a análise de MEF ter sido executada, os resultados foram obtidos. A Figura 133 ilustra valores obtidos para a tensão de von Mises e a Figura 134 ilustra os valores para o deslocamento resultante. De seguida, a Tabela 40 exibe o valor da tensão máxima de von Mises assim como valor máximo do deslocamento resultante na estrutura. Todas as imagens apresentam uma escala de deformação de 44 vezes superior ao real, a modo de facilitar a visualização.

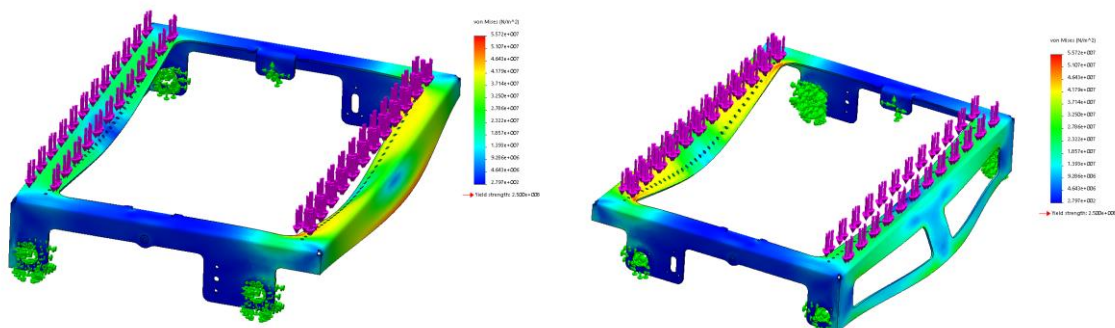


Figura 133 - Tensão de von Mises para a mesa obtidos pela análise de MEF

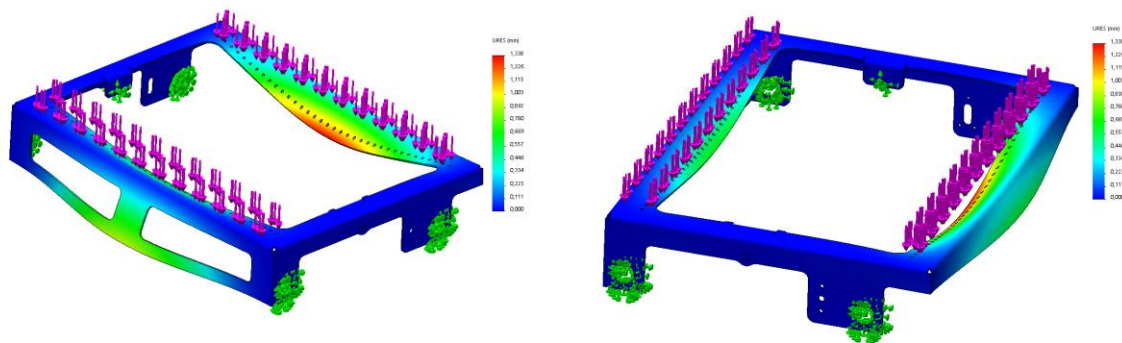


Figura 134 - Deslocamentos resultantes para a mesa obtidos através da análise MEF

Tabela 40 - Resultados da análise MEF

Tensão máxima de von Mises [MPa]	55,7
Deslocamento máximo [mm]	1,338

Com os valores obtidos da análise pelo MEF, calcula-se o c.s. correspondente à mesa superior para as cargas impostas:

$$C. s = \frac{\sigma_{ced}}{\sigma_{v.M,max}} = \frac{235}{55,7} = 4,2$$

Os valores do c.s. obtidos permitem concluir que não há qualquer risco que a mesa venha a sofrer falha por cedência da chapa. Da mesma forma, o deslocamento resultante de 1,3 mm não apresenta riscos para o funcionamento correto do equipamento, especialmente tendo em conta que estes resultados se referem a um caso crítico pouco provável de acontecer.

3.8.5. Materiais e processos de fabrico

As propriedades dos aços utilizados neste projeto encontram-se na Tabela 41, e de seguida explica-se a sua utilização.

Tabela 41 - Aços usados no projeto

Material	Tensão de cedência [MPa]	Tensão de rutura [MPa]	Módulo de Young [GPa]
EN S235 JR	235	435	210
EN C45 E	340	620	210
DX51 D Z200	230	310	210

A Tabela 42 apresenta todas as peças constituintes do protótipo que foi produzido. Nesta é indicado a referência interna de cada peça, uma representação 3D da mesma e a explicitação do processo de fabrico, material e tratamento. Todo o projeto foi desenvolvido com especial atenção aos recursos da Antípoda. Como tal, o corte a laser e quinagem foram os processos de fabrico priorizados. No que toca aos materiais escolhidos, a maioria das peças foram fabricadas em aço S235, com a exceção dos componentes feitos em torno. Para estas foi escolhido o EN C45 E, devido à maior facilidade de trabalho. O tratamento superficial preferencial aplicado às peças foi a

zincagem, à exceção das peças com tolerâncias rigorosas. Nestes casos optou-se por utilizar a fosfatização, pois este tratamento superficial cria um filme protetor de espessura inferior à zincagem o que ajuda a garantir as ditas tolerâncias. Certas peças foram cortadas a partir de chapa de aço DX51 D Z200, estas já se encontram galvanizadas e não necessitam de nenhum tratamento superficial posterior, no entanto estas chapas só estão disponíveis no mercado até aos 3 mm de espessura.

Tabela 42 - Listagem das peças do protótipo

Referência da peça	Ilustração	Processo de fabrico	Material	Espessura/ Diâmetro [mm]	Tratamento	QTD
22AB002.51.M0 51-010.100.0001		Corte laser Quinagem Soldadura	EN S235 JR	3	Zincado	1
22AB002.51.M0 51-010.100.0002		Corte laser Quinagem	EN S235 JR	3	Zincado	2
22AB002.51.M0 51-010.200.0003		Corte laser	EN S235 JR	3	Zincado	2
22AB002.51.M0 51-010.200.0004		Corte laser	DX51 D Z200	1,5	Sem tratamento	8

Tabela 42- Listagem das peças do protótipo (continuação)

<p>22AB002.51.M0 51-010.200.0008</p>		<p>Maquinagem</p>	<p>Alumínio</p>	<p>-</p>	<p>Sem tratamento</p>	<p>8</p>
<p>22AB002.51.M0 51-010.200.0009</p>		<p>Torno</p>	<p>EN C45 E</p>	<p>ø15</p>	<p>Fosfatado</p>	<p>4</p>
<p>22AB002.51.M0 51-010.200.0013</p>		<p>Torno</p>	<p>EN C45 E</p>	<p>ø12</p>	<p>Fosfatado</p>	<p>2</p>
<p>22AB002.51.M0 51-010.200.0015</p>		<p>Corte laser Quinagem Soldadura Furação roscada</p>	<p>EN S235 JR</p>	<p>3</p>	<p>Zincado</p>	<p>1</p>

Tabela 42- Listagem das peças do protótipo (continuação)

22AB002.51.M0 51-010.200.0017		Torno	EN C45 E	Ø12	Fosfatado	2
22AB002.51.M0 51-010.200.0024		Torno	PE-UHMW-500	Ø12,5	Sem tratamento	2
22AB002.51.M0 51-010.200.0026		Corte laser	EN S235 JR	6	Zincado	4
22AB002.51.M0 51-010.200.0027		Corte laser Furação roscada	EN S235 JR	6	Zincado	4
22AB002.51.M0 51-010.200.0028		Torno	EN C45 E	Ø20	Fosfatado	4
22AB002.51.M0 51-010.200.0029		Torno	PE-UHMW-500	Ø15	Sem tratamento	8

Tabela 42- Listagem das peças do protótipo (continuação)

22AB002.51.M0 51-010.200.0031		Corte laser Furação roscada	EN S235 JR	6	Zincado	1
22AB002.51.M0 51-010.200.0032		Torno	EN C45 E	ø8	Fosfatado	2
22AB002.51.M0 51-010.200.0033		Corte laser	DX51 D Z200	3	Sem tratamento	1
22AB002.51.M0 51-010.200.0034		Corte laser	EN S235 JR	3	Zincado	4
22AB002.51.M0 51-010.300.0002		Corte laser	DX51 D Z200	3	Sem tratamento	6
22AB002.51.M0 51-010.300.0015		Corte laser	DX51 D Z200	1,5	Sem tratamento	6

Tabela 42- Listagem das peças do protótipo (continuação)

22AB002.51.M0 51-010.300.0004		Maquiagem Furação roscada	Alumínio	-	Sem tratamento	6
22AB002.51.M0 51-010.300.0006		Corte laser Quinagem	DX51 D Z200	3	Sem tratamento	6
22AB002.51.M0 51-010.300.0008		Maquinagem	POM	ø40	Sem tratamento	60
22AB002.51.M0 51-010.300.0009		Torno	EN C45 E	ø15	Fosfatado	60
22AB002.51.M0 51-010.300.0014		Torno	EN C45 E	ø10	Zincado	18

Tabela 42- Listagem das peças do protótipo (continuação)

22AB002.51.M0 51-010.300.0016		Corte laser	DX51 D Z200	3	Sem tratamento	6
22AB002.51.M0 51-010.400.0004		Corte laser Furação roscada	EN S235 JR	10	Zincado	2
22AB002.51.M0 51-010.400.0006		Corte laser	DX51 D Z200	3	Sem tratamento	1
22AB002.51.M0 51-010.500.0001		Corte laser Furação roscada	DX51 D Z200	3	Sem tratamento	2
22AB002.51.M0 51-010.500.0002		Corte laser	DX51 D Z200	3	Sem tratamento	2
22AB002.51.M0 51-090.100.0001		Torno	PE-HMV- 500	ø20	Sem tratamento	2

Tabela 42- Listagem das peças do protótipo (continuação)

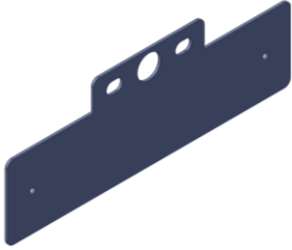
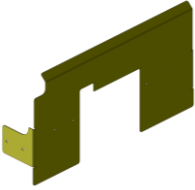
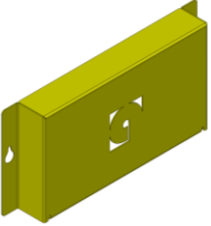
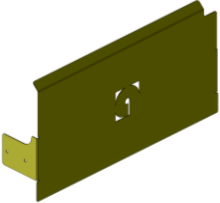

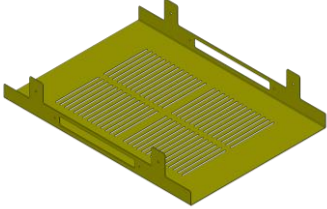
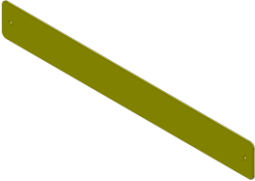
22AB002.51.M0 51-090.100.0004		Corte laser	DX51 D Z200	2	Sem tratamento	1
22AB002.51.M0 51-010.600.0001		Corte laser Quinagem	EN S235 JR	1,5	RAL 1021	1
22AB002.51.M0 51-010.600.0005		Corte laser Quinagem Soldadura	EN S235 JR	1,5	RAL 1021	1
22AB002.51.M0 51-010.600.0007		Corte laser Quinagem	EN S235 JR	1,5	RAL 1021	1
22AB002.51.M0 51-010.600.0011		Corte laser	EN S235 JR	1,5	RAL 2002	2
22AB002.51.M0 51-010.600.0012		Corte laser	EN S235 JR	1,5	RAL 1021	1

Tabela 42- Listagem das peças do protótipo (continuação)

22AB002.51.M0 51-010.600.0013		Corte laser	EN S235 JR	1,5	RAL 1021	2
----------------------------------	---	-------------	------------	-----	----------	---

3.8.6. Desenhos de pormenor

O principal método de fabrico de peças utilizado pela Antípoda é o corte de chapas em laser. Para tal, a máquina de corte a laser apenas necessita de um ficheiro com a extensão dxf do desenho de uma dada peça. Tendo isto em conta, os desenhos técnicos das peças fabricadas a laser são muito simples, e apenas são necessárias as maiores cotas da peça assim como a sua espessura, para que o operador possa verificar se esta tem as dimensões corretas após ter sido cortada. A Figura 135 exemplifica o desenho técnico de uma peça cortada a laser.

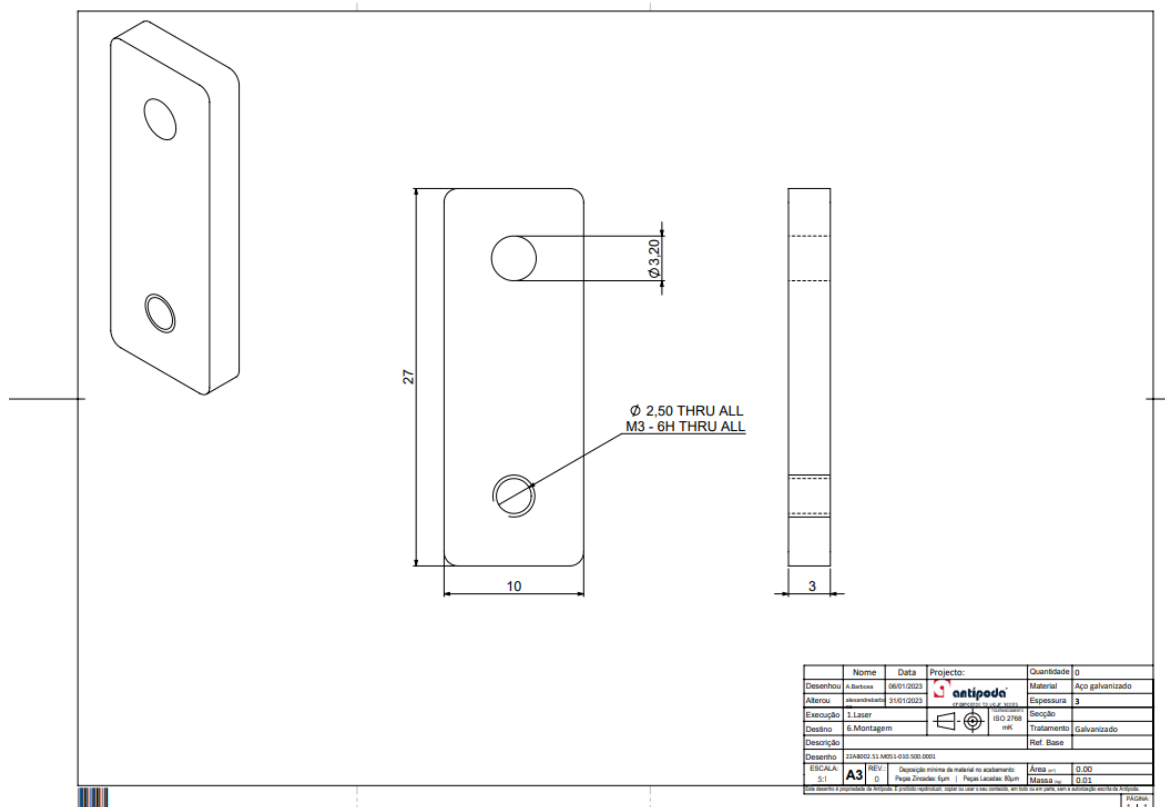


Figura 135 - Desenho técnico de uma peça cortada a laser

A Figura 136 representa o desenho técnico do veio dos roletes. Esta, sendo uma peça executada no torno, necessita de todas as cotas para ser fabricada. Como esta peça ajusta com aperto no interior de um rolamento, foi necessário considerar um toleranciamento j6 na superfície correspondente.

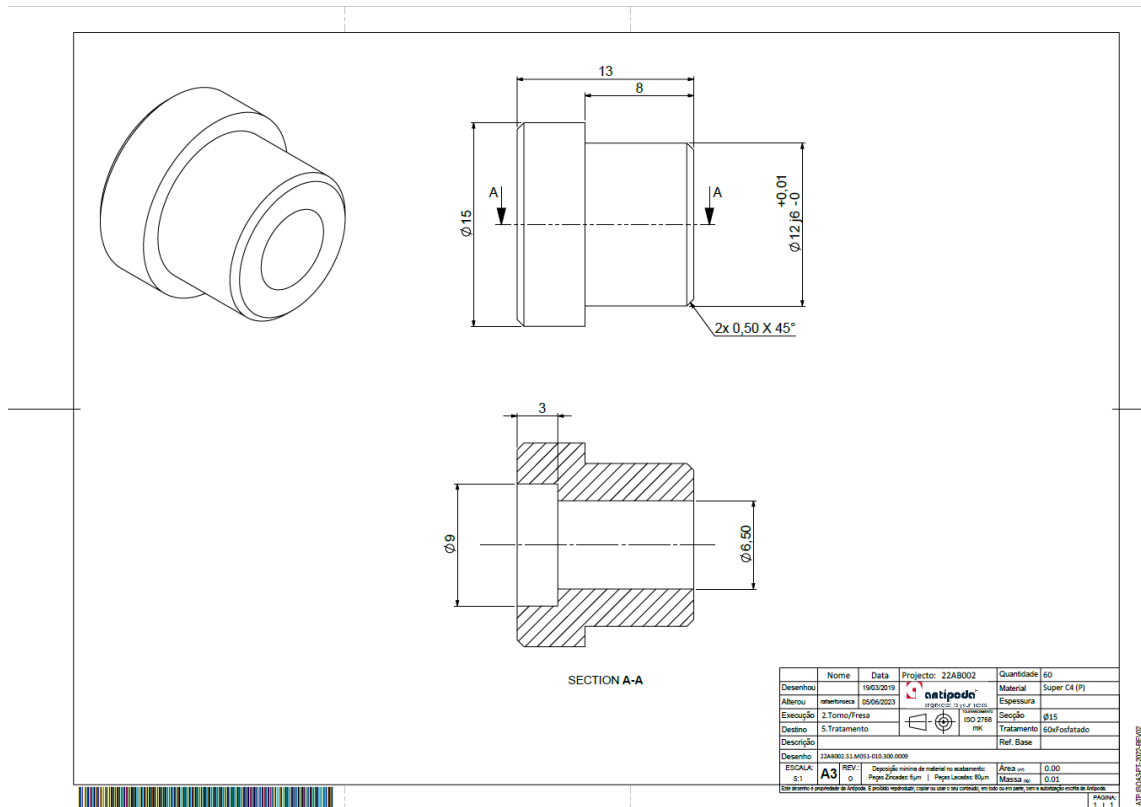


Figura 136 - Desenho técnico do veio dos roletes

A Figura 137 representa o desenho técnico da base do equipamento, esta também cortada a laser. No entanto, neste caso ainda foi necessária uma operação posterior de quinagem. As linhas de quinagem estão representadas a traço interrompido no desenho. Não é necessário cotar os furos passantes no desenho pois são realizados pela máquina de corte a laser sem necessidade de indicação prévia. Já os furos roscados têm de se encontrar especificados no desenho técnico para serem posteriormente realizados. Para finalizar, também se deve salientar a representação do cordão de soldadura nos quatro vértices que unem as abas quinadas.

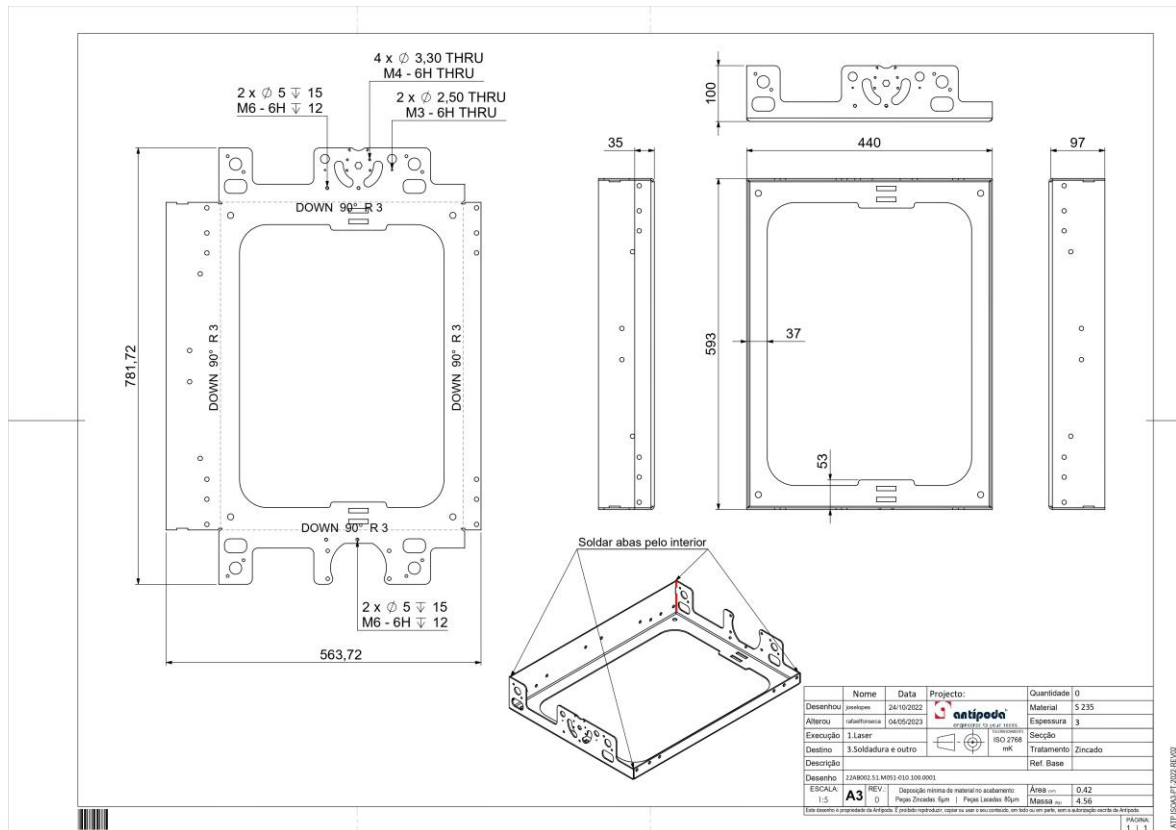


Figura 137 - Desenho técnico da base da estrutura

Nomenclatura

A referência interna das peças segue uma lógica aplicada a todos os projetos da Antípoda, de forma que somente através da referência seja possível navegar os documentos internos para se chegar à peça pretendida. Utilizando como exemplo a primeira peça representada na Tabela 42, **22AB002.51.M051-010.100.0001**. O primeiro termo da referência refere-se ao nome interno da obra, neste caso **“22AB002”**. **“51.”** Identifica o tipo de equipamento, neste caso, uma transferência ortogonal. **“M051-010”** singulariza o equipamento em questão, pois uma dada obra pode ter vários equipamentos diferentes dentro do mesmo tipo de equipamento, por exemplo transportadores de rolos com comprimentos distintos. Por fim, é de realçar as duas últimas componentes da referência: **“.100.0001”**. Aqui, o **“100”** refere-se ao subconjunto a que a peça está inserida enquanto o **“0001”** indica o número da peça dentro do respetivo conjunto. Desta forma são considerados os seguintes conjuntos:

- **100** – Estrutura inferior;
- **200** – Módulo de elevação;
- **300** – Módulo de correias;
- **400** – Módulo do rolo motorizado de elevação;
- **500** – Módulo de sensores;
- **600** – Blindagens.

Os desenhos técnicos de todas as peças, assim como os desenhos de montagem e fabrico encontra-se disponíveis em anexo, tanto para o equipamento final como para o módulo de testes.

3.8.7. Plano de manutenção

A manutenção é um processo indispensável a qualquer equipamento industrial para assegurar o bom desempenho e vida útil do mesmo. Esta deverá ser efetuada em total segurança com o equipamento desligado de qualquer fonte de energia. Na Tabela 43 encontra-se o plano de manutenção preventiva para o equipamento em questão.

Tabela 43 - Plano de manutenção preventiva

Componente	Tarefa	Período		
		Semanal	Mensal	Trimestral
Rolos motorizados	Verificar se há rolos danificados (substituir se necessário)		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Verificar parafusos de fixação e reapertar se necessário		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Procurar ruídos excessivos de trabalho		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Medir consumo do rolo motorizado e comparar resultados com os valores apresentados na chapa de características do equipamento			<input checked="" type="checkbox"/>
Módulo de correias	Verificar a tensão da correia e ajustar conforme necessário		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Verificar se há roletes danificados (substituir se necessário)		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Verificar se existe desgaste nas correias			<input checked="" type="checkbox"/>
Transferência 24 V (geral)	Inspeção visual	<input checked="" type="checkbox"/>		
	Verificar se existem parafusos, porcas, etc. que possam estar desapertados e voltar a apertar		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Verificar se existe dano estrutural e reparar se necessário.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Dispositivos de controlo elétrico	Verificar se existem fios ou cabos expostos			<input checked="" type="checkbox"/>
	Verificar as lentes dos sensores fotoelétricos quanto a pó ou detritos que possam impedir o seu funcionamento normal	<input checked="" type="checkbox"/>		

3.8.8. Análise de custos

Estando o projeto do equipamento concluído, foi realizada um levantamento dos custos de produção e de mão de obra. A Tabela 44 demonstra os custos das peças, tanto feitas internamente, como as peças de laser, subcontratados foram necessários para executar as peças de torno. As peças normalizadas englobam todas as peças compradas a fornecedores, como casquilhos e parafusos.

Tabela 44 - Custo das peças constituintes do protótipo

Peças	Custo [€]
Laser	262,47
Torno	827,40
Rolos motorizados	207,32
Cartas de controlo	30,00
Material elétrico	56,24
Peças normalizadas	628,00
Correias	125,80
Acabamento	37,00
Total	2174,23

Também é necessário ter em consideração os custos de mão de obra para a montagem do protótipo. A Tabela 45 incide sobre os custos de montagem da máquina praticados na empresa.

Tabela 45 - Custos de mão de obra

Técnico	Preço / hora [€]	Horas de montagem	Custo total [€]
Mecânico	28,5	40	1140
Elétrico	28,5	16	456

A soma do custo total de fabrico com a mão de obra deste protótipo conduz a um custo total de 3770,23 €.

Na Figura 138 pode-se observar o diagrama de Gantt correspondente a este projeto. No eixo horizontal encontra-se o tempo, dividido em meses deste o início do projeto até à sua conclusão. No eixo vertical estão descritas as atividades ou tarefas a serem realizadas. No gráfico pode-se observar o tempo necessário para a conclusão das ditas tarefas com as suas respetivas dependências e custos associados. O diagrama foi realizado utilizando o *software* Microsoft Project.

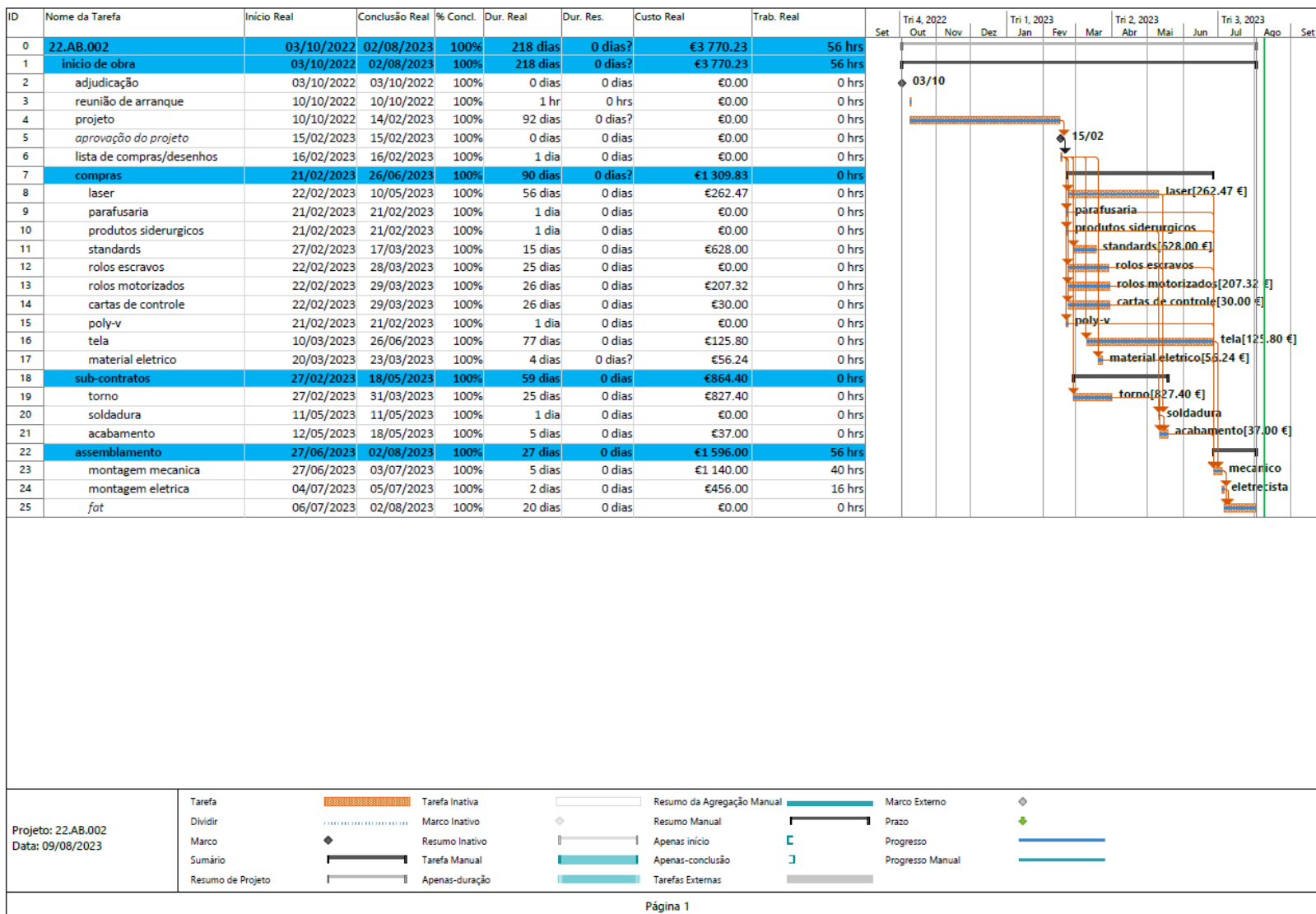


Figura 138 - Diagrama de Gantt

3.8.9. Construção de protótipo e validação de funcionamento

Neste capítulo surge a quinta fase da metodologia DSR, que visa avaliar o desempenho da solução desenvolvida. Neste capítulo é apresentada a construção do protótipo assim como os testes realizados ao mesmo.

Construção do protótipo e melhorias

Após todas as peças produzidas internamente terem sido fabricadas e os restantes componentes comprados já se encontrarem no chão de fábrica, deu-se início à construção do protótipo. Esta etapa é particularmente importante para se detetar erros que se possam ter sido feitos durante o projeto, assim como identificar novos pontos de melhoria.

Primeiramente, começou-se por montar os conjuntos mais extensos e repetitivos, neste caso, os 50 conjuntos dos roletes que integram o módulo de correias (Figura 139).



Figura 139 - Montagem dos conjuntos dos roletes

Os roletes, se bem que foram projetados para que os rolamentos entrassem à pressão com toleranciamento M7, revelaram ter um diâmetro interno com uma variação relativamente elevada, sendo que alguns rolamentos entravam à pressão enquanto outros continham folga. Para garantir que não havia escorregamento entre os rolamentos e os roletes utilizou-se uma cola de vedação, Peclock – 31638 da marca PECOL (Figura 140). Esta foi concebida para preencher espaços

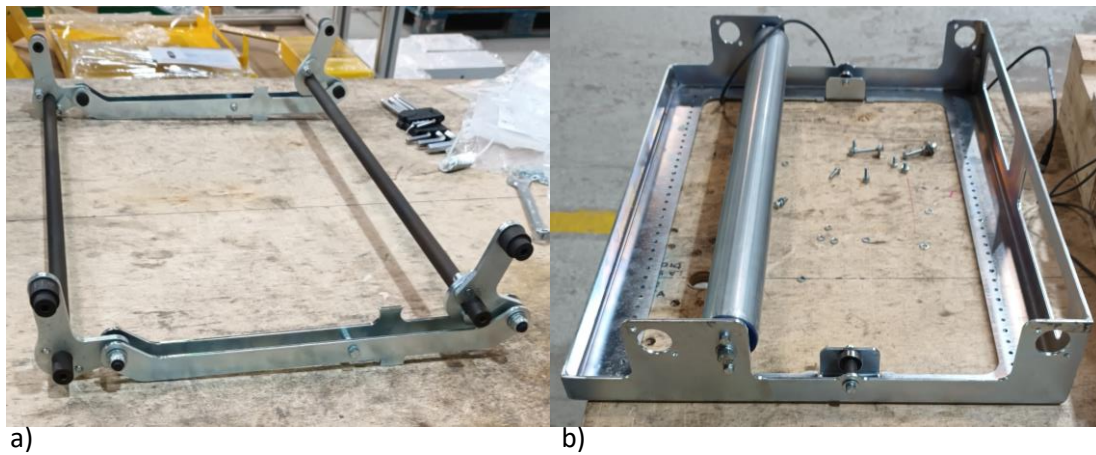


Figura 142 – a) Montagem do mecanismo de elevação; b) Montagem da mesa superior e rolo de acionamento das correias

A montagem do rolo motorizado revelou-se ser difícil (Figura 143), a ideia era montar a estrutura base e o mecanismo de sincronismo e de seguida o rolo motorizado. Este último era suposto entrar em ângulo no furo da estrutura base, no entanto, esta operação é impossível, pois as barras de sincronismo impedem o avanço do caracol e consequentemente a montagem do rolo.



Figura 143 - Dificuldade de montagem do rolo motorizado

Para solucionar este problema, foi desenhada uma nova base que contém um rasgo para a entrada do rolo motorizado, como ilustra a Figura 144.

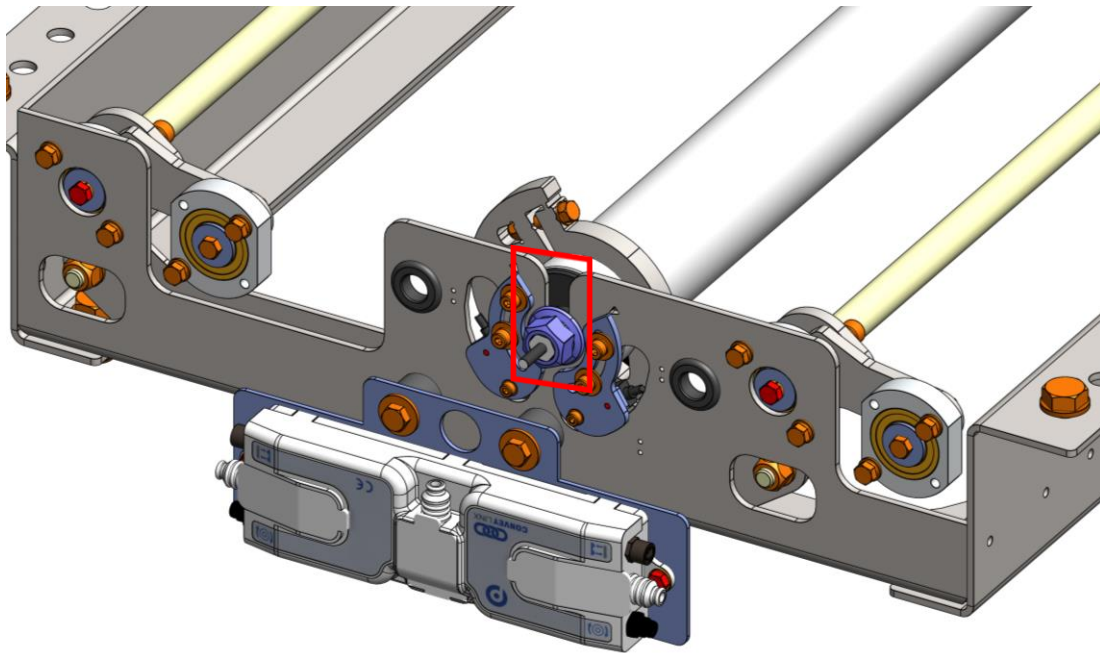
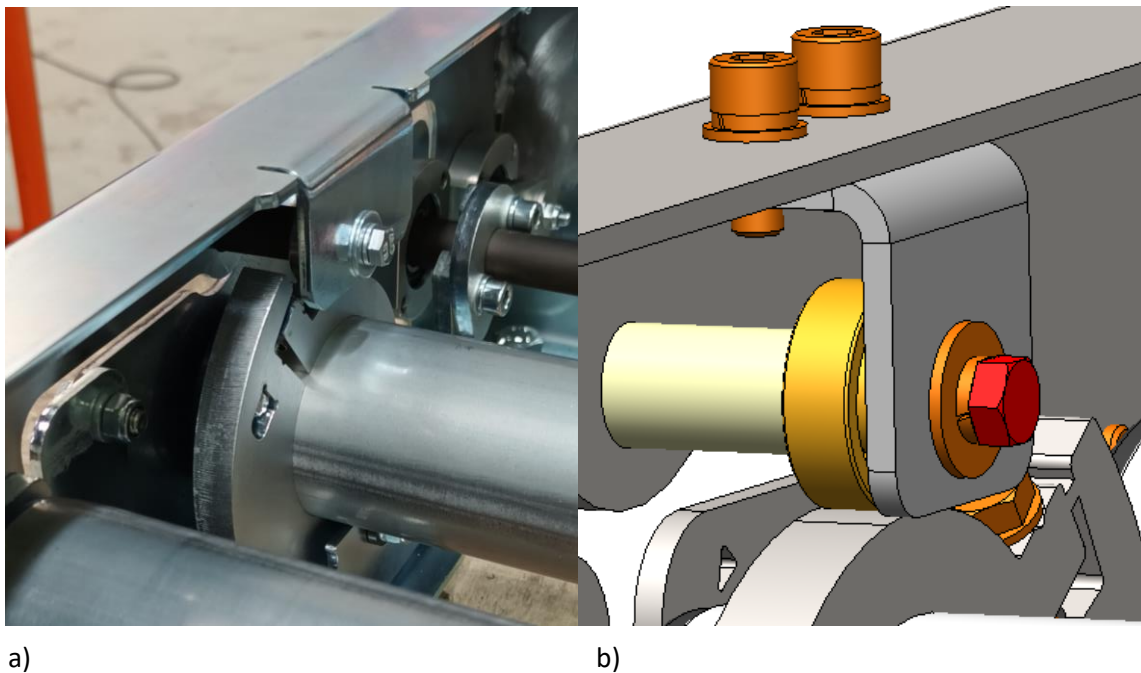


Figura 144 - Nova estrutura base com rasgo para facilitar a montagem do rolo motorizado

A montagem do suporte do rolamento, que faz a ligação do caracol com a mesa superior, foi mais complicada do que o esperado. Como referido no capítulo de projeto, a ideia de quinar a mesa superior para servir de apoio para o suporte é fundamentada pela redução de custos. No entanto, montar o rolamento no veio à pressão num espaço tão limitado é difícil e moroso (Figura 145 a)). Como tal, desenhou-se uma nova versão do suporte que consiste numa peça em “L” (Figura 145 b)). Assim, é possível montar o rolamento no veio e posteriormente aparafusar o conjunto à peça em “L”, por fim, a peça em “L” contendo o veio e o rolamento é aparafusada à mesa superior.



a)

b)

Figura 145 - a) Suporte do rolamento do protótipo; b) Desenho da nova versão do suporte

Na Figura 146 encontra-se o protótipo montado e eletrificado, pronto para entrar na fase de testes que será descrita de seguida.

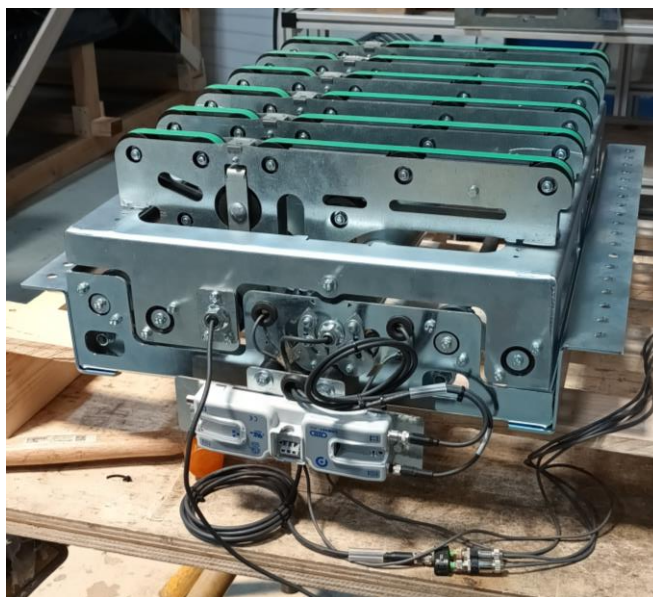


Figura 146 - Protótipo concluído, sem blindagens

Validação do funcionamento

De forma a não só validar o funcionamento correto do equipamento, mas também a verificar que este atende aos requisitos impostos foram realizados ensaios práticos. Os ensaios realizados foram definidos com um intuito progressivo, ou seja, os primeiros ensaios focam-se no funcionamento isolado de um certo módulo em vazio, enquanto os últimos ensaios simulam o funcionamento real do equipamento integrado numa linha de transporte em condições críticas. Deste modo, é possível verificar o funcionamento geral do equipamento em segurança e facilmente identificar com precisão possíveis falhas de componentes ou mecanismos.

Os ensaios que foram realizados, assim como a sua descrição, e resultados encontram-se organizados na Tabela 46.

Tabela 46 - Ensaios práticos realizados ao protótipo

Ensaio	Descrição	Objetivos	Resultados
Testes de acionamento em vazio	<p>Acionamento das correias;</p> <p>Teste do funcionamento do mecanismo de elevação em vazio.</p>	<p>Verificação do funcionamento geral do equipamento;</p> <p>Verificação do alinhamento das correias;</p> <p>Verificar se os roletes giram corretamente;</p> <p>Verificação do atrito da correia nos roletes;</p> <p>Verificação se o esticamento da correia é apropriado;</p> <p>Procura de ruídos excessivos durante o funcionamento.</p>	<p>Todos os objetivos foram verificados.</p>

Tabela 46- Ensaios práticos realizados ao protótipo (continuação)

Teste de elevação com carga	Acionamento do rolo responsável pela elevação com uma carga de 50 kg.	Verificação da capacidade de elevação da estrutura com uma carga de 50 kg; Verificação da suavidade da atuação do sistema; Verificação do impacto provocado nos batentes; Procura de ruídos excessivos durante o funcionamento; Verificação da temperatura dos rolos.	Todos os objetivos foram verificados.
Teste contínuo do acionamento das correias	O rolo responsável pelo acionamento das correias foi posto em funcionamento contínuo em ciclos de 8h; Teste repetido 3x.	Verificação do alinhamento das correias; Verificação da tensão das correias; Verificação da existência de quaisquer danos no equipamento; Verificação da temperatura dos rolos motorizados.	Todos os objetivos foram verificados (à exceção de que foi encontrado pó derivado de um dos roletes, devido a um ligeiro contacto com uma das blindagens da cassette).
Teste contínuo do ciclo de elevação	Descida, elevação e acionamento, paragem e mudança de sentido das correias; Ensaio contínuo durante 8 h; Teste repetido com 10, 30 e 50 kg.	Verificação do alinhamento das correias; Verificação da tensão das correias; Procura de ruídos excessivos de trabalho; Verificação da existência de quaisquer danos no equipamento; Verificação da temperatura dos rolos motorizados; Verificação do consumo energético dos rolos motorizados; Verificação do desgaste de componentes; Identificação de zonas com maior acumulação de lixo.	Todos os objetivos foram verificados.

É importante referir que para o último ensaio foi criado um pequeno circuito de forma que o protótipo recebesse uma caixa, proveniente de um transportador de rolos adjacente, descesse ao seu limite inferior, volta-se a elevar a mesma e a transferisse para o mesmo transportador de rolos (Figura 147).

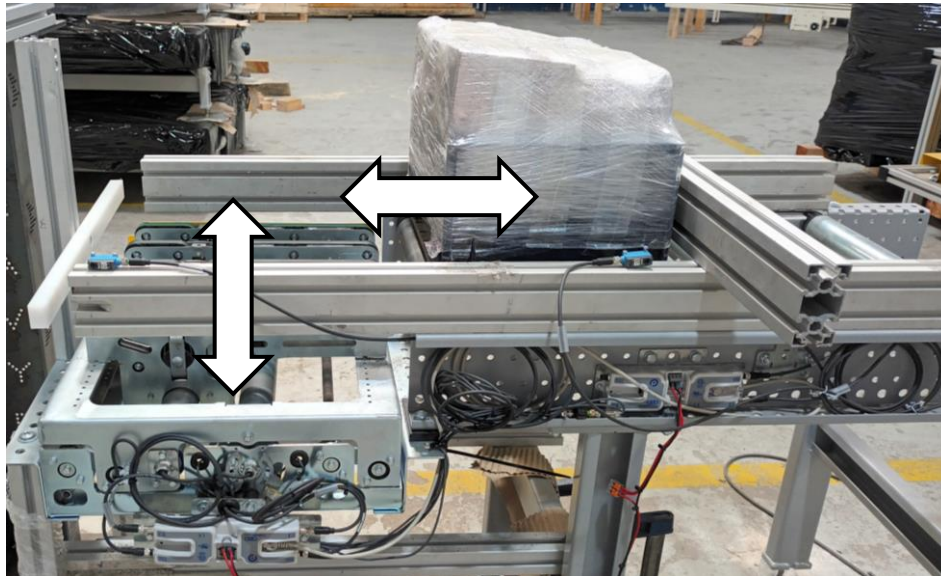


Figura 147 - Teste contínuo do ciclo de elevação

Assim, pode-se analisar como é que o sistema reage à subida e descida contínua, assim como à travagem e mudança de sentido de movimento das correias. Também é possível calcular o tempo de ciclo e conseqüentemente a cadência do processo. É importante referir que este teste apresenta condições mais difíceis do que o caso real, pois no último a carga não desce completamente apoiada pelas correias. Ou seja, o rolo não tem de vencer a inércia da carga no momento de travagem quando a estrutura se encontra no ponto inferior, assim como não tem de elevar a carga a partir de um ponto estacionário. Num caso real, quando as correias entram em contacto com uma caixa já possuem inercia, realizando menos esforço durante a elevação. Este ensaio garante uma margem de segurança elevada no que toca ao trabalho cíclico e contínuo do protótipo.

Cadência real

Durante os últimos ensaios realizados, foi possível observar o tempo de transferência de uma caixa. É esperado que o tempo de ciclo aumente em função do peso da caixa a ser transferida. Como tal, os tempos de ciclo foram cronometrados para caixas com 10, 30 e 50 kg, na Tabela 47.

Tabela 47 - Cadência do processo de transferência em função do peso da caixa

Peso da caixa [kgf]	Tempo de ciclo [s]	Cadência [unidades/hora]
10	≈ 1,6	2250
30	≈ 1,8	2000
50	≈ 2,0	1800

Os valores de cadência obtidos corroboram os resultados obtidos no cálculo teórico (1866 unidades/hora para uma caixa de 50 kg). Pode-se observar que o tempo de ciclo aumenta sensivelmente 0,1 segundos por cada 10 kg extra. Estes valores demonstram-se muito positivos, sendo que os objetivos de carga elevada e de cadência foram cumpridos.

4. CONCLUSÕES

A Antípoda propôs o desafio do desenvolvimento de uma transferência ortogonal, um equipamento capaz da manipulação de caixas transferindo-as de um transportador para outro adjacente. É também pretendido que esta nova máquina seja integrada no catálogo de equipamentos da Antípoda.

Tendo em conta os resultados obtidos, é possível concluir que o objetivo principal, que consistia em desenvolver um sistema capaz de elevar caixas e de realizar a sua transferência, foi concluído com sucesso. O equipamento em questão é capaz de realizar a tarefa pretendida com elevada fiabilidade e cadência a um custo competitivo.

Durante a fase de anteprojecto surgiu a ideia de se utilizar um caracol ao invés de um excêntrico a fim de realizar a elevação da estrutura superior. Este conceito inovador revelou-se muito eficaz e capaz de elevar mais carga do que os conceitos da concorrência, tornando-se um fator de distinção perante os outros equipamentos semelhantes no mercado internacional.

Os componentes mais críticos foram analisados através do método de elementos finitos. Os elementos analisados demonstraram-se suportar as cargas críticas impostas com coeficientes de segurança muito elevados. Realizando uma análise pelo método de elementos finitos mais profunda, seria possível otimizar várias peças, reduzindo de forma ainda mais significativa os custos de fabrico associados.

Após o término desta dissertação, algumas melhorias foram realizadas, nomeadamente ao módulo de cassetes e ao módulo de sensores, já que este último revelou inicialmente inconsistências no que toca à deteção do parafuso alvo.

Pode-se concluir que todos os objetivos foram cumpridos, resultando deste projeto um equipamento fiável e capaz de realizar a transferência de caixas com uma cadência elevada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Budynas, R. e K. Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Design*. 9th edition ed. 2010, New York: McGraw-Hill Education.
2. Vises, Y. *Utility Bench Vise*. 2023 [cited 2023 10/8]; Disponível em: https://yostvises.com/products/465-6-1-2-utility-bench-vise-apprentice-series?_pos=2&_sid=60ef1a0b0&_ss=r.
3. ADIRA. *Quinadora PA/PA Plus*. 2023; Disponível em: <https://adira.pt/produtos/quinadoras/pa-pa-plus/>.
4. BoshRexroth. 2023; Disponível em: <https://www.boschrexroth.com/en/gb/products/product-groups/assembly-technology/topics/aluminum-profiles-solutions-components/>.
5. Haberkorn. *Timing belt conveyors*. [cited 2023; Disponível em: <https://www.haberkorn.cz/en/timing-belt-conveyors/>.
6. Vieira, A., *Projeto de microinjetora de termoplásticos para a indústria automóvel*. 2020, ISEP.
7. Walter Pfeil, M.P., *Estruturas de aço dimensionamento prático*. Oitava edição ed. 2009.
8. Soares, P., *Aços - Características e tratamentos*. 2010, Porto, Portugal: Publindústria.
9. CEN, *DIN EN 10025-2: Hot rolled products of structural steels - Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels*. 2005, Comité Europeu de Normalização: Bruxelas, Bélgica.
10. Buzinelli, D.V., *Dimensionamento de elementos estruturais em alumínio*. 2000, Mestrado em Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo: São Paulo, Brasil.
11. WORTHY. *Why are CNC machined aluminum parts popular in manufacturing?* [cited 2023; Disponível em: <https://www.worthyhardware.com/news/why-are-cnc-machined-aluminum-parts-popular-in-manufacturing/>.
12. J. Randolph Kissell, R.L.F., *Aluminum structures - A guide to their specification & design*. 2002.
13. ECOS. *Perfil de alumínio estrutural*. [cited 2023; Disponível em: <https://www.ecos.eng.br/perfil-aluminio-estrutural>.
14. Padilha, A.F., *Materiais de engenharia - microestrutura e propriedades*. 2000, Sofia, Bulgária: Hemus.
15. Arumugam, V., C. Kumar, e G. Joshi, *Polymer composites for thermal management: a review*. *Composite Interfaces*, 2016. **23**: p. 1-26.
16. Massy, J. e J. Massy, *Thermoplastic and thermosetting polymers*. *A Little Book about BIG Chemistry: The Story of Man-Made Polymers*, 2017: p. 19-26.
17. Advanced-EMC. *THE FIVE MOST POPULAR MATERIALS FOR POLYMER BUSHINGS AND THE STRENGTHS OF EACH*. [cited 2023; Disponível em: <https://advanced-emc.com/the-five-most-popular-materials-for-polymer-bushings-and-the-strengths-of-each/>.
18. IGUS. *Casquilhos autolubrificados*. [cited 2023; Disponível em: <https://www.igus.pt/iglidur/sleeve-bearing-with-flange>.
19. RidderFlex. *Guide rollers*. [cited 2023; Disponível em: <https://www.ridderflex.com/products/45/guide-rollers>.
20. AZOM. *The Use of Plastic Gears in Industries*. [cited 2023; Disponível em: <https://www.azom.com/news.aspx?newsID=59133>.
21. ISOPLAST. *Perfis de UHMW*. [cited 2023; Disponível em: <https://isolaplast.com.br/produto/perfis-de-uhmw/>.
22. Habasit. [cited 2023; Disponível em: <https://www.habasit.com/>.

23. Sitspa. *Curved modular belts*. [cited 2023; Disponível em: <https://sitspa.com/modular-belts-and-chains/curved-modular-belts/>].
24. LNEC. *EUROCÓDIGOS ESTRUTURAIIS*. 2023 [cited 2023 09/01]; Disponível em: <https://www.lnec.pt/pt/servicos/normalizacao-e-regulamentacao/normalizacao/ct-115-eurocodigos-estruturais/>.
25. INBEC. *Estruturas metálicas: ligações soldadas ou parafusadas?* 2022 [cited 2022 17/12]; Disponível em: <https://inbec.com.br/blog/estruturas-metalicas-ligacoes-soldadas-parafusadas>
26. CEN, *Eurocódigo 3, Parte 1-8*. 2010, Comité Europeu de Normalização: Bruxelas, Bélgica.
27. TWI. *What is Welding?* 2023; Disponível em: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-welding>.
28. Silva, F.J.G., *Tecnologia da Soldadura*. 2016, Porto: Publindústria.
29. Bale, E. *MIG Welding (GMAW)*. 2022 [cited 2023; Disponível em: <https://mewelding.com/mig-welding-process-principles/>].
30. Motofil. *Torque tube welding*. [cited 2023; Disponível em: <https://www.motofil.com/en/solution/95/torquetube-welding/>].
31. Jasic. *MIG Equipment System Explained*. [cited 2023; Disponível em: jasic.co.uk/post/mig-equipment-system-explained].
32. Fractory. *TIG Welding Explained*. [cited 2023; Disponível em: <https://fractory.com/tig-welding-explained/>].
33. unimig. *The Ultimate Guide to STICK Welding*. 2023 [cited 2023 10/8]; Disponível em: <https://unimig.com.au/the-ultimate-guide-to-stick-welding/>.
34. Bongas. *ATUADOR PNEUMÁTICO: O QUE É, TIPOS E VANTAGENS*. 2022 [cited 2022 21/12]; Disponível em: <https://bongas.com.br/atuador-pneumatico-o-que-e-tipos-vantagens/>
35. MTI. *Guia completo do cilindro pneumático*. [cited 2023; Disponível em: <https://www.mtibrasil.com.br/guia-do-cilindro-pneumatico.php>].
36. Festo. *Cilindro redondo, atuação simples ESNU*. Disponível em: https://www.festo.com/pt/pt/p/cilindro-redondo-atuacao-simples-id_ESNU_PUB/?page=0&q=%7E%3AfestoSortOrderScored.
37. Festo. *cilindro com haste*. 2023 [cited 2023 11/01]; Disponível em: https://www.festo.com/pt/pt/c/produtos/automacao-industrial/atuadores/atuadores-pneumaticos/cilindros-com-haste-id_pim215/.
38. FESTO. *Atuador linear DGC*. Disponível em: https://www.festo.com/pt/pt/p/atuador-linear-id_DGC/?page=0.
39. PneumaticProducts. *CKD* [cited 2023; Disponível em: <https://pneumatics.com.au/ckd-guided-cylinders/>].
40. Festo. *Atuador semi-rotativo DRVS*. Disponível em: https://www.festo.com/pt/pt/p/atuador-semi-rotativo-id_DRVS/?page=0.
41. Festo. *Cilindros de fole*. [cited 2023; Disponível em: https://www.festo.com/pt/pt/c/produtos/automacao-industrial/atuadores/atuadores-pneumaticos/atuadores-de-membrana-e-cilindros-de-fole/cilindros-de-fole-id_pim396/?page=0].
42. Groover, M.P., *Automation, Production Systems, and Computer-intergrated Manufacturing*. 2015, Reino Unido: Pearson Education.
43. Tetralon. *Bombas de engrenagens internas linha universal*. [cited 2023 07/07/2023]; Disponível em: <https://tetralon.com.br/processos-industriais/bombas-engrenagens/bombas-de-engrenagens-internas-linha-universal-heavy-duty-viking/>.
44. SEW. *Gearmotor*. 2022 [cited 2022 24/10]; Disponível em: https://www.sew-eurodrive.pt/products/gearmotors/gearmotors.html#was_ist_ein_getriebemotor.
45. Pulseroller. *SENERGY-AI MOTORIZED DRIVE ROLLER*. 2022 [cited 2022 2/11]; Disponível em: https://www.pulseroller.com/drives/senergy_ai/.
46. Sclater, N., *Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook*. 2001.

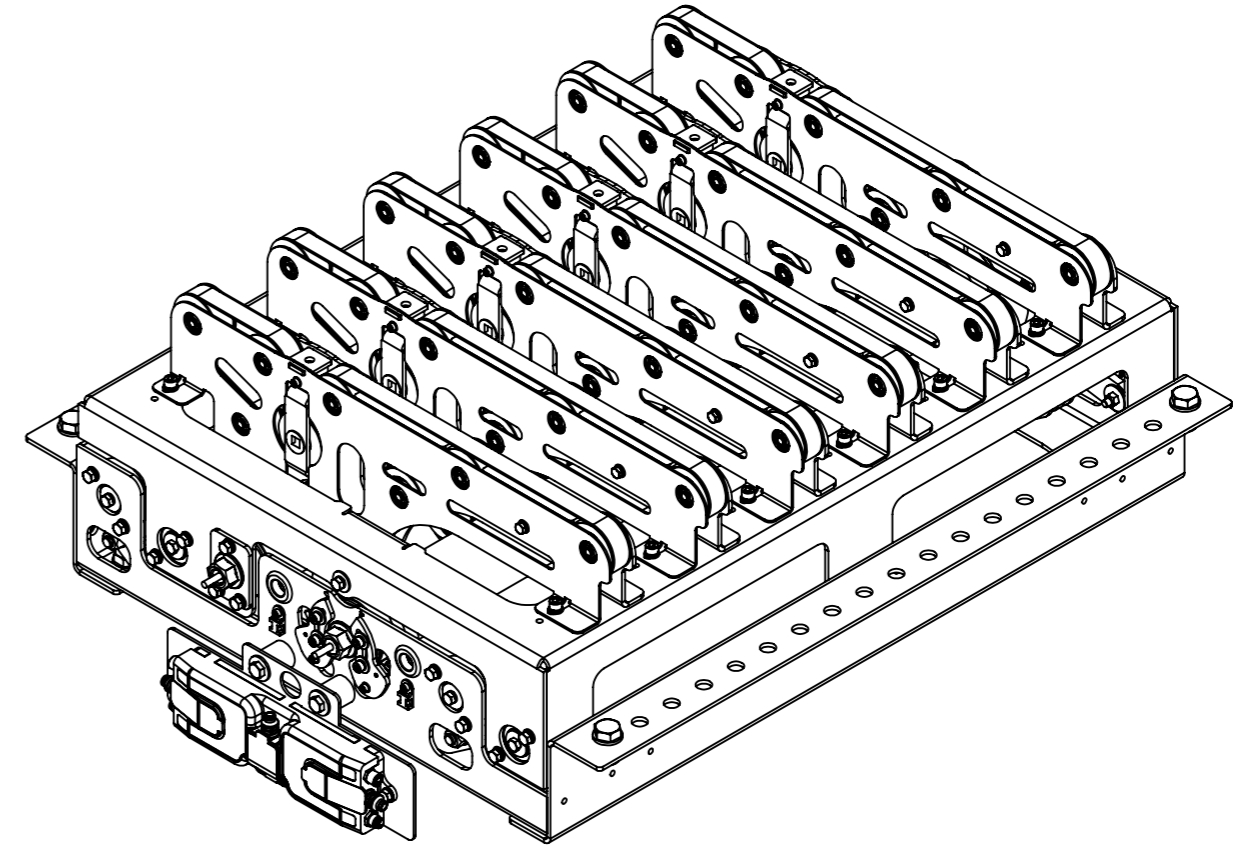
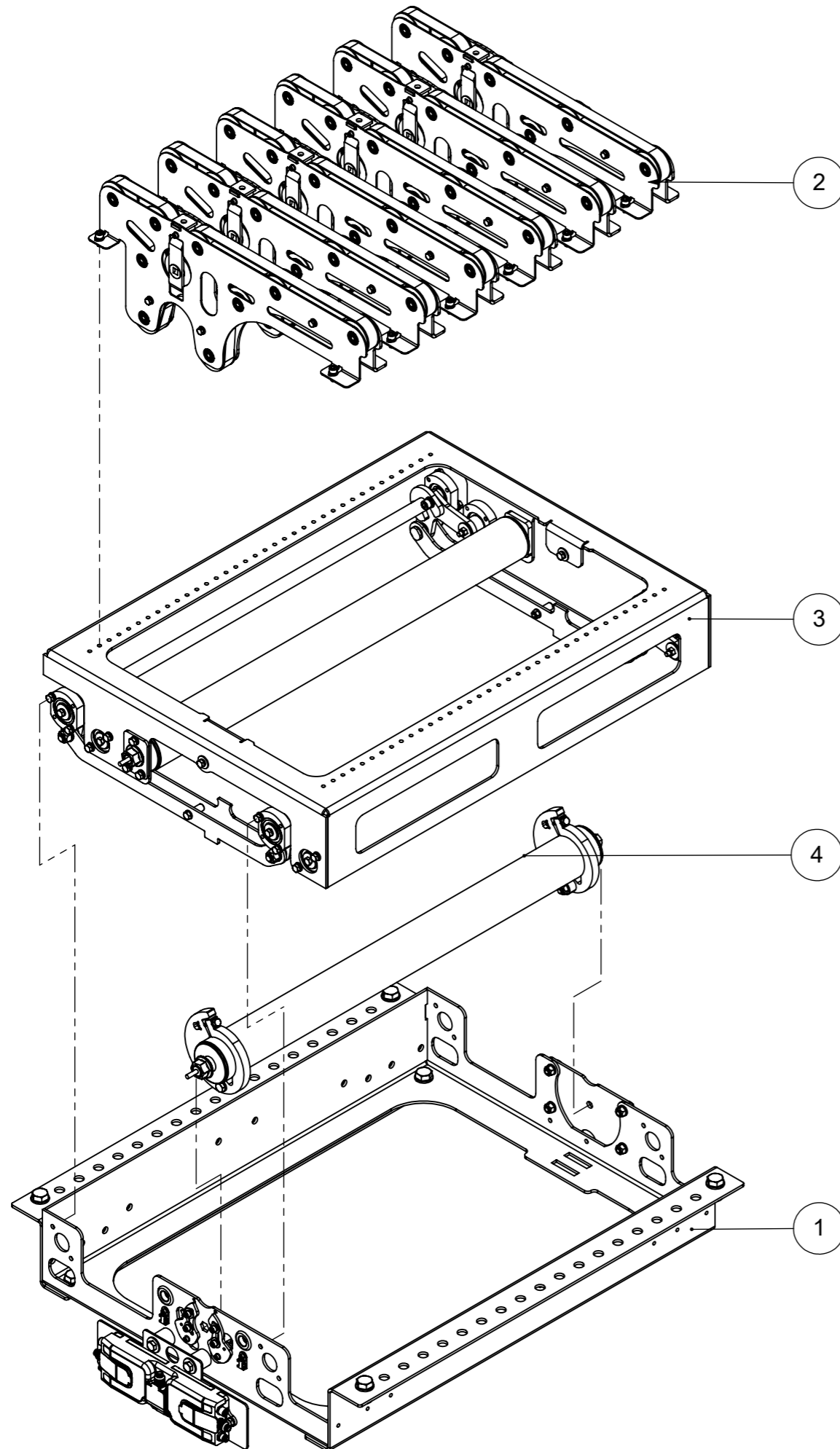
47. Rexnord. *The Different Types Of Gears*. [cited 2023; Disponível em: <https://www.rexnord.com/blog/articles/gear/types-of-gears#>].
48. Hiwin. *Fuso de esferas*. [cited 2023; Disponível em: <https://www.hiwin.com.br/2021/04/fuso-de-esferas-r40-10t4-fdi-1130-1200.html>].
49. Hiwin. *Guia linear*. 2023]; Disponível em: <https://www.hiwin.com.br/2020/08/guia-linear-para-alta-carga-hg.html>.
50. Norelem. *Correntes de rolos duplas DIN ISO 606*. [cited 2023; Disponível em: <https://norelem.es/pt/Vis%C3%A3o-geral-de-produtos/Sistemas-e-componentes-para-a-constru%C3%A7%C3%A3o-de-m%C3%A1quinas-e-equipamentos/22000/Correntes-Pinh%C3%B5es/Correntes-de-rolos-duplas-DIN-ISO-606-placa-curvada/p/agid.21791>].
51. Machinebelting. *Conveyor Flat Belts*. 2023]; Disponível em: <http://machinebelting.com/3-conveyor-flat-belts.html>.
52. SKF. *Rolamento rígido de esferas*. 2023 23/06/2023]; Disponível em: <https://www.skf.com/pt/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings>.
53. academy, D.C. *Intruduction to CAD*. 2022; Disponível em: <https://www.designtechcadacademy.com/knowledge-base/introduction-to-cad>.
54. Simscale. *What is CAE | Computer-Aided Engineering?* 2023 [cited 2023 05/1]; Disponível em: <https://www.simscale.com/docs/simwiki/general/what-is-cae-computer-aided-engineering/>
55. F.J. Granados-Ortiz, P.M.-H., J. Ortega-Casanova, *3D CFD simulation of the interaction between front wheels&brake ducts and optimised five-element F1 race car front wings under regulations*. 2023.
56. Autodesk. *What is CAM (Computer-Aided Manufacturing)?* 2023 [cited 2023 9/1]; Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/computer-aided-manufacturing-beginners/>.
57. Solidworks. *What's New in SOLIDWORKS CAM 2018*. 2018 [cited 2023 9/1]; Disponível em: <https://blogs.solidworks.com/solidworksblog/2017/10/whats-new-solidworks-cam-2018.html>.
58. Filament2print. *What laser cutting contributes to 3D printing*. 2019; Disponível em: https://filament2print.com/gb/blog/67_laser-cutting-3d-printing.html.
59. Fractory. *What is Computer-Aided Manufacturing (CAM)?* [cited 2023; Disponível em: <https://fractory.com/what-is-computer-aided-manufacturing-cam/>].
60. Domingues, J.S., *Apontamentos de Orgãos de Máquinas*. 2003, Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
61. Buffoni, S., *Critérios de Falha*.
62. Verifier, S. *What is von Mises Stress?* ; Disponível em: <https://sdcverifier.com/articles/what-is-von-mises-stress/>.
63. Mirlisenna, G. *Método dos Elementos Finitos: o que é?* 2016 [cited 2023 11/1]; Disponível em: <https://www.esss.co/blog/metodo-dos-elementos-finitos-o-que-e/>.
64. Campilho, R.D.S.G., *Método de Elementos Finitos - Ferramentas para Análise Estrutural*. 2012, Porto: Publindústria.
65. Verifier, S. *Why do you need to optimize your FEA model?* [cited 2023; Disponível em: <https://sdcverifier.com/articles/why-do-you-need-to-optimize-your-fea-model/>].
66. Matt Weber, G.V., *Solidworks Simulation Black Book*. 2015.
67. María Prados-Privado, J.P.-F., Rosa Rojo, Angel Manchón, Pietro Felice, Jose A. Bea, *Dental Implants Fatigue as a Possible Failure of Implantologic Treatment: The Importance of Randomness in Fatigue Behaviour*. 2015.
68. SolidWorks. *Solidworks web page*. 2023 [cited 2023; Disponível em: <https://www.solidworks.com/>].
69. Ansys. *Ansys web page*. 2023 [cited 2023; Disponível em: <https://www.ansys.com/>].


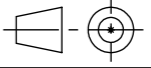
70. Abaqus. *Abaqus web page*. 2023 [cited 2023]; Disponível em: <https://www.3ds.com/products-services/simulia/products/abaqus/>.
71. Inventor. *Inventor web page*. 2023 [cited 2023].
72. Azevedo, Á.F.M., *Método de Elementos Finitos*. 2003, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
73. Santos, 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.
74. Santos, F., *A Estrutura Metálica em Portugal no ano 2017. E em 2027?* Construção Magazine, 2018.
75. Moreira, B., *Análise numérica de corte e estampagem em punçadora*. 2018.
76. Oliveira, H.D.B.C.L.d., *Design e desenvolvimento de uma solução modular de um veículo autónomo para transporte e manuseamento de cargas, baseado numa plataforma existente*. 2018.
77. Fernandes, J.P.L., *ESTRUTURA METÁLICA PARA SUPORTE DE UM TRANS-RUPTER*. 2019.
78. Silva, A., F.J.G. Silva, R.D.S.G. Campilho, e P.M.P.F. Neves, *A new approach to temperature control in the extrusion process of composite tire products*. Journal of Manufacturing Processes, 2021. **65**: p. 80-96.
79. Xu, Y., Y. Zhuge, M.R. Karim, R. Hassanli, M.M. Rahman, e M. Freney, *Structural analysis of a 3D dry-stack tyre wall by finite-discrete element method*. Engineering Structures, 2023. **281**: p. 115787.
80. MHI. *Automated Storage and Retrieval Systems*. [cited 2022 28/10]; Disponível em: <https://www.mhi.org/fundamentals/automated-storage>.
81. temesist. *AS/RS AUTOMATED STORAGE SYSTEMS*. [cited 2022 28/10]; Disponível em: <https://www.temesist.com/en/asrs-automated-storage-systems/>.
82. EUR-Lex. *Segurança das máquinas*. [cited 2023 8/01]; Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/PT/legal-content/summary/machinery-safety.html>.
83. Comissão, E. *CE marking*. 2021 [cited 2022 Novembro]; Disponível em: https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/ce-marking_en.
84. MECALUX. *Sinalização do chão do armazém: como fazer e que normas se aplicam?* 2022 [cited 2022 5/12/2011].
85. Federation, E.M.H. *What is FEM*. [cited 2021 20/10]; Disponível em: <https://www.fem-eur.com/about/>.
86. Camcode. *What is Warehouse Racking?* 2023 [cited 2023 05/01]; Disponível em: <https://www.camcode.com/blog/what-is-warehouse-racking/>.
87. Mecalux. *Transelevadores para paletes*. [cited 2022 12/11]; Disponível em: <https://www.mecalux.pt/armazens-automaticos-para-paletes/transelevadores-para-paletes>.
88. Boxtop. *Elevadores de Carga: o que são e como funcionam*. 2023 [cited 2023 10/01]; Disponível em: <https://www.boxtop.com.br/blog/elevadores-de-carga-o-que-sao-como-funcionam/>.
89. Mecalux. *Transportador inclinado: circuitos a medida en el almacén*. 2023; Disponível em: <https://www.mecalux.es/blog/transportador-inclinado>.
90. McGuire, P.M., *Conveyors Application, Selection and Integration*. 2010.
91. Cavallo, C. *All About Roller Conveyors - Types, Design, and Uses*. [cited 2022 12/11]; Disponível em: Cavallo, C. All About Roller Conveyors - Types, Design, and Uses.
92. Automation, A. *AMBER AUTOMATION POWERED & GRAVITY ROLLER CONVEYORS*. 2023 [cited 2023 8/01]; Disponível em: <https://www.amber-industries.ltd.uk/power-gravity-roller-conveyors.html>.
93. Antípoda. *Antípoda web page*. 2023 [cited 2023]; Disponível em: antipoda.eu.
94. Pulseroller. *PDU-90*. 2022 [cited 2022 20/10]; Disponível em: <https://www.pulseroller.com/assemblies/pdu-90>.

95. Griver. *What are automated guided vehicles?* 2022 [cited 2022 13/11]; Disponível em: <https://6river.com/what-are-automated-guided-vehicles/>.
96. CEIT, A. *AVG Forklift*. 2022 [cited 2022 Novembro]; Disponível em: <https://www.asseco-ceit.com/en/agv-systems/forklift-agvs/>.
97. Tecnology, P.A. *Guided vehicles*. 2022 [cited 2023 8/1]; Disponível em: <https://www.plantautomation-technology.com/products/scaglia-indeva/automated-guided-vehicles>.
98. Robots, M.I. *AGV vs. AMR - What's the Difference?* 2022 [cited 2022 6/12]; Disponível em: <https://www.mobile-industrial-robots.com/insights/get-started-with-amrs/agv-vs-amr-whats-the-difference/>.
99. Netland, L.W.O.M.T., *Applications of drones in warehouse operations*. Whitepaper. ETH Zurich, D-MTEC, Chair of Production and Operations Management, 2019.
100. Hindsman, A. *Intralogística, o que é?* 2022 [cited 2023]; Disponível em: <https://www.sage.com/pt-pt/blog/intralogistica-o-que-e/>.
101. Chevalier, S. *Retail e-commerce sales worldwide from 2014 to 2026*. 2022 [cited 2023 11/01]; Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/379046/worldwide-retail-e-commerce-sales/>.
102. Atkins, E. *The 10 trends you need to watch in 2023*. 2023 [cited 2023 11/01]; Disponível em: <https://www.insidelogistics.ca/features/the-10-trends-you-need-to-watch-in-2023/>.
103. Vieira, J.M.M., R.D.S.G. Campilho, F.J.G. da Silva, e I. de Jesús Sánchez-Arce, *Development of a rotation and lifting system for pallet rotary tables*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2022. **122**(11): p. 4321-4339.
104. Fernandes, J., F.J.G. Silva, R.D.S.G. Campilho, G.F.L. Pinto, e A. Baptista, *Intralogistics and industry 4.0: designing a novel shuttle with picking system*. Procedia Manufacturing, 2019. **38**: p. 1801-1832.
105. Yaohua Wu, D.Y., Wenkai Ma, *Optimization of storage location assignment in automated warehouse*. 2021.
106. Aleotti, J., A. Baldassarri, M. Bonfè, M. Carricato, D. Chiaravalli, R. Di Leva, C. Fantuzzi, S. Farsoni, G. Innero, D. Lodi Rizzini, C. Melchiorri, R. Monica, G. Palli, J. Rizzi, L. Sabattini, G. Sampietro, e F. Zaccaria *Toward Future Automatic Warehouses: An Autonomous Depalletizing System Based on Mobile Manipulation and 3D Perception*. Applied Sciences, 2021. **11**, DOI: 10.3390/app11135959.
107. 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**, DOI: 10.3390/machines10090811.
108. denki, I., *F-RAT-NX75 - Technical document*. 2021.
109. Habasit, *Machine Tapes - MAM-04H*. 2022.
110. PulseRoller, *Pulse Roller Drives overview*. 2023.
111. SICK. *Inductive proximity sensors IQM*. [cited 2023 Abril]; Disponível em: <https://www.sick.com/au/en/inductive-proximity-sensors/inductive-proximity-sensors/iqm/iq06-03bpsku2s/p/p233357>.
112. Pecol. *Peclock*. [cited 2023 Março]; Disponível em: <https://loja.pecol.pt/products/0106100101/peclock>.

ANEXOS – DESENHOS

Nº	QT	PART Nº	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.100.1000	1.Montagem
2	1	22AB002.51.M051-010.300.1000	1.Montagem
3	1	22AB002.51.M051-010.200.1100	1.Montagem
4	1	22AB002.51.M051-010.400.1000	1.Montagem

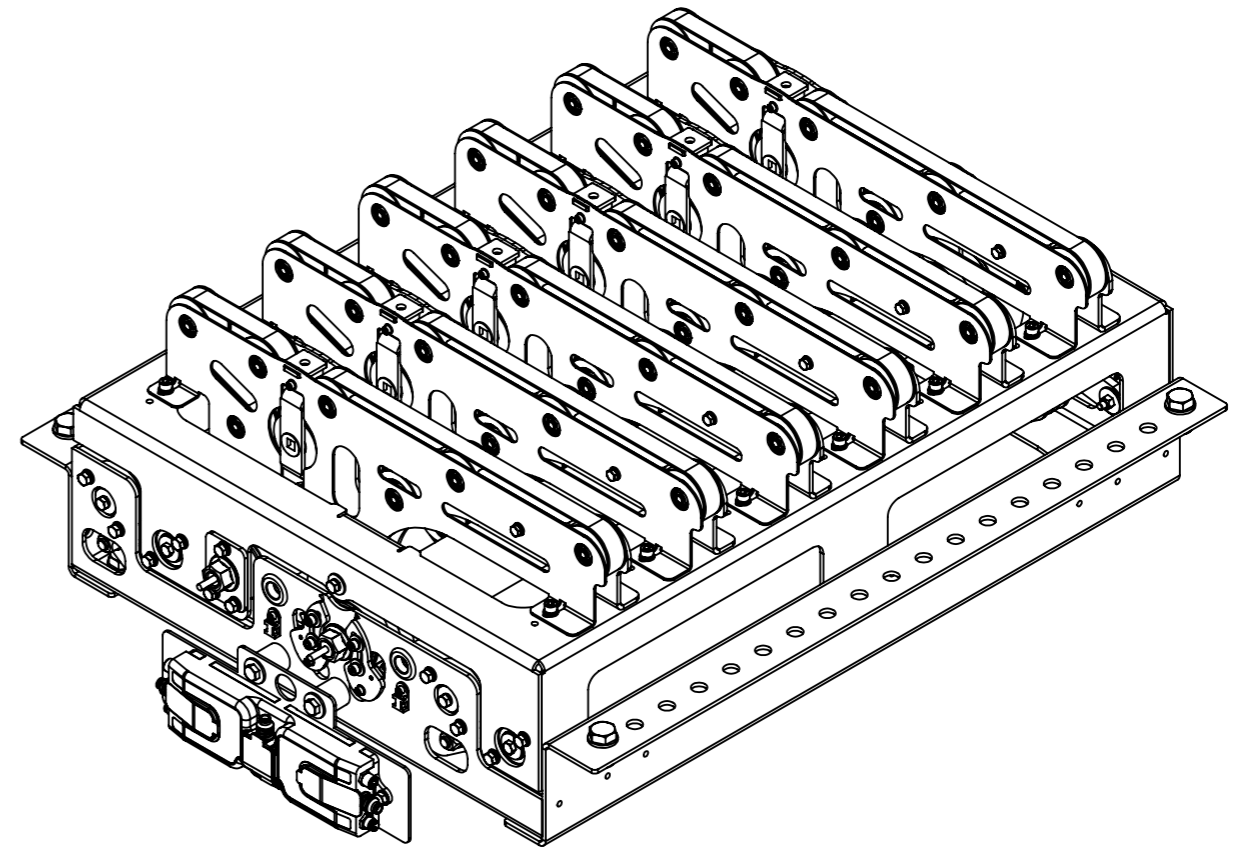
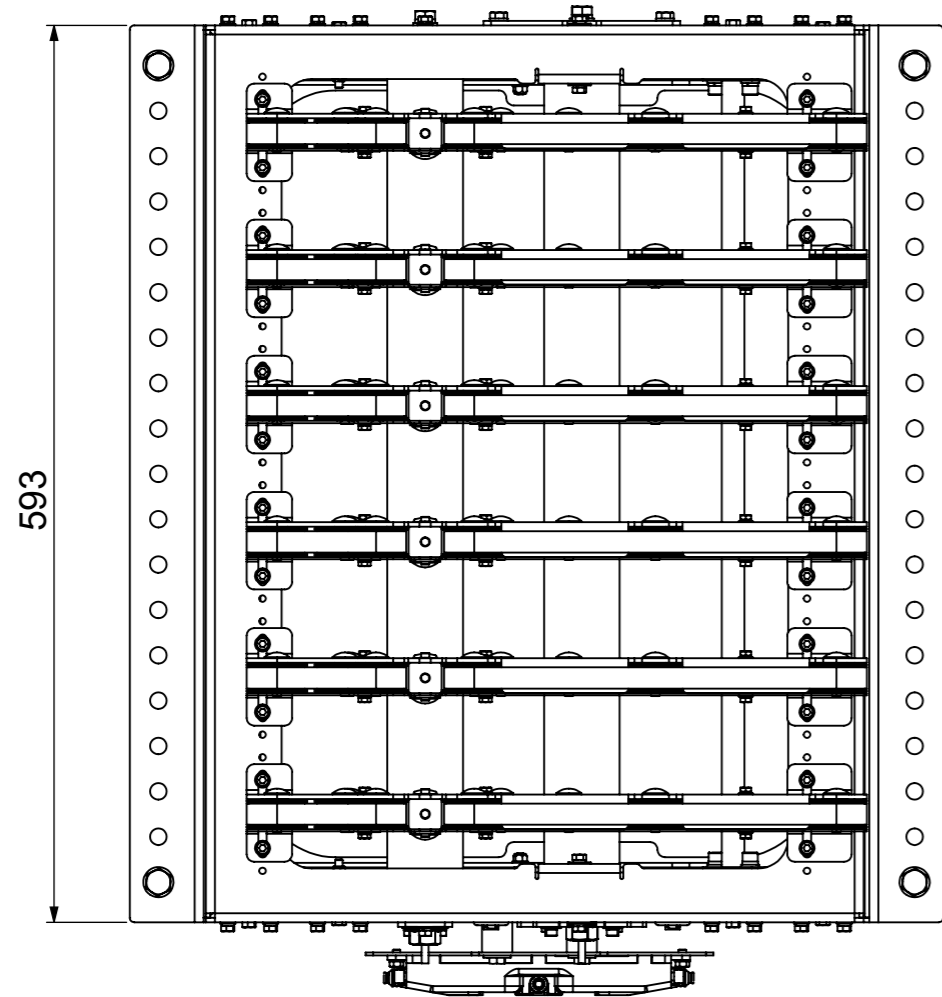
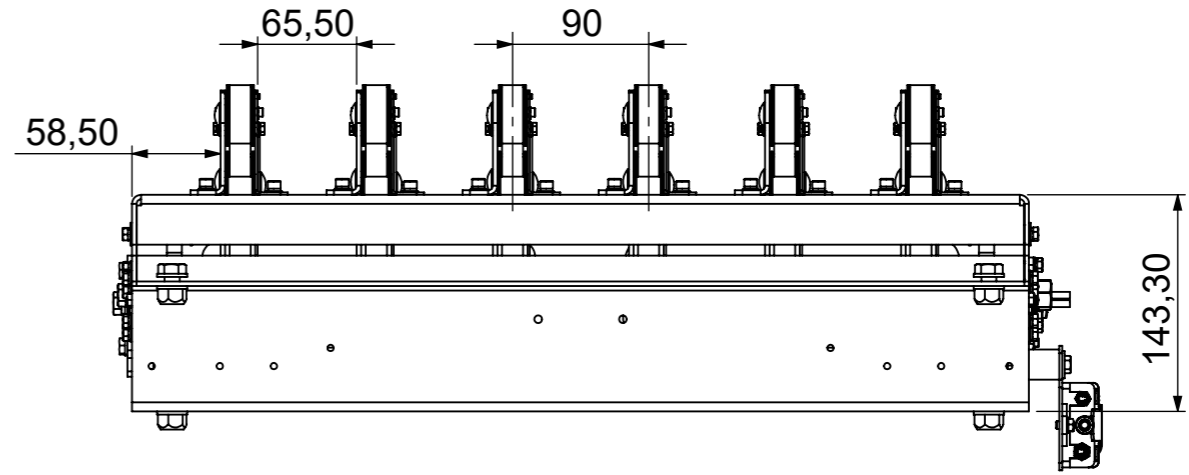
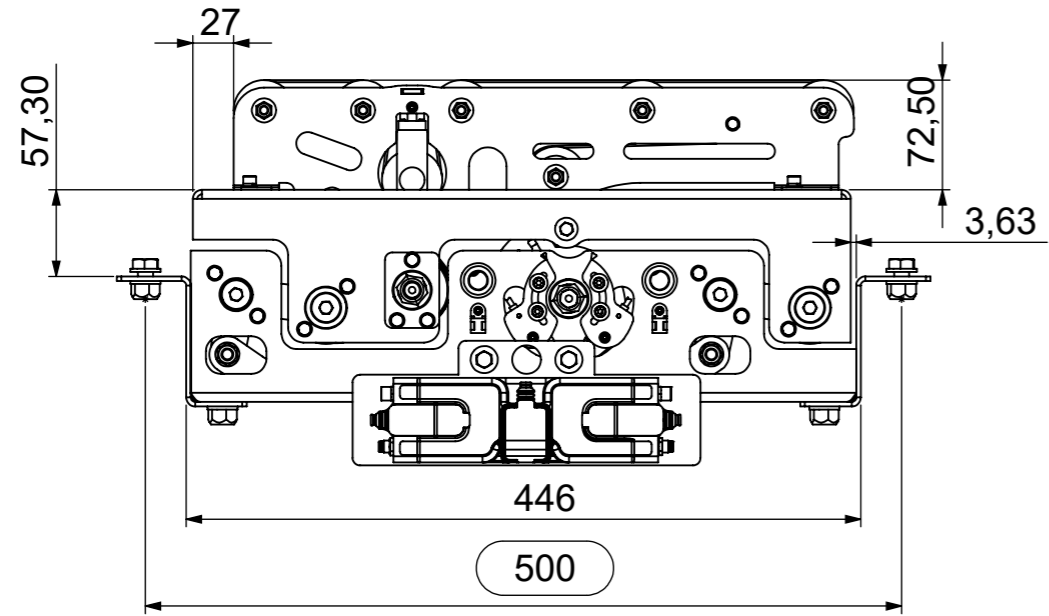



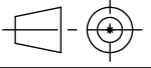
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	R.Fonseca	01/02/2023	 <small>engenharia to your needs</small>	Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	14/09/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	1x
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.00.0000.03				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	4.03
1:5		0		Massa (kg)	49.13

Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.



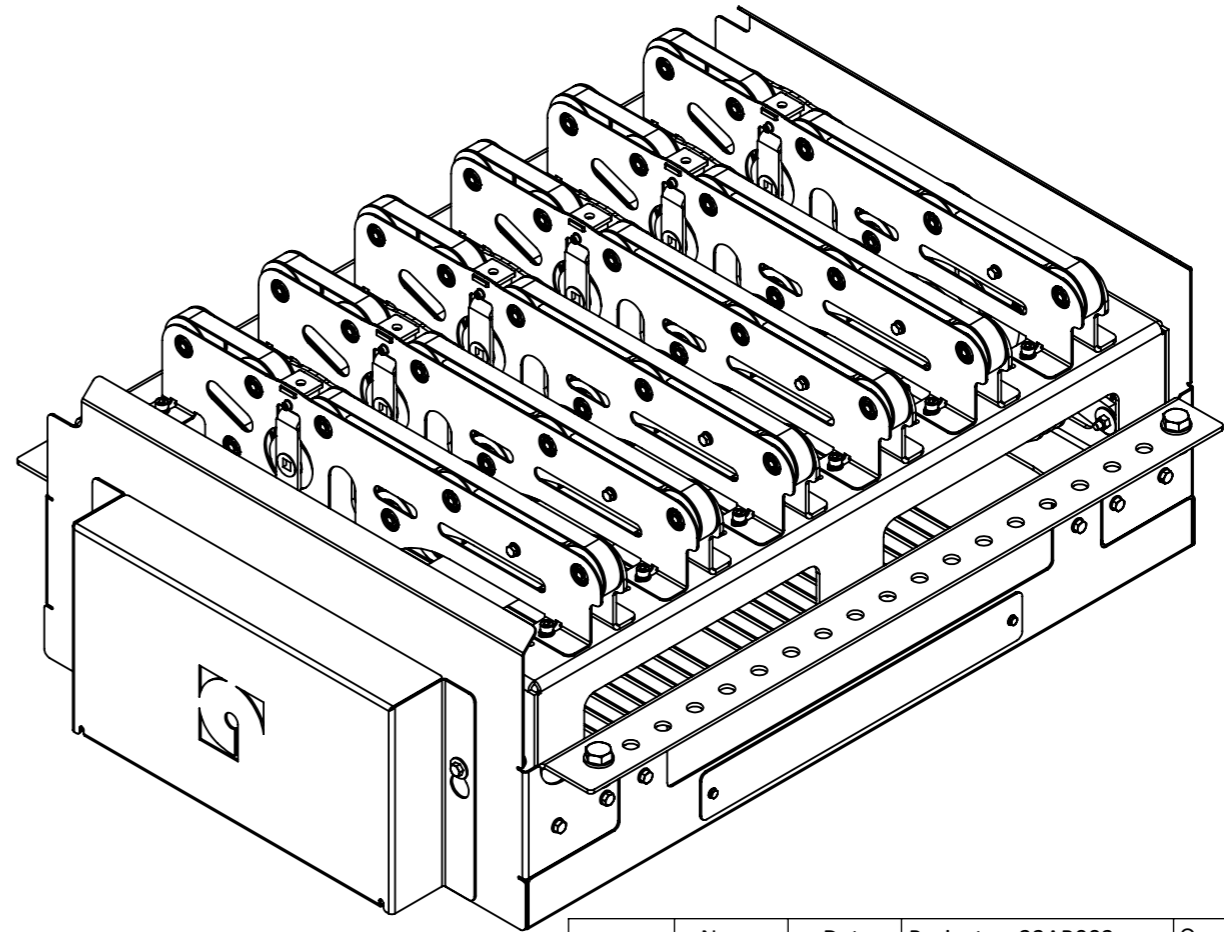
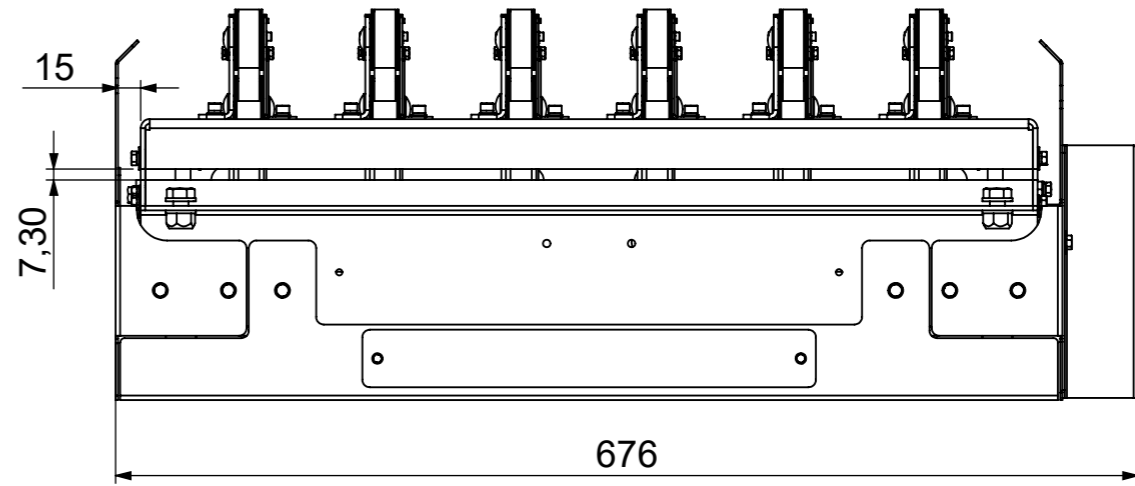
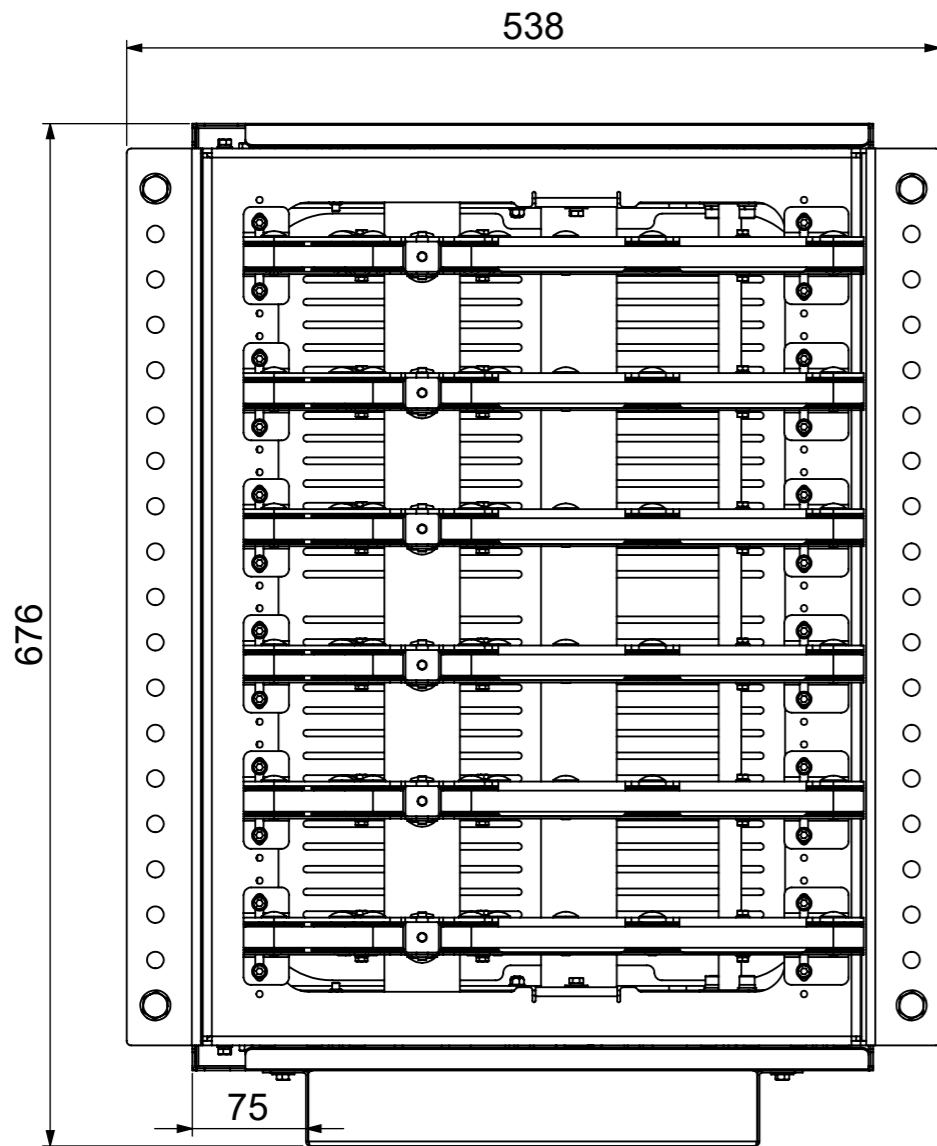
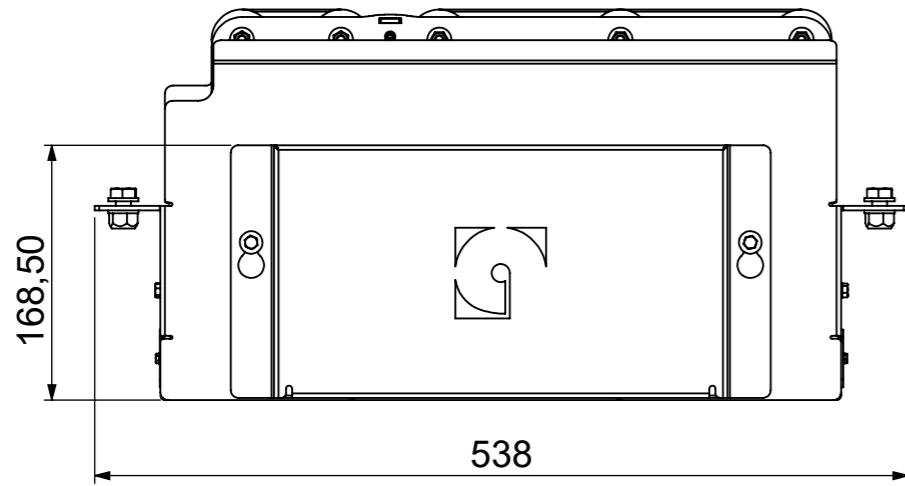
Medidas para a posição inferior da mesa Sem blindagens




	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	R.Fonseca	01/02/2023	 <small>engenharia to go, jr. 2023</small>	Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	14/09/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem	 <small>TOLERANCIAMENTO</small> <small>ISO 2768</small> <small>mK</small>	Secção		
Destino	1.Montagem		Tratamento	1x	
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.00.0000.03				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	4.03
1:5		0		Massa (kg)	49.13
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

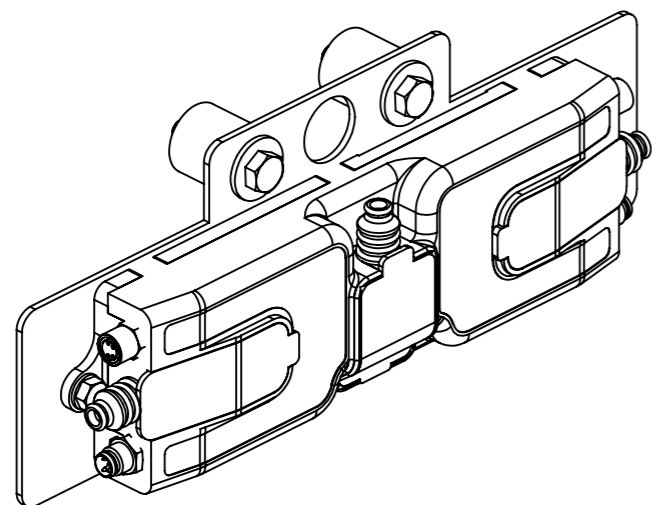


Cotas gerais com blindagens

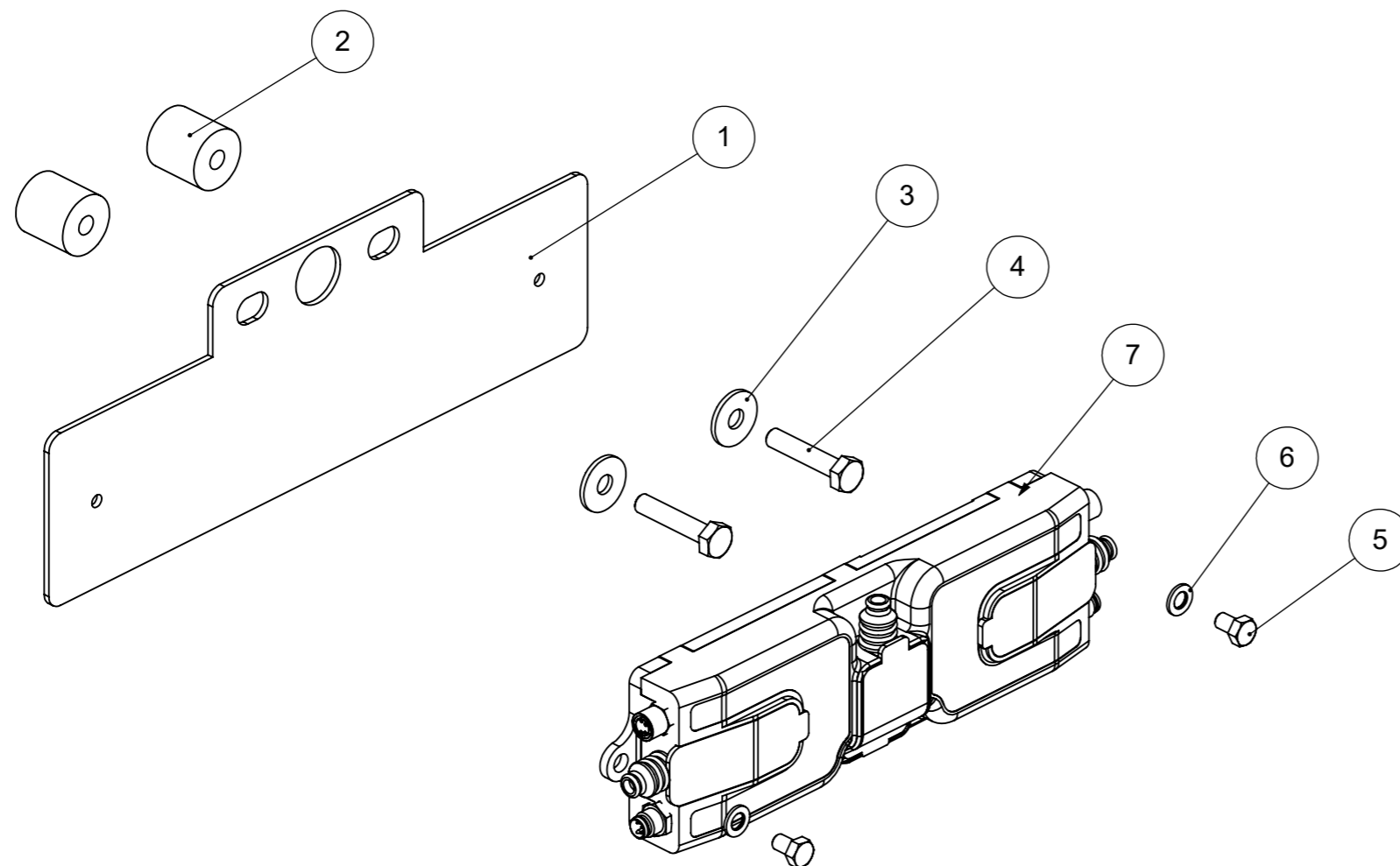
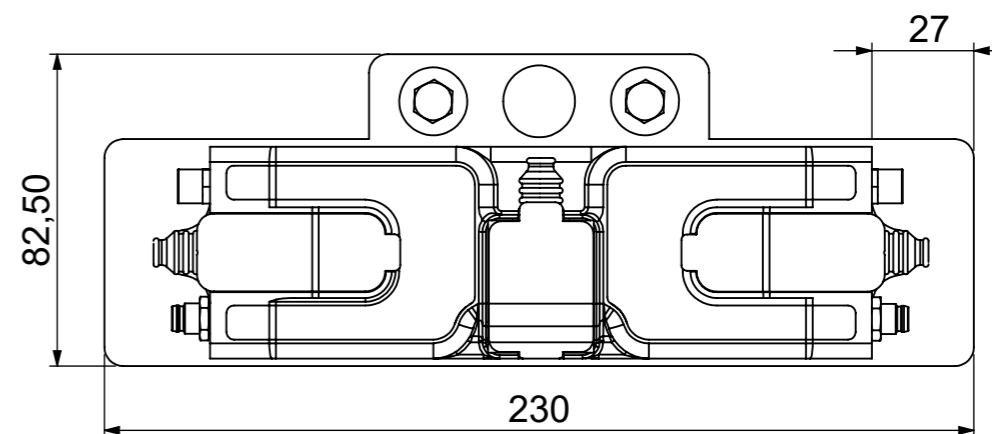
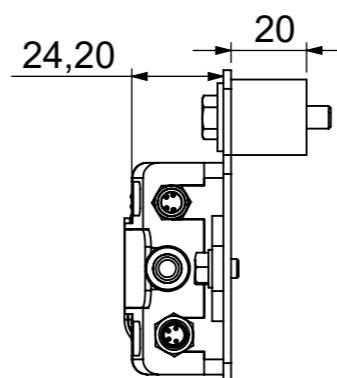


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	R.Fonseca	01/02/2023	 <small>engenharia de precisão</small>	Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	14/09/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	1x
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.00.0000.03				
ESCALA:	A3	REV.:	0	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²) 5.37
1:5				Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg) 56.61
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



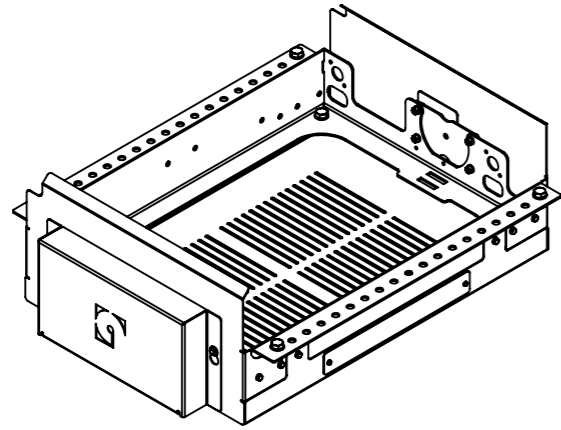


Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-90.100.0004		Aço galvanizado		1.Laser
2	2	22AB002.51.M051-90.100.0001		PE-HMW-500	20.00	2.Torno/Fresa
3	2	DIN9021 - 6	Anl. ab. larg. DIN9021 - 6			7.Parafusos
4	2	DIN933 - M6x30	Pf. sext. ext. - DIN933 - M6x30			7.Parafusos
5	2	DIN933 - M5x8	Pf. sext. ext. - DIN933 - M5x8			7.Parafusos
6	2	DIN125-1A - 5	Anl. plana DIN125-1A - 5			7.Parafusos
7	1	PULSEROLLER ConveyLinx_Ai2	PULSEROLLER ConveyLinx_Ai2	S 235		5.Standard

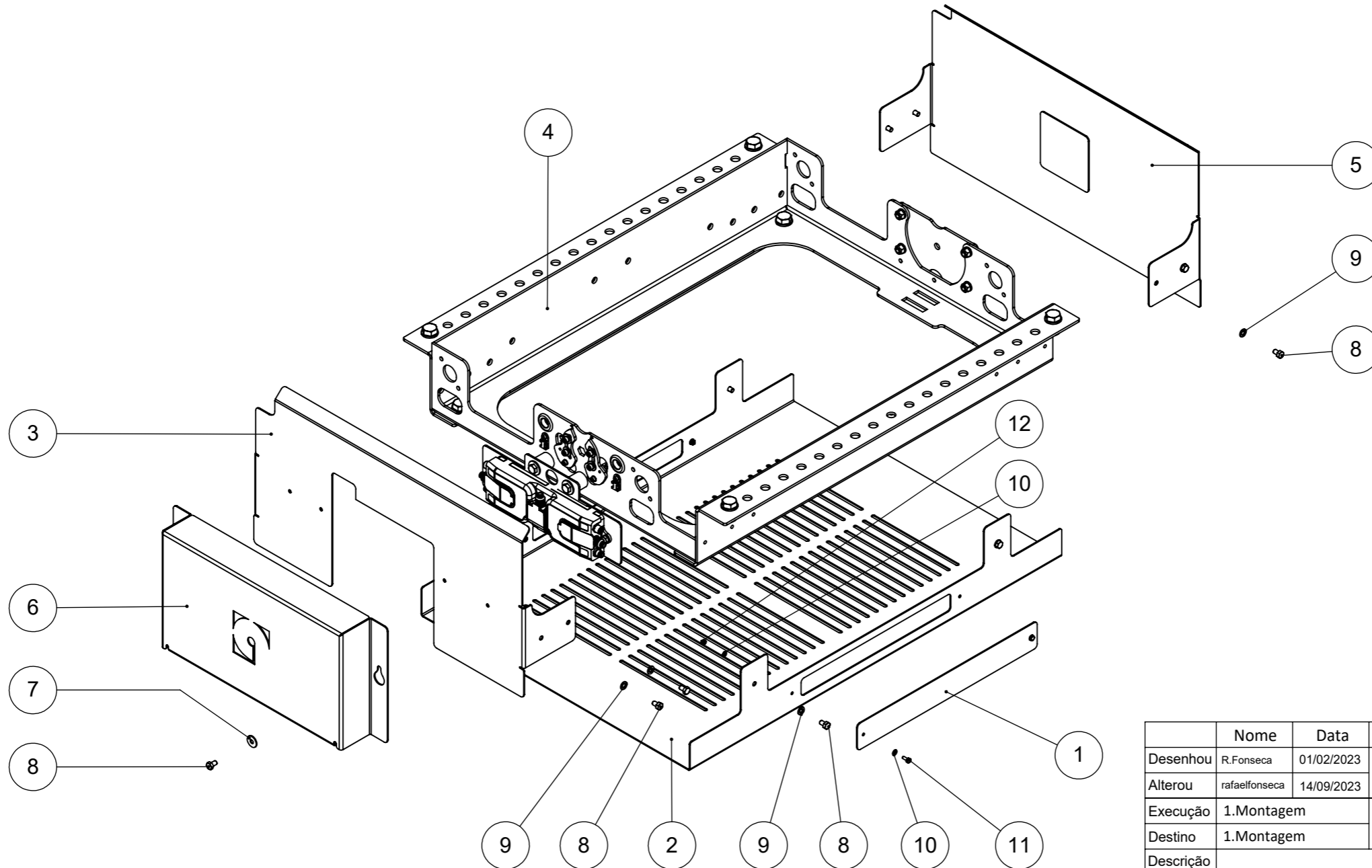


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	A.Barbosa	06/01/2023		Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	14/02/2023		Engenharia de Produto	Espessura
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-90.100.0100				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.15
1:2		0		Massa (kg)	0.99
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



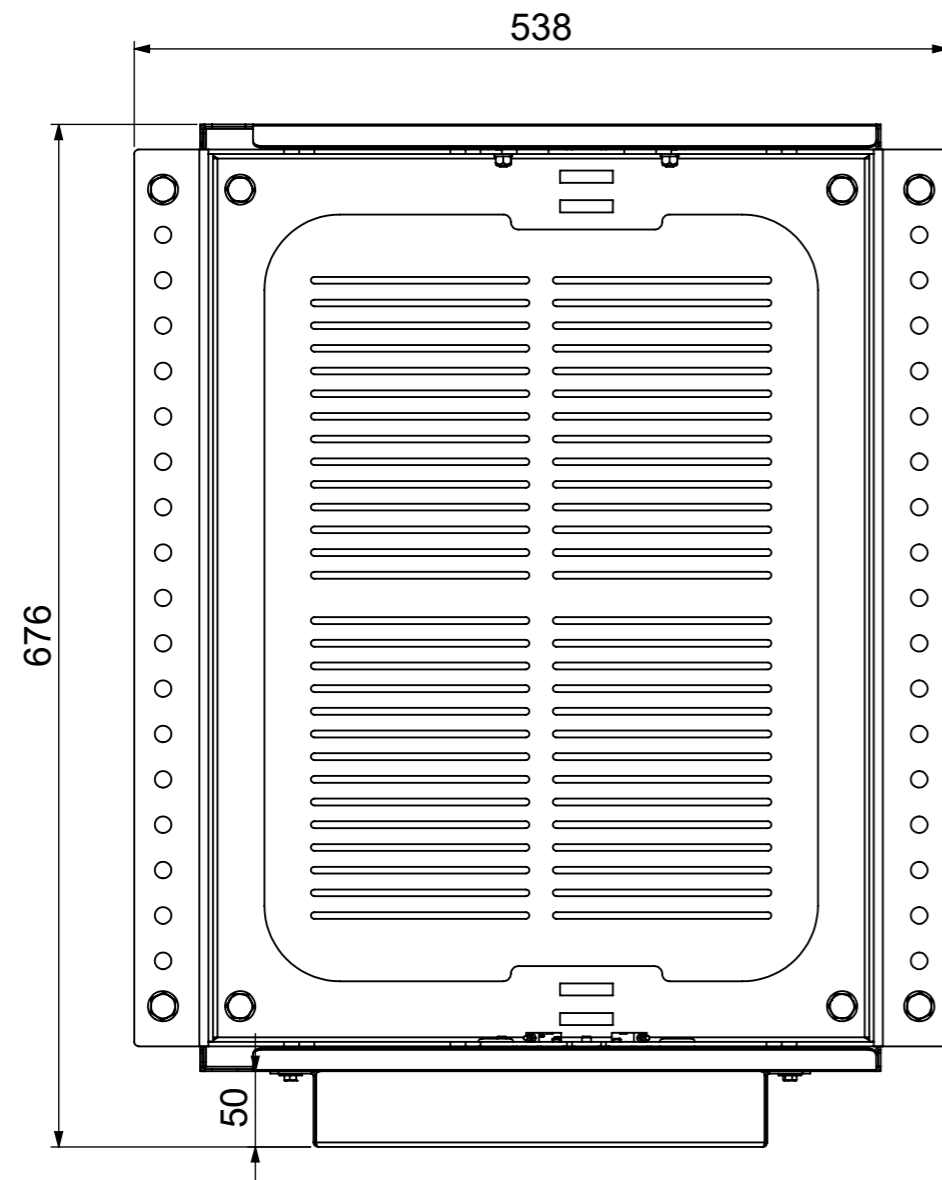
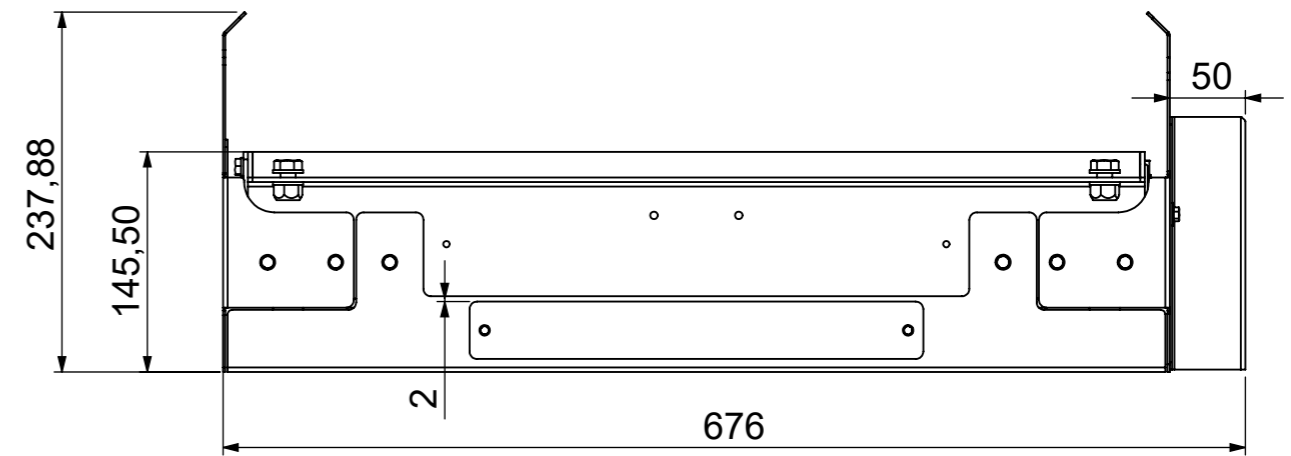
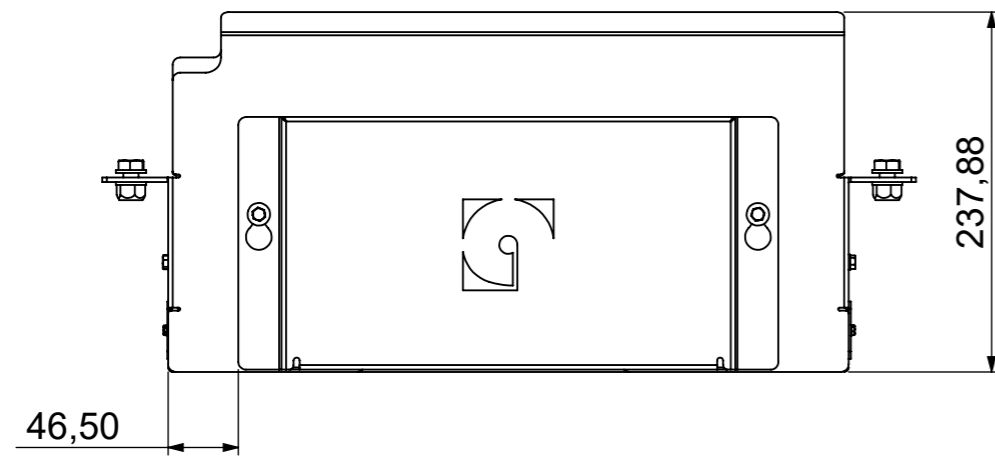



Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	EXECUÇÃO
1	2	22AB002.51.M051-010.600.0013			1.Laser
2	1	22AB002.51.M051-010.600.0012		S 235	1.Laser
3	1	22AB002.51.M051-010.600.0001		S 235	1.Laser
4	1	22AB002.51.M051-010.100.1110		n/a	1.Montagem
5	1	22AB002.51.M051-010.600.0030		n/a	1.Montagem
6	1	22AB002.51.M051-010.600.0020		n/a	1.Montagem
7	4	DIN9021 - 5	Anl. ab. larg. DIN9021 - 5		7.Parafusos
8	16	DIN933 - M5x8	Pf. sext. ext. - DIN933 - M5x8		7.Parafusos
9	12	DIN125-1A - 5	Anl. plana DIN125-1A - 5		7.Parafusos
10	8	DIN125-1A - 3	Anl. plana DIN125-1A - 3		7.Parafusos
11	4	DIN933 - M3x8	Pf. sext. ext. - DIN933 - M3x8	S 235	7.Parafusos
12	4	DIN934 - M3	Fêmea DIN934 - M3		7.Parafusos



	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	R.Fonseca	01/02/2023		Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	14/09/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição			ISO 2768	Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.100.1000				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	2.36
1:11		0		Massa (kg)	17.57
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



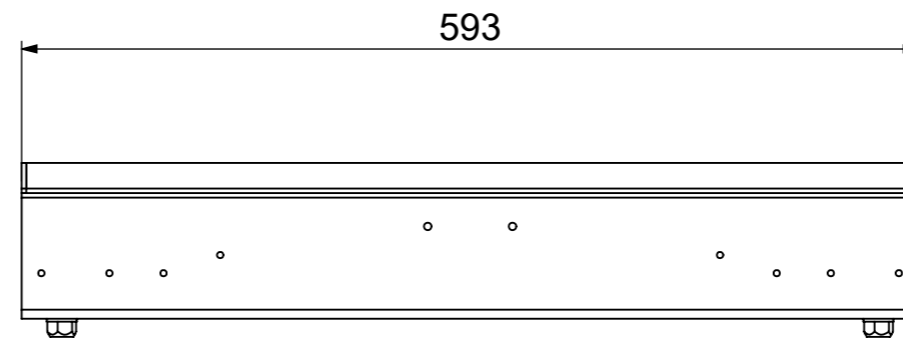
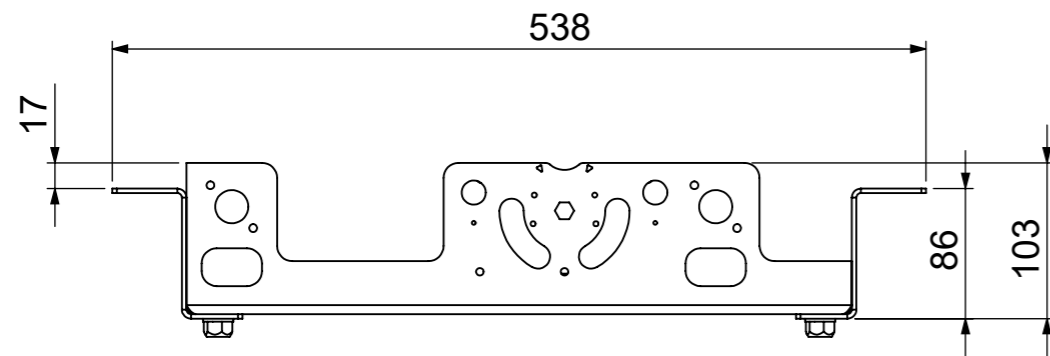
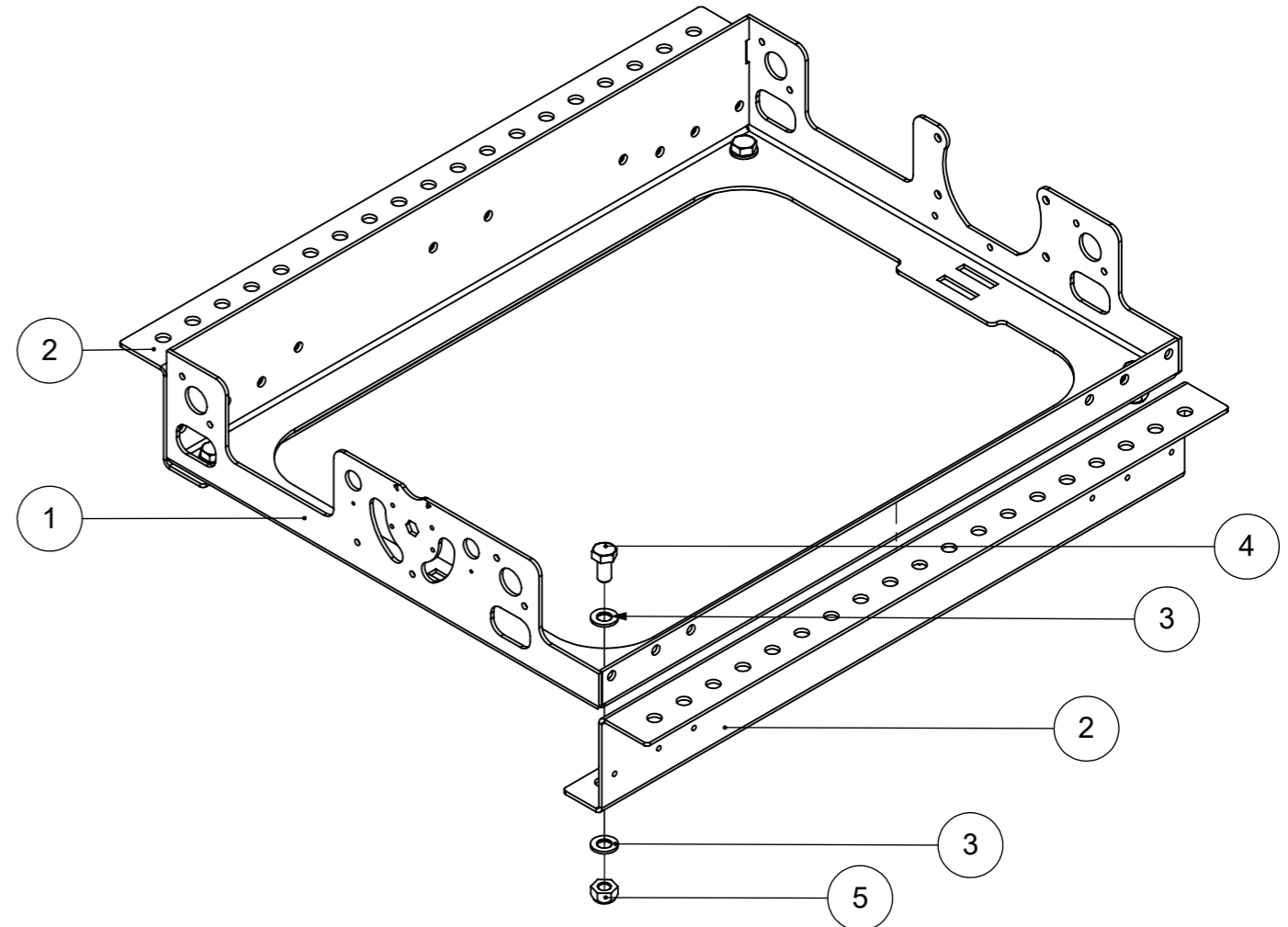
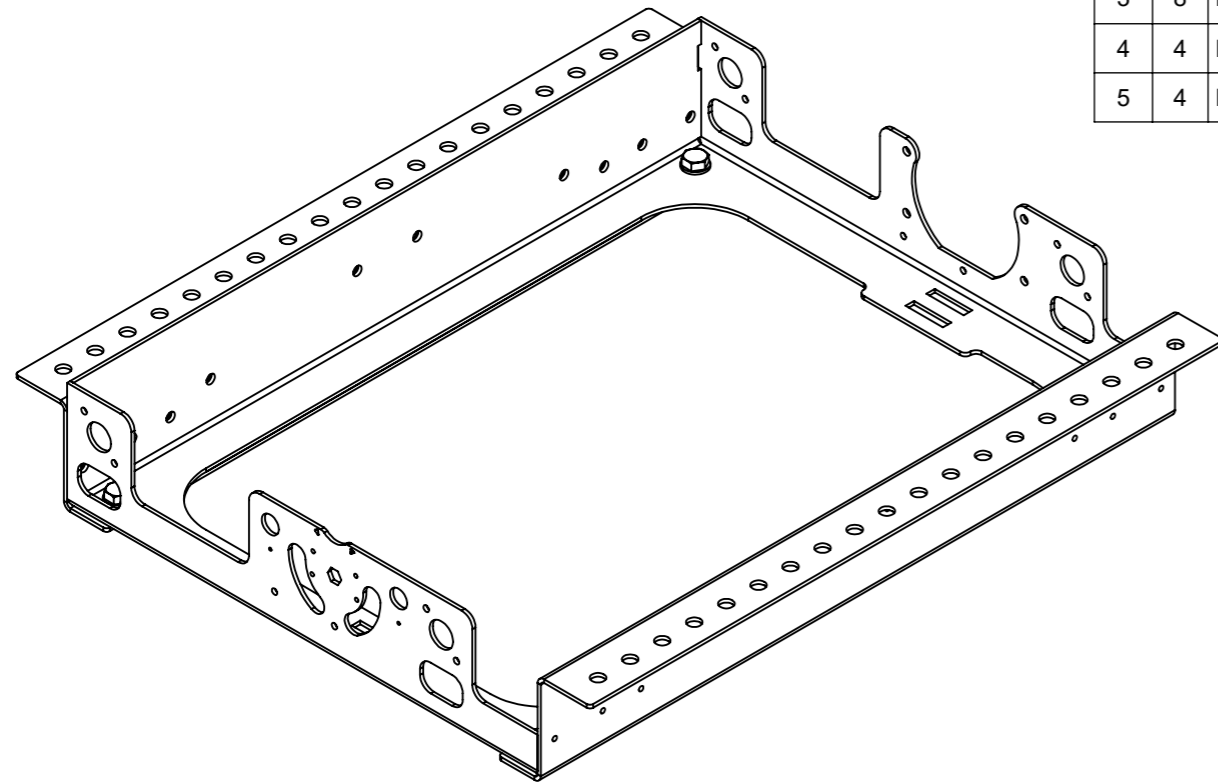



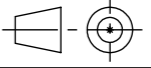
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	R.Fonseca	01/02/2023	 <small>engenharia to go, ltd</small>	Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	14/09/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	1x
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.100.1000				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	2.36
1:5		0		Massa (kg)	17.57

Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.



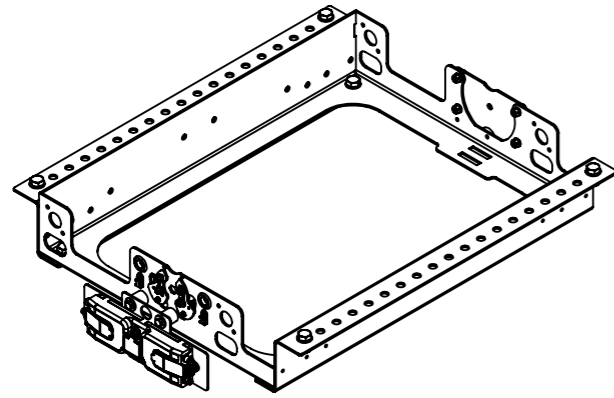
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.100.0001		S 235	1.Laser
2	2	22AB002.51.M051-010.100.0002		S 235	1.Laser
3	8	DIN125-1A - 10	Anl. plana DIN125-1A - 10		7.Parafusos
4	4	DIN933 - M10x20	Pf. sext. ext. - DIN933 - M10x20		7.Parafusos
5	4	DIN985 - M10	Fêmea aut.bloc. DIN985 - M10		7.Parafusos



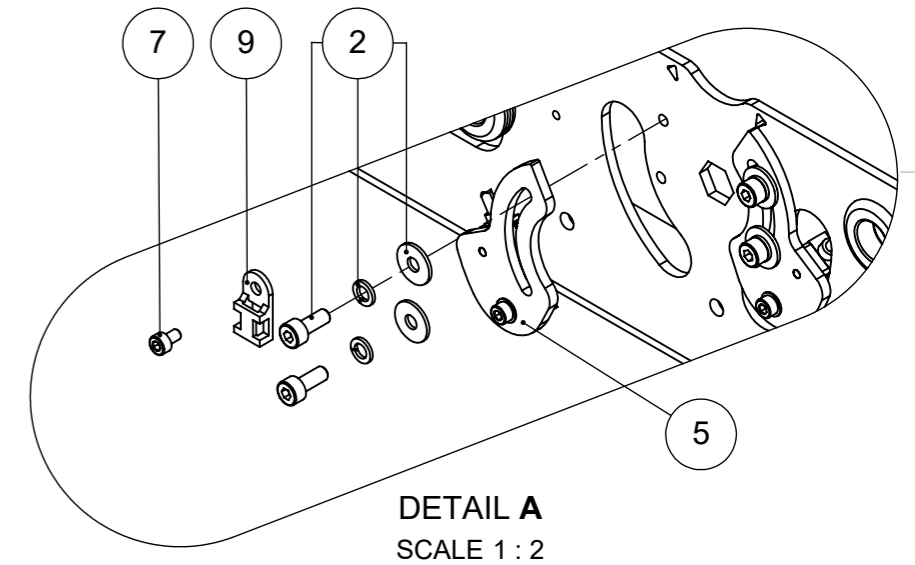
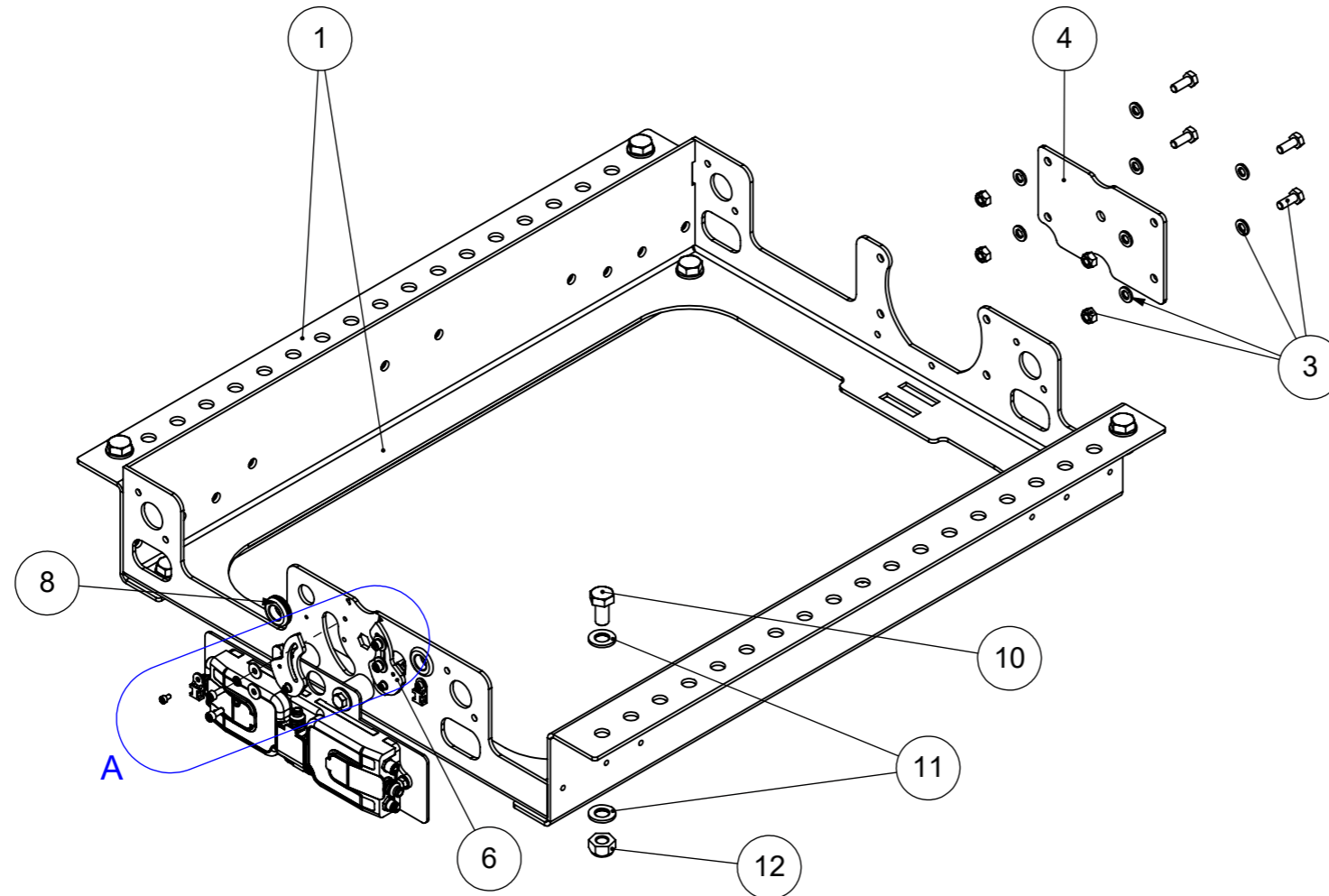
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	R.Fonseca	01/02/2023		Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	16/08/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	1x
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.51.M051-010.100.1100				
ESCALA:	A3	REV.: 0	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.83
	1:5			Massa (kg)	9.16

Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.



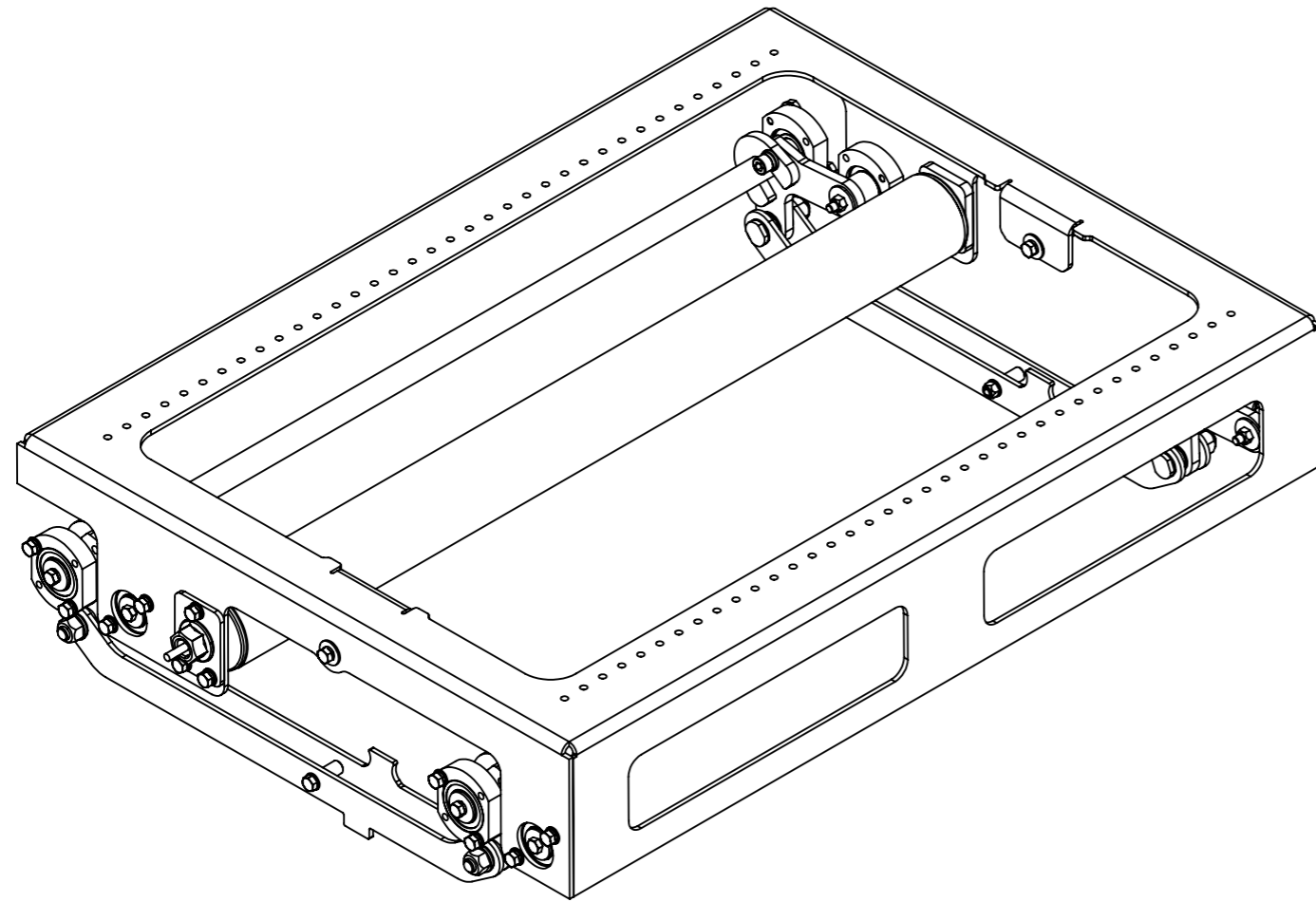


Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.100.1100		n/a	n/a	1.Montagem
2	4	DIN912 M4x10 + DIN127B D4 + DIN125 D4^22AB002.51.M051-010.100.1110		n/a	n/a	
3	4	DIN933 M6x16 + DIN985 M6^22AB002.51.M051-010.100.1110		n/a	n/a	
4	1	22AB002.51.M051-010.400.0006		Aço galvanizado		1.Laser
5	1	22AB002.51.M051-010.500.0010		n/a	n/a	1.Montagem
6	1	22AB002.51.M051-010.500.0010		n/a	n/a	1.Montagem
7	2	DIN912 - M3x5	Pf. cab. cilíndrica - DIN912 - M3x5			7.Parafusos
8	2	PASSA FIOS Di12 De16		Borracha		8.Mat. Elétrico
9	2	CABLE TIE HC-0	Acessório plástico de amarração de cabos HC-0	Plastic		8.Mat. Elétrico
10	4	DIN933 - M10x20	Pf. sext. ext. - DIN933 - M10x20			7.Parafusos
11	8	DIN125-1A - 10	Anl. plana DIN125-1A - 10			7.Parafusos
12	4	DIN985 - M10	Fêmea aut.bloc. DIN985 - M10			7.Parafusos
13	1	22AB002.51.M051-90.100.0100		n/a	n/a	1.Montagem

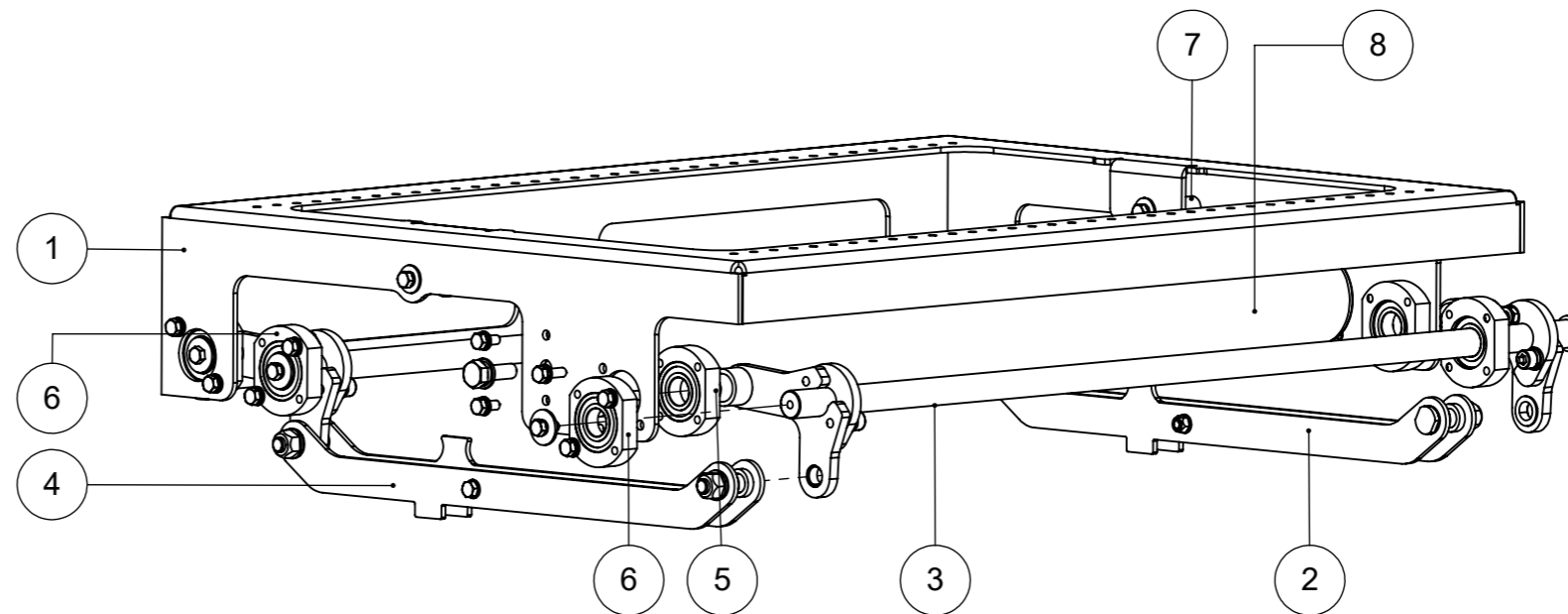



	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	R.Fonseca	02/11/2022		Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	14/09/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	1x
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.100.1110				
ESCALA:	1:5	REV.:	0	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²) 1.02
				Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg) 10.08
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



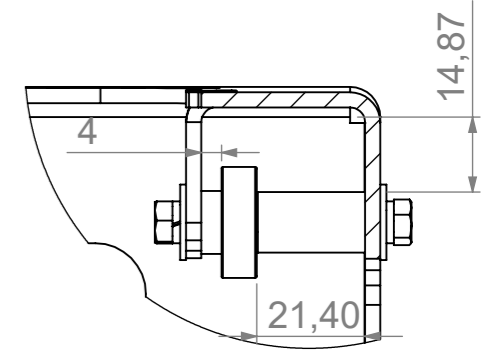
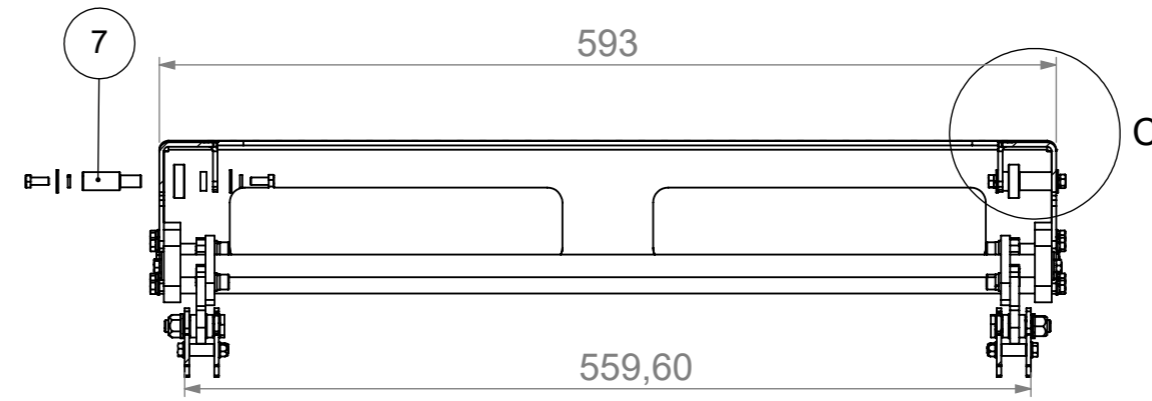
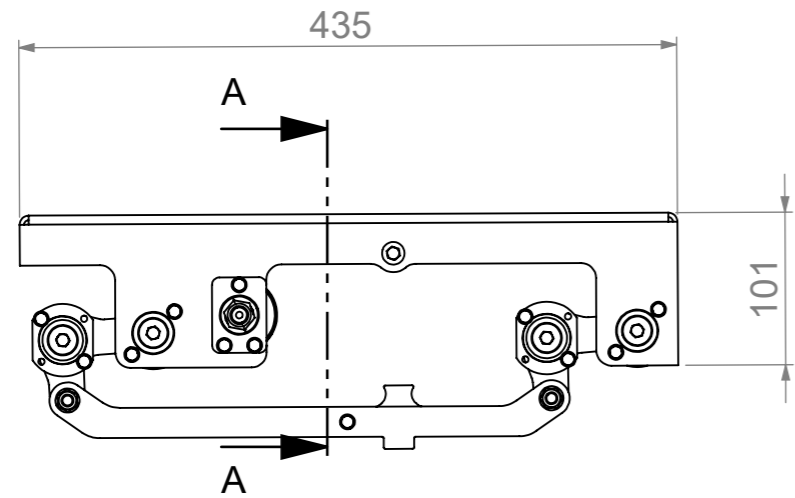


Nº	QT	PART Nº	MATERIAL	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.200.0015	S 235	1.Laser
2	1	22AB002.51.M051-010.200.1110-ESQ	n/a	1.Montagem
3	2	22AB002.51.M051-010.200.1120	n/a	1.Montagem
4	1	22AB002.51.M051-010.200.1110	n/a	1.Montagem
5	4	22AB002.51.M051-010.200.1130	n/a	1.Montagem
6	4	22AB002.51.M051-010.200.1130	n/a	1.Montagem
7	2	22AB002.51.M051-010.200.1140	n/a	1.Montagem
8	1	22AB002.51.M051-010.200.1200	n/a	1.Montagem



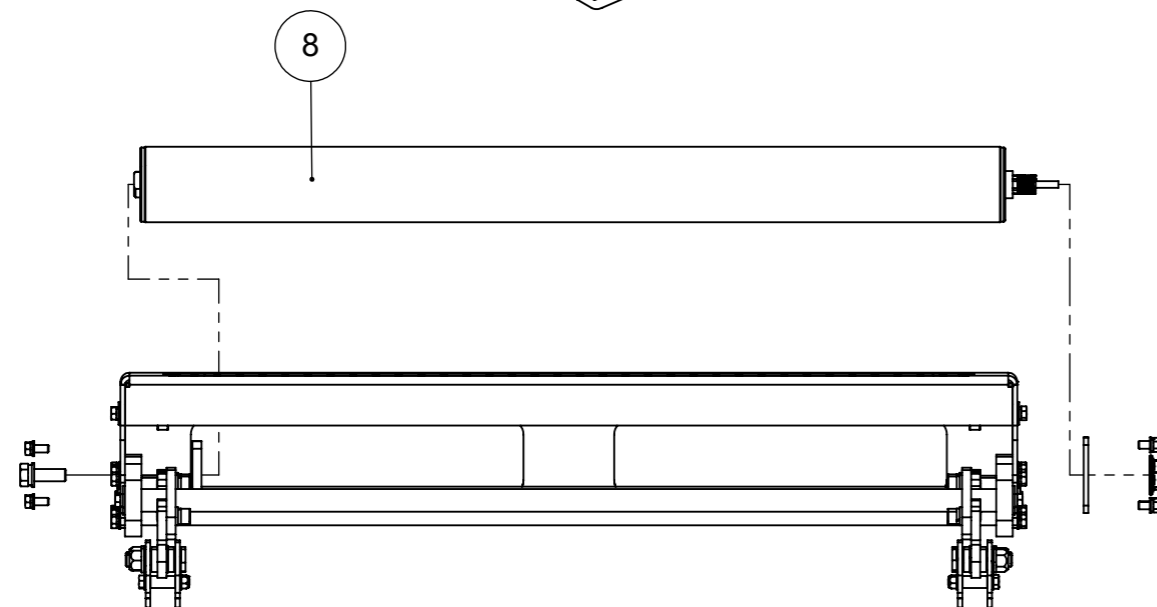
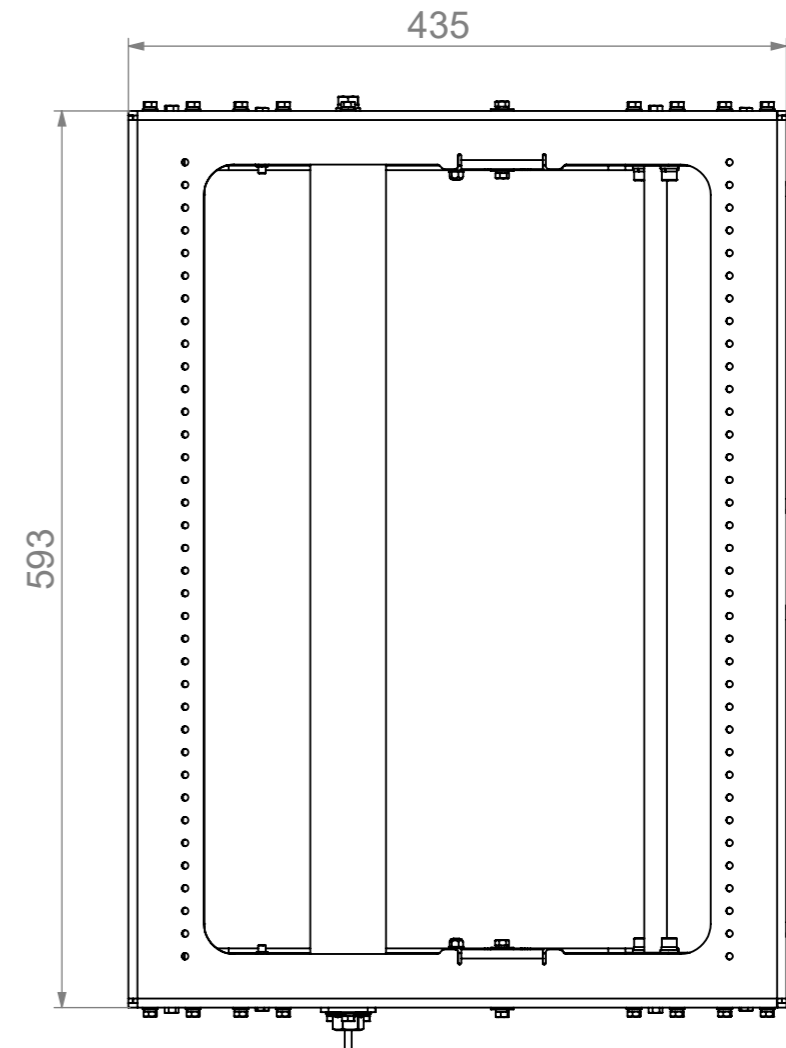
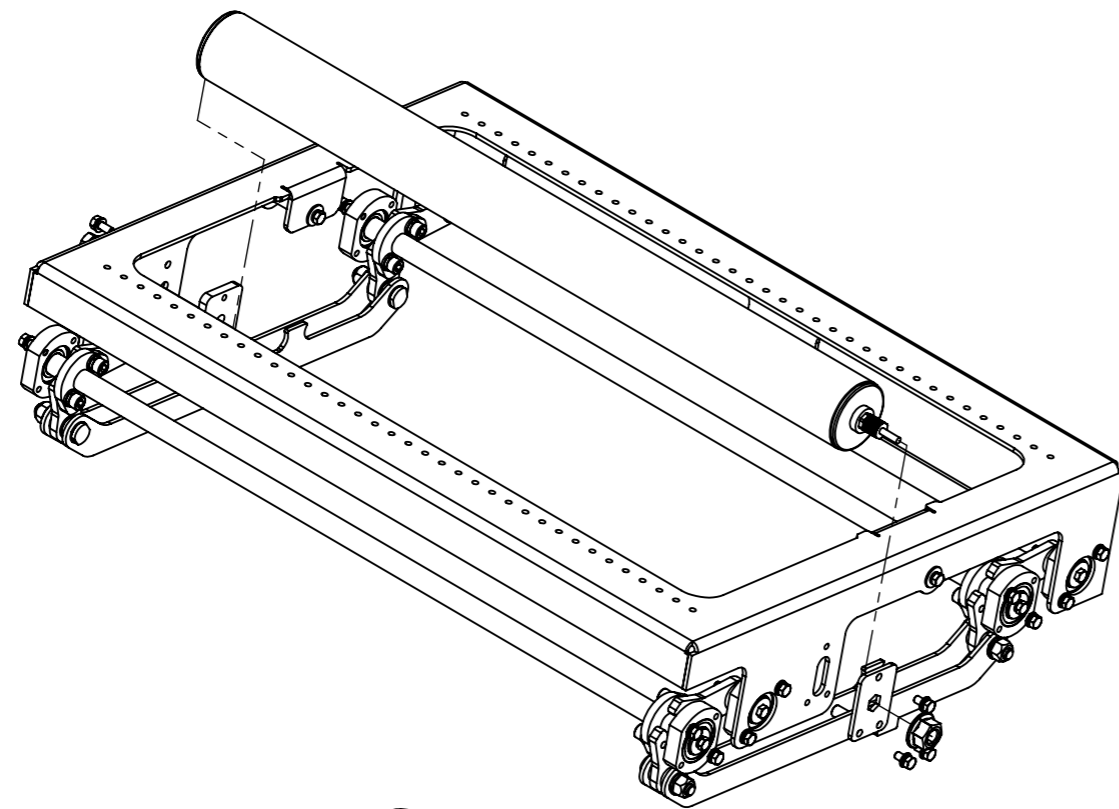
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	R.Fonseca	24/11/2022	 <small>engenharia to your needs</small>	Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	14/09/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	1x
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.1100				
ESCALA:	A3	REV.: 0	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.82
1:4				Massa (kg)	17.05
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					







DETAIL C
SCALE 2 : 3

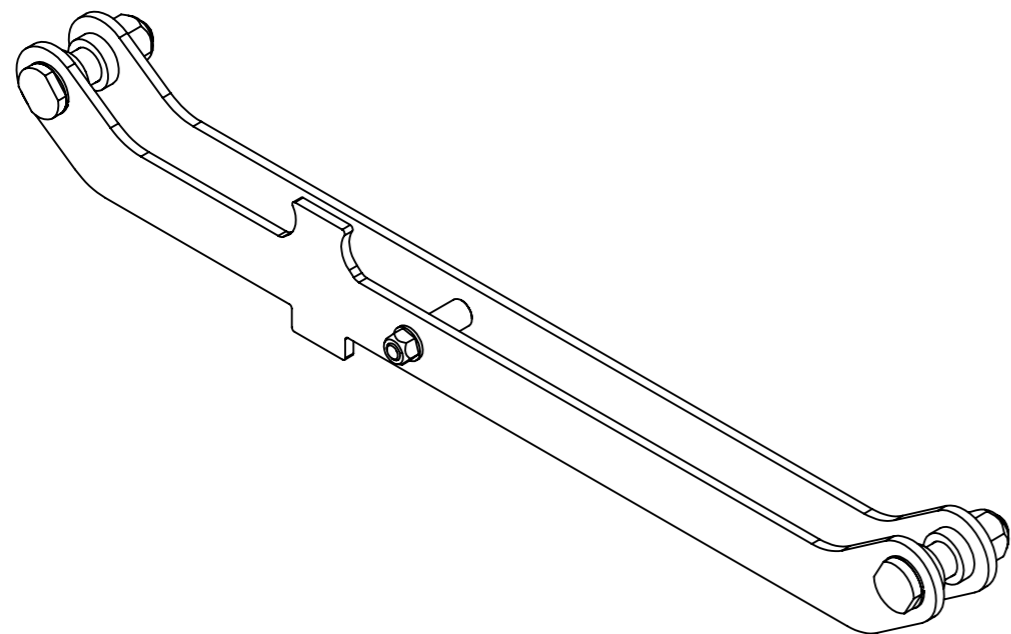
SECTION A-A



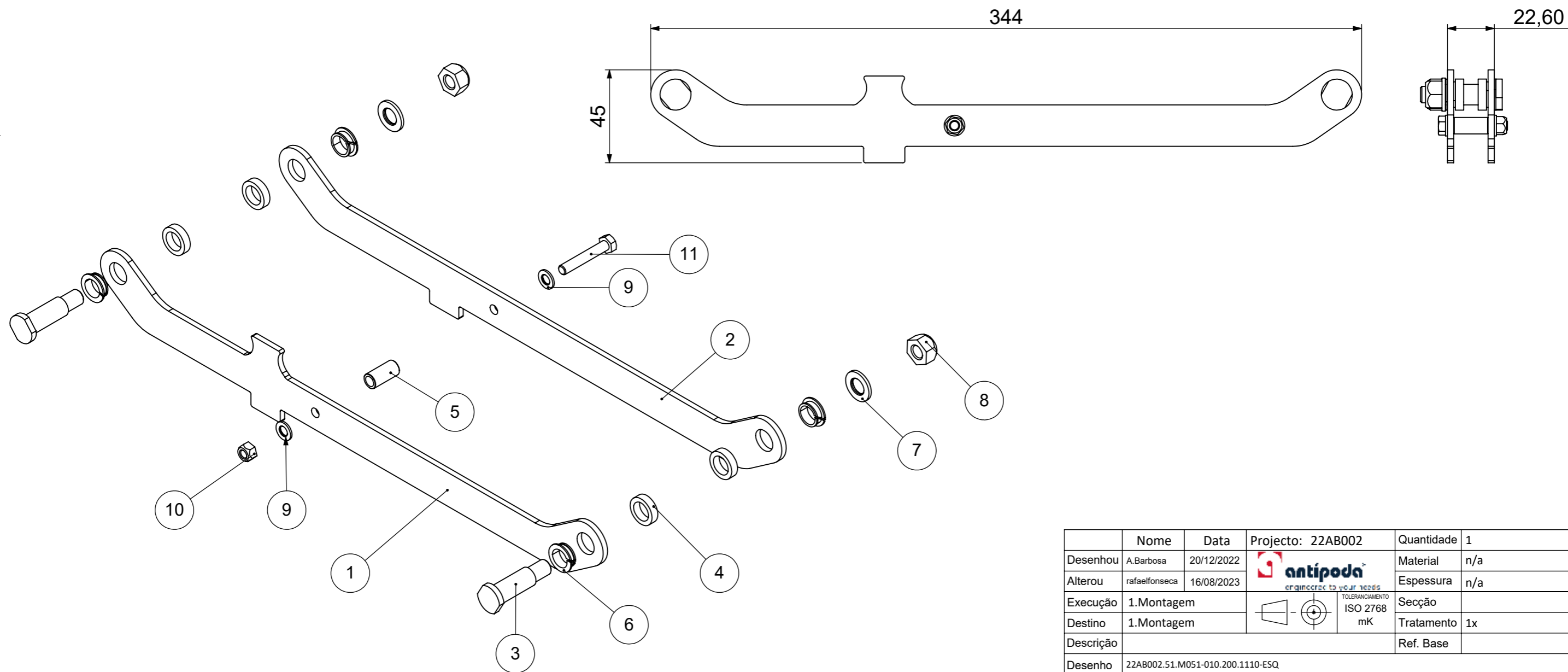
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	R.Fonseca	24/11/2022	 <small>engenharia to your needs</small>	Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	14/09/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	1x
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.1100				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m ²)	0.82
1:5		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	17.05


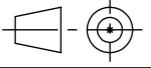
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.



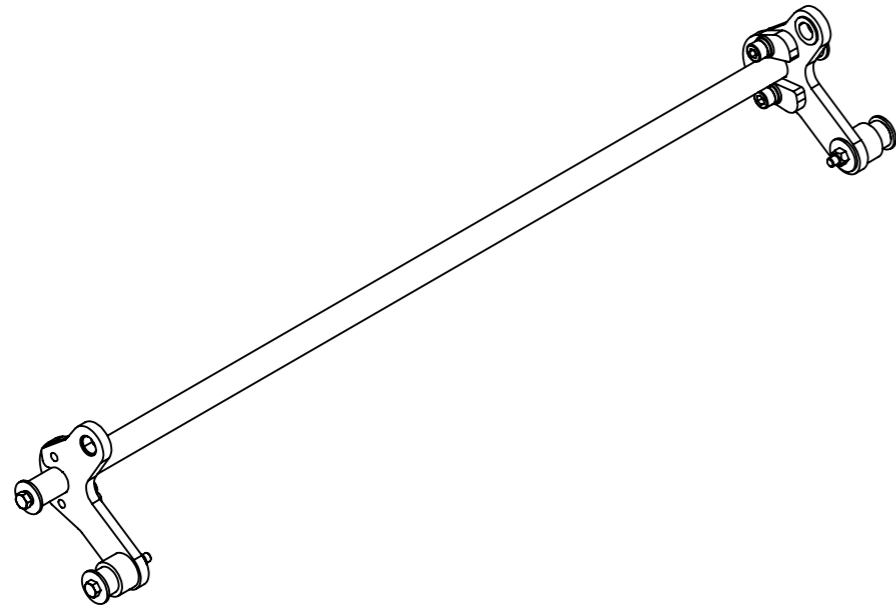


Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.200.0003		S 235		1.Laser
2	1	22AB002.51.M051-010.200.0034		S 235		1.Laser
3	2	22AB002.51.M051-010.200.0009		Super C4 (P)	39.5	2.Torno/Fresa
4	4	22AB002.51.M051-010.200.0029		PE-UHMW-1000	4.00	2.Torno/Fresa
5	1	22AB002.51.M051-010.200.0032		Super C4 (P)	16.60	2.Torno/Fresa
6	4	IGUS MCM-10-03				5.Standard
7	2	DIN125-1A - 8	Anl. plana DIN125-1A - 8			7.Parafusos
8	2	DIN985 - M8	Fêmea aut.bloc. DIN985 - M8			7.Parafusos
9	2	DIN125-1A - 5	Anl. plana DIN125-1A - 5			7.Parafusos
10	1	DIN985 - M5	Fêmea aut.bloc. DIN985 - M5			7.Parafusos
11	1	DIN933 - M5x30	Pf. sext. ext. - DIN933 - M5x30			7.Parafusos

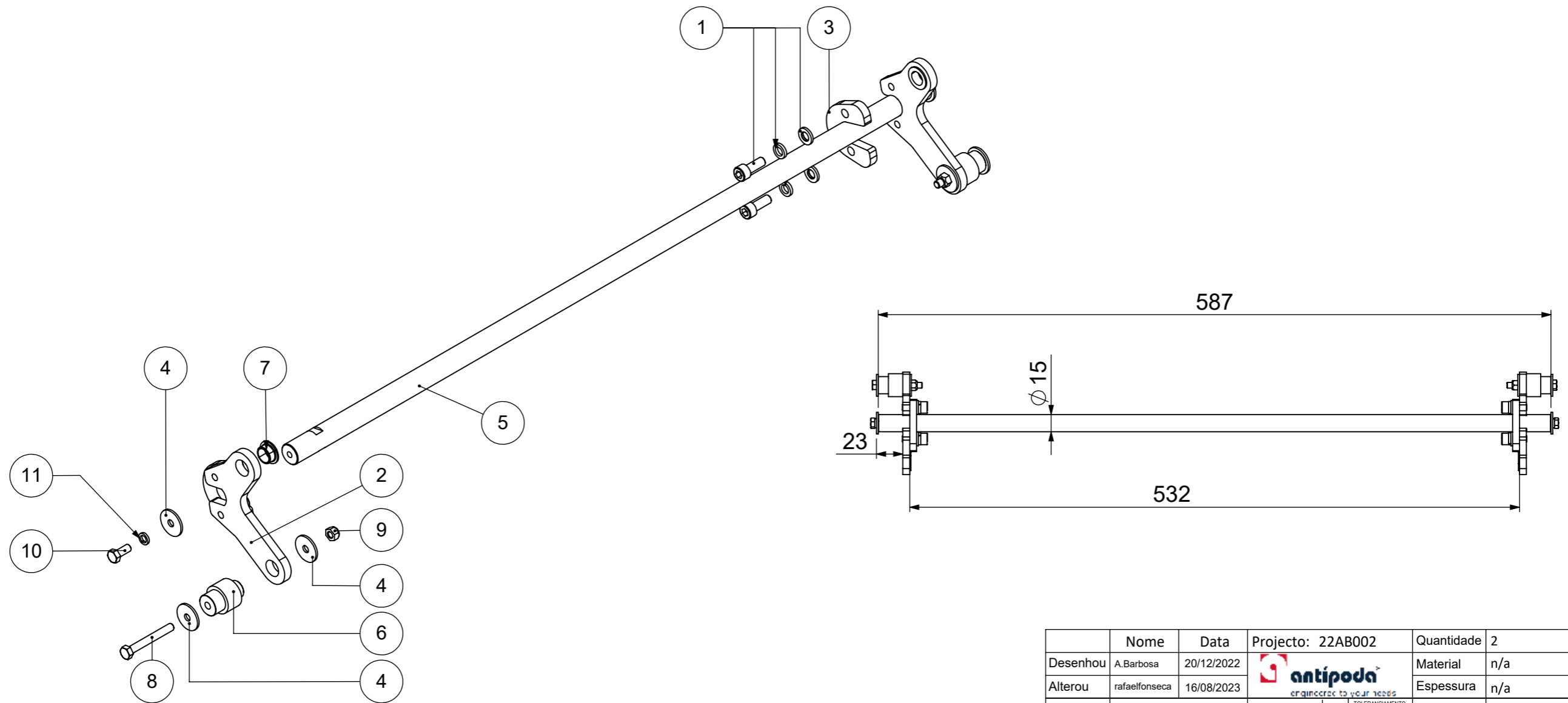



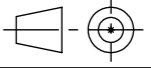
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	A.Barbosa	20/12/2022		Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	16/08/2023		Engenheiros de 1ª e 2ª Classe	Espessura
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.1110-ESQ				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.05
1:2		0		Massa (kg)	0.42
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					





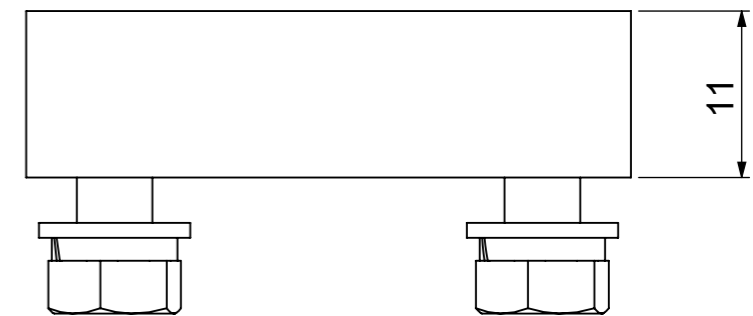
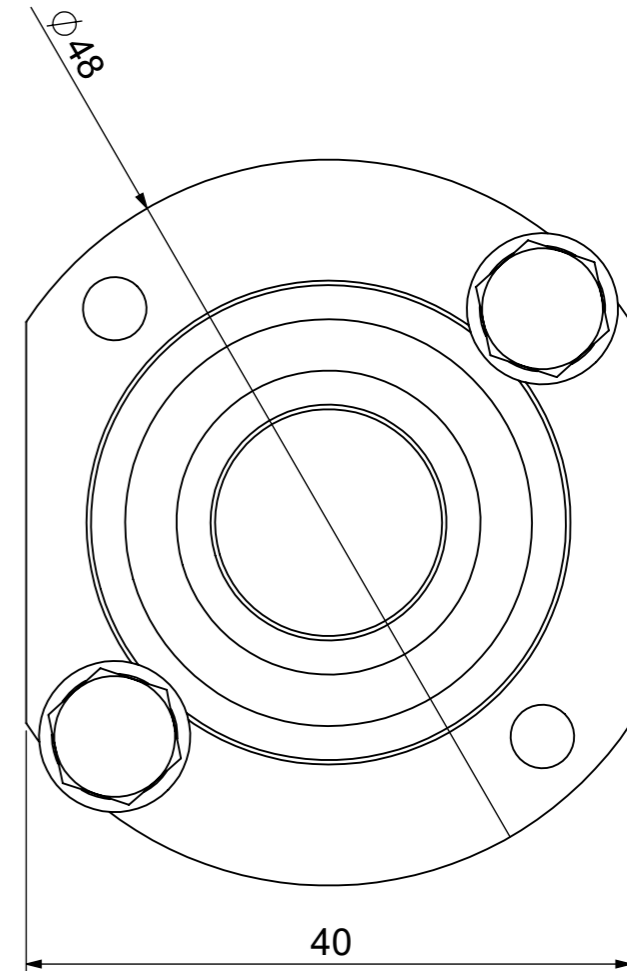
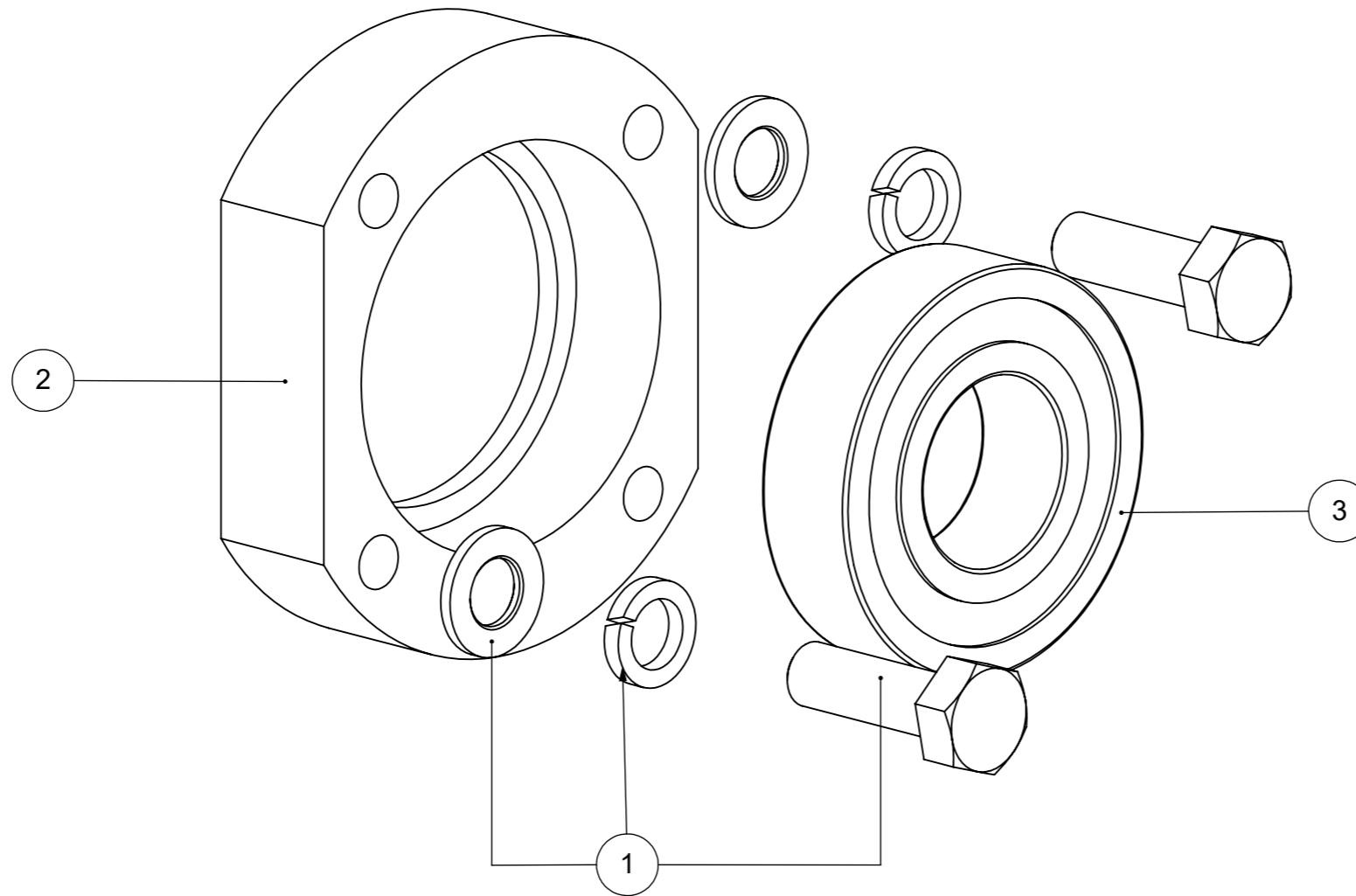
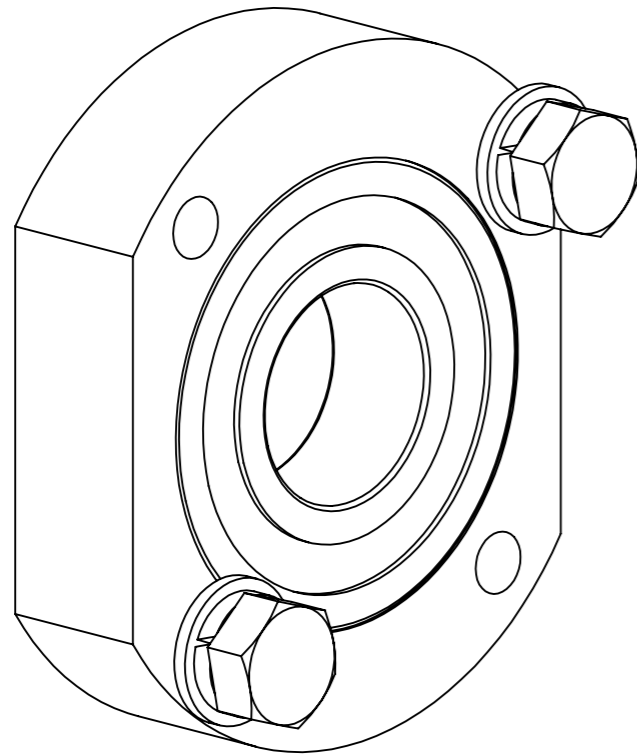
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	4	DIN912 M6x16 + DIN125 D6 + DIN127B D6^22AB002.51.M051-010.200.1120		n/a	n/a	
2	2	22AB002.51.M051-010.200.0027		S 235		1.Laser
3	2	22AB002.51.M051-010.200.0026		S 235		1.Laser
4	6	22AB002.51.M051-010.200.0004		Aço galvanizado		1.Laser
5	1	22AB002.51.M051-010.200.0017		Super C4 (P)	587.00	2.Torno/Fresa
6	2	22AB002.51.M051-010.200.0028		Super C4 (P)	27.50	2.Torno/Fresa
7	2	IGUS GFM-101216-06				5.Standard
8	2	DIN933 - M5x40	Pf. sext. ext. - DIN933 - M5x40	AÇO		7.Parafusos
9	2	DIN985 - M5	Fêmea aut.bloc. DIN985 - M5			7.Parafusos
10	2	DIN933 - M5x12	Pf. sext. ext. - DIN933 - M5x12			7.Parafusos
11	2	DIN127B - 5	Anl. mola DIN127B - 5			7.Parafusos


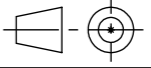


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou	A.Barbosa	20/12/2022		Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	16/08/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.1120				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.07
1:4		0		Massa (kg)	1.29
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



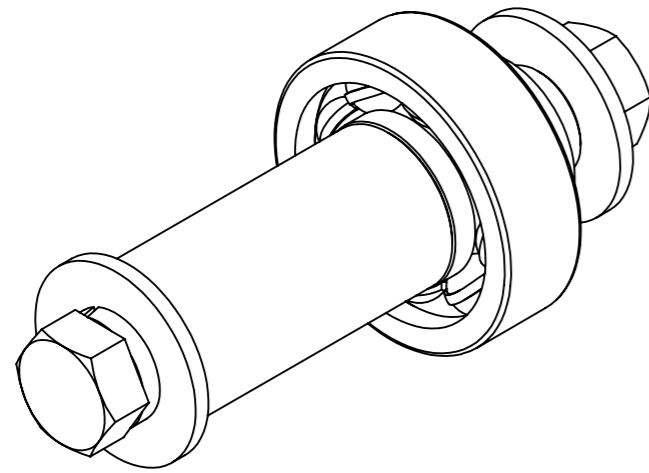
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	2	DIN933 M5x16 + DIN127B D5 + DIN125 D5^22AB002.51.M051-010.200.1130		n/a	n/a	
2	1	22AB002.51.M051-010.200.0008		Alumínio	11.00	2.Torno/Fresa
3	1	DIN625 - 6002-2RS	Rolamento esferas DIN625 - 6002-2RS			5.Standard



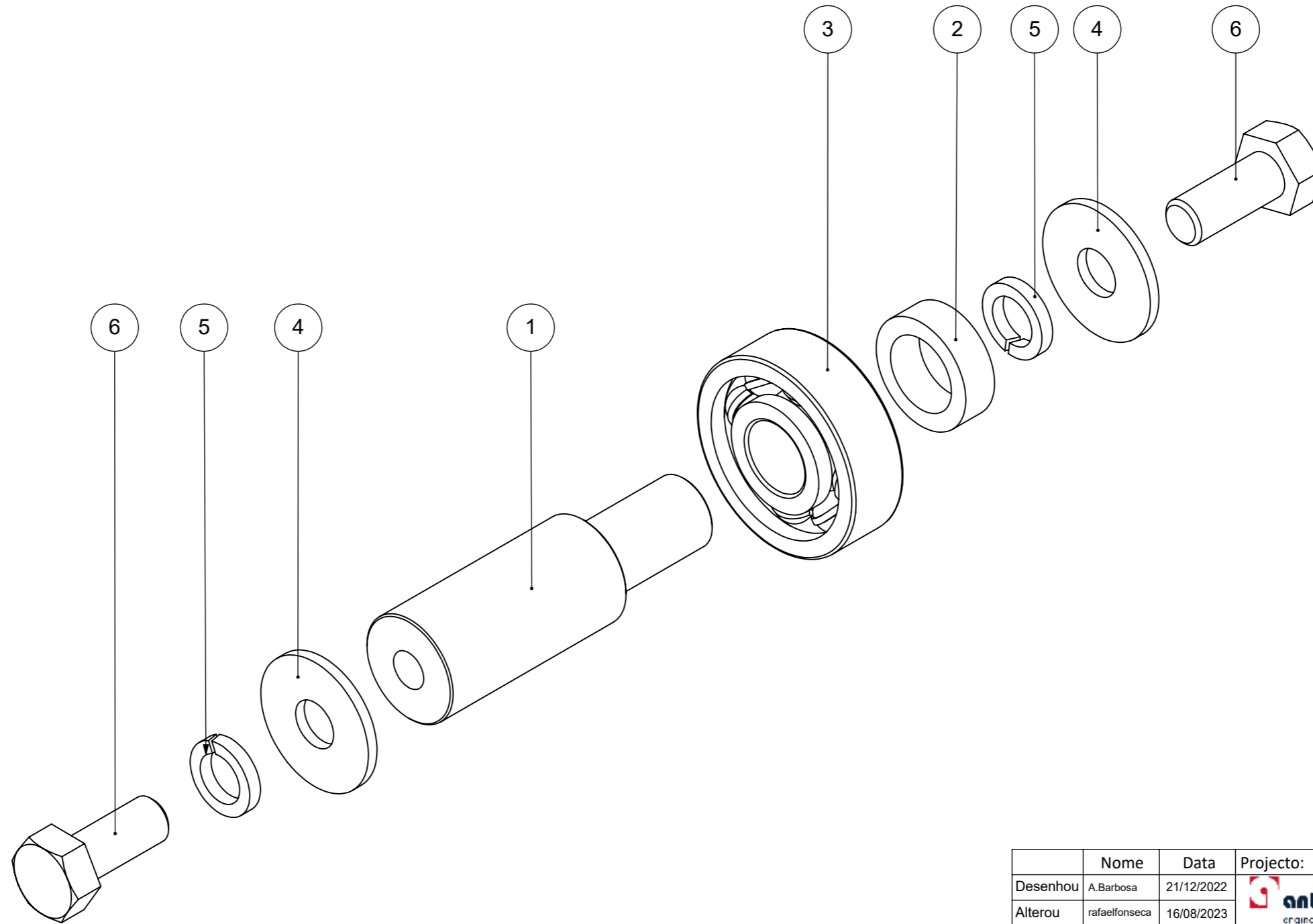
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	8	
Desenhou	A.Barbosa	20/12/2022		Material	n/a	
Alterou	rafaelfonseca	16/08/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	n/a
Execução	1.Montagem			Secção		
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	8x
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.1130					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.01	
2:1		0		Massa (kg)	0.07	


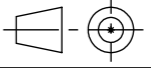
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.



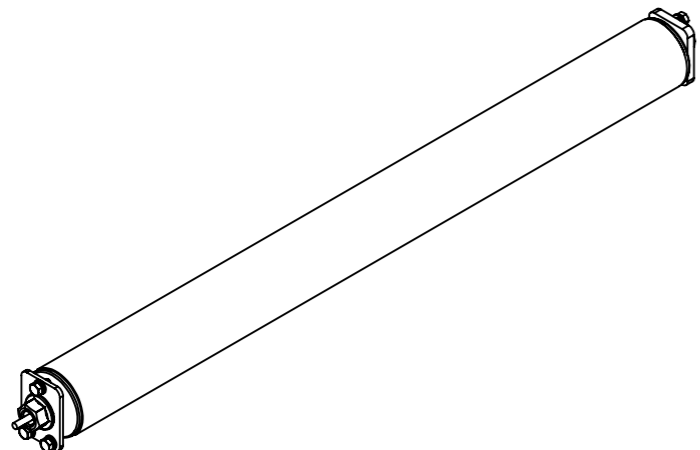


Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.200.0013		Super C4 (P)	38.50	2.Torno/Fresa
2	1	22AB002.51.M051-010.200.0024		PE-UHMW-500	4.00	2.Torno/Fresa
3	1	DIN625 - 608-2RS	Rolamento esferas DIN625 - 608-2RS			5.Standard
4	2	DIN9021 - 5	Anl. ab. larg. DIN9021 - 5			7.Parafusos
5	2	DIN127B - 5	Anl. mola DIN127B - 5			7.Parafusos
6	2	DIN933 - M5x12	Pf. sext. ext. - DIN933 - M5x12			7.Parafusos

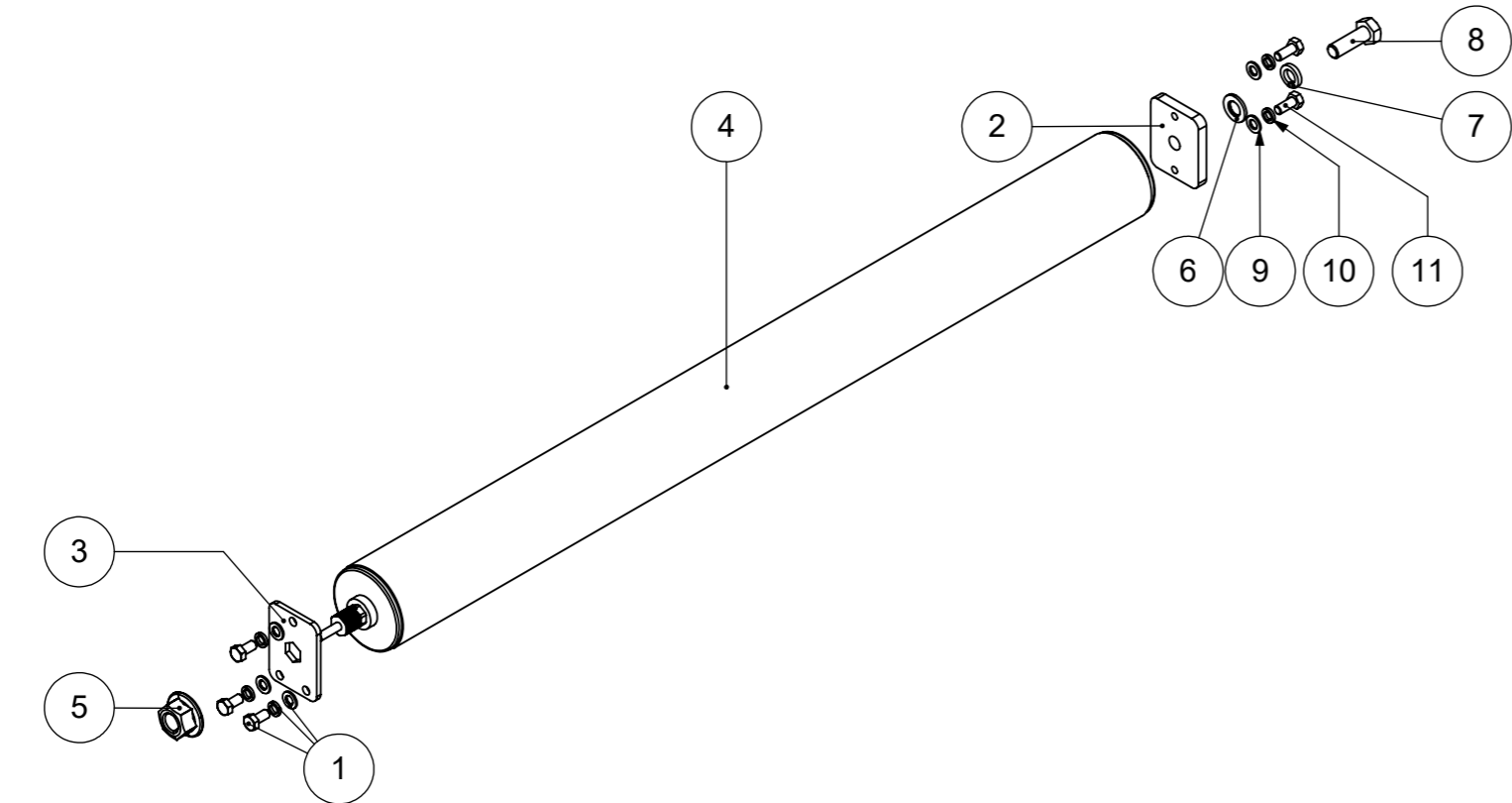
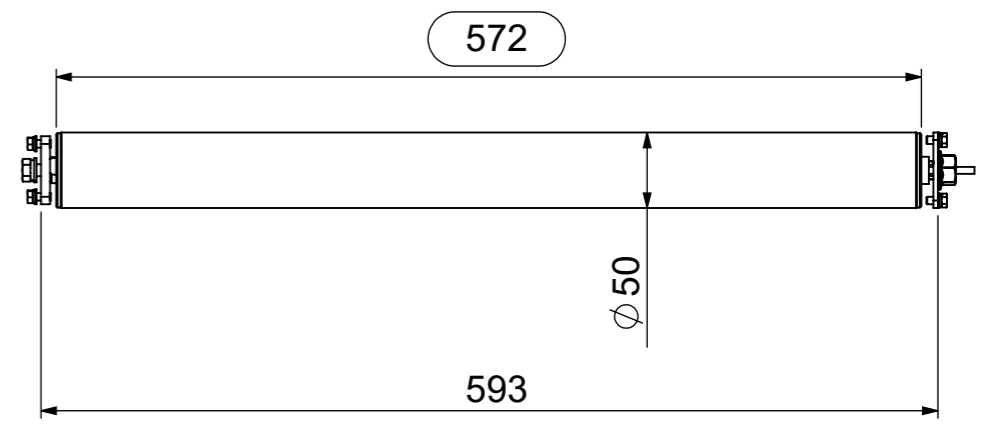


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	A.Barbosa	21/12/2022		Material	n/a	
Alterou	rafaelfonseca	16/08/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	n/a
Execução	1.Montagem			Secção		
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	2x
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.1140					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.01	
2:1		0		Massa (kg)	0.05	
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						



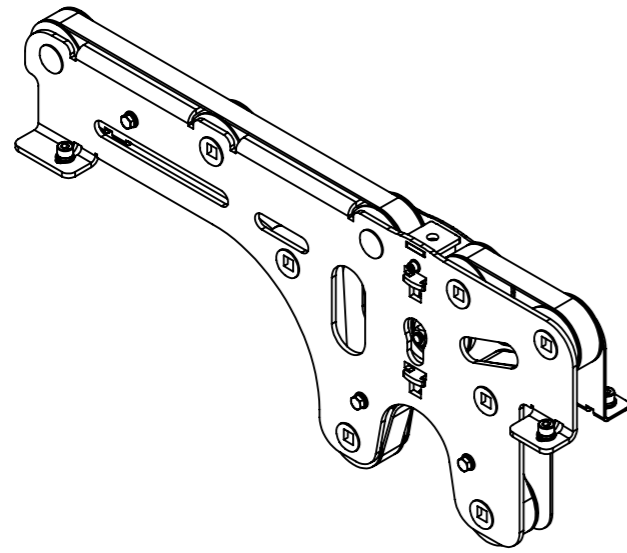


Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	3	DIN933 M5x10 + DIN125 D5 + DIN127B D5^22AB002.51.M051-010.200.1200		n/a	n/a	
2	1	22AB002.51.M051-010.200.0031		S 235		1.Laser
3	1	22AB002.51.M051-010.200.0033		Aço galvanizado		1.Laser
4	1	PULSEROLLER - PR-AD-50-572-25ZMAT		ST37		5.Standard
5	1	PULSEROLLER - M12P1.25 Flange Hex Nut		S 235		5.Standard
6	1	DIN125-1A - 8	Anl. plana DIN125-1A - 8			7.Parafusos
7	1	DIN127B - 8	Anl. mola DIN127B - 8			7.Parafusos
8	1	DIN933 - M8x25	Pf. sext. ext. - DIN933 - M8x25			7.Parafusos
9	2	DIN125-1A - 5	Anl. plana DIN125-1A - 5			7.Parafusos
10	2	DIN127B - 5	Anl. mola DIN127B - 5			7.Parafusos
11	2	DIN933 - M5x12	Pf. sext. ext. - DIN933 - M5x12			7.Parafusos

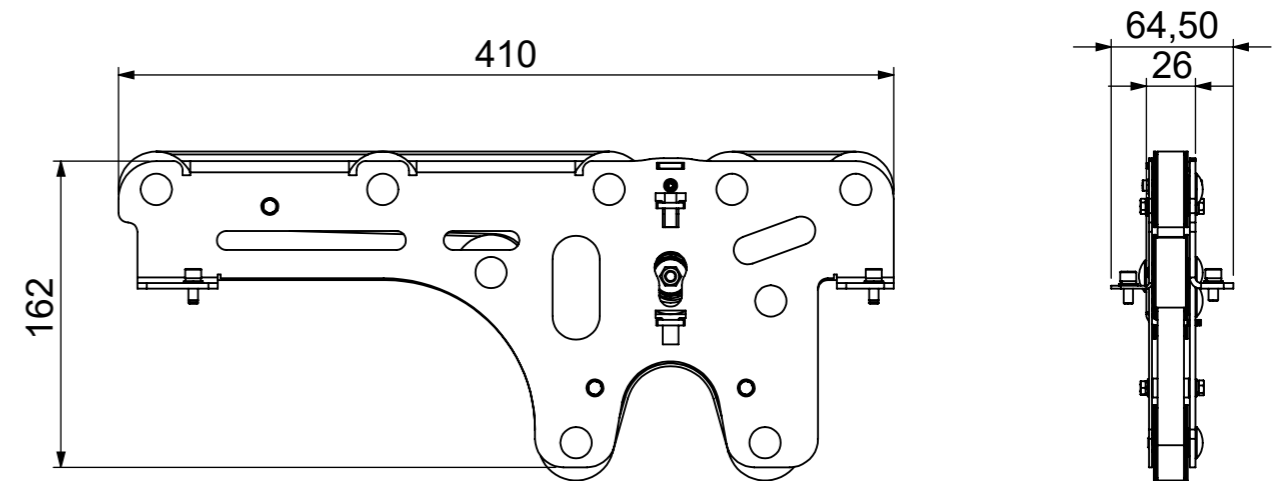
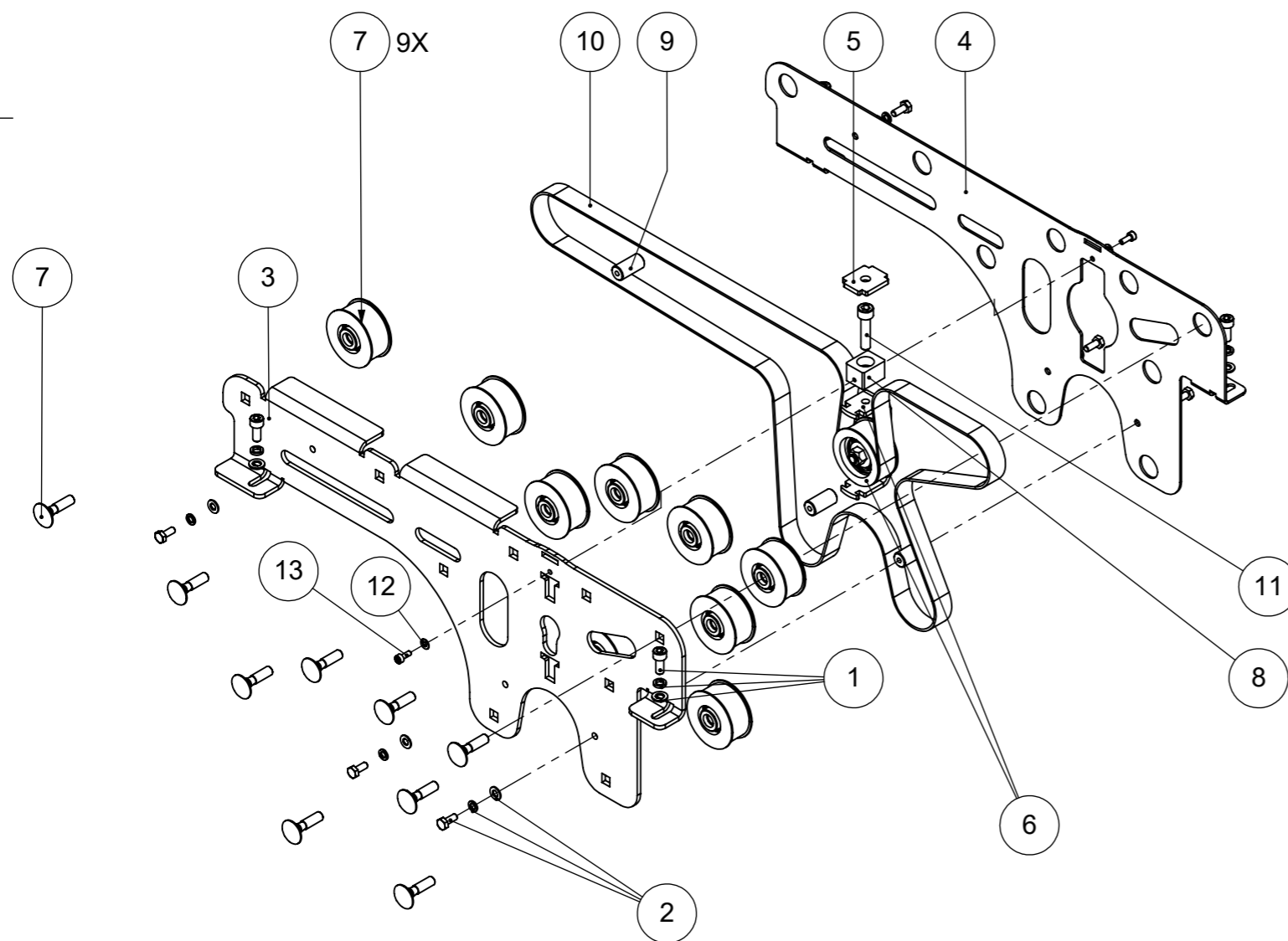



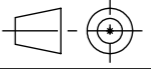
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	A.Barbosa	21/12/2022		Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	16/08/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	1x
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.1200				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.11
1:5		0		Massa (kg)	8.83
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					





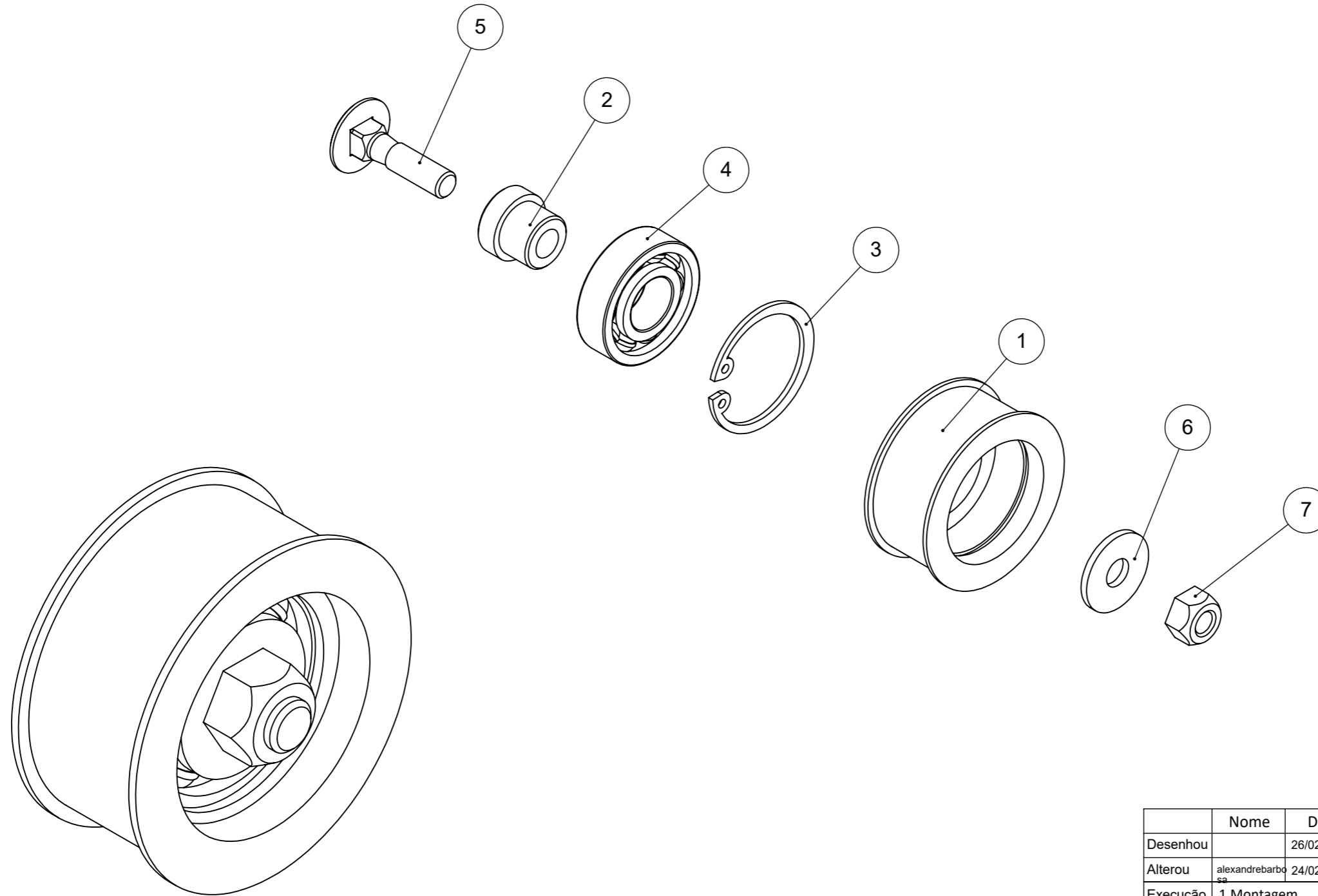
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	4	DIN933 M5x12 + DIN125 D5 + DIN127B D5^22AB002.51.M051-010.300.2000		n/a	n/a	
2	6	DIN933 M4x10 + DIN127B D4 +DIN125 D4^22AB002.51.M051-010.300.2000		n/a	n/a	
3	1	22AB002.51.M051-010.300.0002		Aço galvanizado		1.Laser
4	1	22AB002.51.M051-010.300.0015		Aço galvanizado		1.Laser
5	1	22AB002.51.M051-010.300.0016		Aço galvanizado		1.Laser
6	1	22AB002.51.M051-010.300.2400		n/a	n/a	1.Montagem
7	9	22AB002.51.M051-010.300.2200		-	-	1.Montagem
8	1	22AB002.51.M051-010.300.0004		Alumínio	20.00	2.Torno/Fresa
9	3	22AB002.51.M051-010.300.0014		Super C4 (P)	20.00	2.Torno/Fresa
10	1	22AB002.51.M051-010.300.0001		PVC	1334.98	5.Standard
11	1	DIN912 - M6x25	Pf. cab. cilíndrica - DIN912 - M6x25			7.Parafusos
12	2	DIN125-1A - 3	Anl. plana DIN125-1A - 3			7.Parafusos
13	2	DIN912 - M3x8	Pf. cab. cilíndrica - DIN912 - M3x8			7.Parafusos


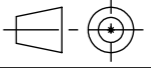


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	6
Desenhou	R.Fonseca	24/11/2022		Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	16/08/2023		Engenheiros de 1ª e 2ª Classe	Espessura
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.2000				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.34
1:4		0		Massa (kg)	2.08
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



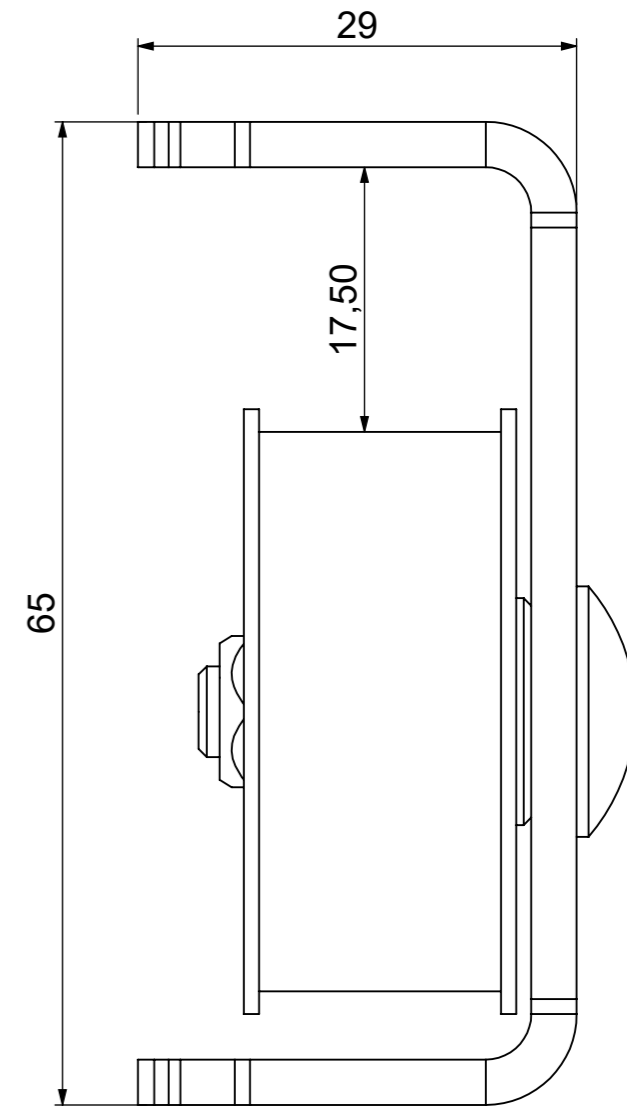
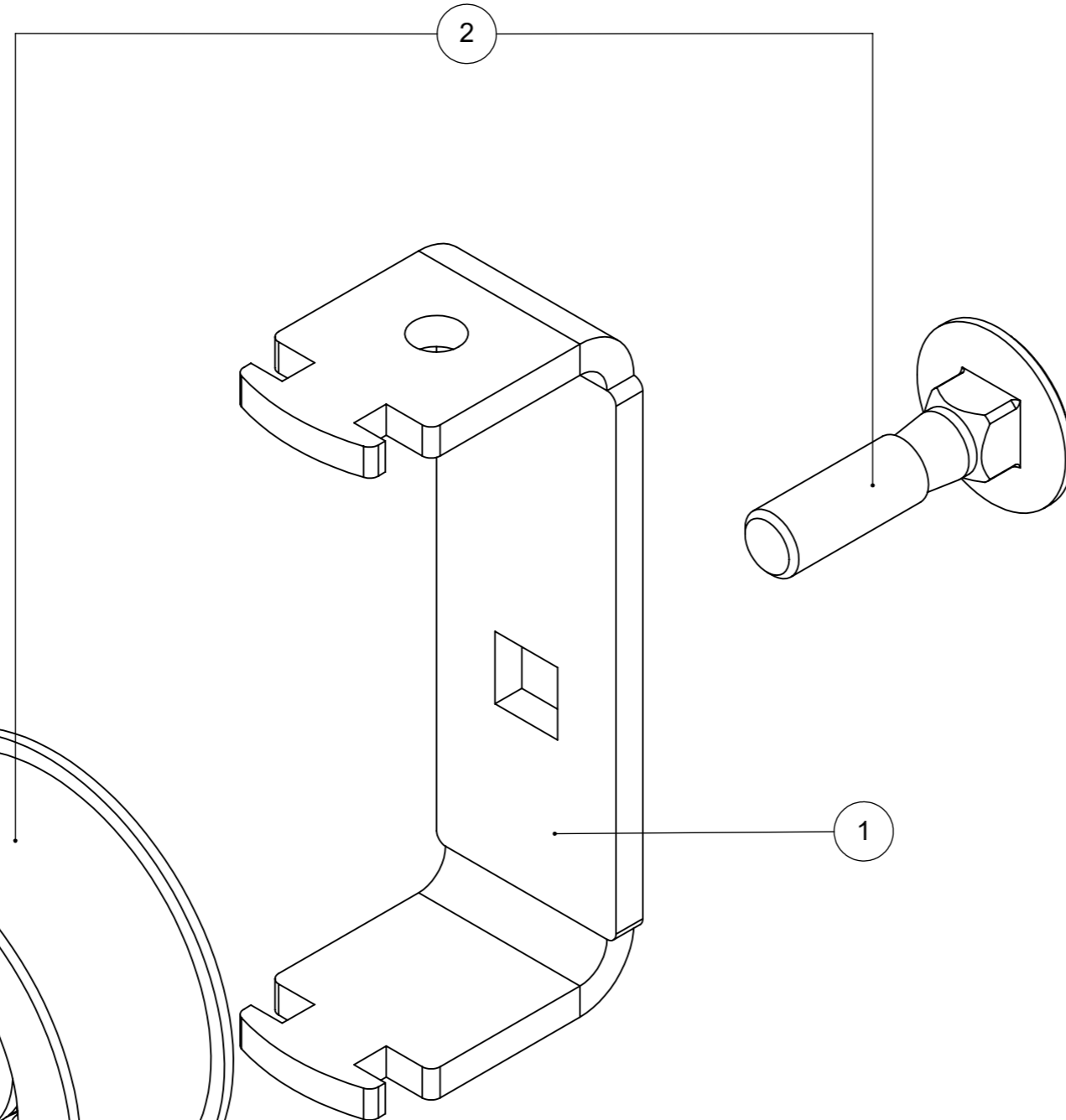
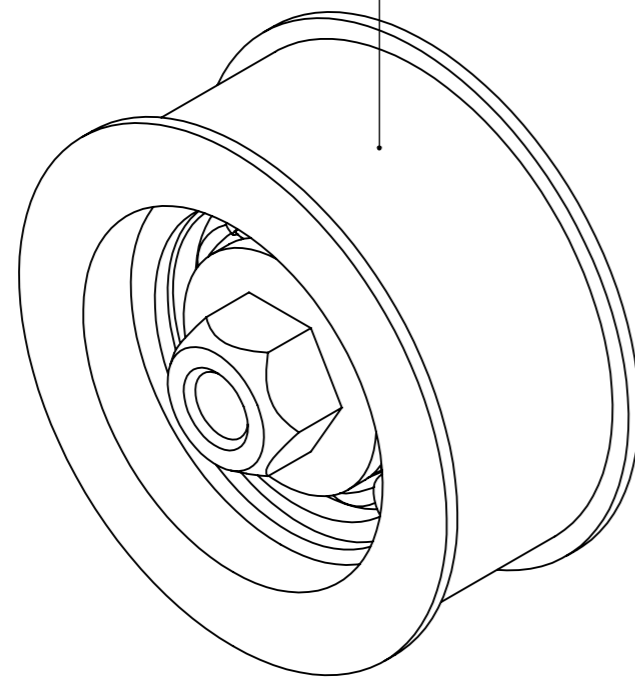
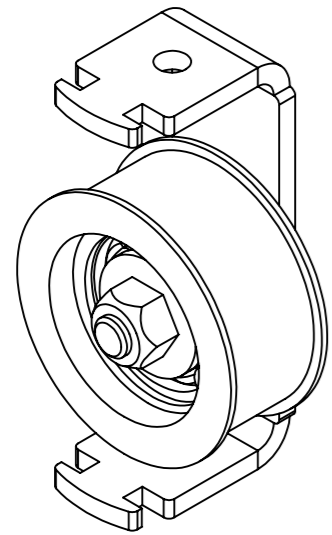
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.300.0008		POM	18.00	2.Torno/Fresa
2	1	22AB002.51.M051-010.300.0009		Super C4 (P)	13.00	2.Torno/Fresa
3	1	DIN472 - 28	Freio ext. DIN472 - 28			5.Standard
4	1	DIN625 - 6001-2RS	Rolamento esferas DIN625 - 6001-2RS			5.Standard
5	1	DIN603 - M6x25	Pf. Cab. oval c/ quadra M6x25	S 235		7.Parafusos
6	1	DIN9021 - 6	Anl. ab. larg. DIN9021 - 6			7.Parafusos
7	1	DIN985 - M6	Fêmea aut.bloc. DIN985 - M6			7.Parafusos


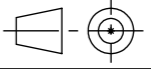


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	60
Desenhou		26/02/2020		Material	-
Alterou	alexandrebarboza	24/02/2023		Engenheiro de Desenho	Espessura
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.2200				
ESCALA:	1:1	REV.:	0	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²) 0.01 Massa (kg) 0.06
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



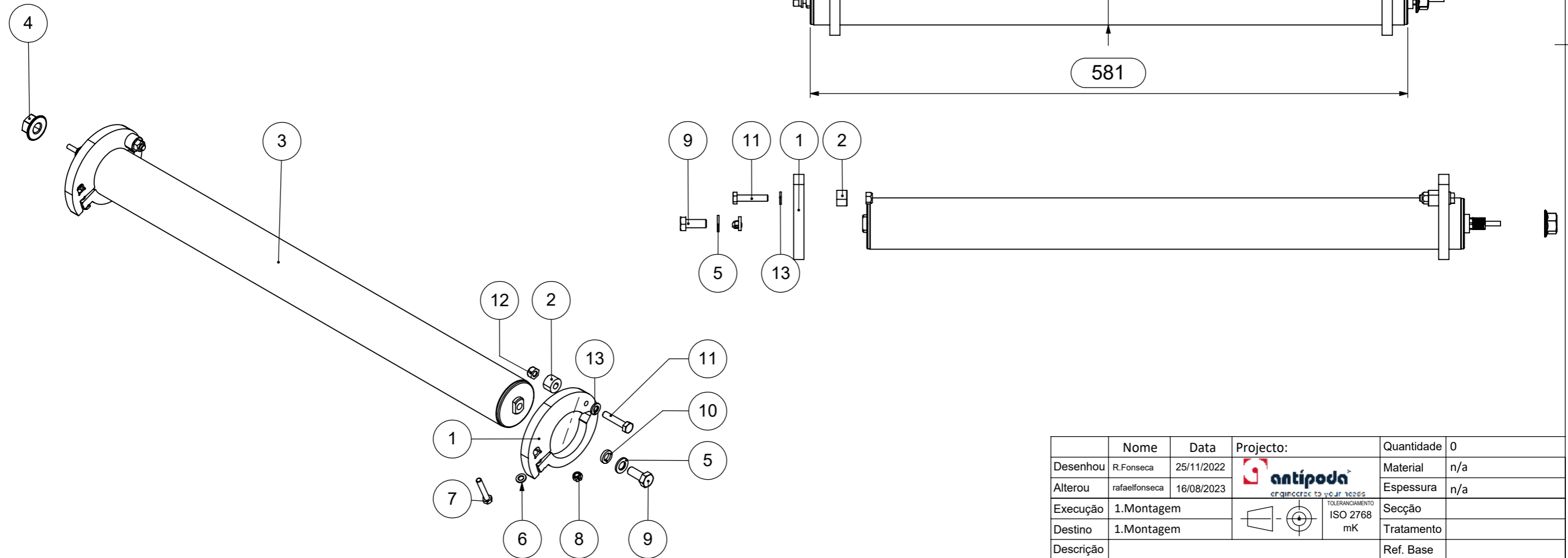
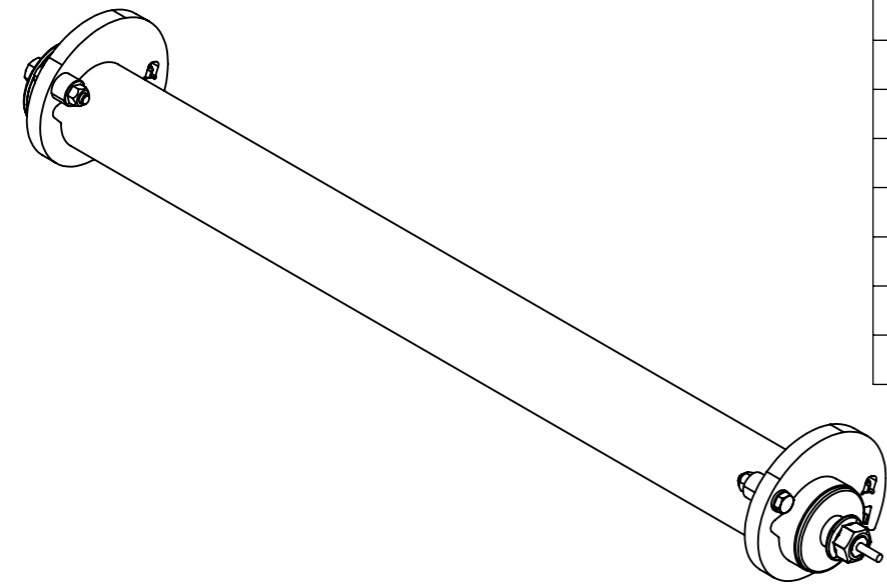
Nº	QT	PART Nº	MATERIAL	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.300.0006	Aço galvanizado	1.Laser
2	1	22AB002.51.M051-010.300.2200	-	1.Montagem


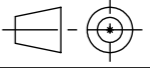


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	6	
Desenhou	A.Barbosa	28/12/2022		Material	n/a	
Alterou	rafaelfonseca	16/08/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	n/a
Execução	1.Montagem			Secção		
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	6x
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.2400					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)	0.02	
2:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	0.11	
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						



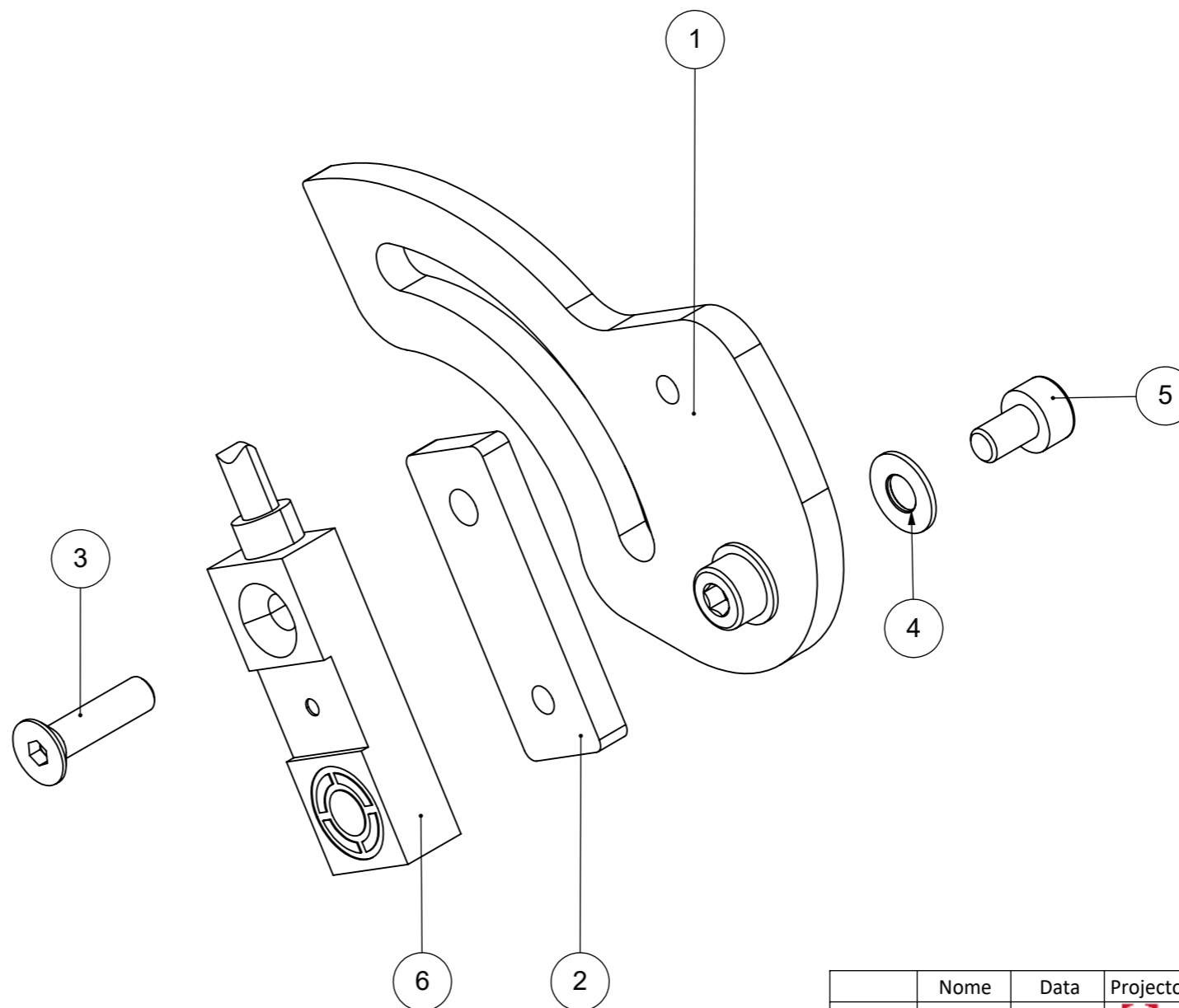
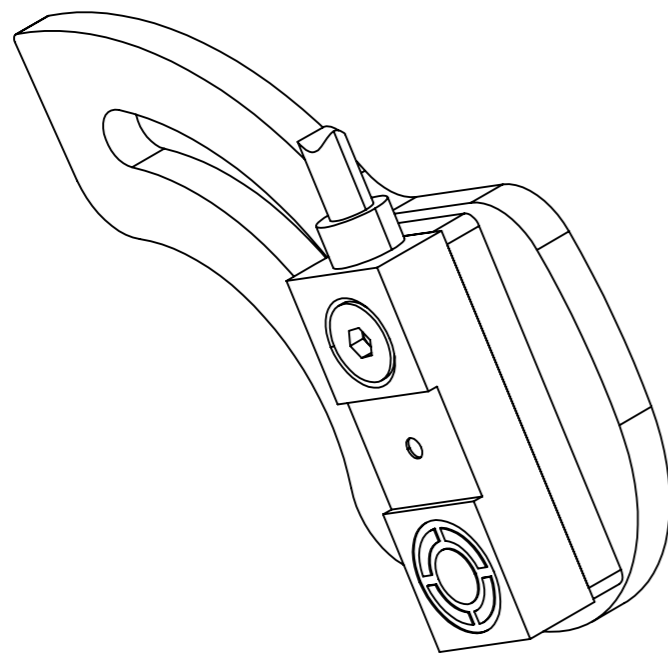
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	2	22AB002.51.M051-010.400.0004		S 235	-	1.Laser
2	2	MAE-GP-GH - Rubber Buffers GH - 68571510				5.Standard
3	1	PULSEROLLER - PR-AD-50-581-15ZMAT		ST37		5.Standard
4	1	PULSEROLLER - M12P1.25 Flange Hex Nut		S 235		5.Standard
5	1	DIN125-1A - 8	Anl. plana DIN125-1A - 8			7.Parafusos
6	2	DIN125-1A - 5	Anl. plana DIN125-1A - 5			7.Parafusos
7	2	DIN933 - M5x30	Pf. sext. ext. - DIN933 - M5x30			7.Parafusos
8	2	DIN985 - M5	Fêmea aut.bloc. DIN985 - M5			7.Parafusos
9	1	DIN933 - M8x20	Pf. sext. ext. - DIN933 - M8x20			7.Parafusos
10	1	DIN127B - 8	Anl. mola DIN127B - 8			7.Parafusos
11	2	DIN933 - M6x30	Pf. sext. ext. - DIN933 - M6x30			7.Parafusos
12	2	DIN985 - M6	Fêmea aut.bloc. DIN985 - M6			7.Parafusos
13	2	DIN125-1A - 6	Anl. plana DIN125-1A - 6			7.Parafusos


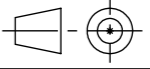


	Nome	Data	Projecto:	Quantidade	0
Desenhou	R.Fonseca	25/11/2022	 <small>engenharia to your needs</small>	Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	16/08/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.400.1000				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.14
1:4		0		Massa (kg)	9.49
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



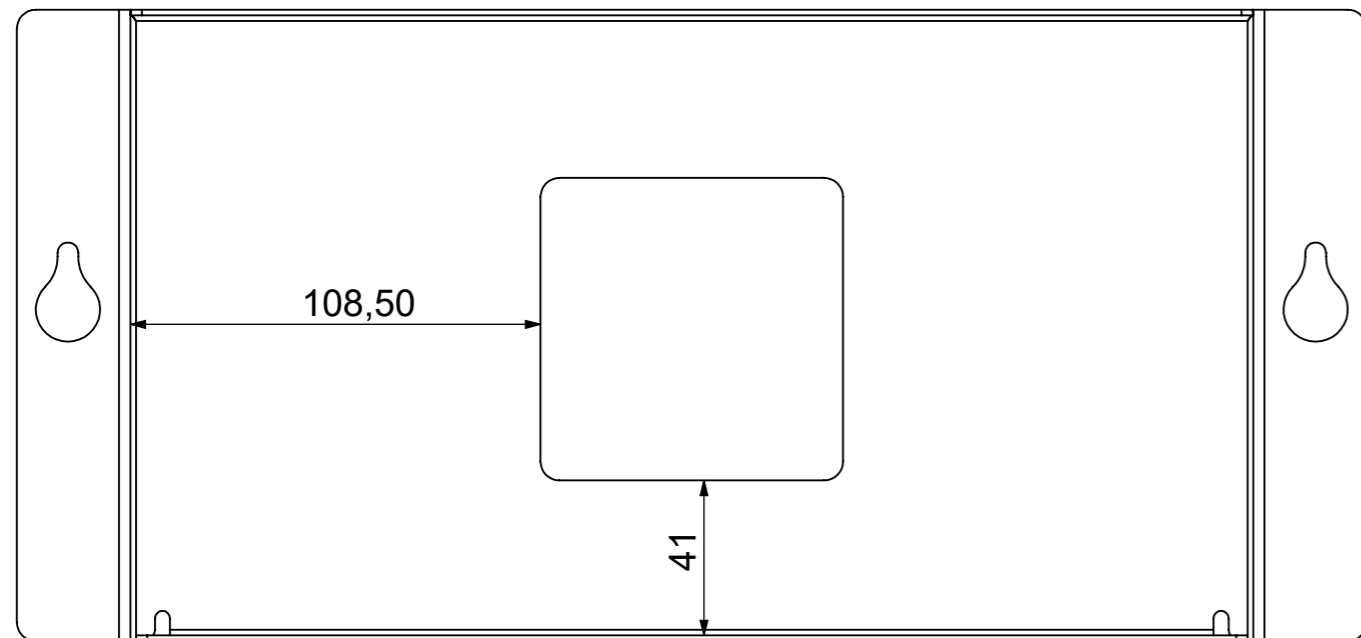
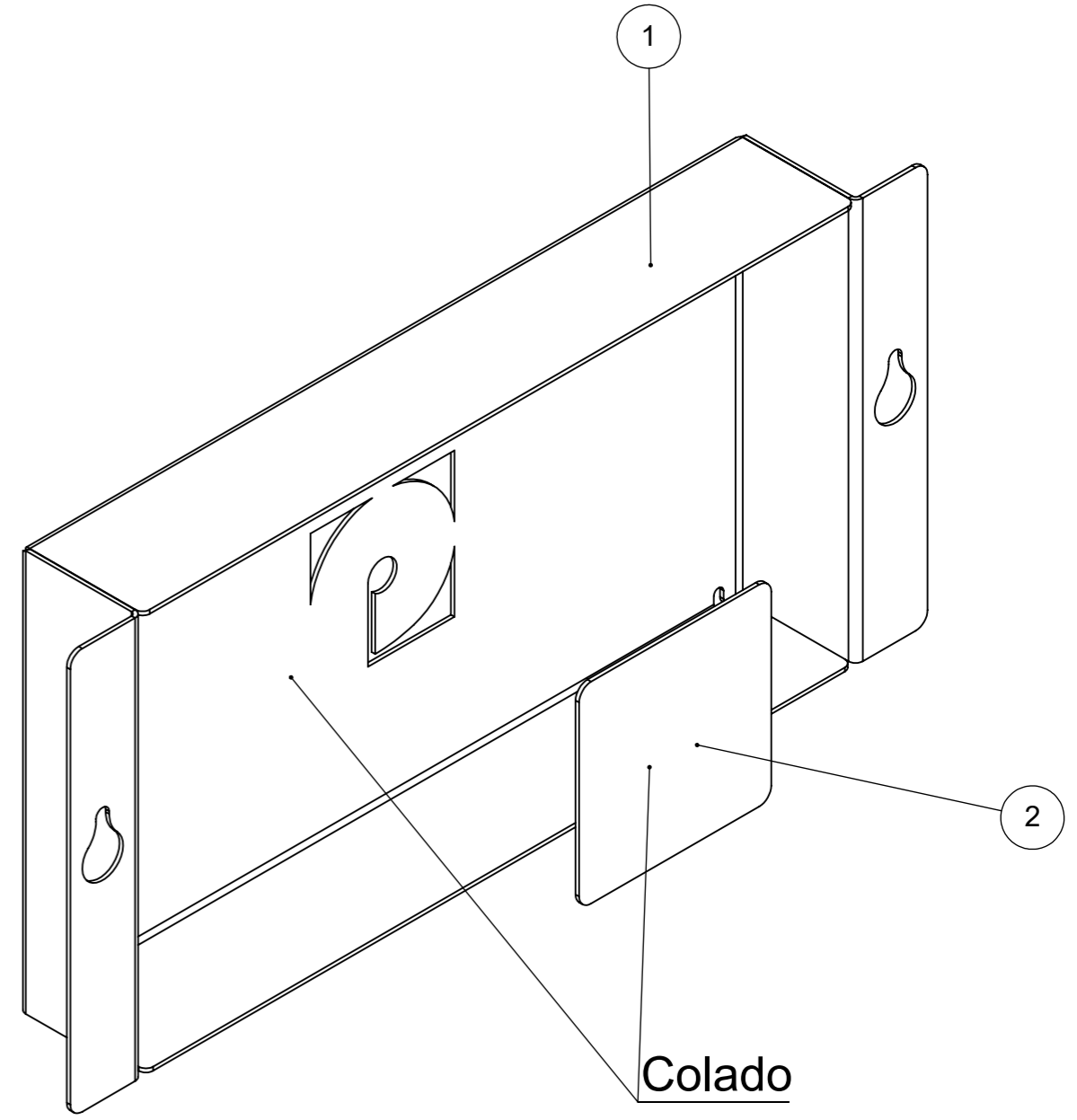
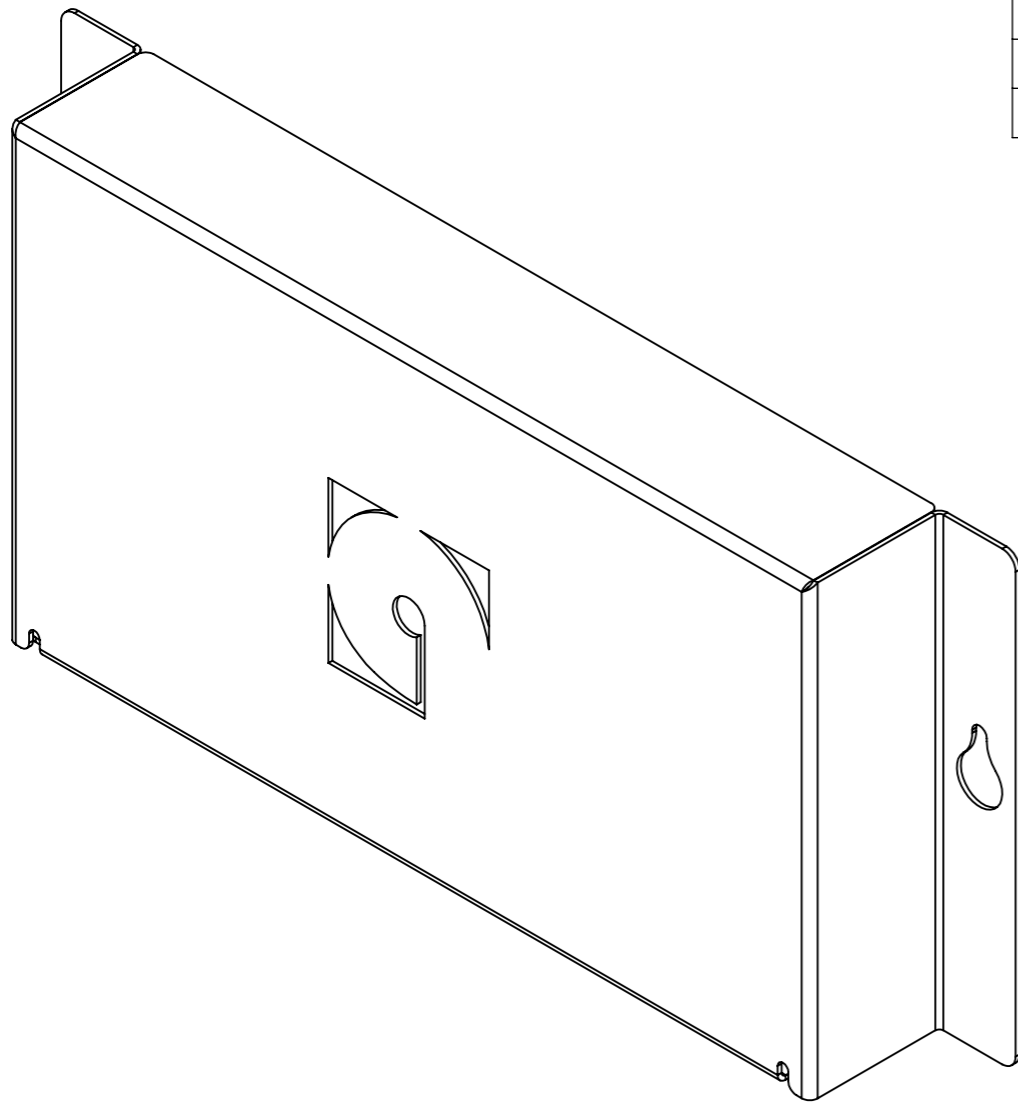
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.500.0002		Aço galvanizado		1.Laser
2	1	22AB002.51.M051-010.500.0001		Aço galvanizado		1.Laser
3	1	DIN7991 - M3x12	Pf. cab. embeber - DIN7991 - M3x12			7.Parafusos
4	2	DIN125-1A - 3	Anl. plana DIN125-1A - 3			7.Parafusos
5	2	DIN912 - M3x5	Pf. cab. cilíndrica - DIN912 - M3x5			7.Parafusos
6	1	SICK - IQ06-03BPSKU2S				8.Mat. Elétrico


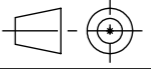


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	A.Barbosa	28/12/2022		Material	n/a	
Alterou	rafaelfonseca	29/08/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	n/a
Execução	1.Montagem			Secção		
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	2x
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.500.0010					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.01	
2:1		0		Massa (kg)	0.04	
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						



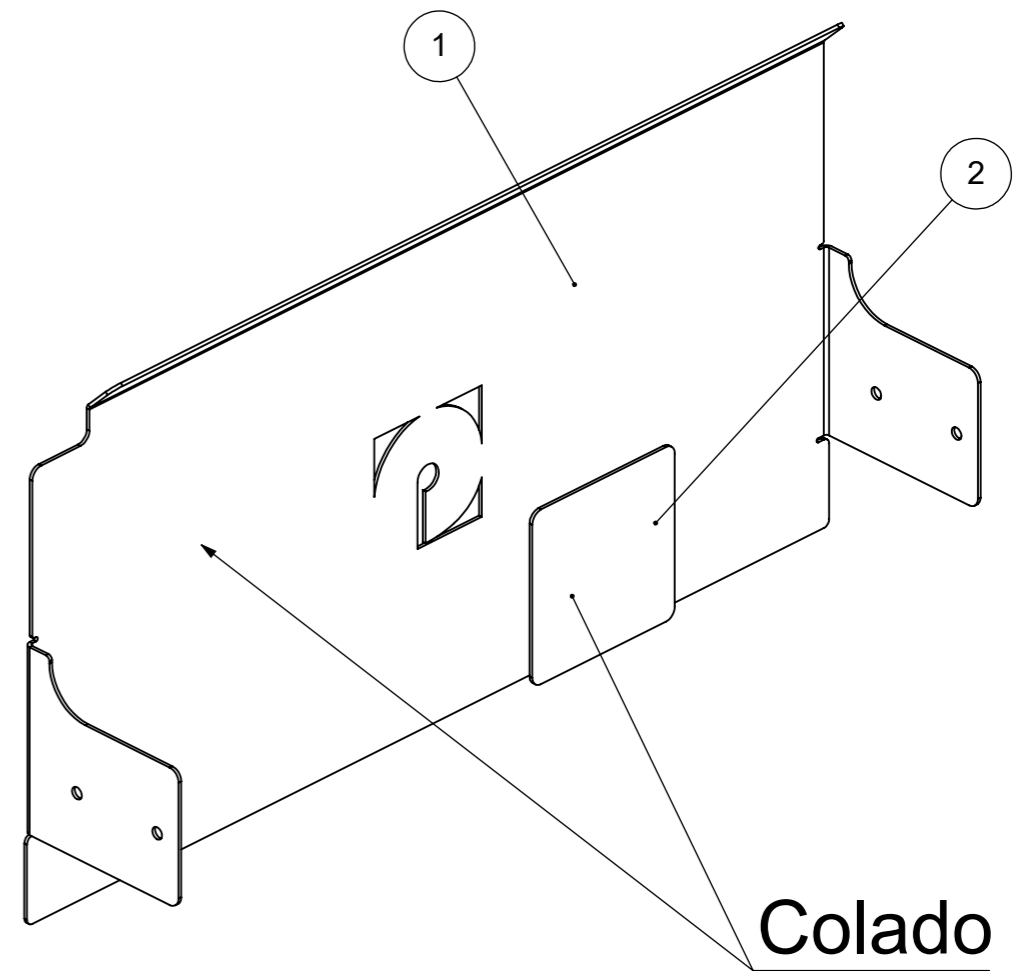
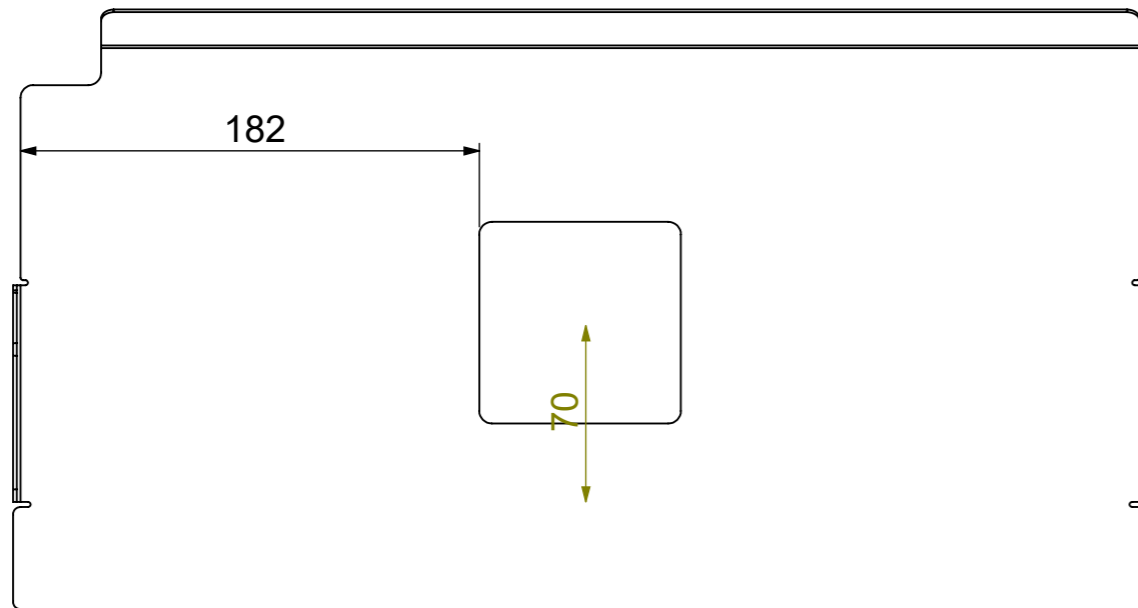
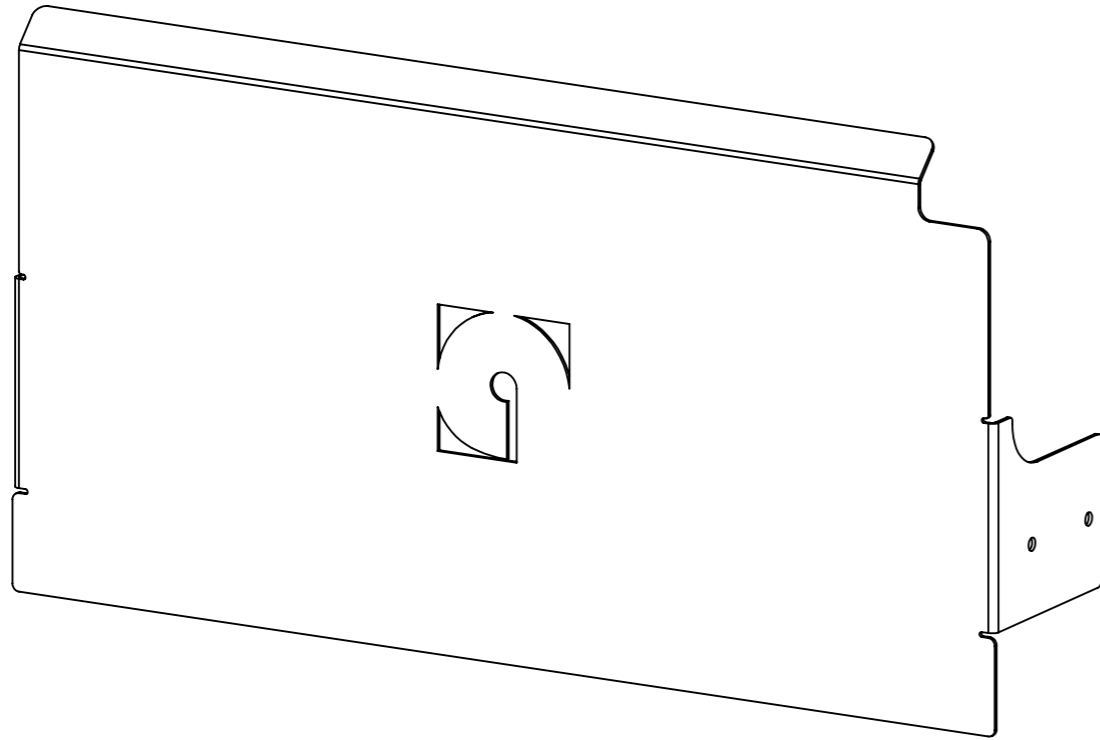
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.600.0005		S 235	1.Laser
2	1	22AB002.51.M051-010.600.0011		S 235	1.Laser


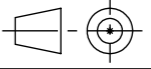


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	A.Barbosa	31/01/2023	 <small>engenharia to go, jr. todos</small>	Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	16/02/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> <small>ISO 2768</small> <small>mK</small>	Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	1x
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.600.0020				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)	0.22
1:2		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	1.25
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

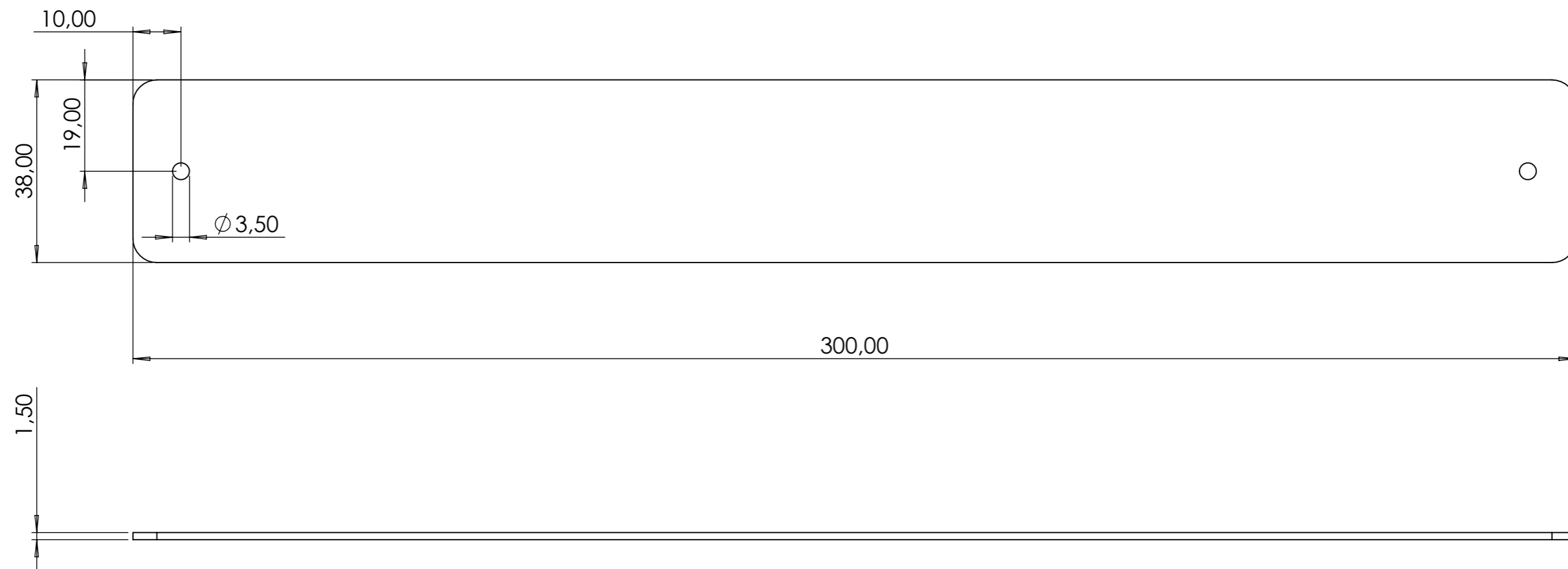


Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.51.M051-010.600.0007		S 235	1.Laser
2	1	22AB002.51.M051-010.600.0011		S 235	1.Laser



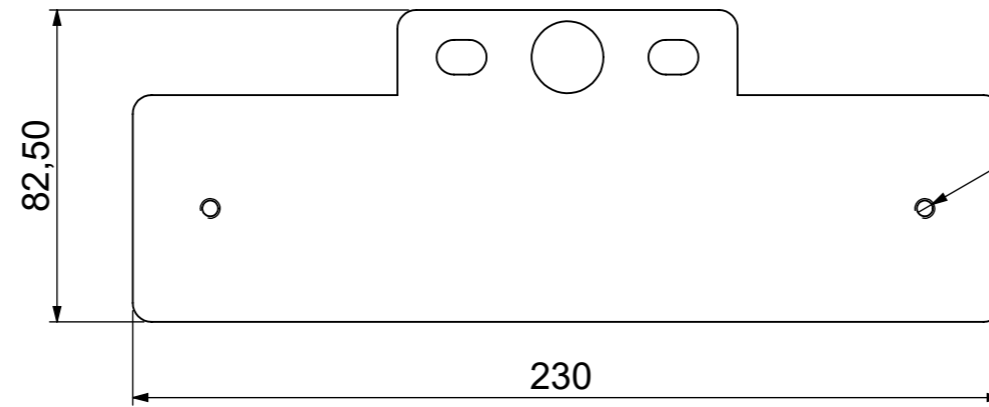
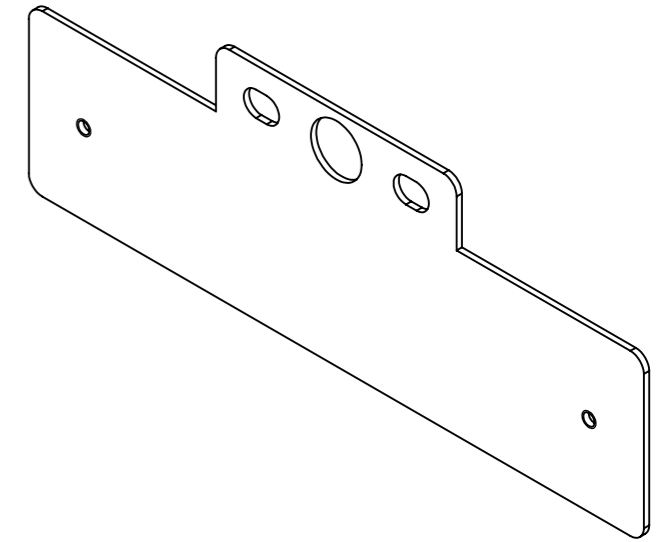
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1	
Desenhou	R.Fonseca	31/01/2023		Material	n/a	
Alterou	alexandrebarboza	17/02/2023		Engenheiros de Voz e Vídeo	Espessura	n/a
Execução	1.Montagem				Secção	
Destino	1.Montagem				Toleranciamento	ISO 2768 mK
Descrição				Ref. Base	1x	
Desenho	22AB002.51.M051-010.600.0030					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.25	
1:3		0		Massa (kg)	1.44	
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						



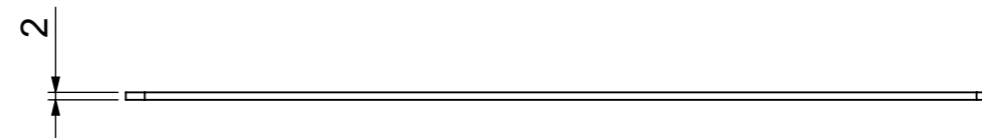



	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou		10/02/2023		Material	
Alterou	rafaelfonseca	14/02/2023		Engenheiros de 1ª e 2ª Classe	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.51.M051-010.600.0013				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m²)
1:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



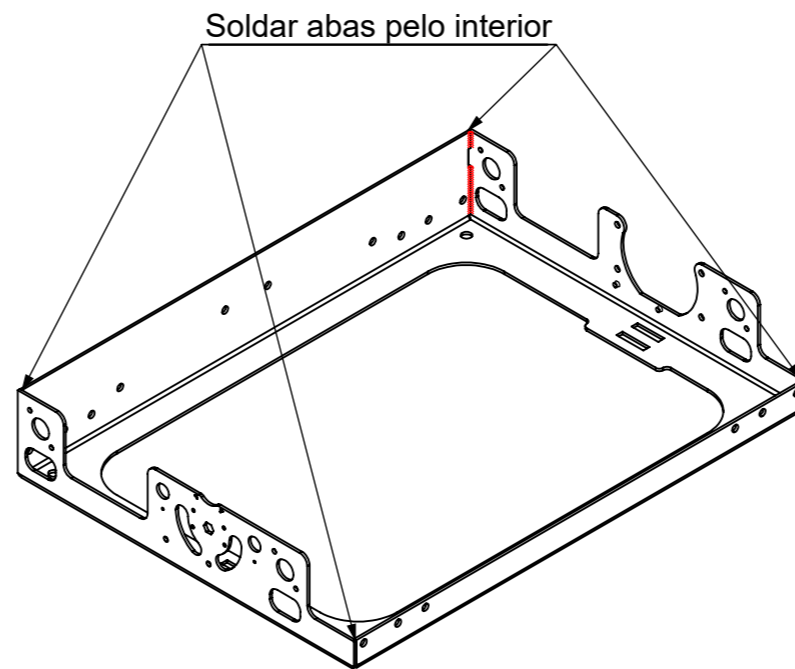
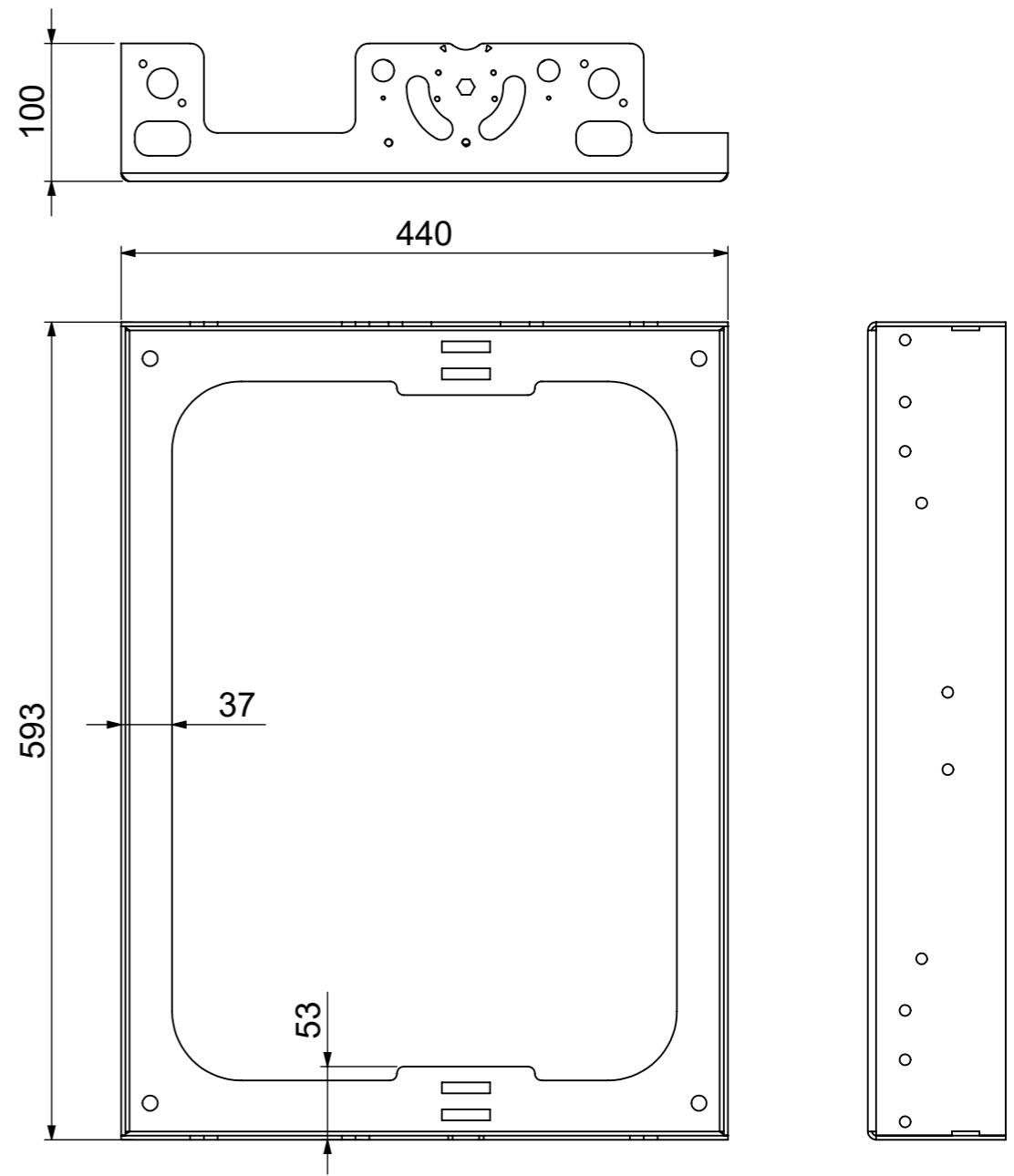
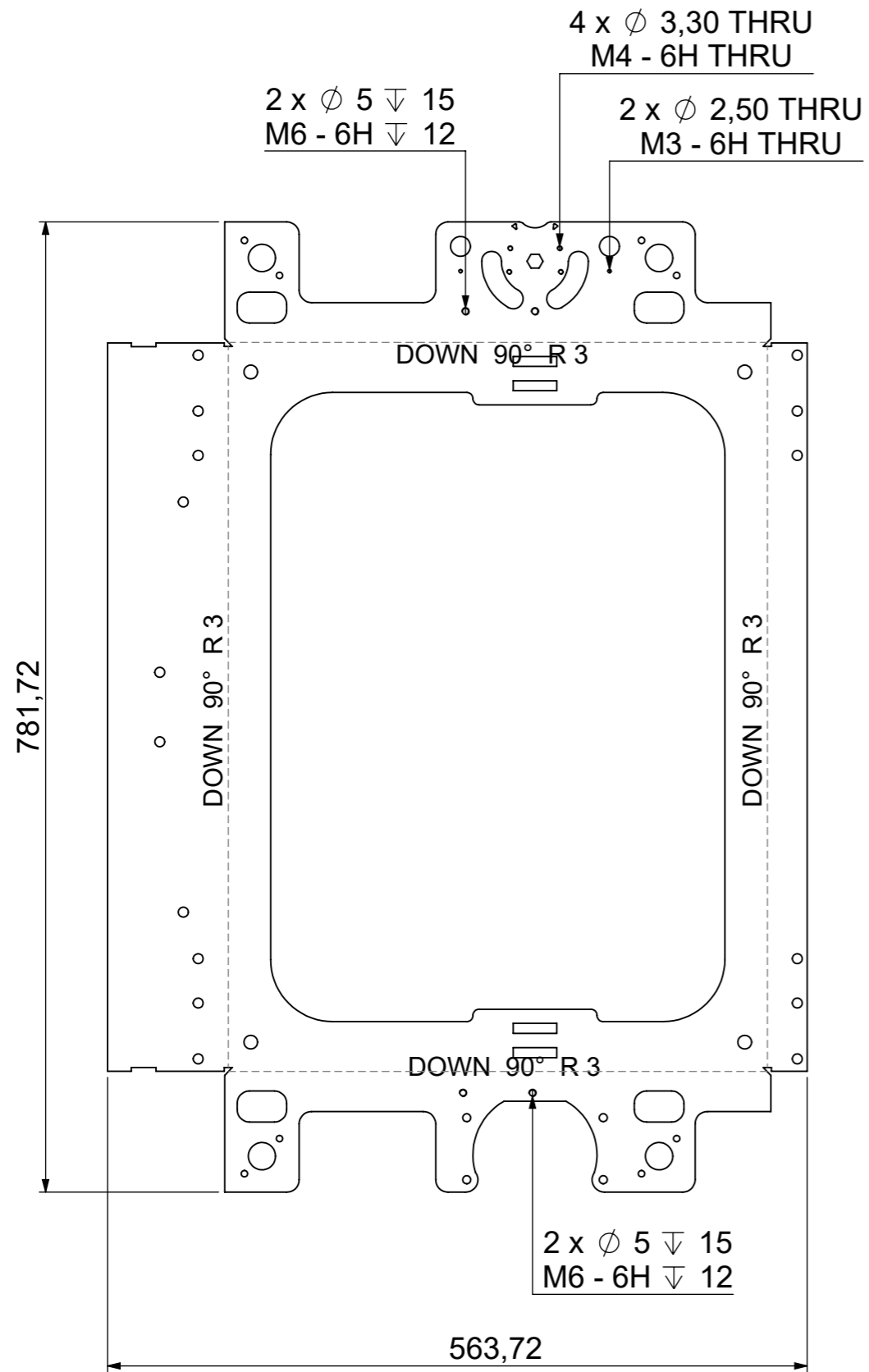



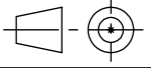
2 x Ø 4,20 ∇ 12,40
M5 - 6H ∇ 10



	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou		11/01/2019		Material	Aço galvanizado
Alterou	rafaelfonseca	14/02/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-90.100.0004				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.03
1:2		0		Massa (kg)	0.24
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

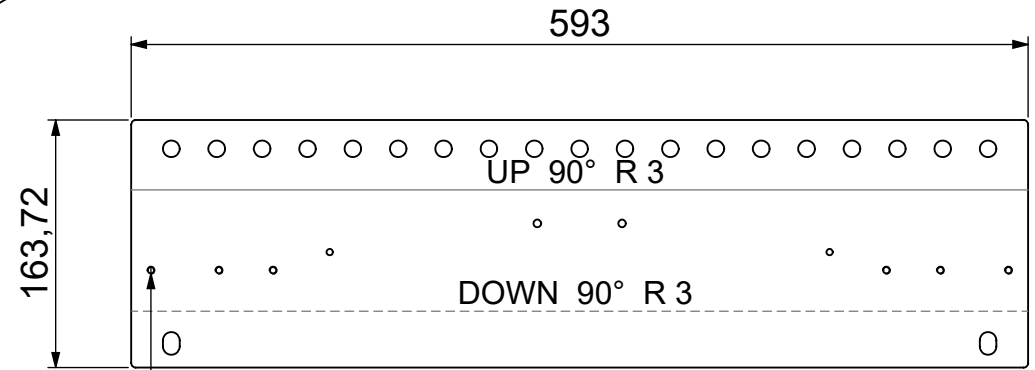
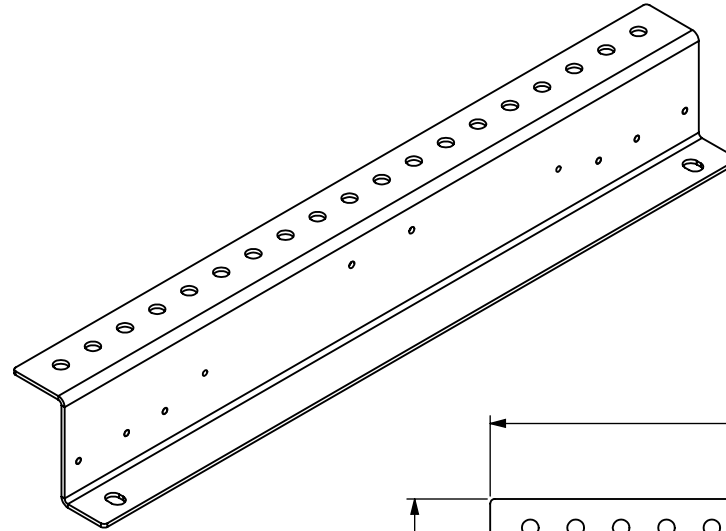
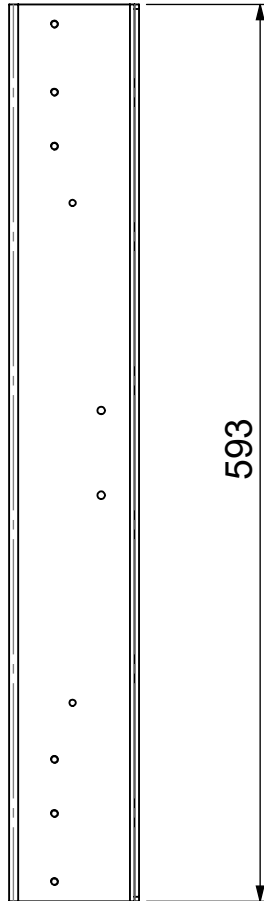
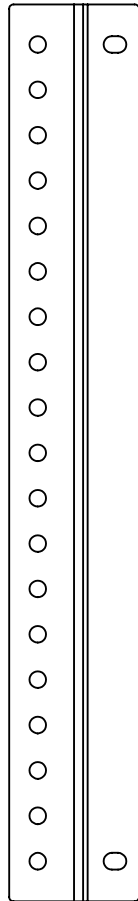
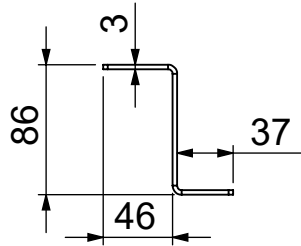




	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	joselopez	24/10/2022	 <small>engenharia to go jr. 2022</small>	Material	S 235
Alterou	rafaelfonseca	31/03/2023		Espessura	3
Execução	1.Laser		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	3.Soldadura e outro			Tratamento	1xZincado
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.100.0001				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6 μ m Peças Lacadas: 80 μ m	Área (m ²)	0.42
1:5		0		Massa (kg)	4.56

Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.

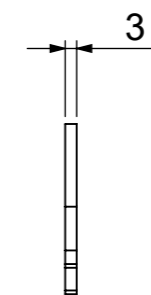
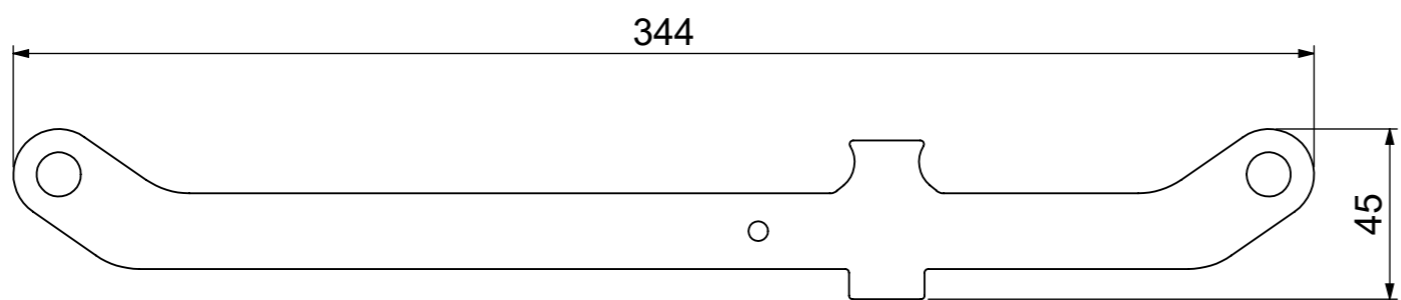
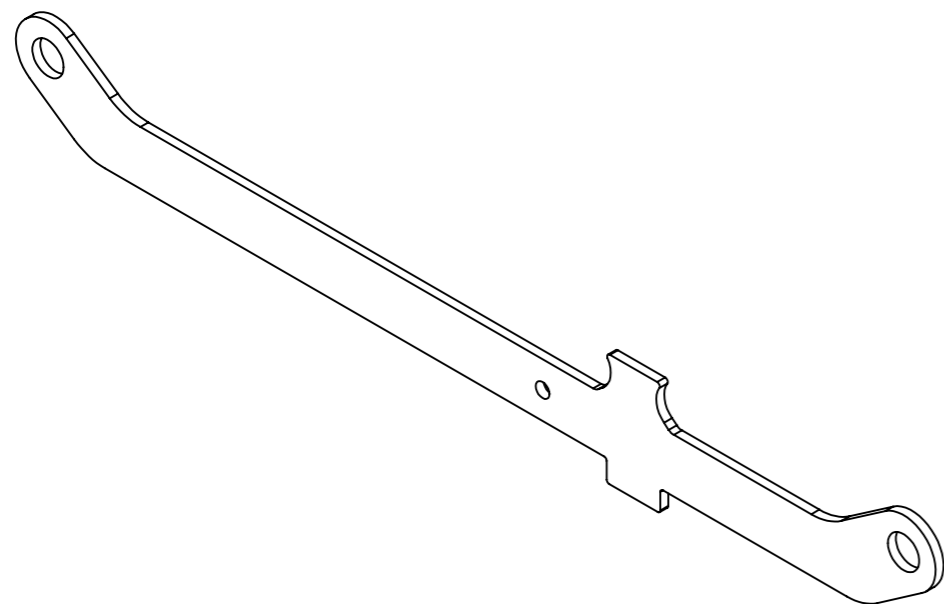


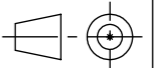


6 x ϕ 4,20 THRU ALL
M5 - 6H THRU ALL

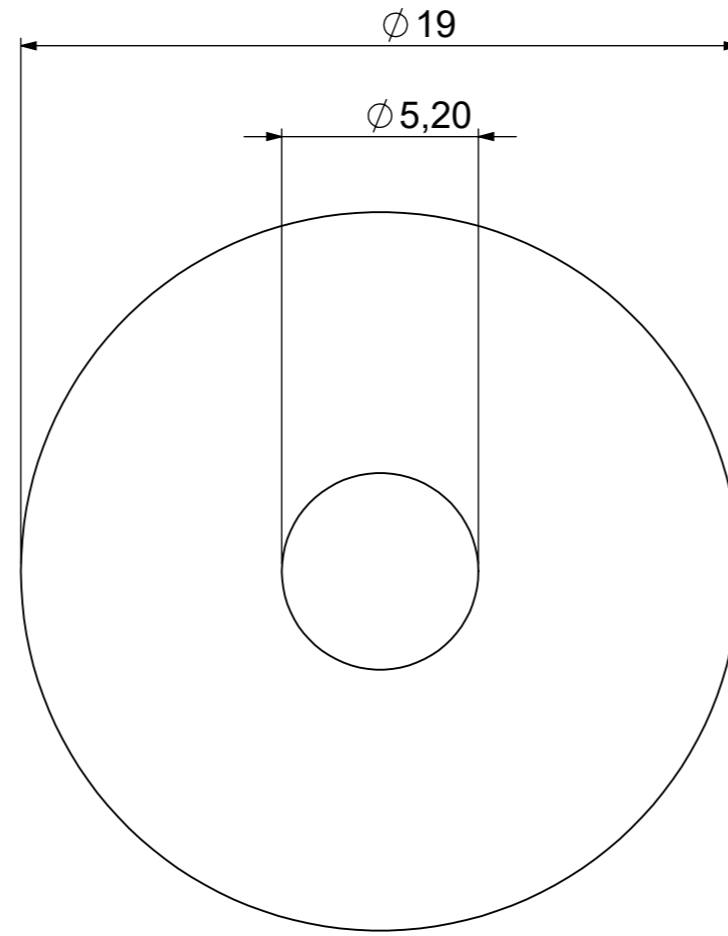
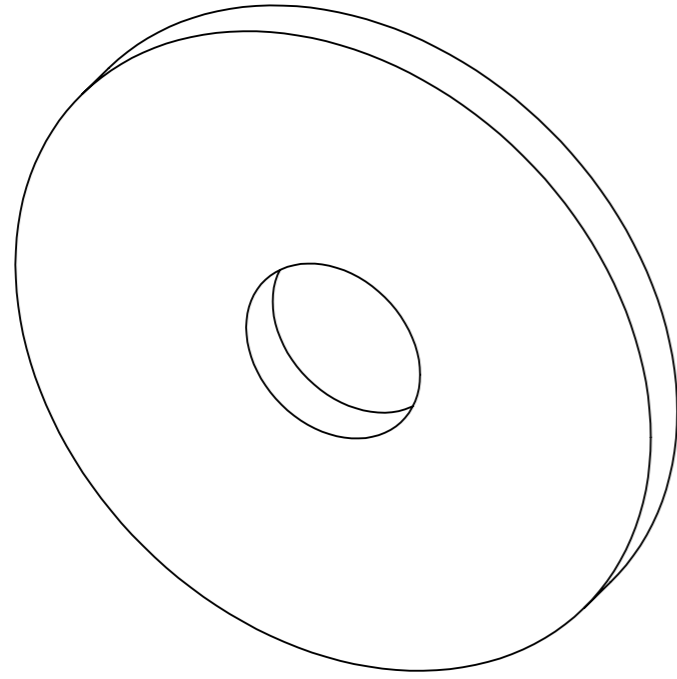



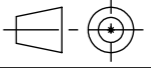
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou	R.Fonseca	02/11/2022		Material	S 235
Alterou	rafaelfonseca	13/02/2023		Espessura	3
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.100.0002				
ESCALA:	A4	REV.:	0	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m ²) 0.20
1:5				Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg) 2.21
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	R.Fonseca	09/11/2022		Material	S 235	
Alterou	rafaelfonseca	14/02/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	3
Execução	1.Laser			Secção		
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento	2xZincado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0003					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m²)	0.02
1:2		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)	0.17
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						

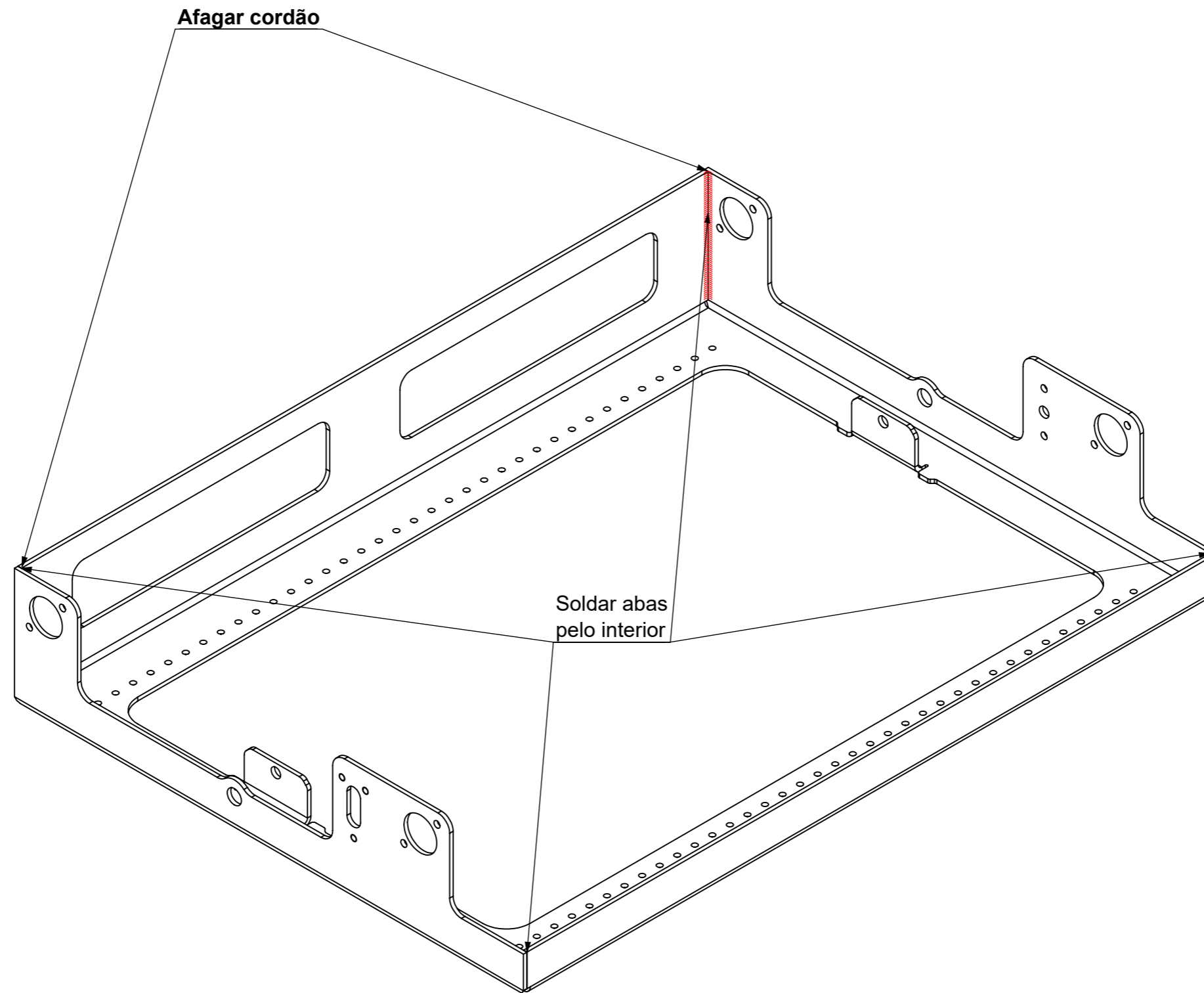




	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	12
Desenhou	R.Fonseca	09/11/2022		Material	Aço galvanizado
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiro de Desenho	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0004				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m ²)
5:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		0.00
				Massa (kg)	0.00
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

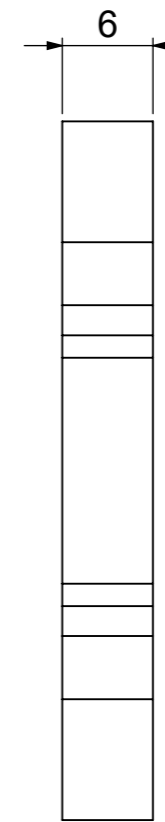
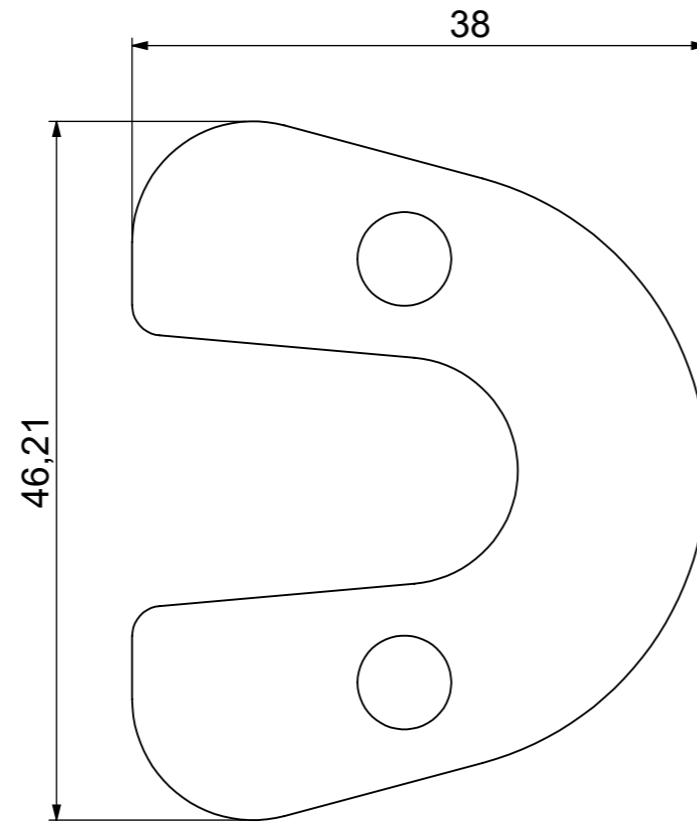
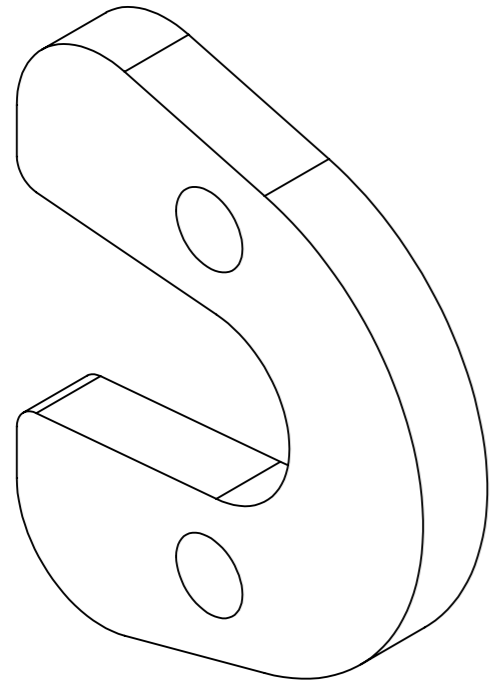



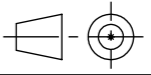
SOL



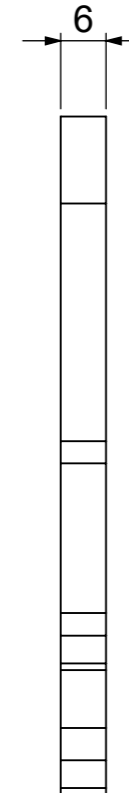
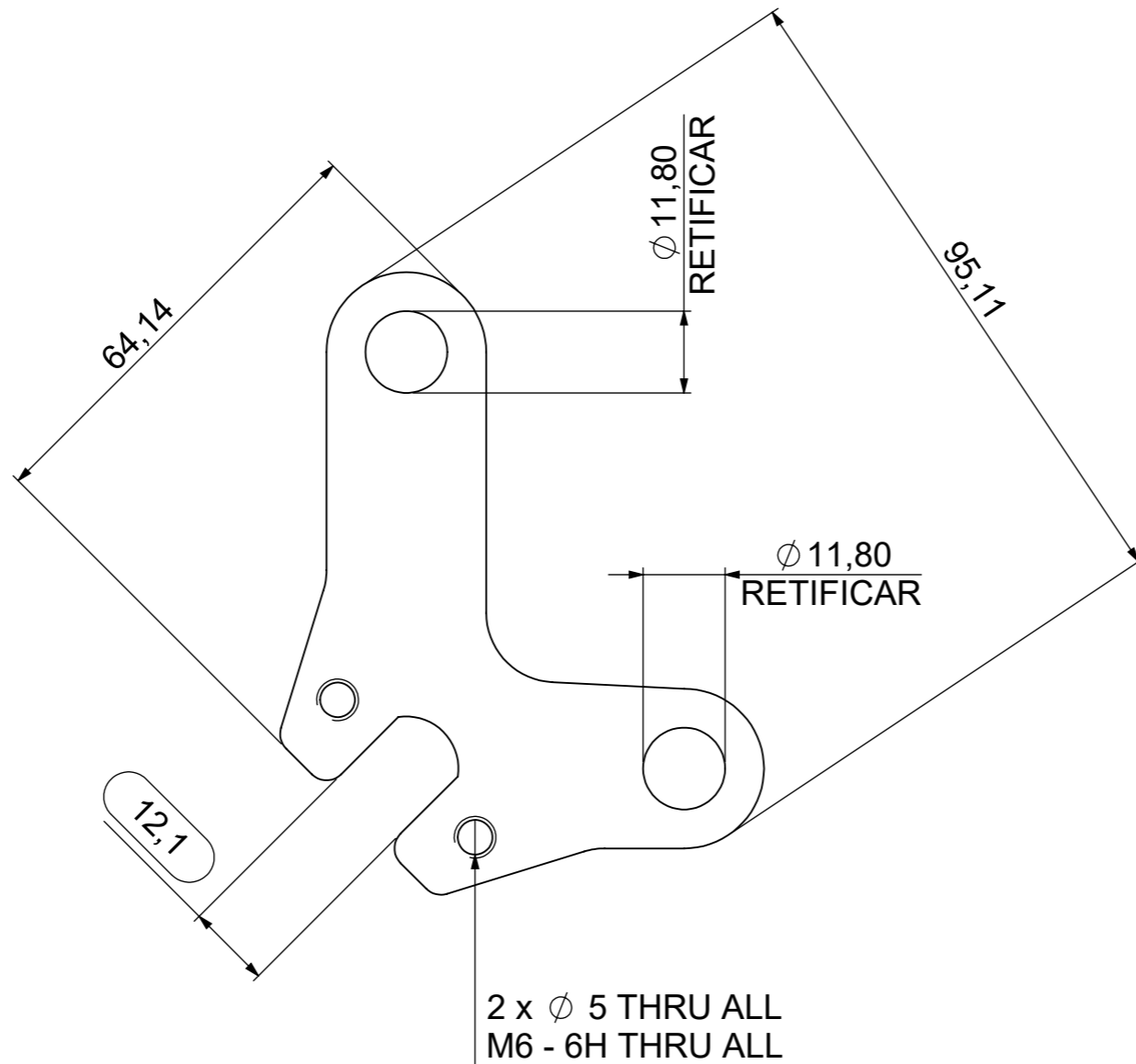
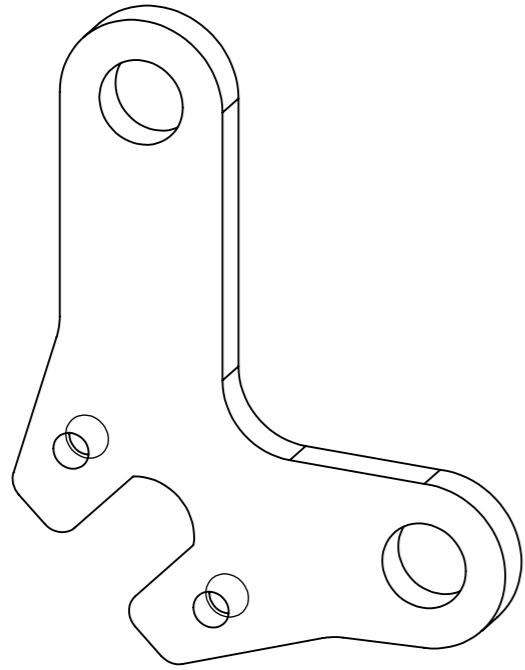
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1	
Desenhou	A.Barbosa	04/11/2022		Material	S 235	
Alterou	alexandrebarbosa	31/01/2023		Engenheiro de Projeto	Espessura	3
Execução	1.Laser			Secção		
Destino	3.Soldadura e outro			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	1xZincado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0015					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)	0.38	
1:3		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	4.13	
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						


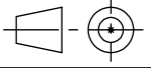




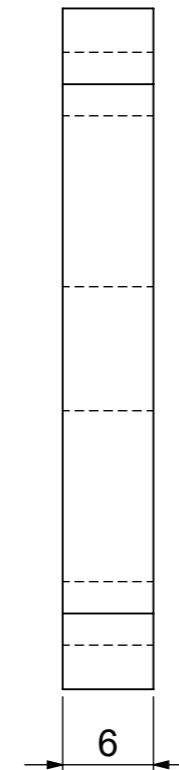
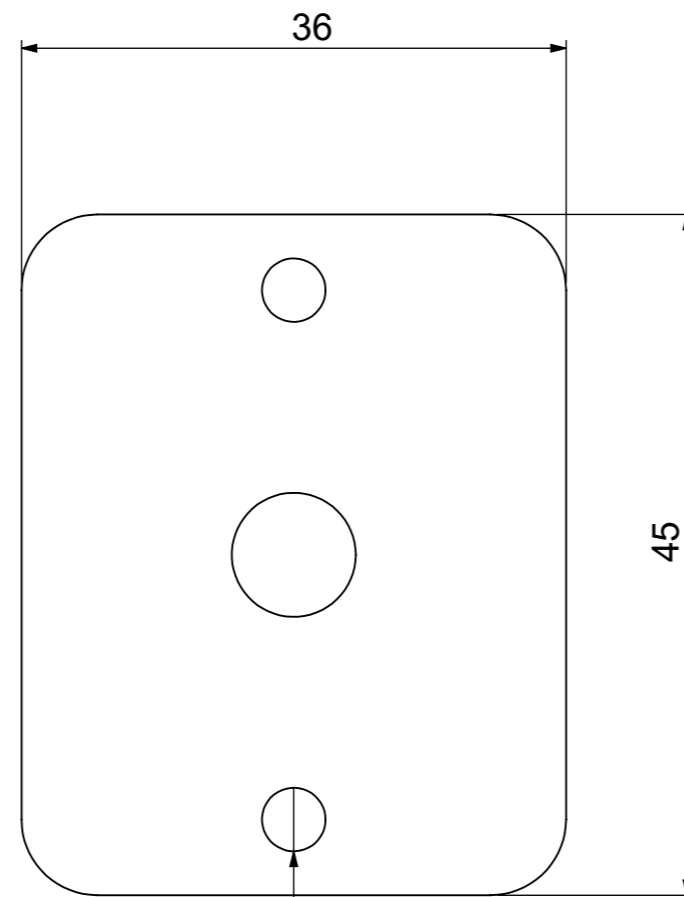
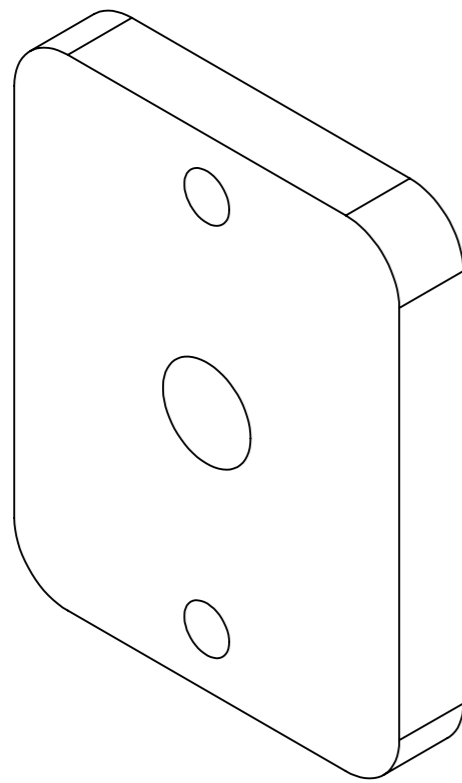
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	4
Desenhou	R.Fonseca	13/12/2022		Material	S 235
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0026				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.00
2:1		0		Massa (kg)	0.04
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					






	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	4
Desenhou	R.Fonseca	02/11/2022	 <small>engenharia de precisão</small>	Material	S 235
Alterou	alexandrebarboza	16/02/2023		Espessura	6
Execução	1.Laser		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	5.Tratamento			Tratamento	4xZincado
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0027				
ESCALA:	1:1	REV.:	0	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m ²) 0.01
				Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg) 0.11
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

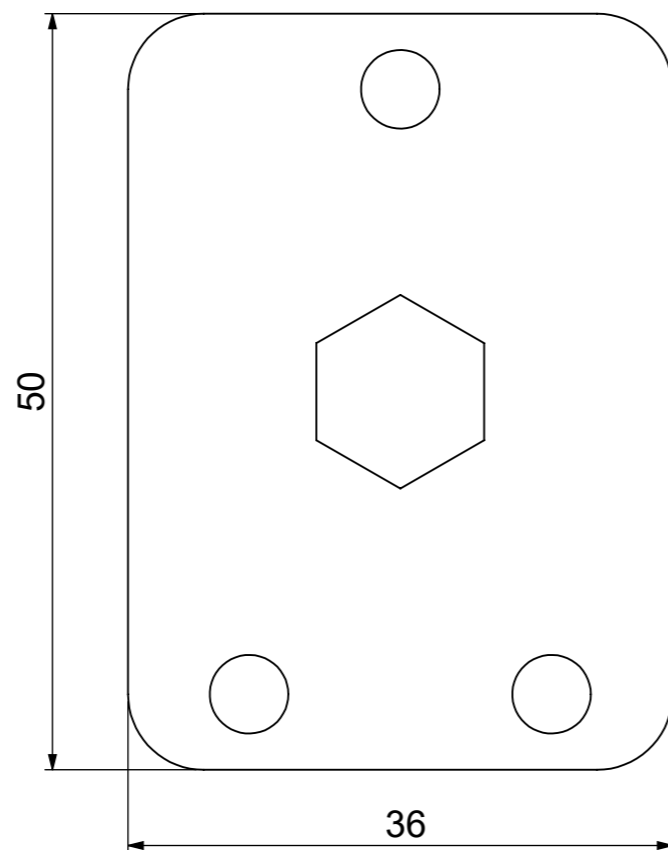
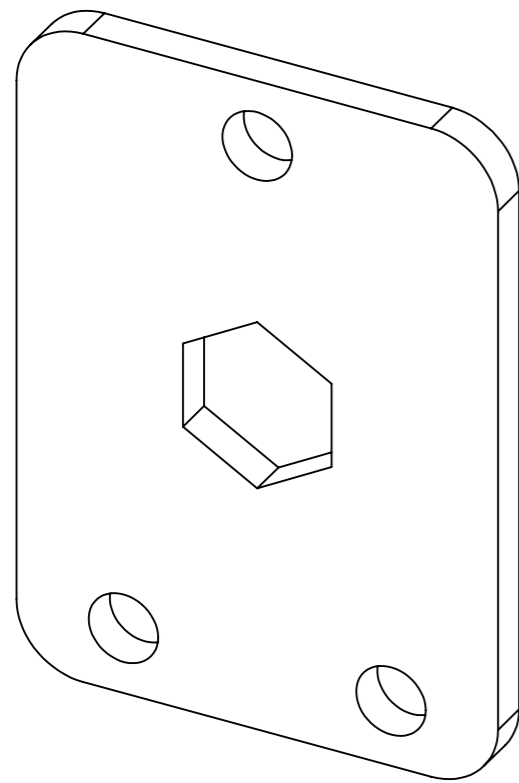



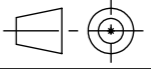


2 x ϕ 4,20 ∇ 12,40
M5 - 6H ∇ 10

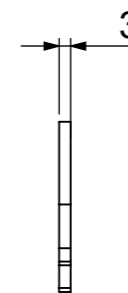
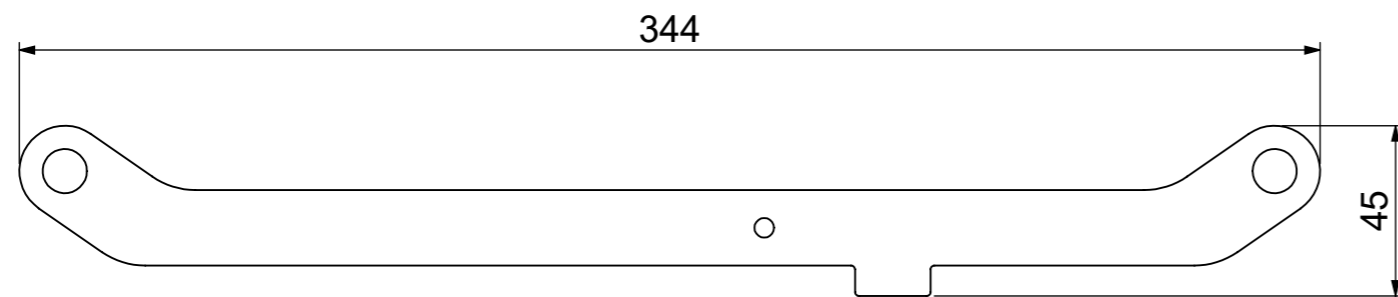
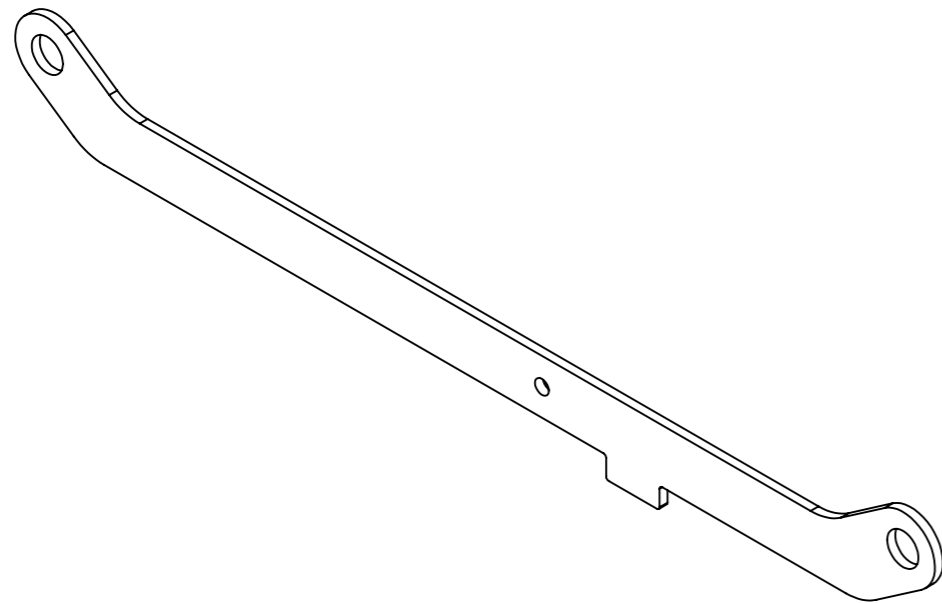
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	A.Barbosa	21/12/2022		Material	S 235
Alterou	alexandrebarbosa	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0031				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.00
2:1		0		Massa (kg)	0.07
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					






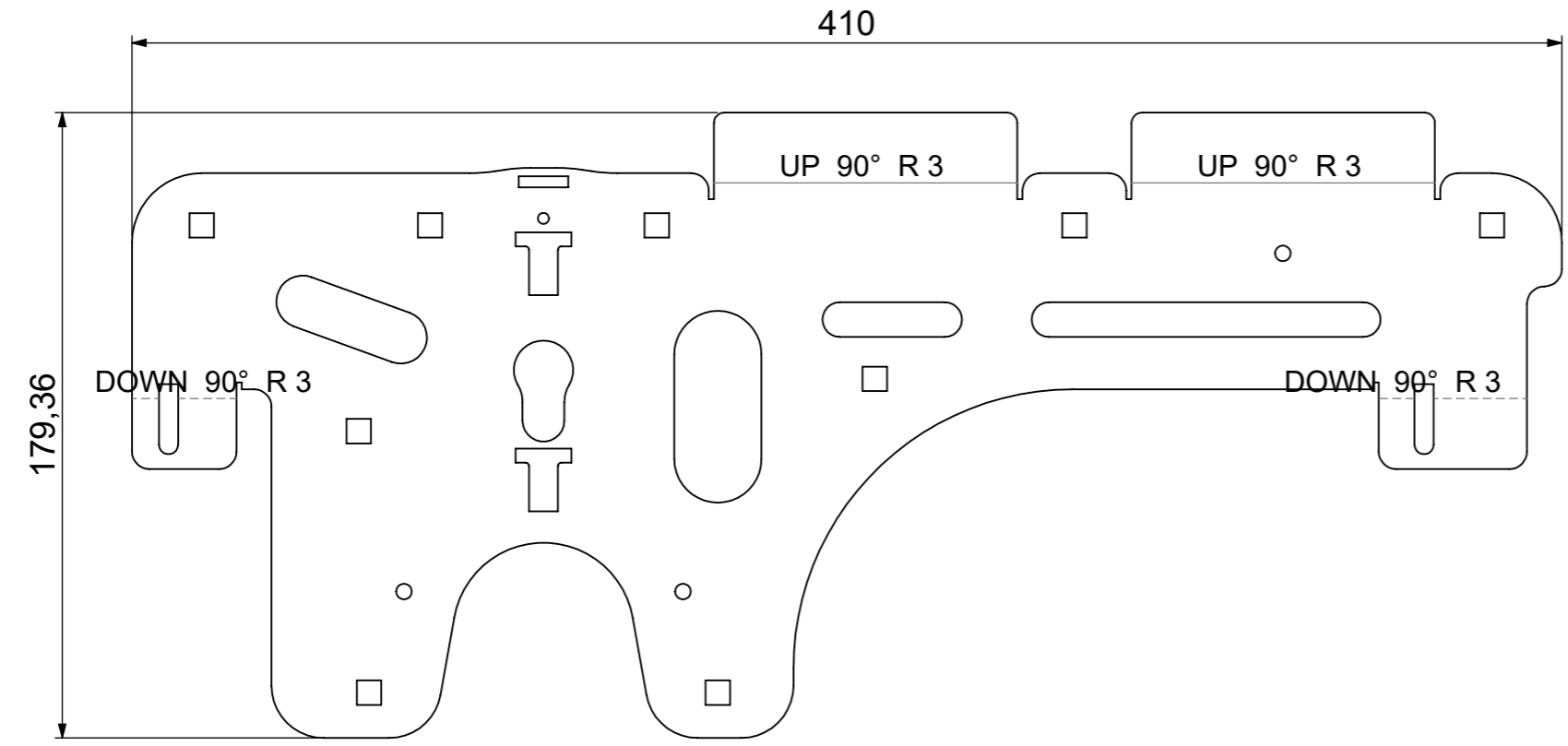
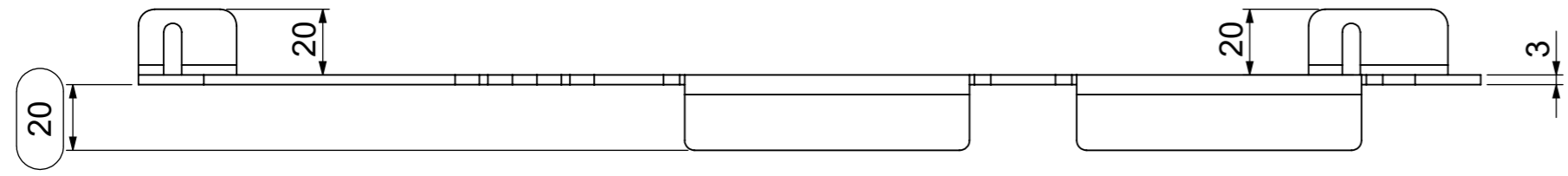
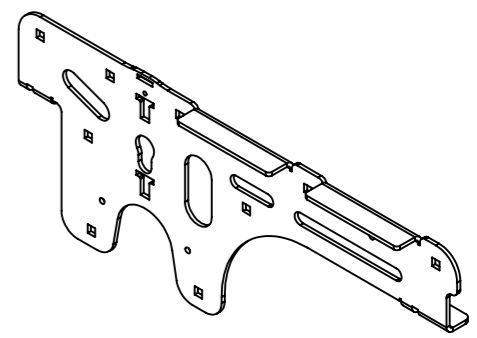
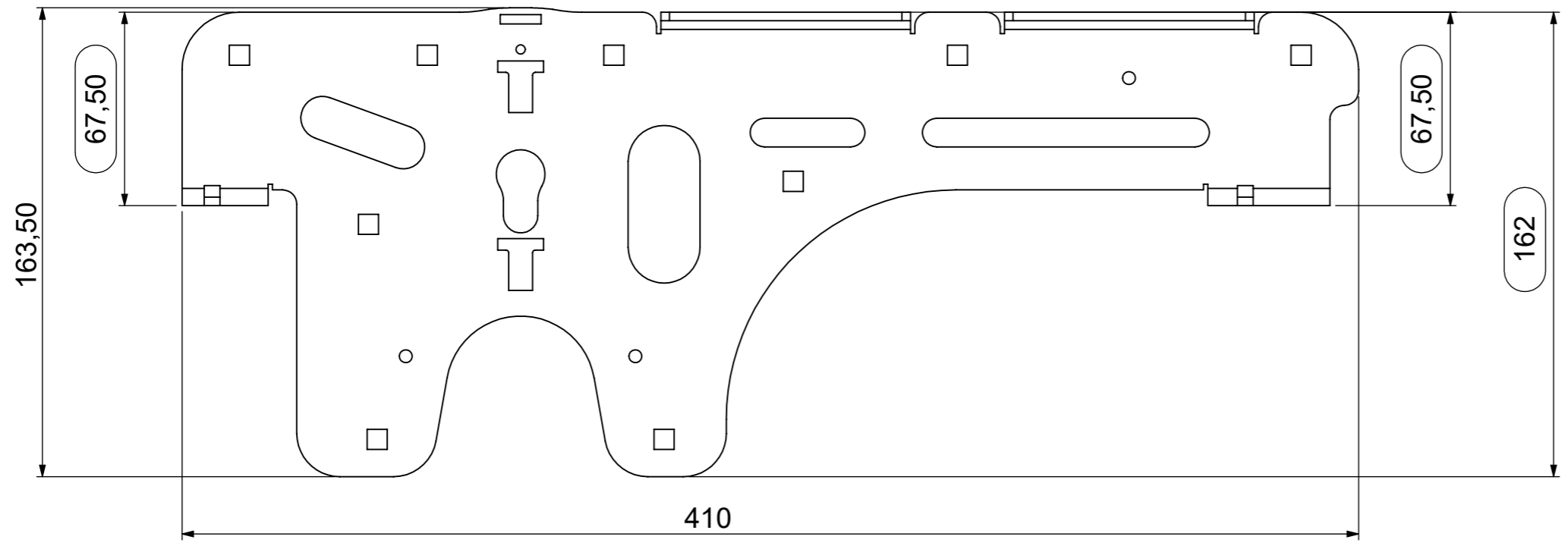
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	A.Barbosa	04/01/2023		Material	Aço galvanizado
Alterou	alexandrebarbosa	31/01/2023		Engenheiro de Projectos	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0033				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.00
2:1		0		Massa (kg)	0.04
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					


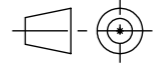




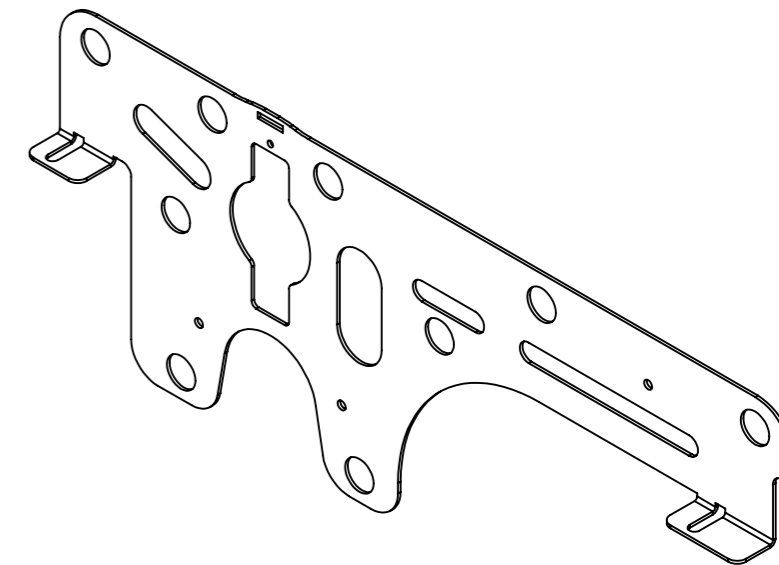
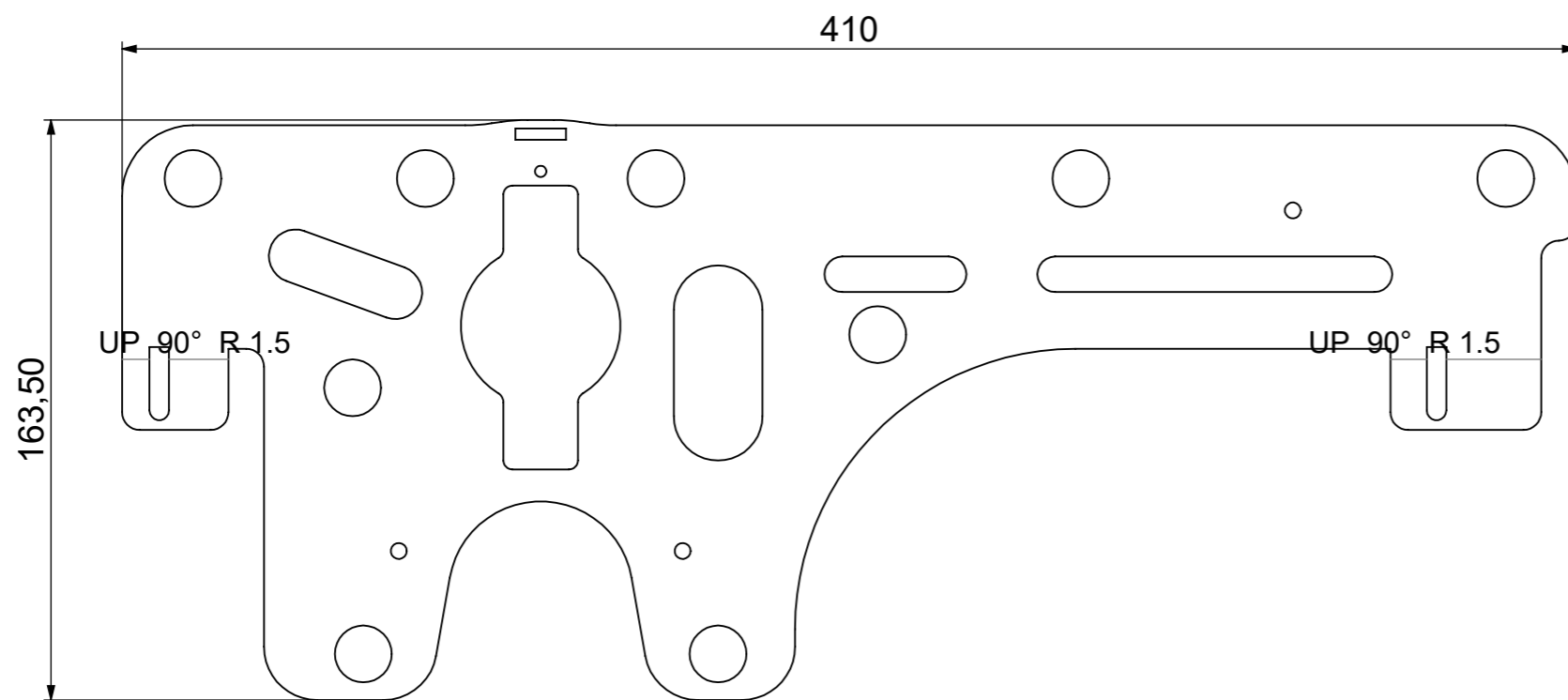
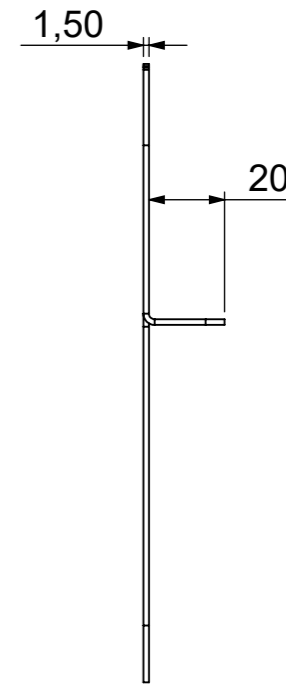
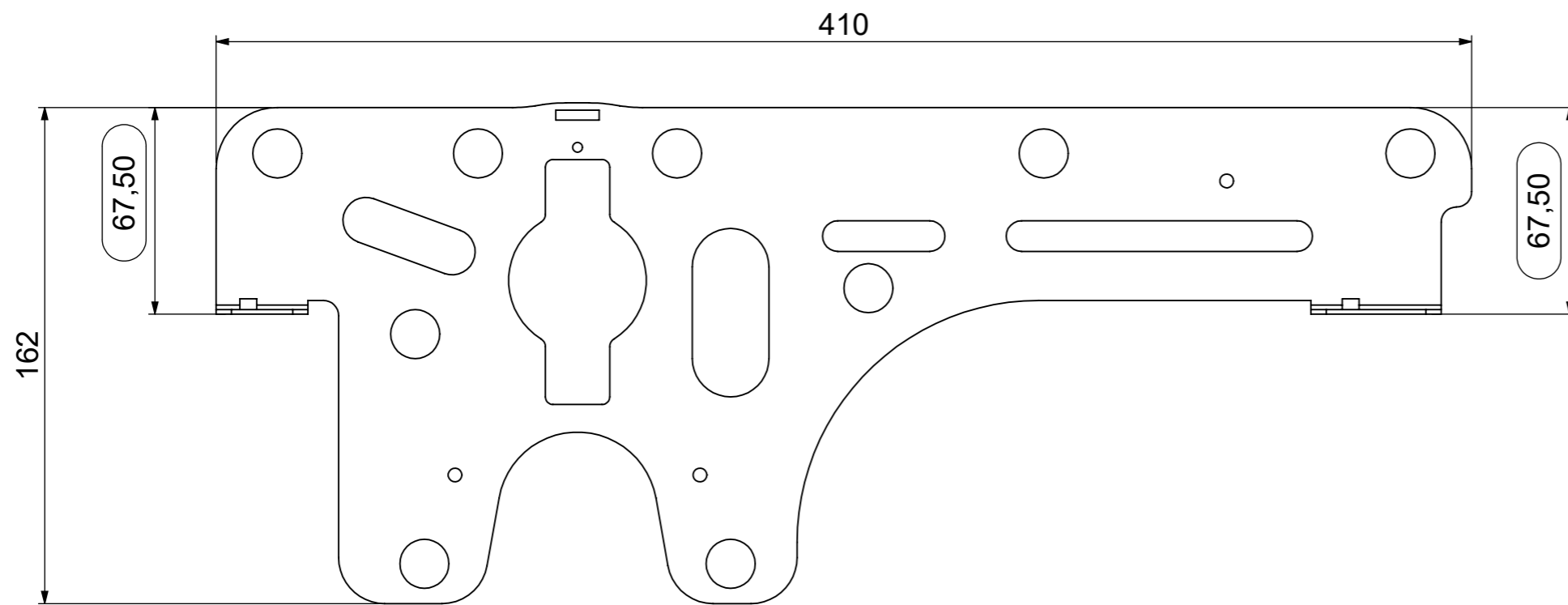
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	R.Fonseca	09/11/2022		Material	S 235	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	3
Execução	1.Laser			Secção		
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento	2xZincado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0034					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m²)	0.02
1:2		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)	0.17
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						


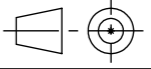




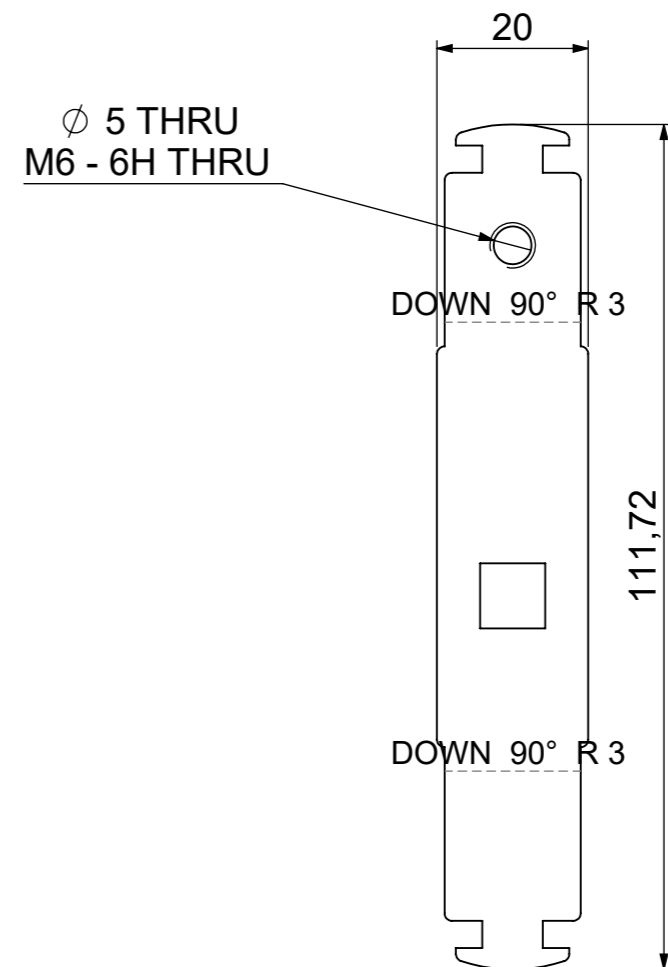
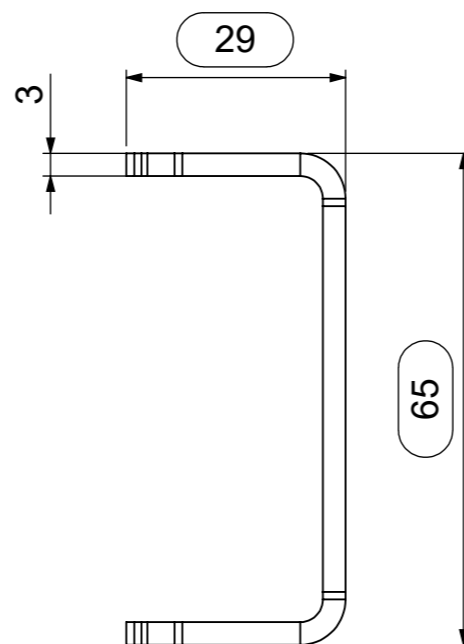
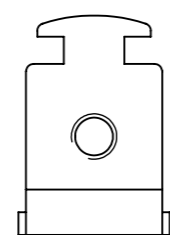
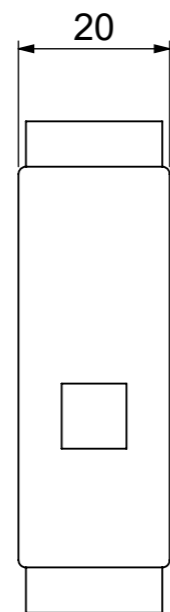
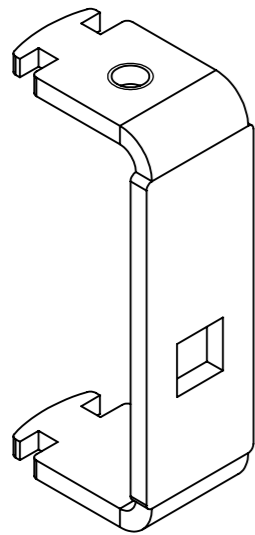
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	6	
Desenhou	R.Fonseca	21/11/2022		Material	Aço galvanizado	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de 1ª e 2ª Classe	Espessura	3
Execução	1.Laser			Secção		
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	6xGalvanizado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.0002					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.08	
1:2		0		Massa (kg)	0.91	
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						


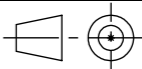




	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	6
Desenhou	R.Fonseca	21/11/2022	 <small>engenharia de precisão</small>	Material	Aço galvanizado
Alterou	joselopes	02/02/2023		Espessura	1,50
Execução	1.Laser		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	6.Montagem			Tratamento	6xGalvanizado
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.0015				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m ²)	0.07
1:2		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	0.38
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

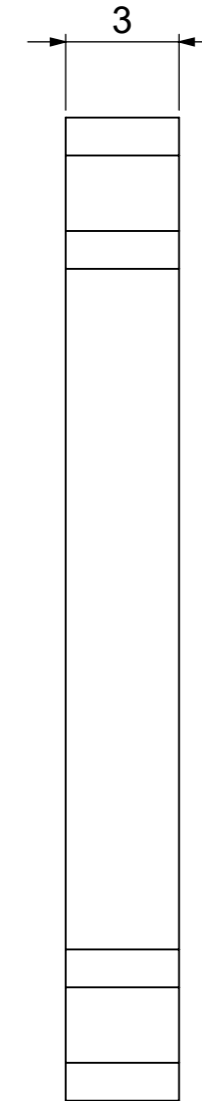
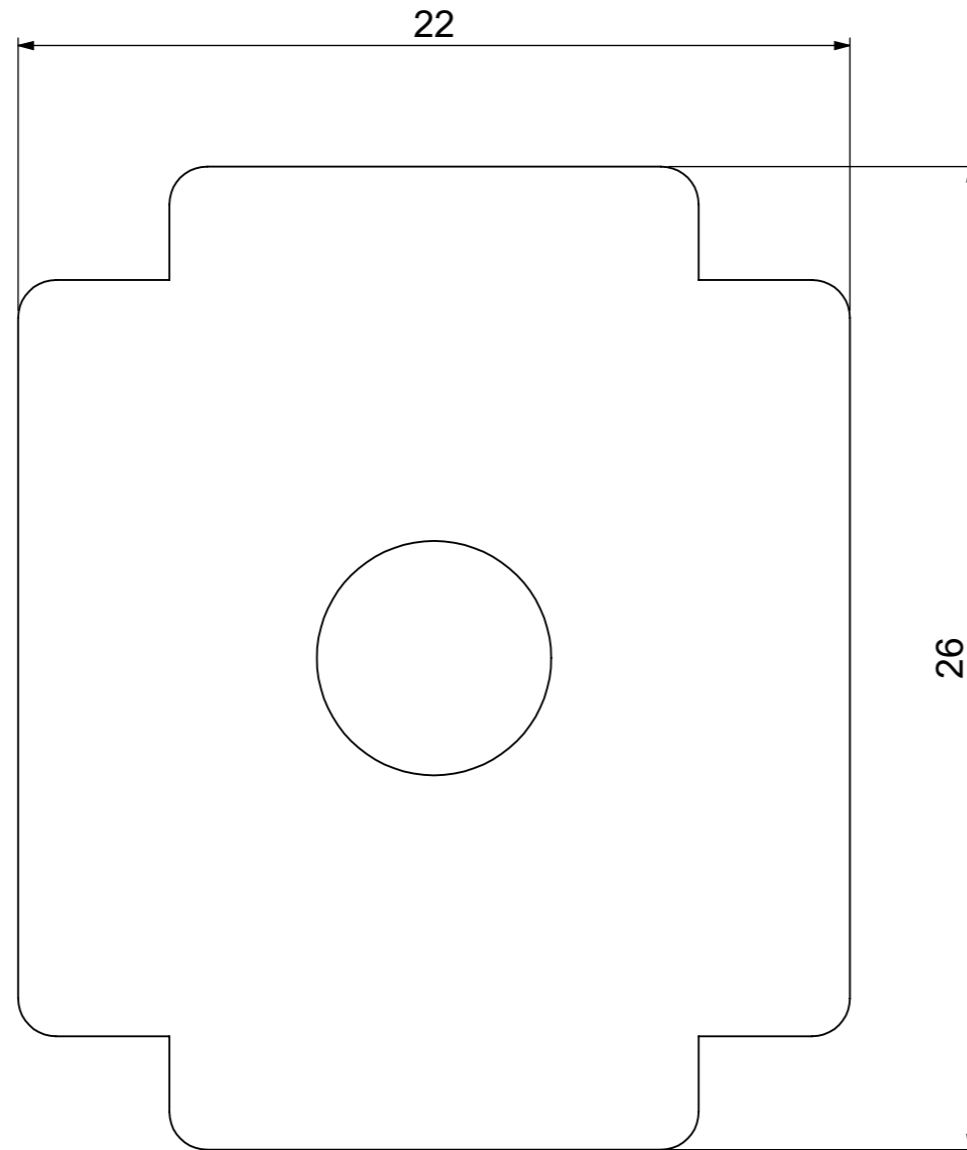
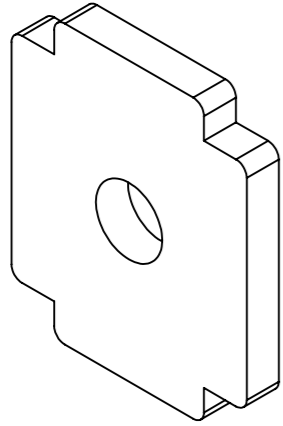



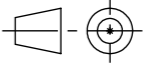


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	6	
Desenhou		20/03/2019		Material	Aço galvanizado	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	3
Execução	1.Laser			Secção		
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	6xGalvanizado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.0006					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.00	
1:1		0		Massa (kg)	0.05	

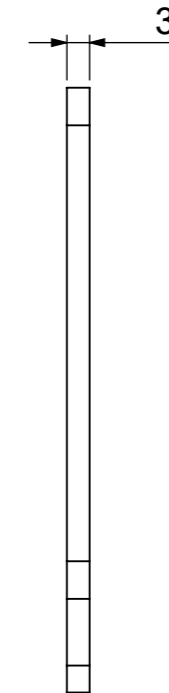
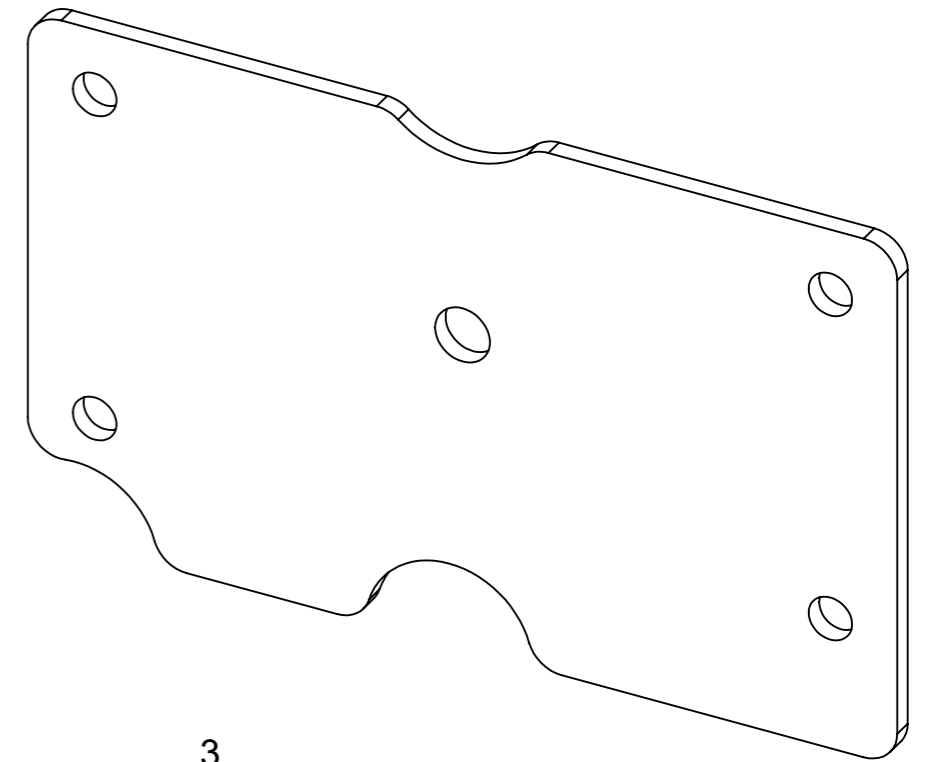
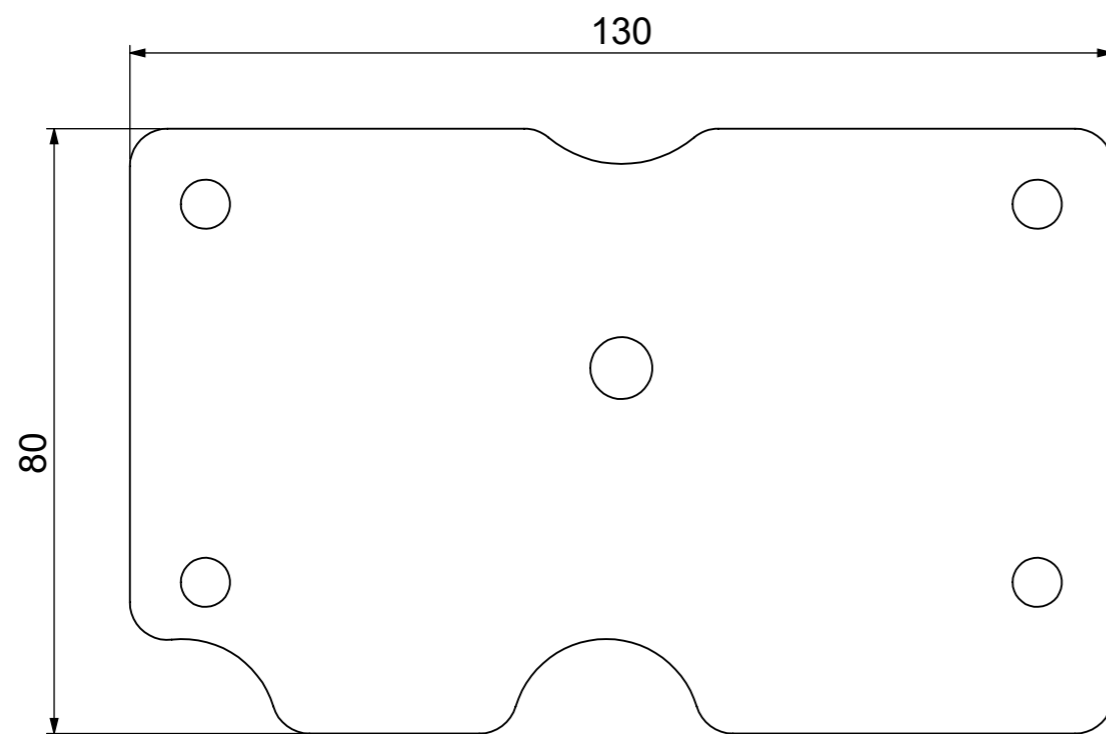
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.


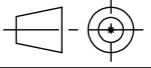




	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	6
Desenhou	A.Barbosa	28/12/2022		Material	Aço galvanizado
Alterou	alexandrebarbosa	31/01/2023		Engenheiro de Desenho	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.0016				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.00
5:1		0		Massa (kg)	0.01
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

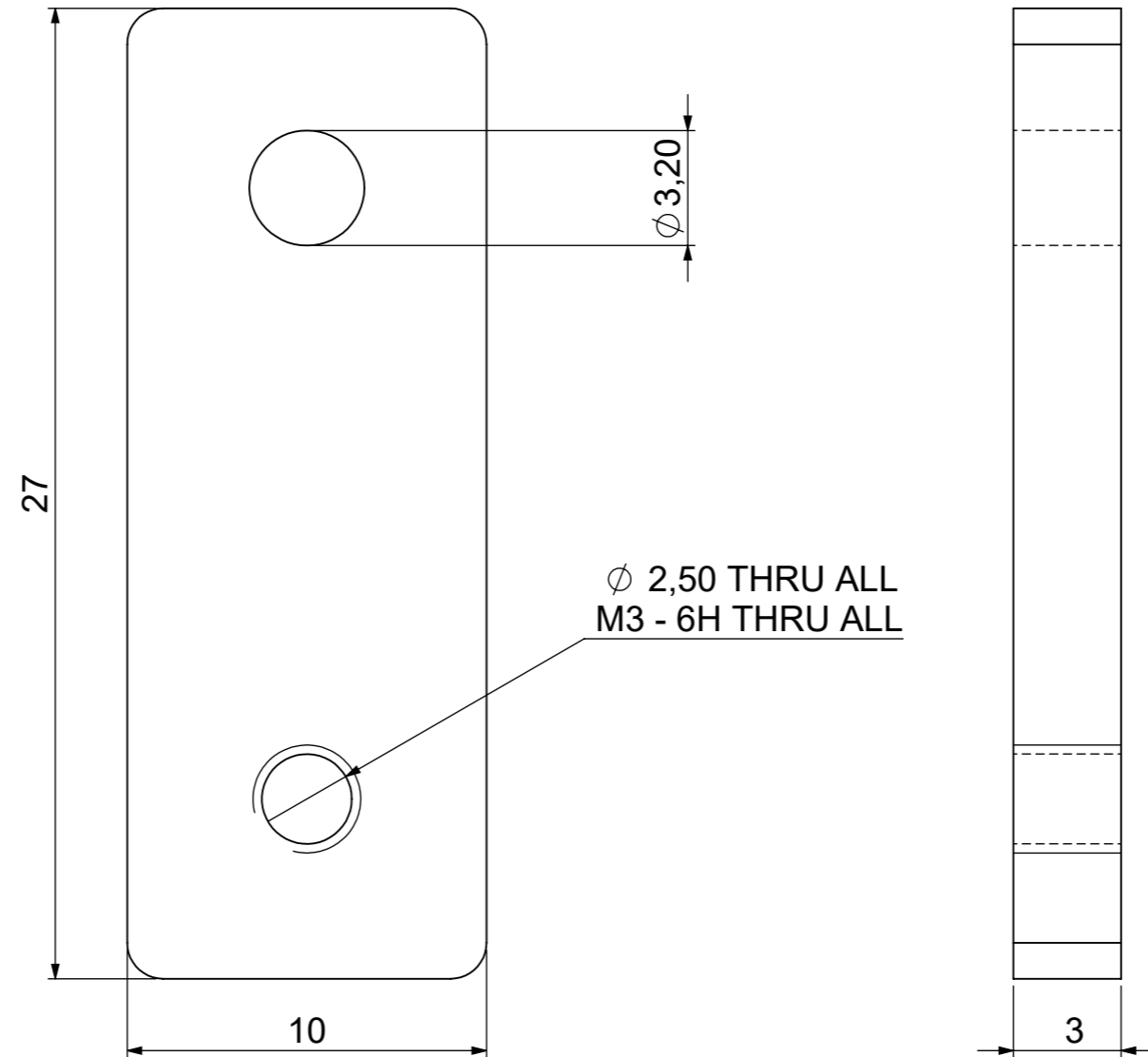
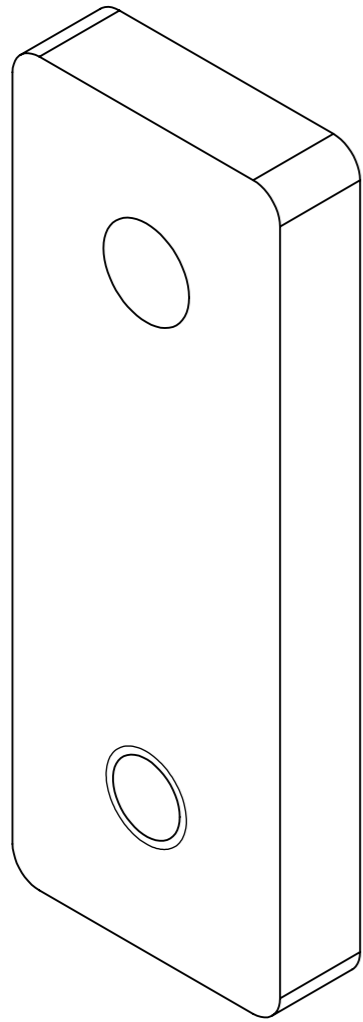



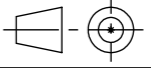


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	A.Barbosa	02/01/2023	 <small>engenharia de precisão</small>	Material	Aço galvanizado
Alterou	alexandrebarbosa	31/01/2023		Espessura	3
Execução	1.Laser		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	6.Montagem			Tratamento	1xGalvanizado
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.400.0006				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)	0.02
1:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	0.23

Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.

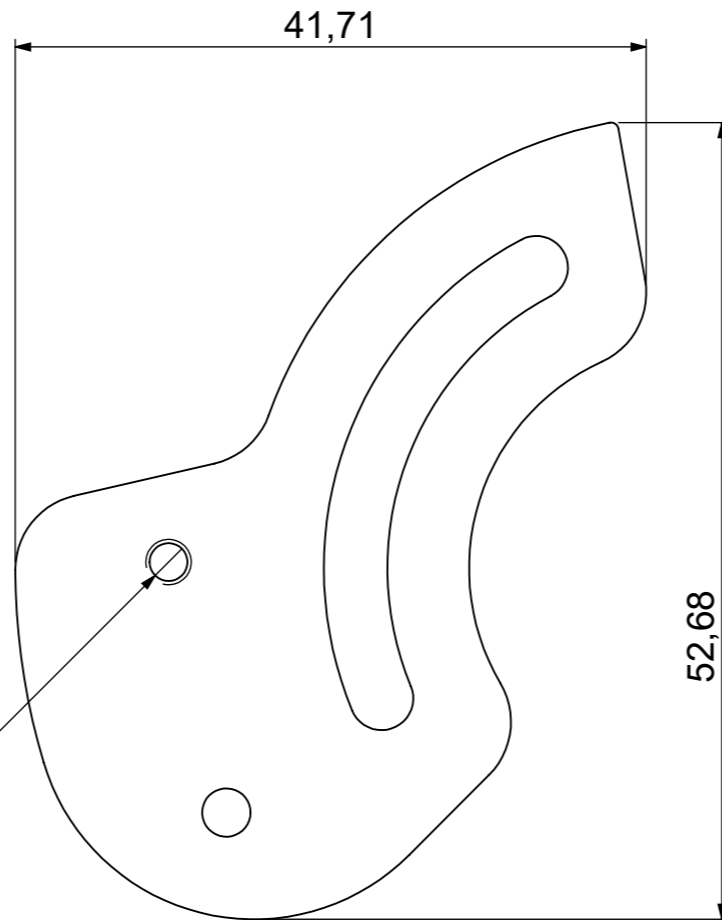
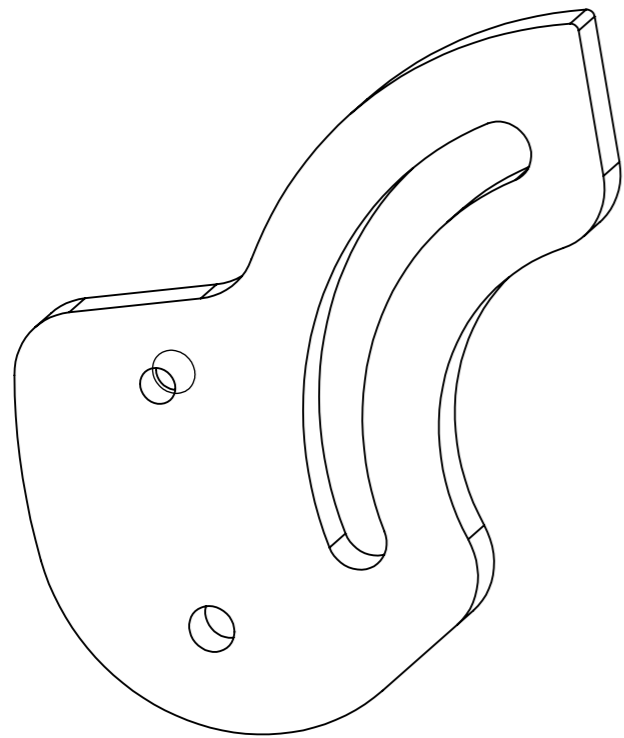




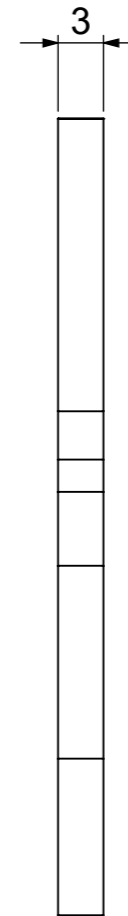
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	A.Barbosa	06/01/2023		Material	Aço galvanizado	
Alterou	alexandrebarbosa	31/01/2023		Engenheiro de Projeto	Espessura	3
Execução	1.Laser			Secção		
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	2xGalvanizado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.500.0001					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.00	
5:1		0		Massa (kg)	0.01	


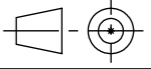
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.



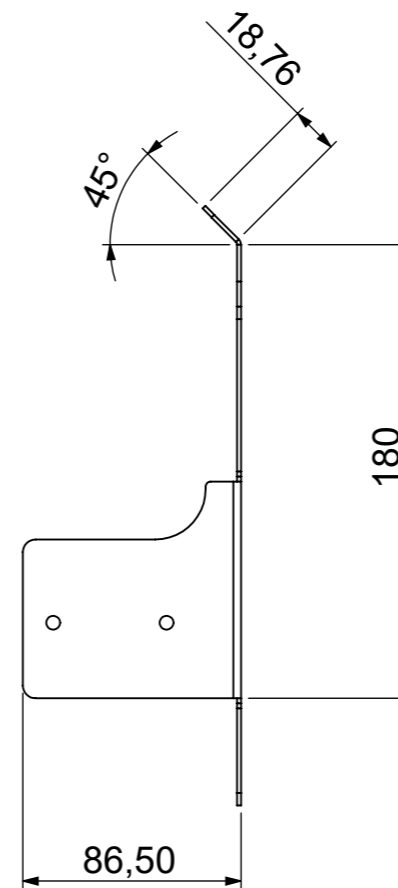
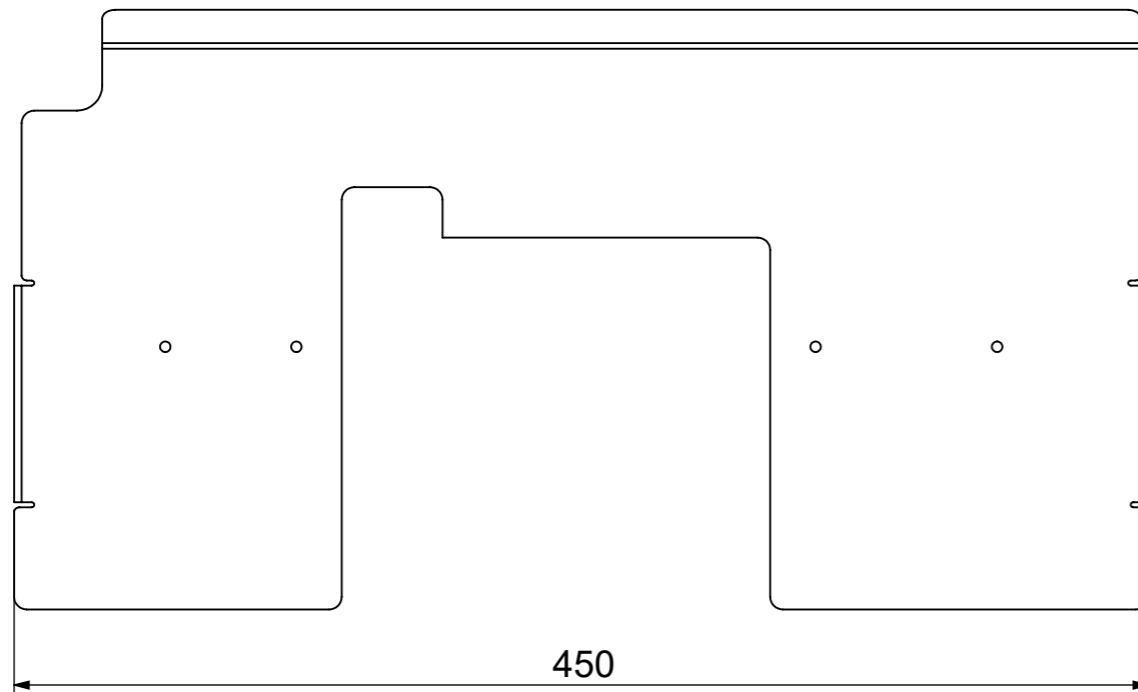
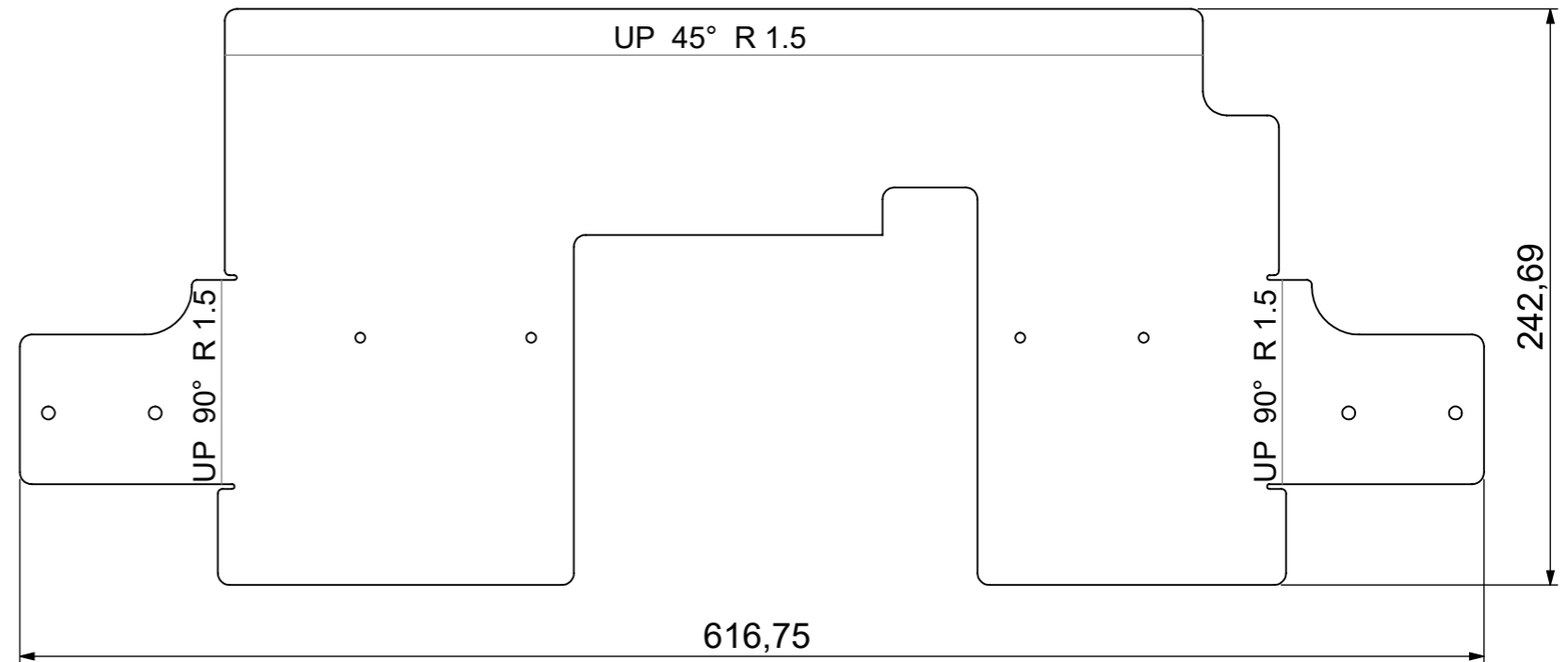
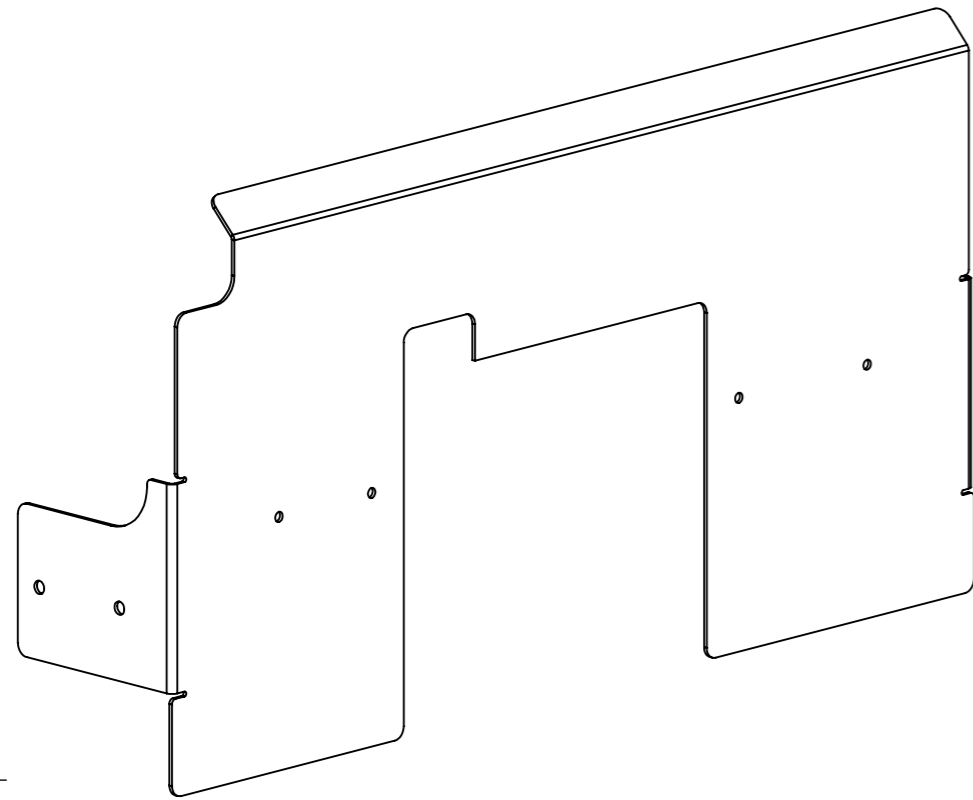



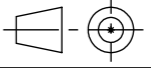
Ø 2,50 THRU ALL
M3 - 6H THRU ALL



	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou	A.Barbosa	27/12/2022		Material	Aço galvanizado
Alterou	rafaelfonseca	13/02/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.500.0002				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.00
2:1		0		Massa (kg)	0.02
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

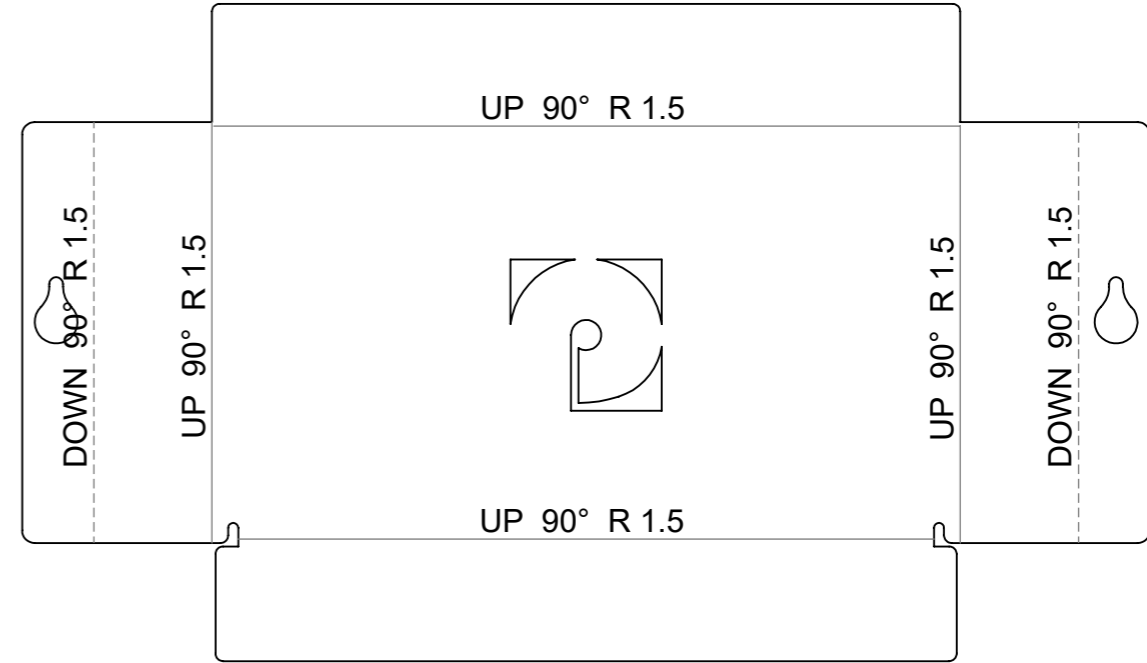
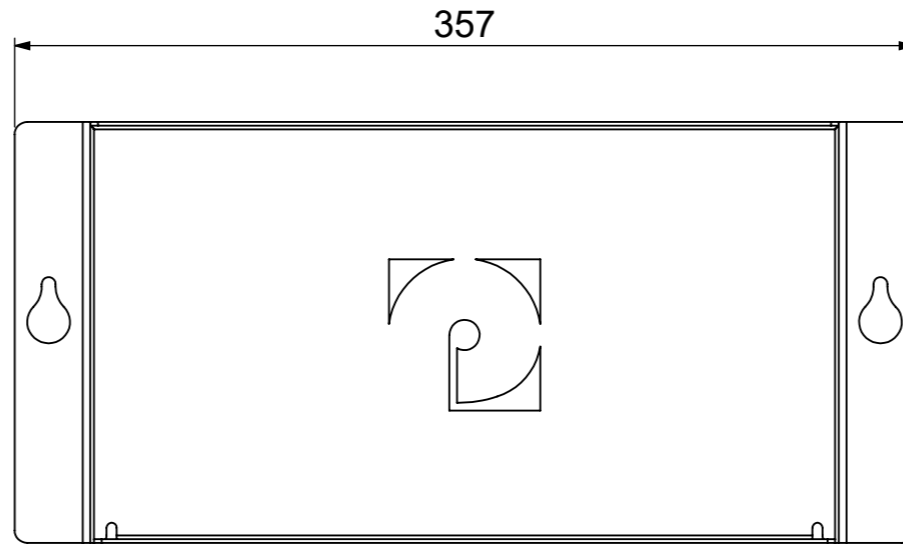
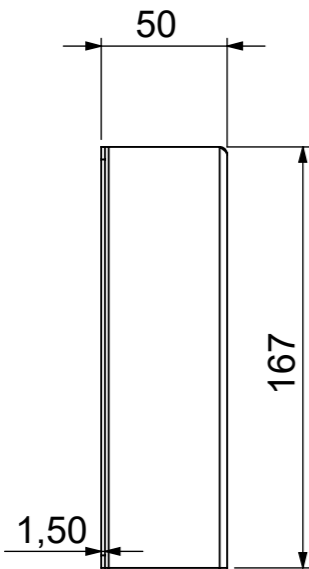
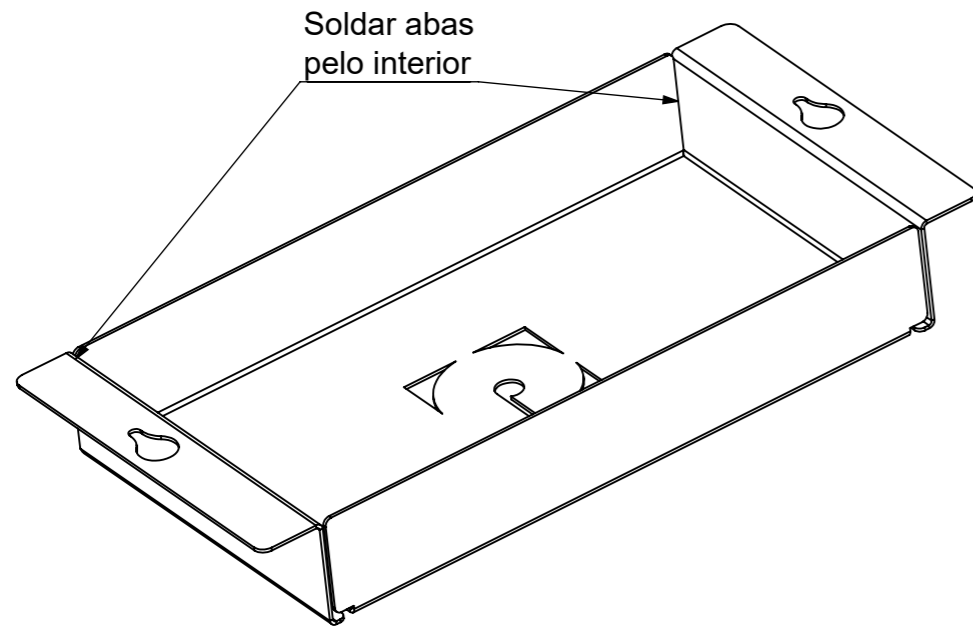
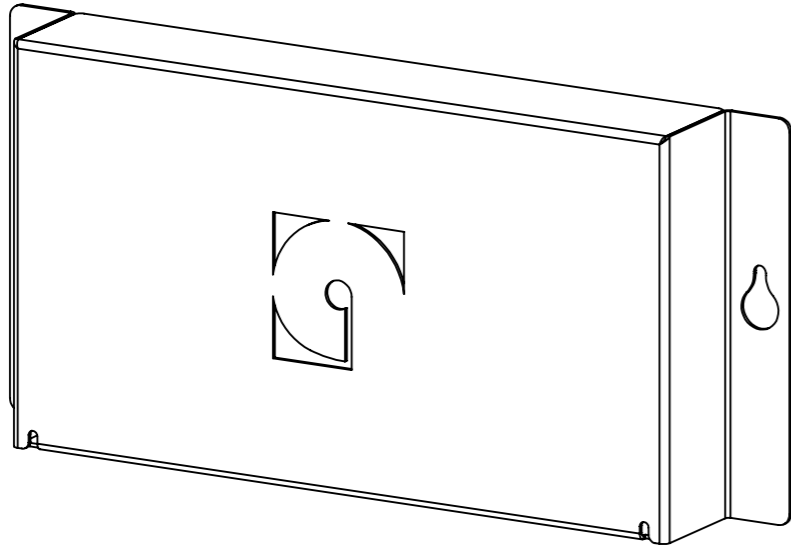



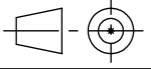


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	A.Barbosa	06/01/2023	 <small>engenharia de precisão</small>	Material	S 235
Alterou	alexandrebarbosa	17/02/2023		Espeçura	1,50
Execução	1.Laser		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	5.Tratamento			Tratamento	1xRAL 1021 (yellow)
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.600.0001				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m ²)	0.19
1:3		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	1.07

Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.

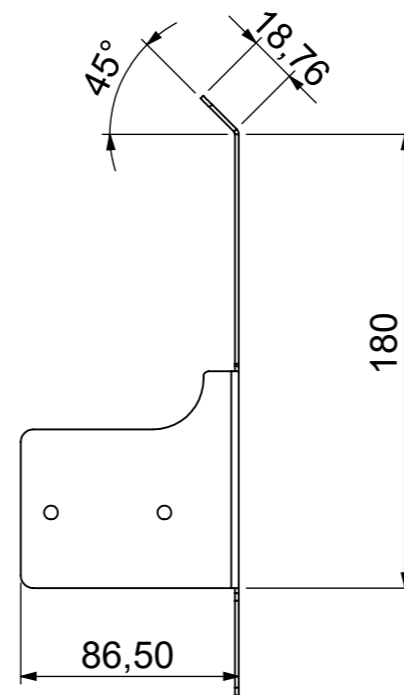
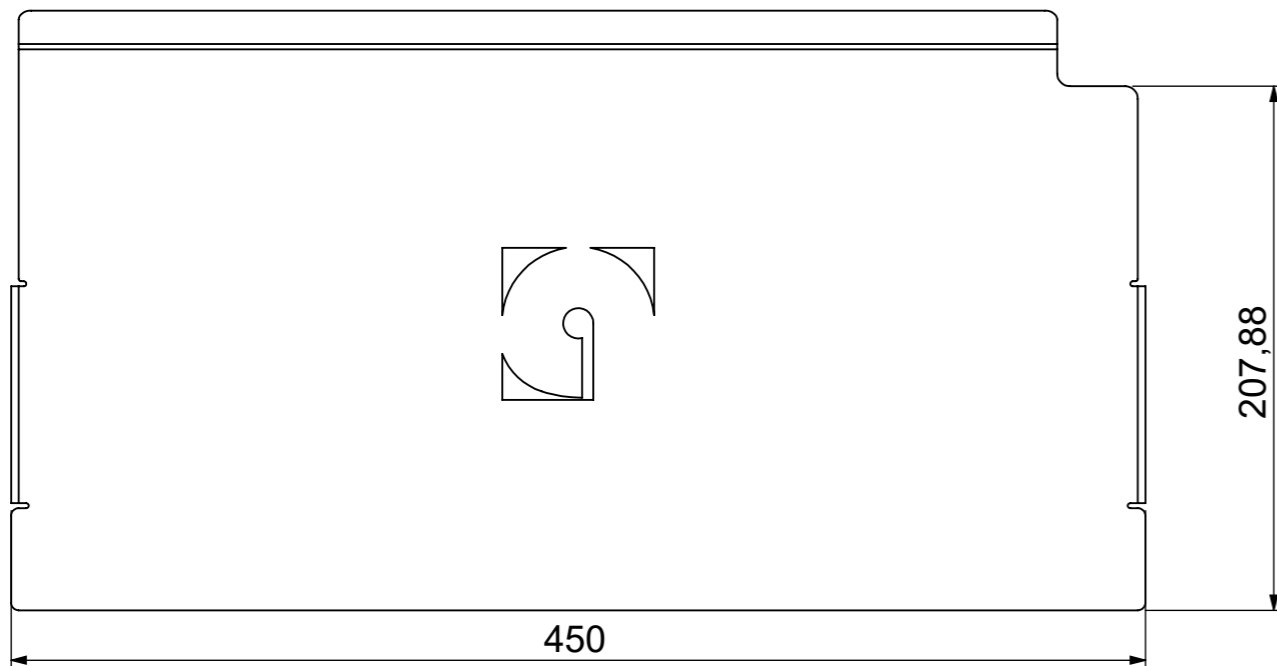
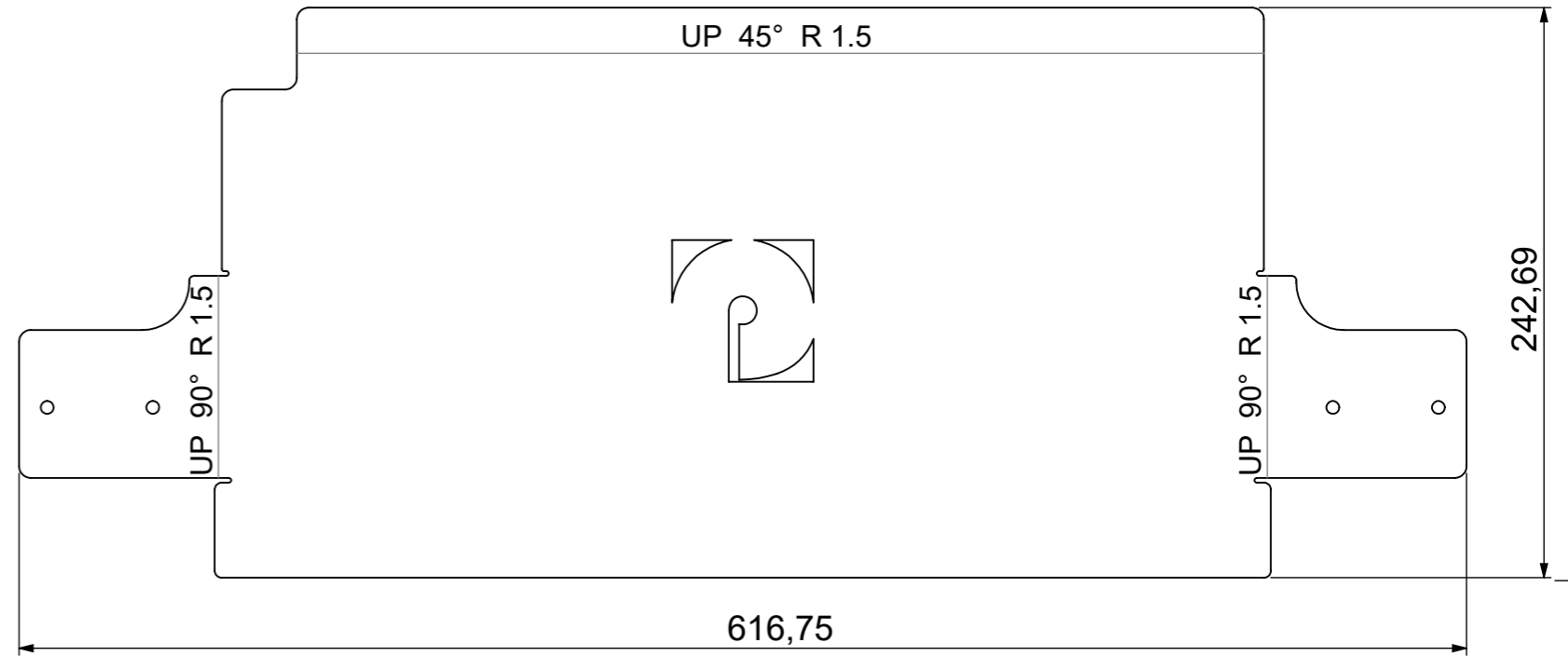
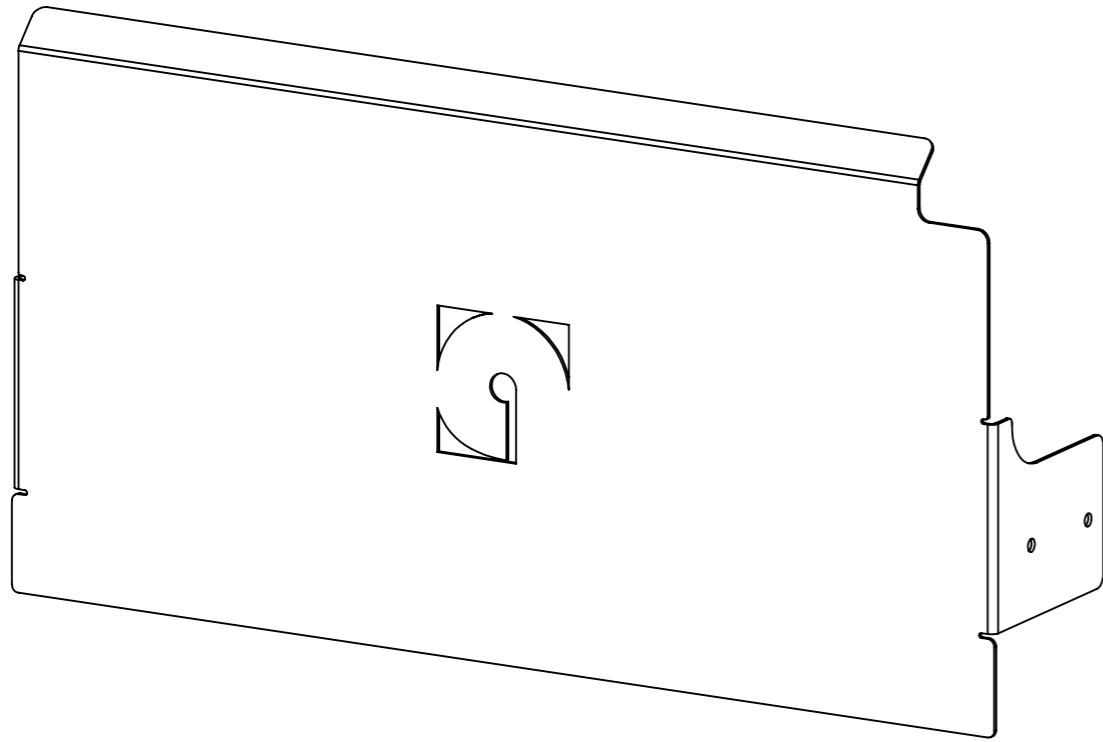



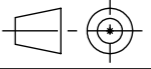


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1	
Desenhou	R.Fonseca	20/01/2023	 <small>engenharia de precisão</small>	Material	S 235	
Alterou	rafaelfonseca	16/02/2023		Espessura	1,50	
Execução	1.Laser		 <small>TOLERANCIAMENTO</small>	Secção		
Destino	3.Soldadura e outro			<small>ISO 2768</small> mK	Tratamento	1xRAL 1021 (yellow)
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.600.0005					
ESCALA:	A3	REV.: 0	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.21	
1:3				Massa (kg)	1.18	

Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.

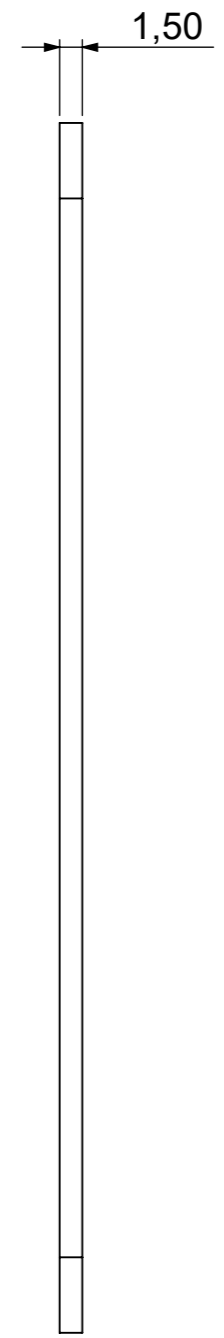
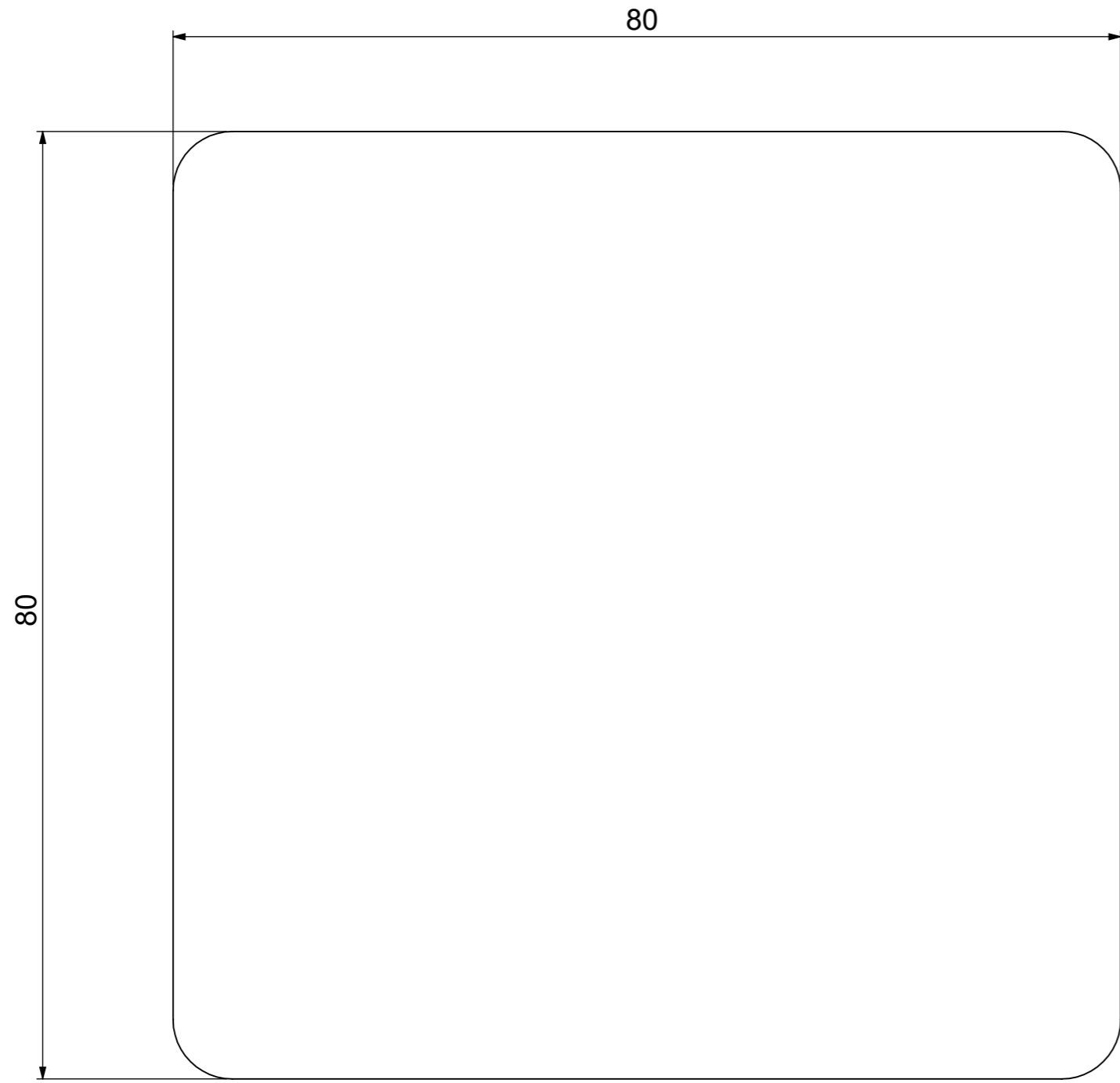



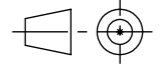


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	A.Barbosa	06/01/2023		Material	S 235
Alterou	alexandrebarbosa	17/02/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição			ISO 2768 mK	Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.600.0007				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)	0.24
1:3		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	1.36

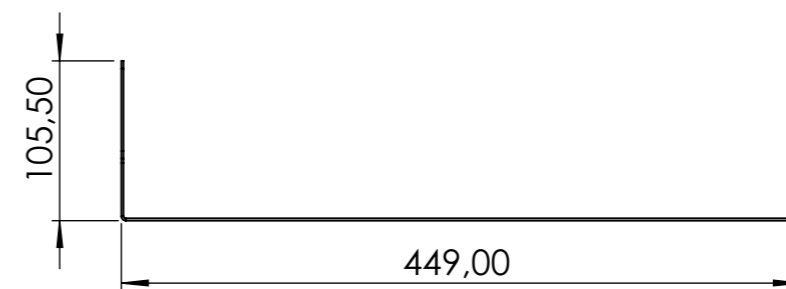
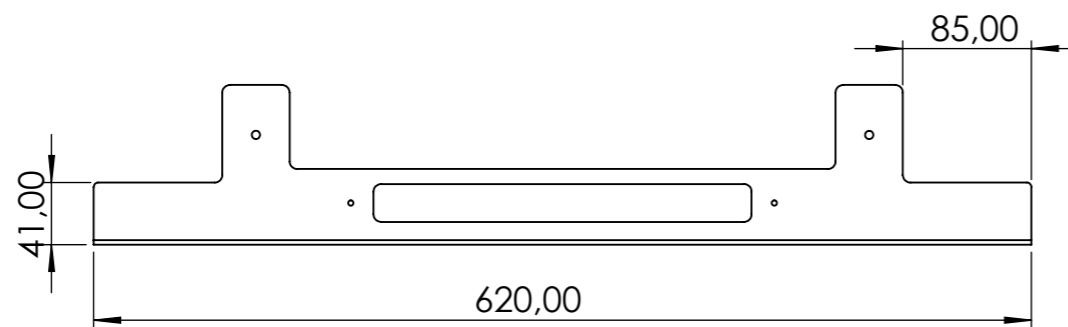
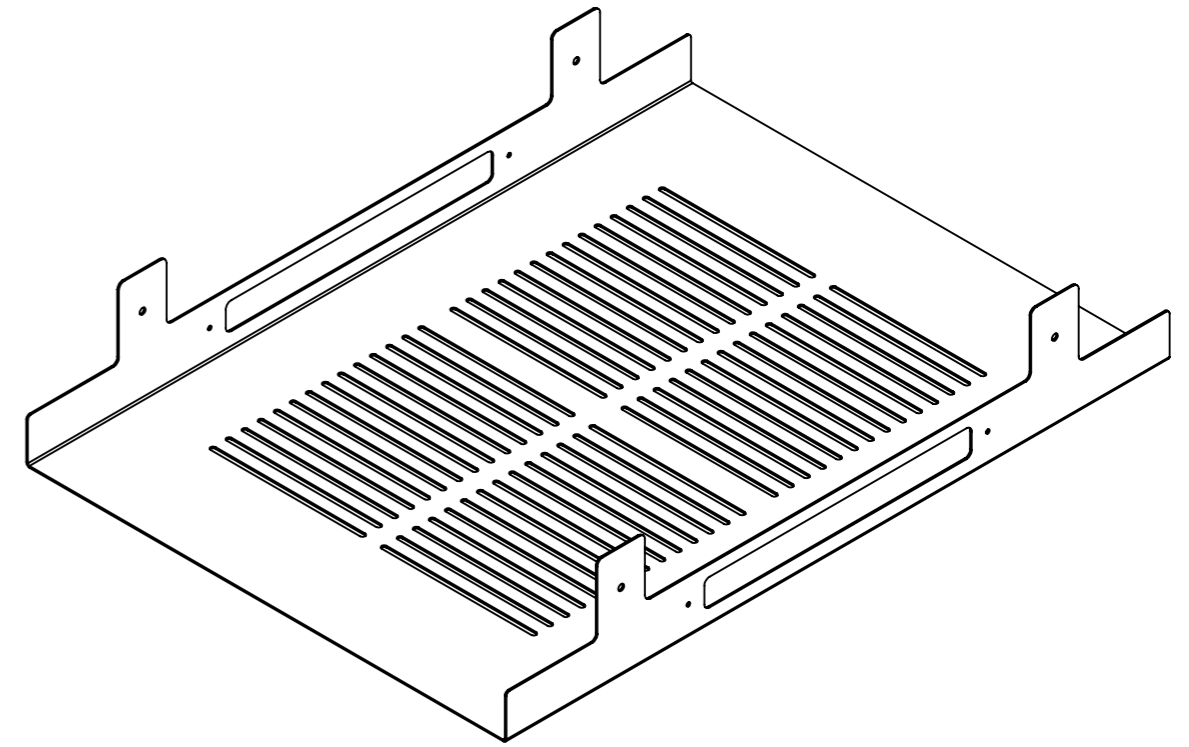
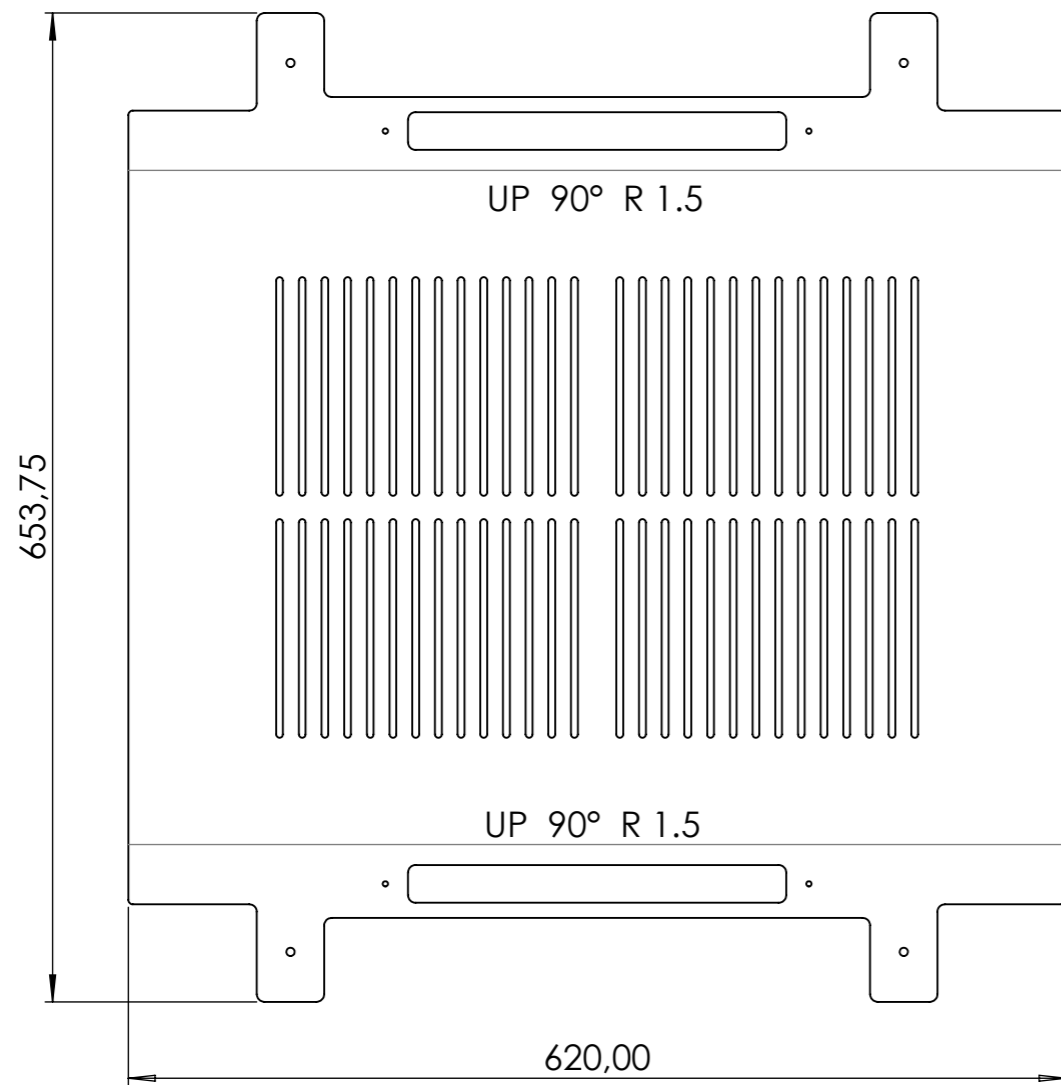
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.

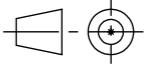




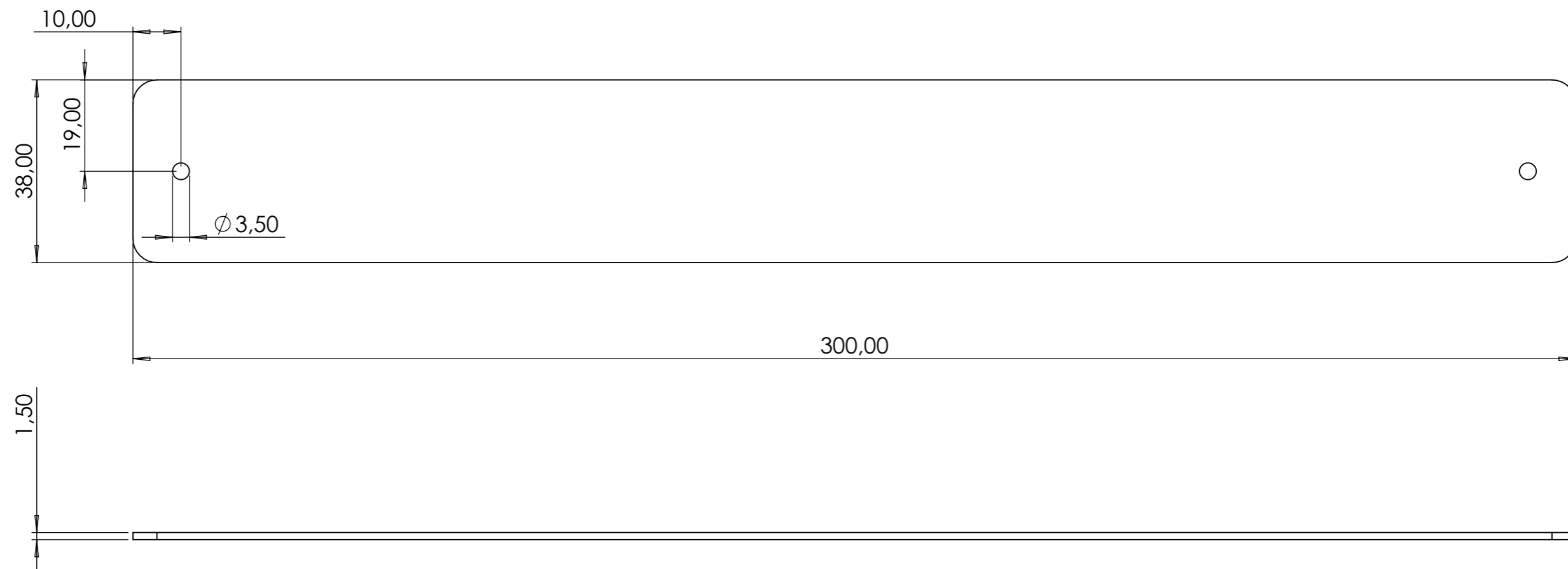
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou	A.Barbosa	31/01/2023		Material	S 235
Alterou	alexandrebarbosa	31/01/2023		Engenheiro de Desenho	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.600.0011				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.01
2:1		0		Massa (kg)	0.07
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					





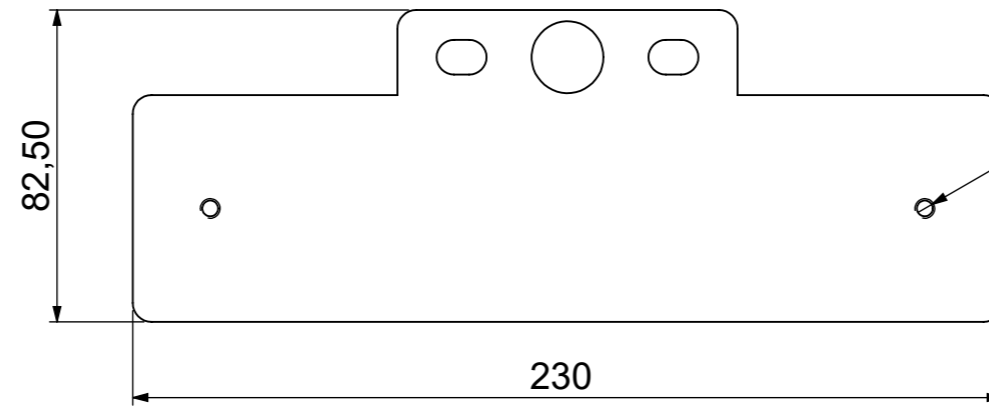
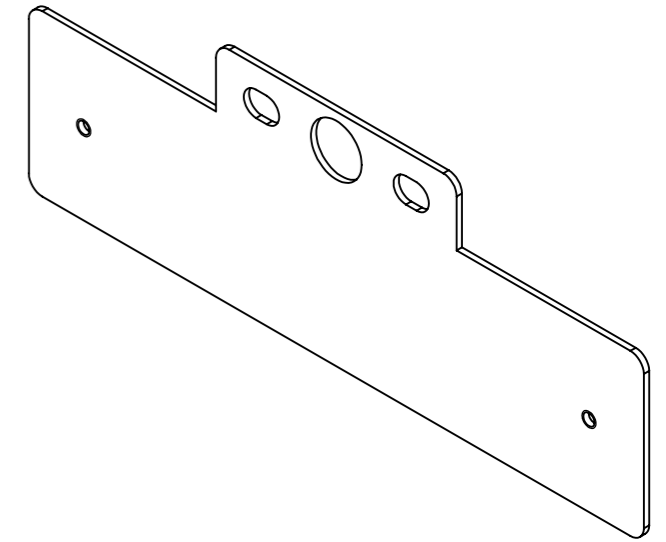
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	A.Barbosa	09/01/2023		Material	S 235
Alterou	alexandrebarbosa	17/02/2023		Engenheiro de Qualidade	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição			ISO 2768	Ref. Base	
Descrição	22AB002.51.M051-010.600.0012				
ESCALA:	A3	REV.: 0	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)	621345.51
1:5			Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	3411.55
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					






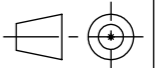
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou		10/02/2023		Material	
Alterou	rafaelfonseca	14/02/2023		Engenheiros de 1ª e 2ª Classe	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.51.M051-010.600.0013				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m²)
1:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



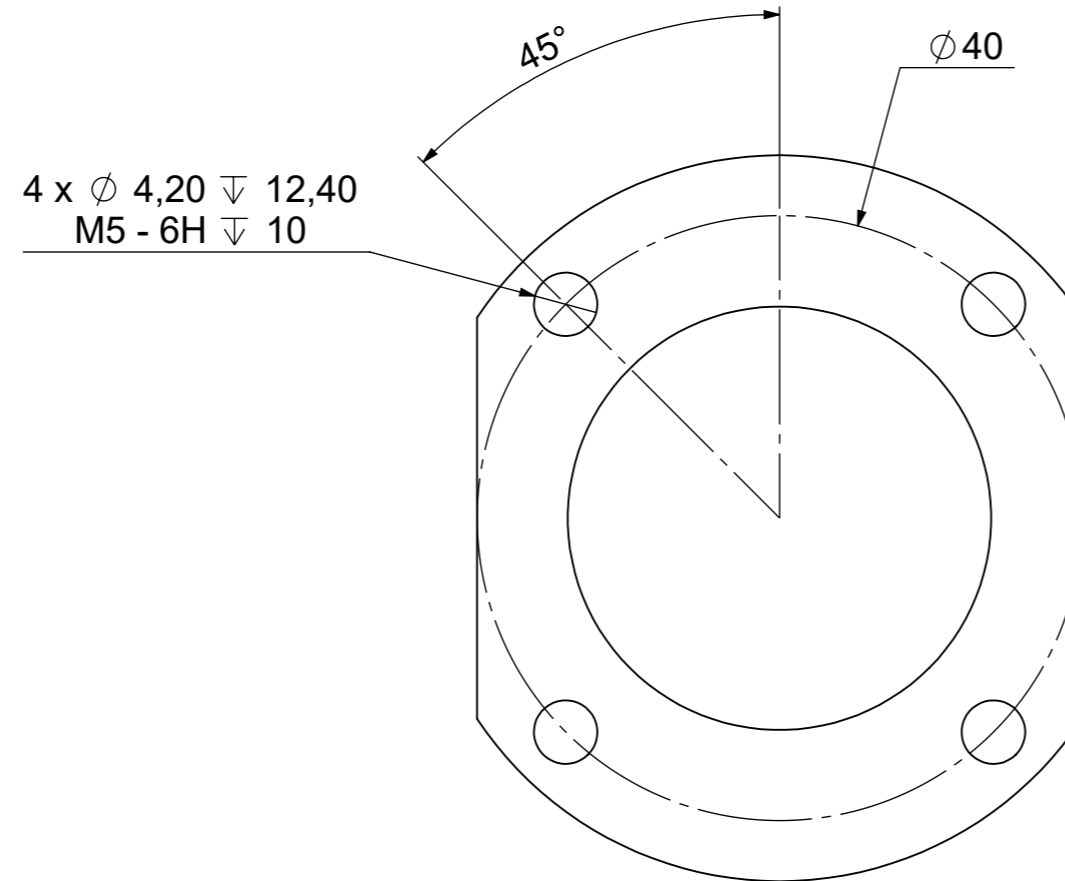
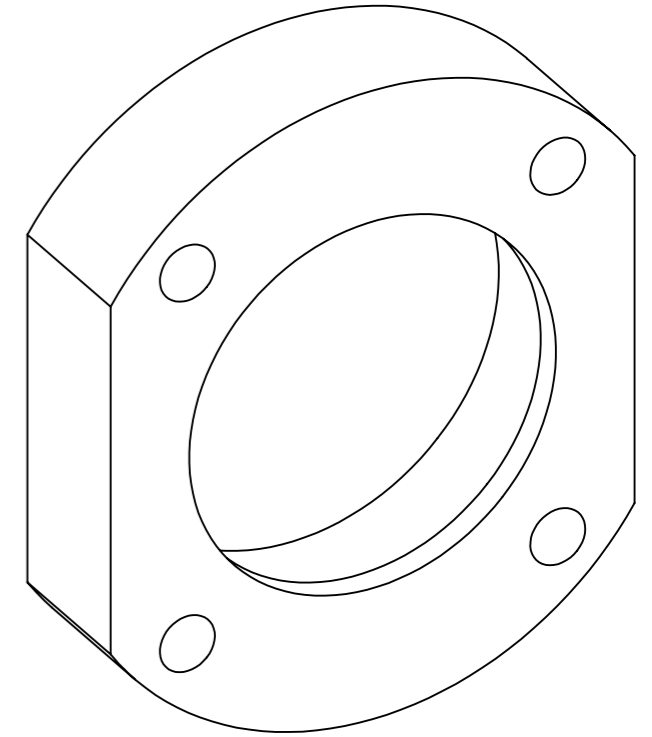
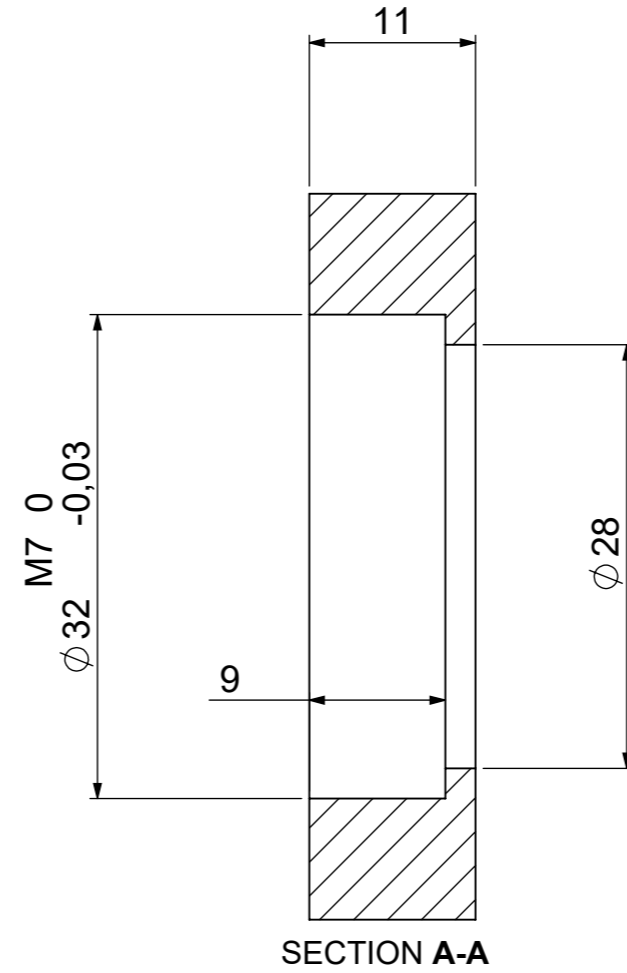
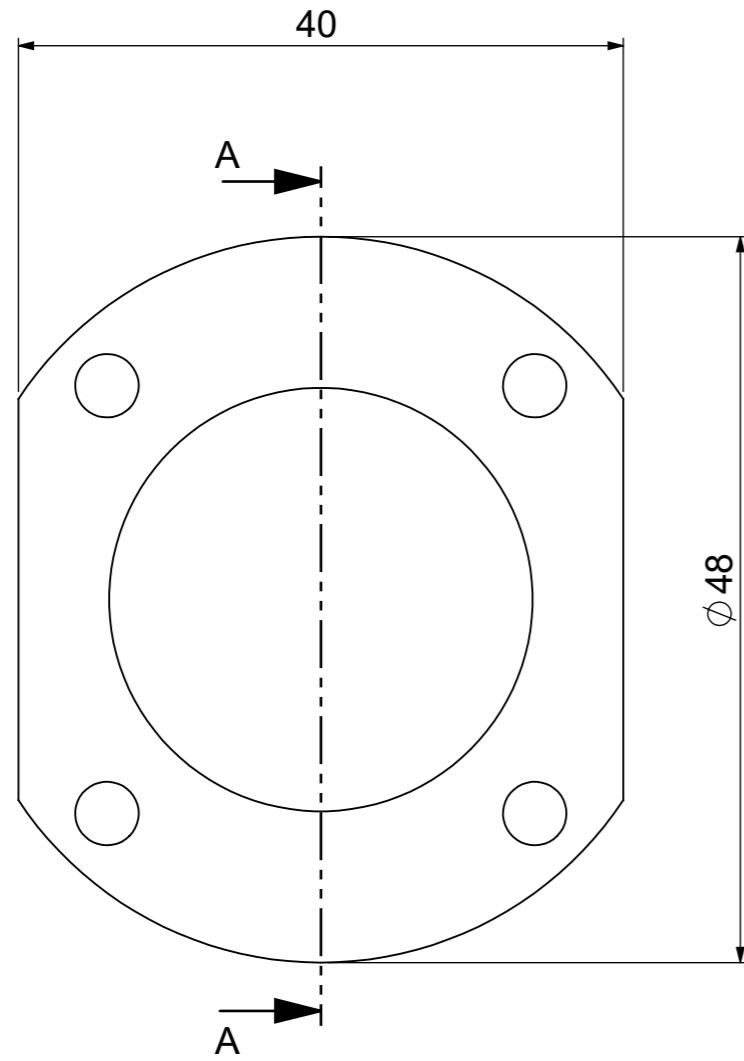



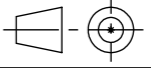
2 x Ø 4,20 ∇ 12,40
M5 - 6H ∇ 10



	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou		11/01/2019		Material	Aço galvanizado
Alterou	rafaelfonseca	14/02/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-90.100.0004				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.03
1:2		0		Massa (kg)	0.24
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

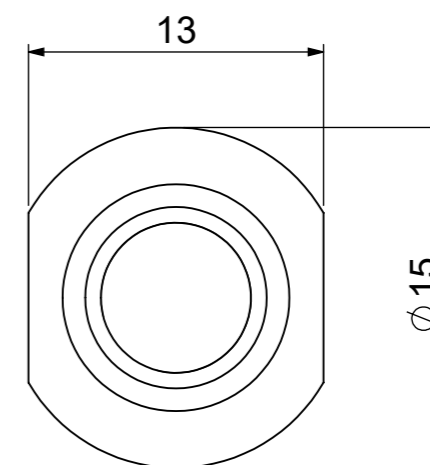
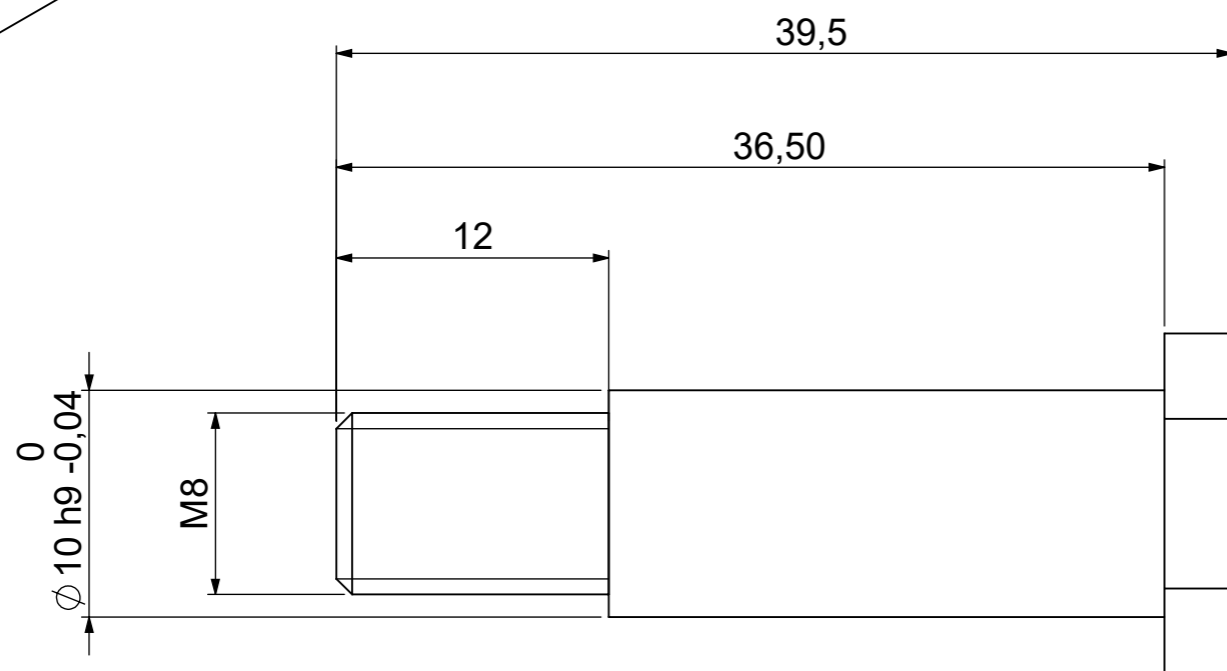
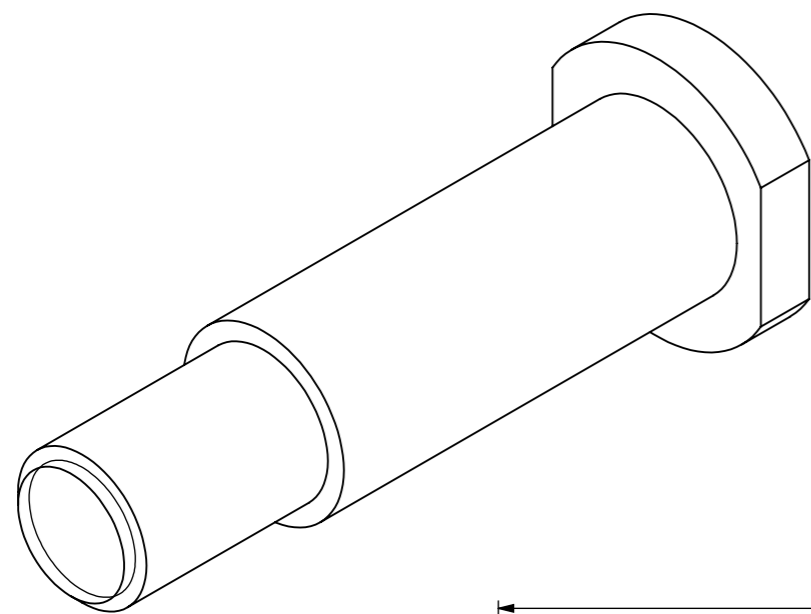



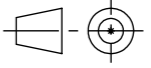


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	8
Desenhou	R.Fonseca	11/11/2022		Material	Alumínio
Alterou	joselopes	30/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	Ø48
Destino	6.Montagem			Tratamento	8x
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0008				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.01
2:1		0		Massa (kg)	0.02

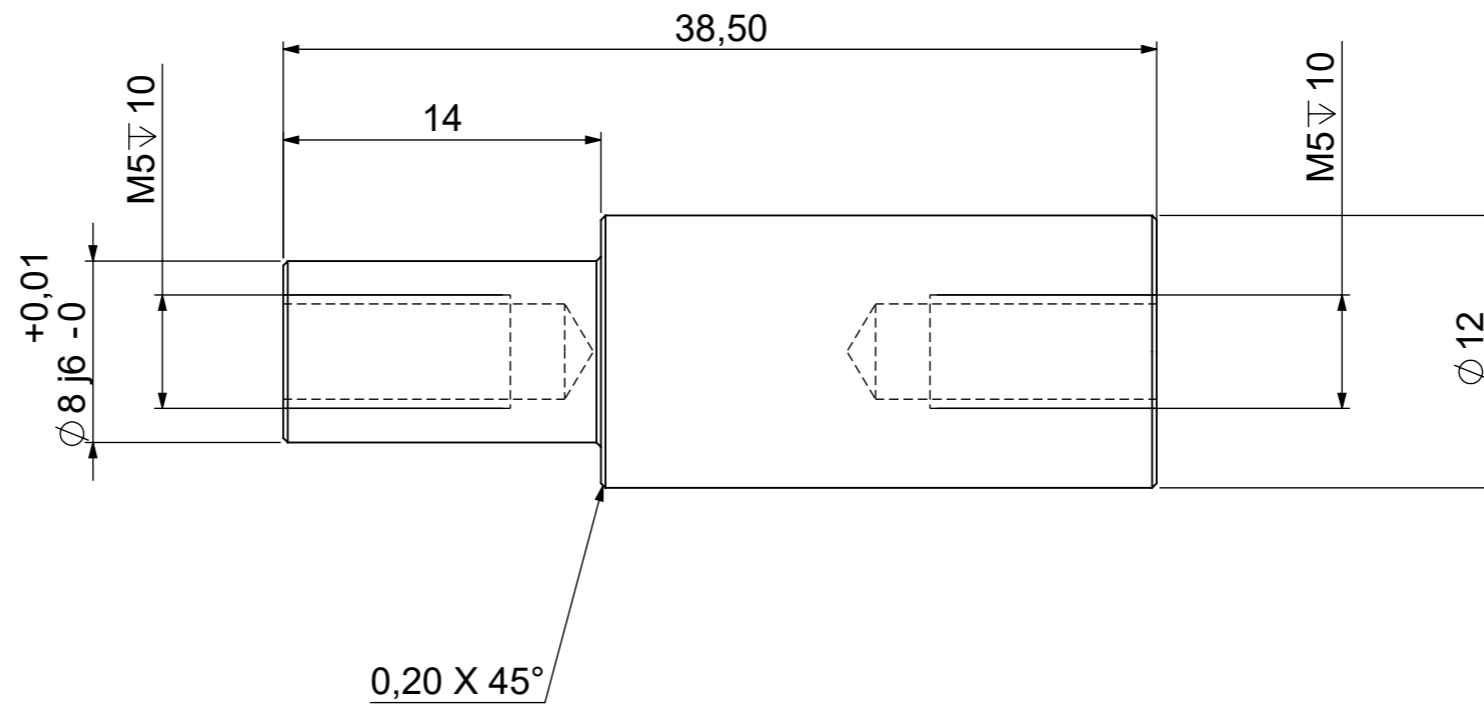
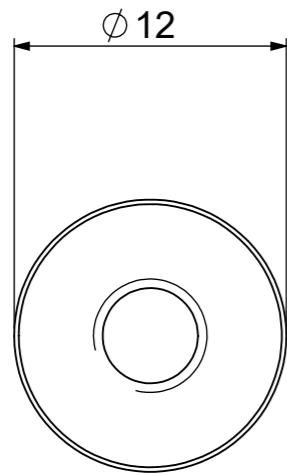
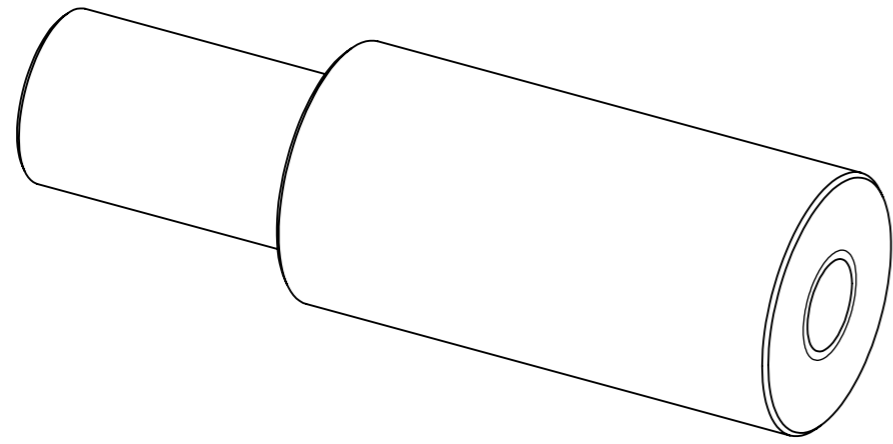
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.


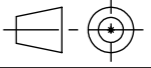




	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	4	
Desenhou	R.Fonseca	04/11/2022		Material	Super C4 (P)	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	0
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	Ø15	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	4xFosfatado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0009					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m²)	0.00
3:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)	0.02
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						

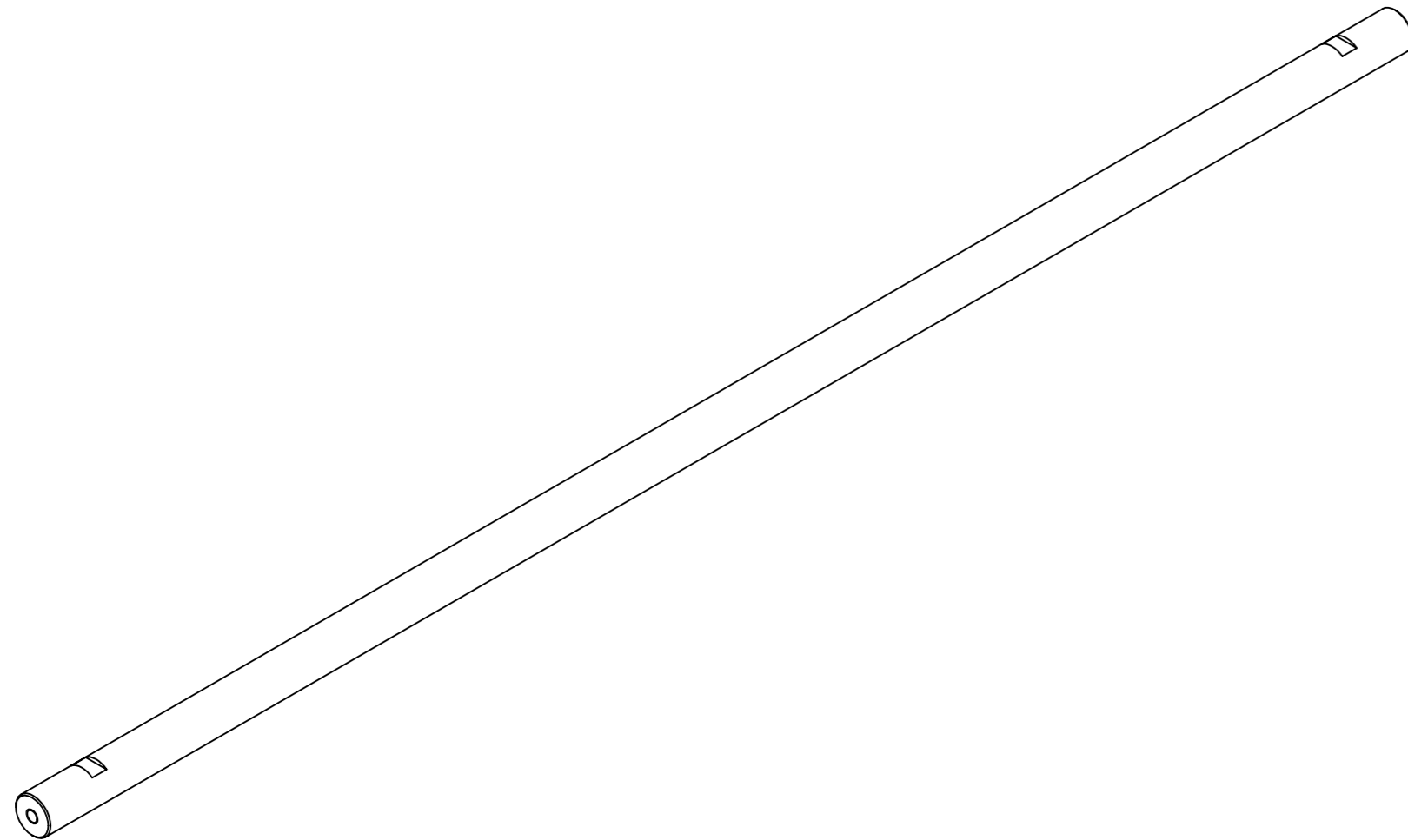
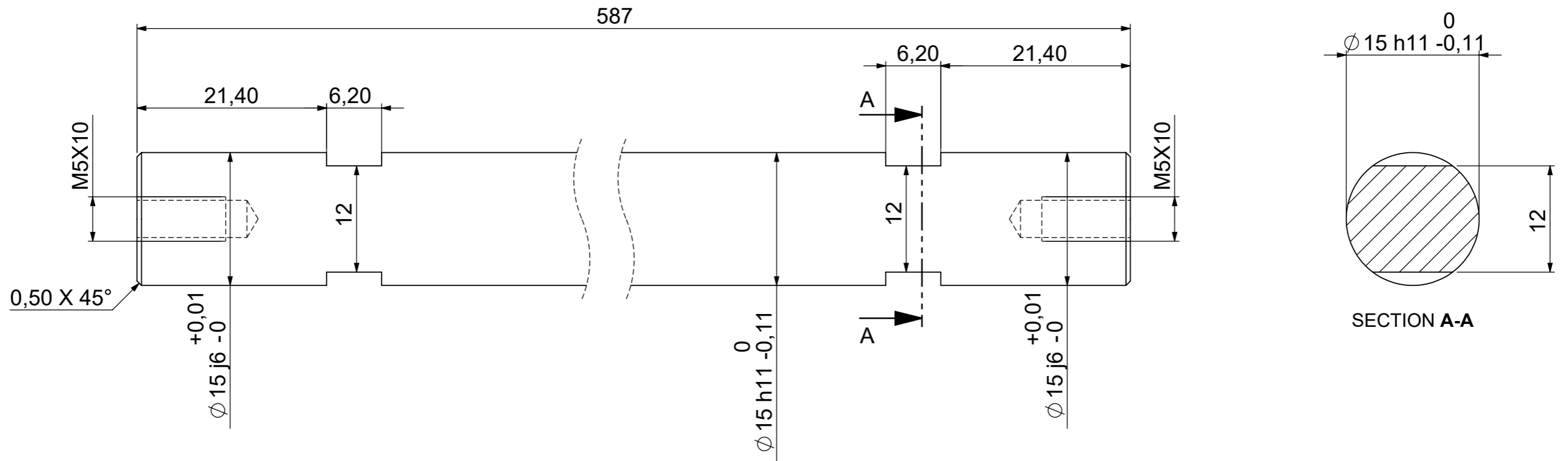




	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	R.Fonseca	11/11/2022		Material	Super C4 (P)	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	0
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	$\phi 12$	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	2xFosfatado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0013					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m²)	0.00
3:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)	0.02

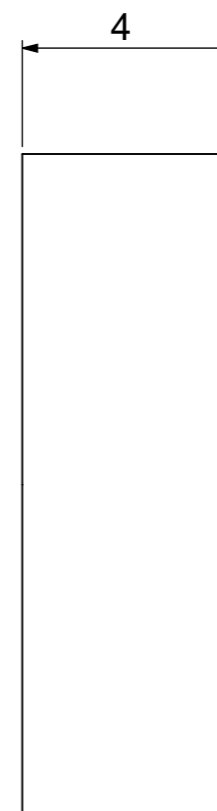
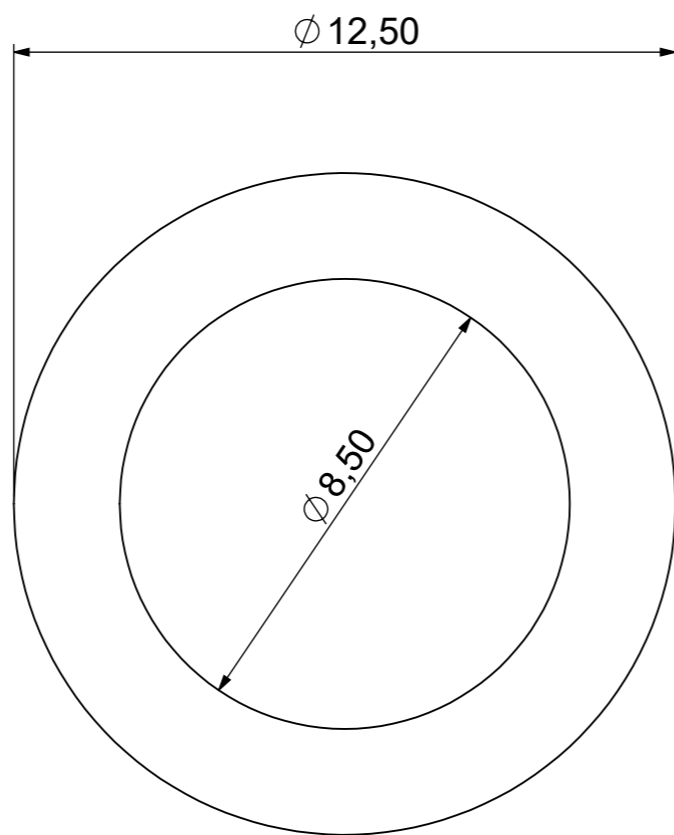
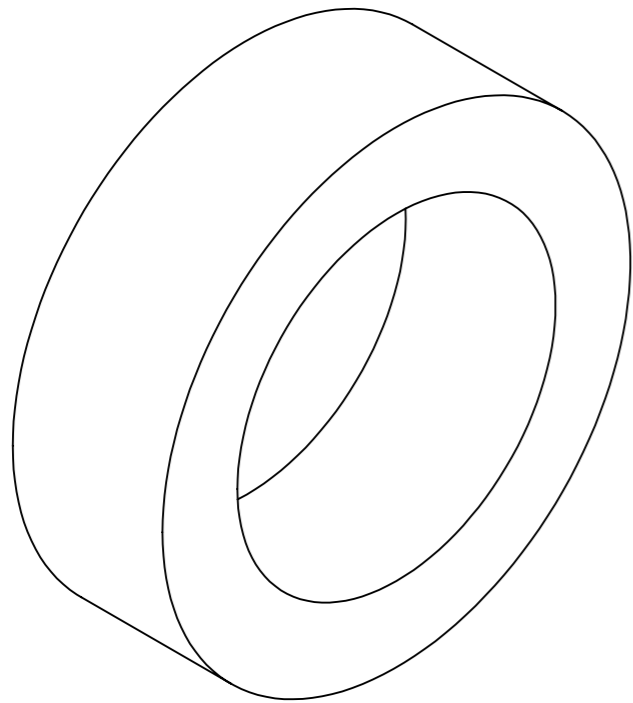
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.


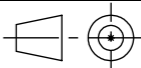




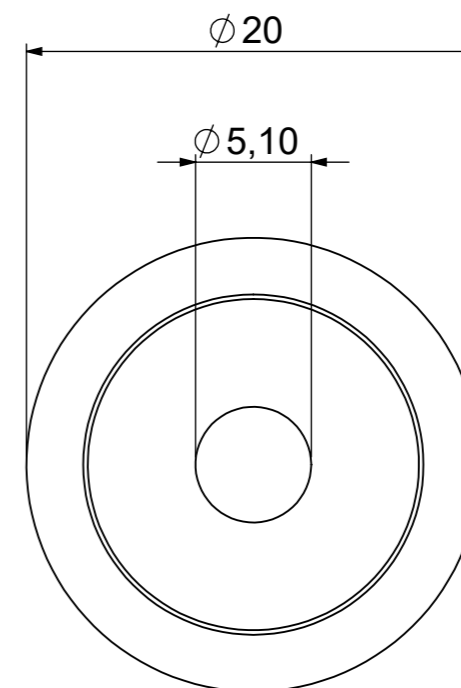
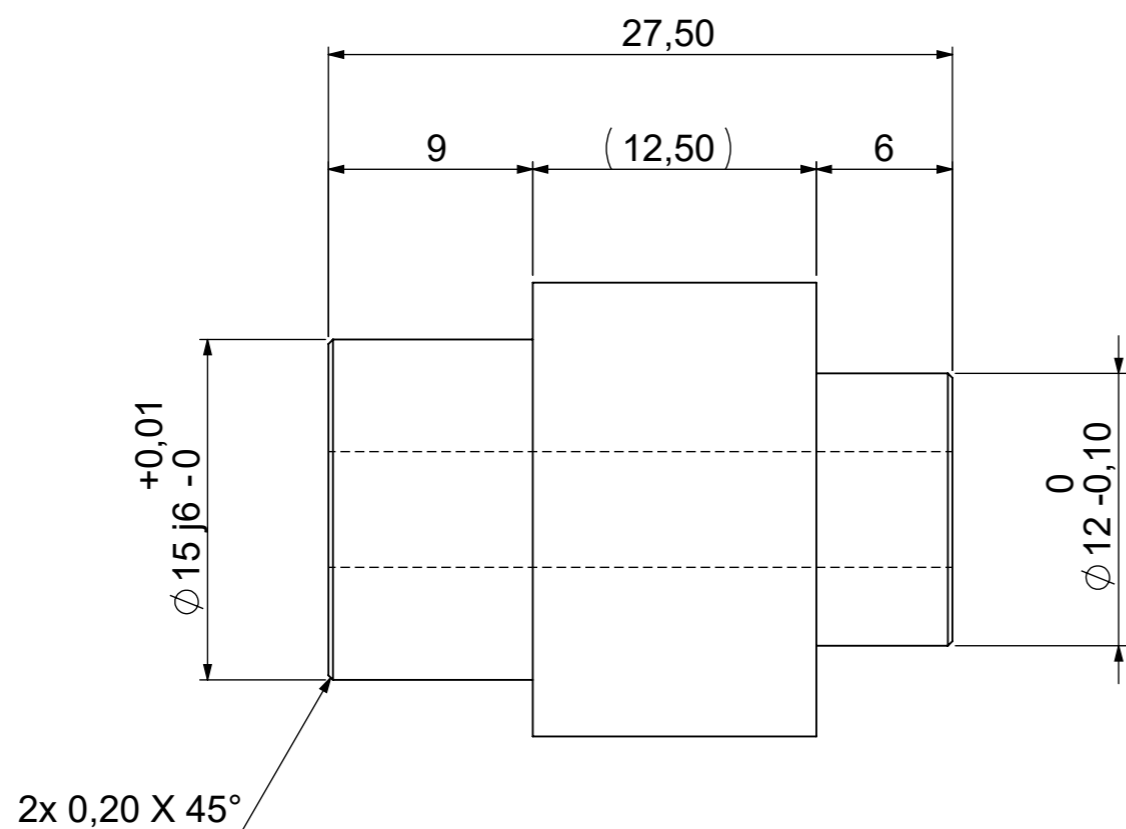
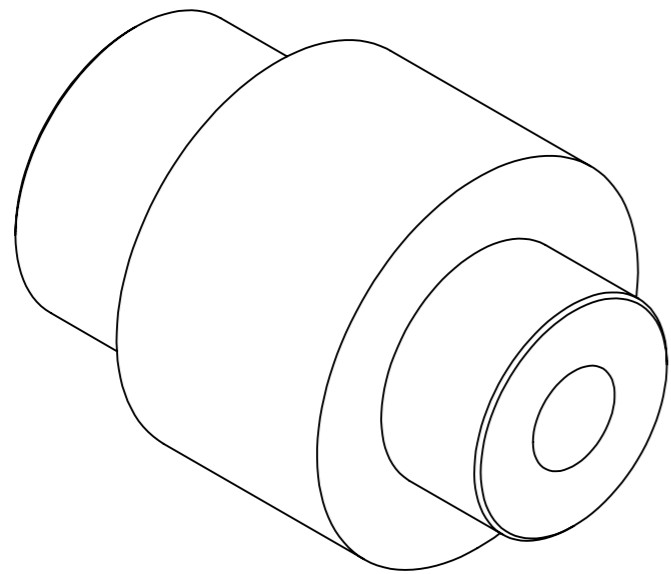
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	R.Fonseca	02/11/2022		Material	Super C4 (P)	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	0
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	$\phi 15$	
Destino	5.Tratamento			Toleranciamento	Tratamento	2xFosfatado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0017					
ESCALA:	2:1	REV.:	0	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m ²)	0.03
				Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	0.80
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						


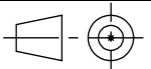




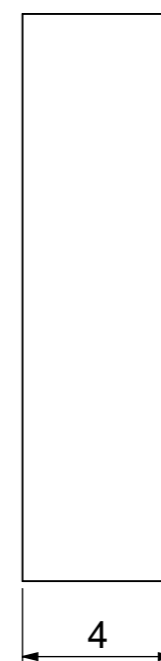
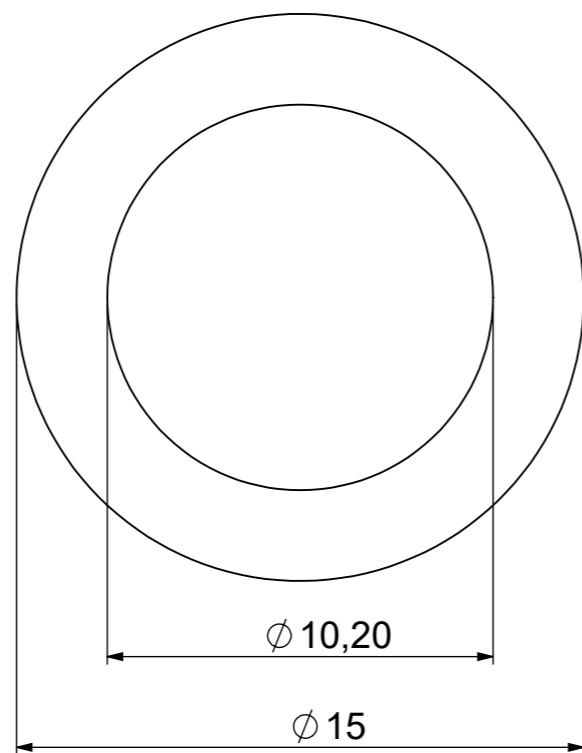
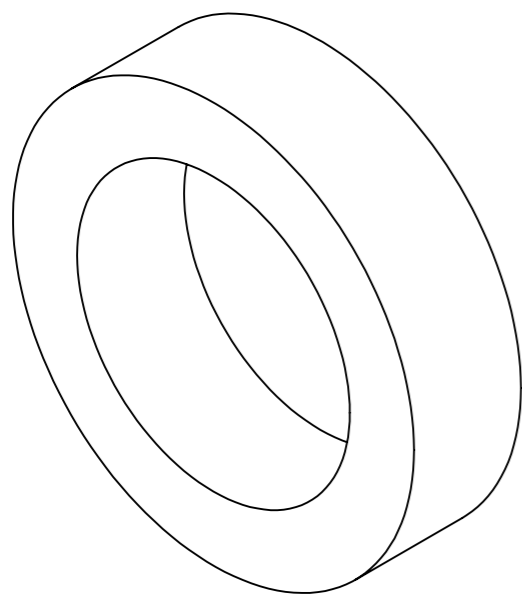
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	R.Fonseca	12/12/2022		Material	PE-UHMW-500	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	0
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	Ø12.5	
Destino	6.Montagem			Toleranciamento	Tratamento	2x
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0024					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.00	
7:1		0		Massa (kg)	0.00	
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						


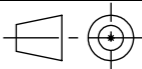




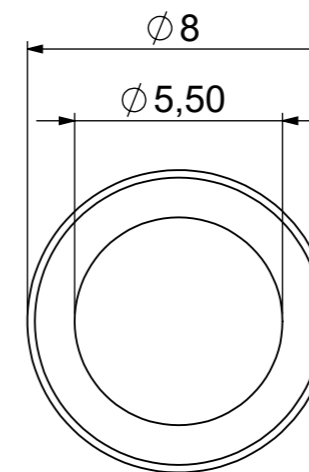
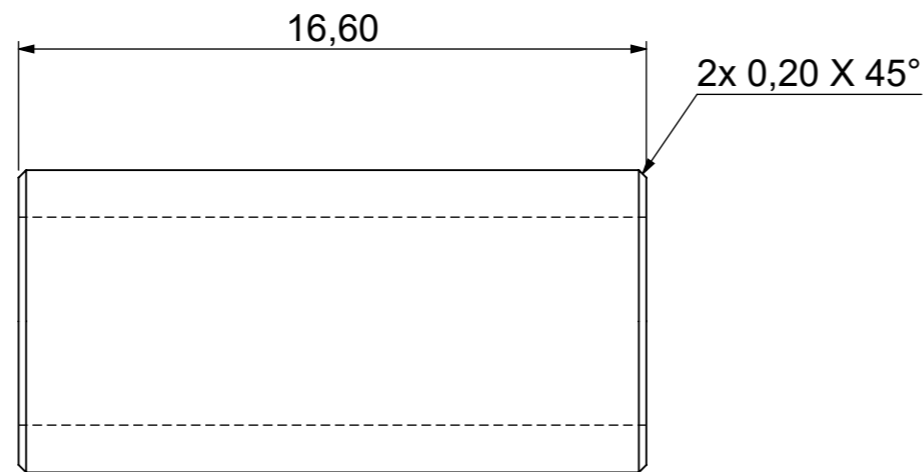
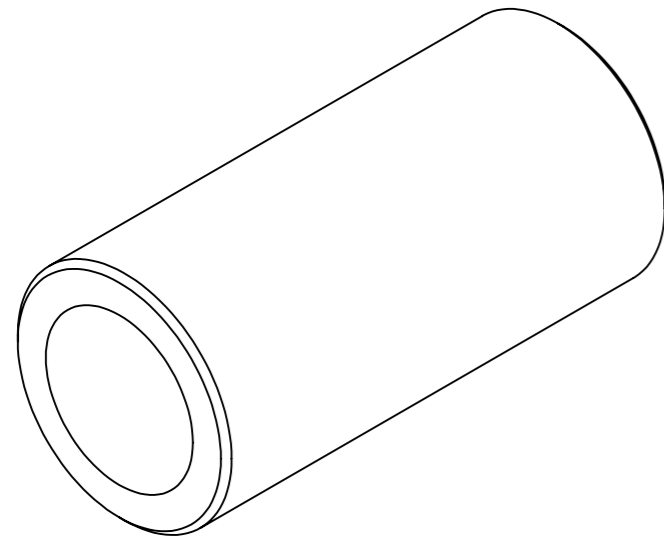
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	4
Desenhou	A.Barbosa	04/11/2022		Material	Super C4 (P)
Alterou	joselopes	27/01/2023		Engenharia de Qualidade	Espessura
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	$\phi 20$
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0028				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)	0.00
3:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	0.04
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					





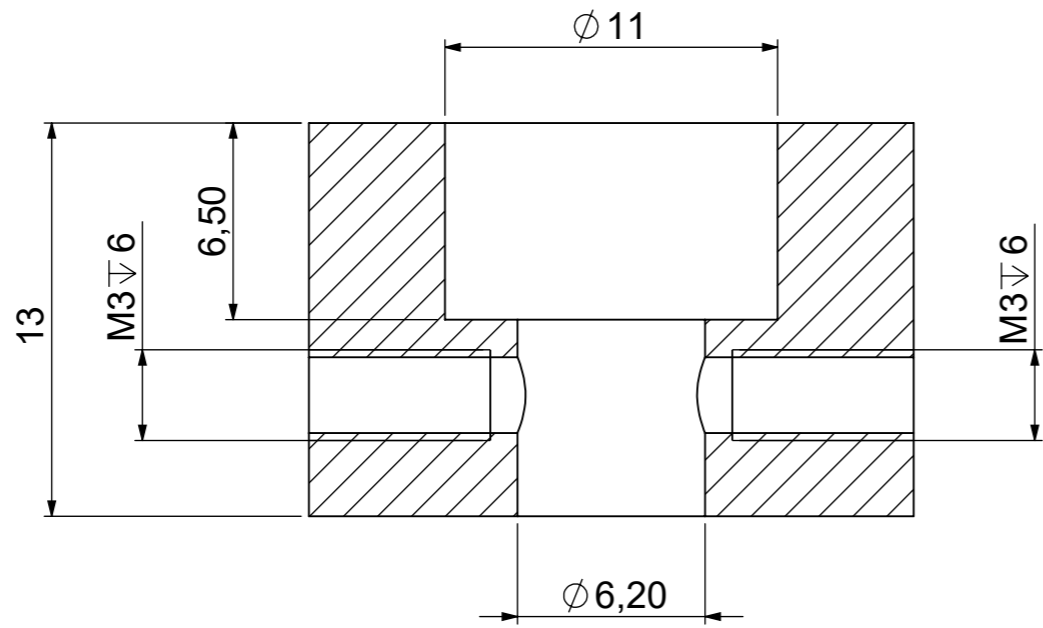
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	8	
Desenhou	R.Fonseca	15/12/2022		Material	PE-UHMW-1000	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	0
Execução	2.Torno/Fresa		<small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	$\phi 15$	
Destino	6.Montagem			Tratamento	8x	
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0029					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m ²)	0.00
5:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)	0.00
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						



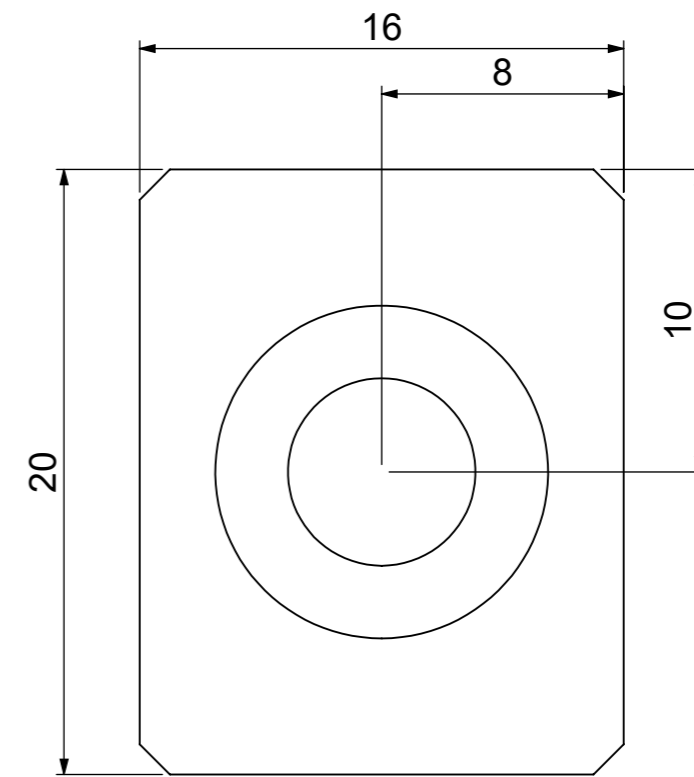
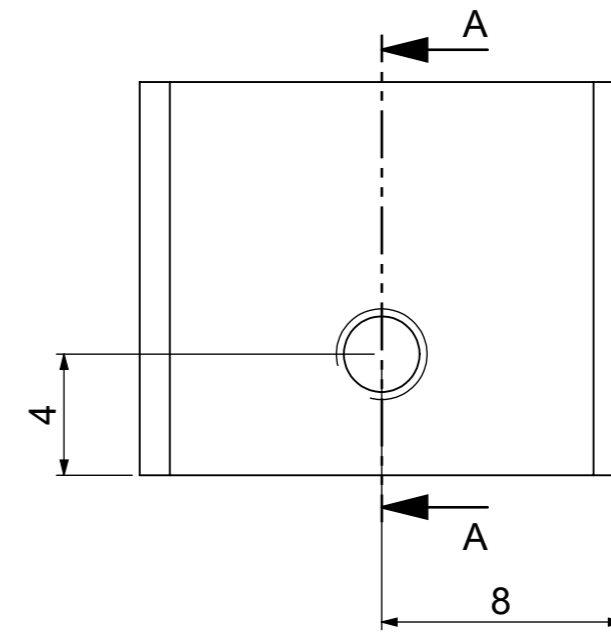
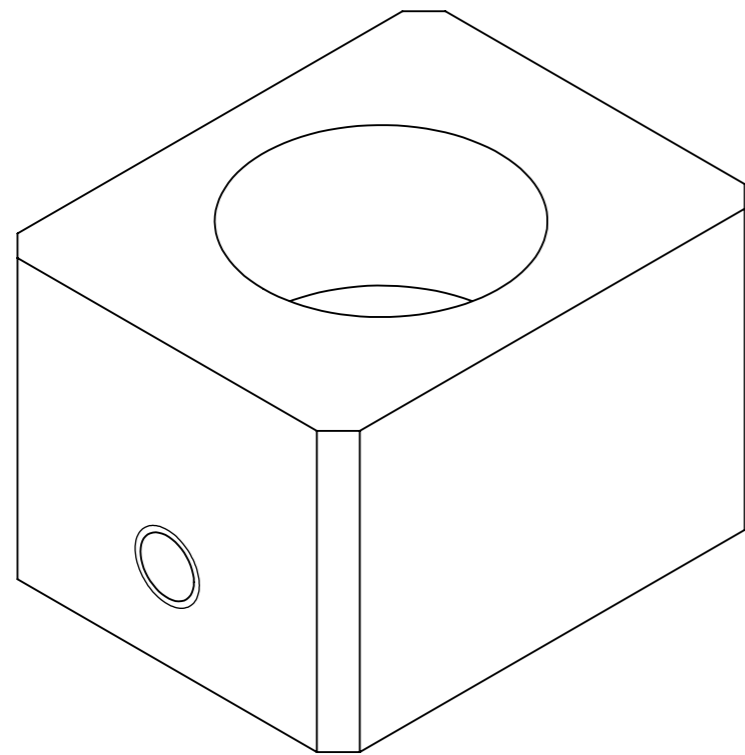



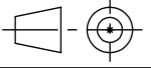
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	A.Barbosa	21/12/2022		Material	Super C4 (P)	
Alterou	alexandrebarbosa	31/01/2023		Engenheiro de Desenho	Espessura	0
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	Ø8	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	2xZincado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.200.0032					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m²)	0.00
5:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)	0.00
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						



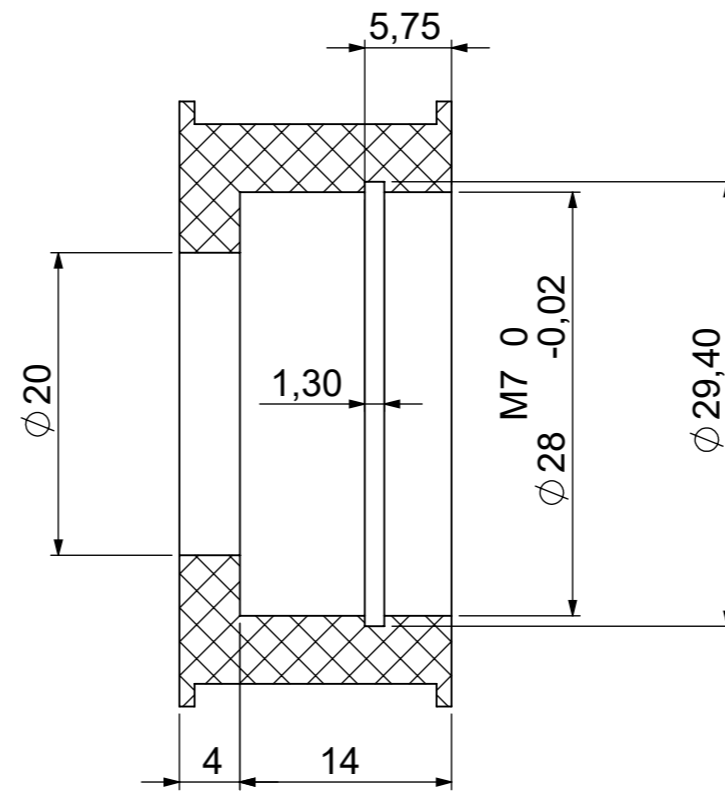
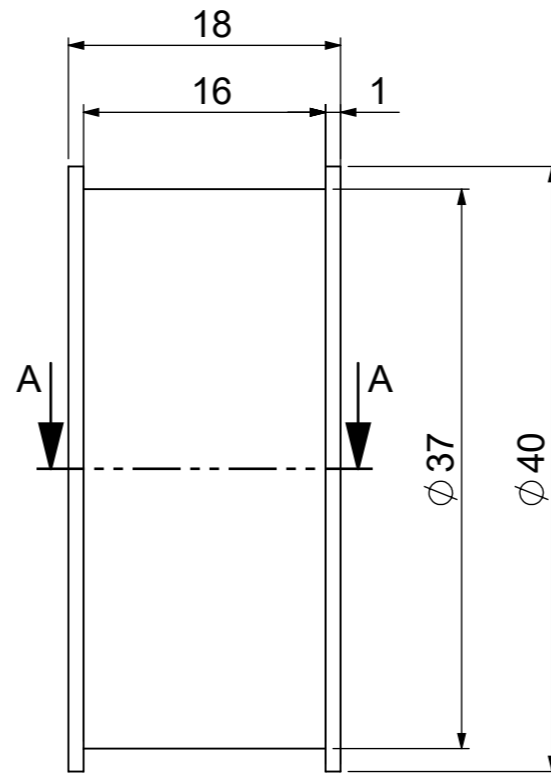
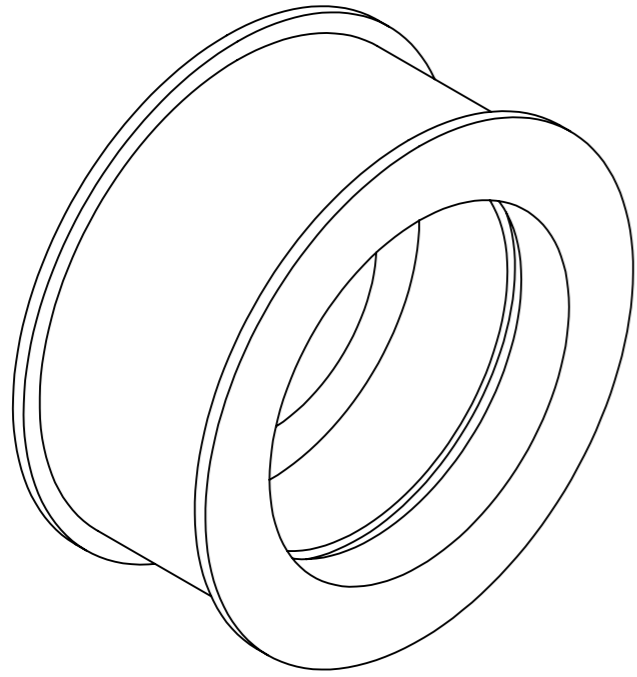


SECTION A-A


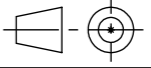


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	6	
Desenhou	R.Fonseca	21/11/2022		Material	Alumínio	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de 1ª e 2ª Classe	Espessura	0
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	16x13	
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	6x
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.0004					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)	0.00	
4:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	0.01	
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						



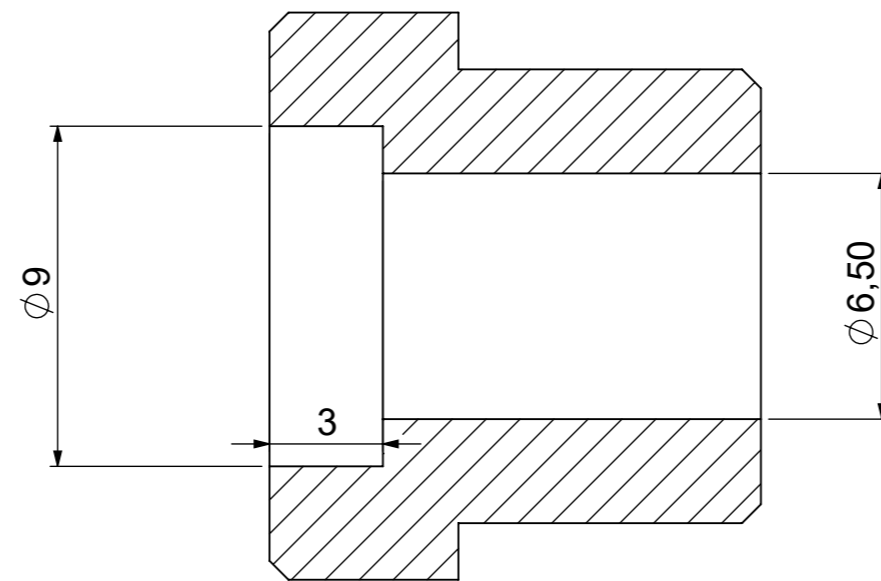
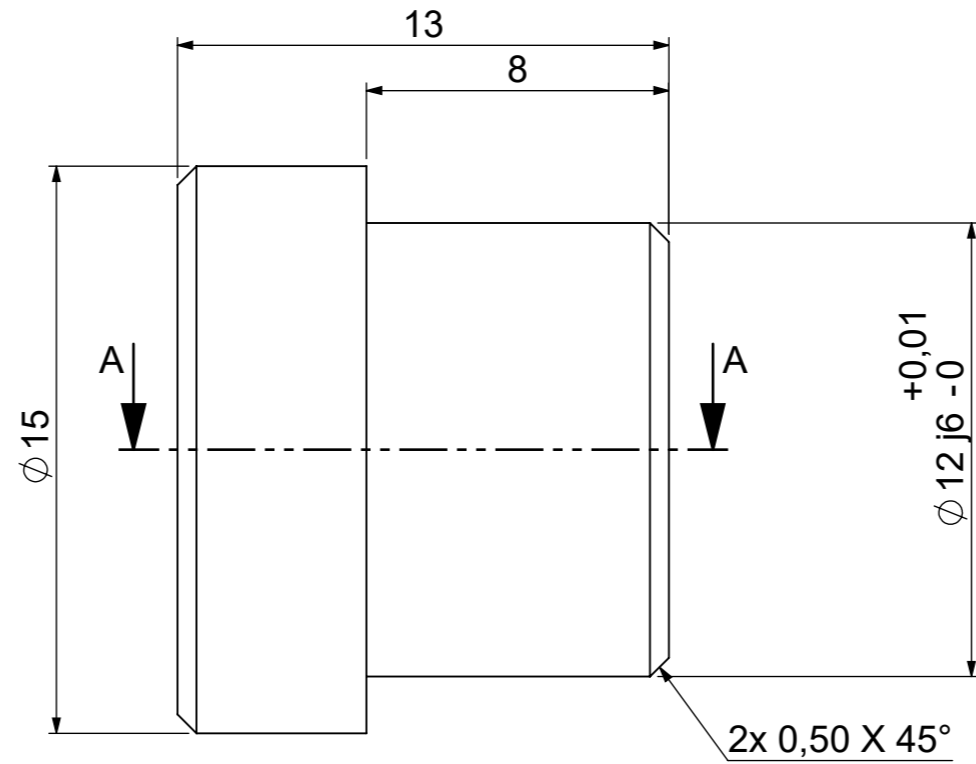
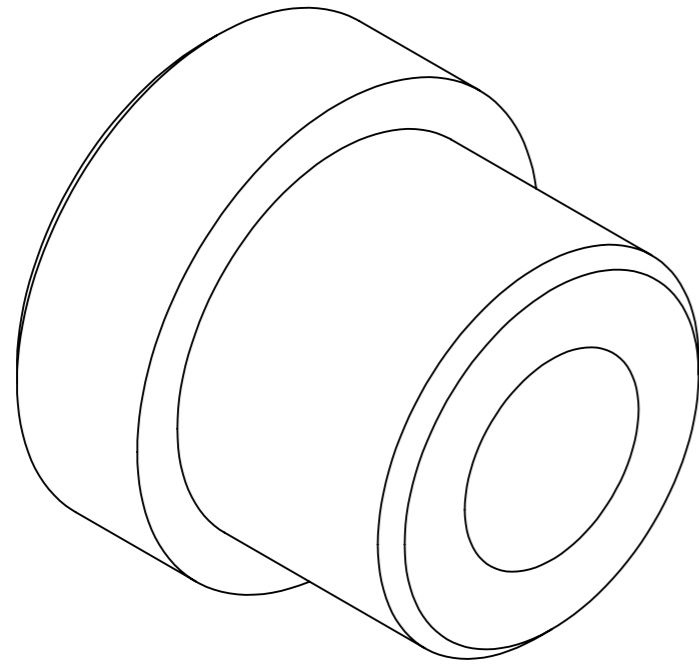


SECTION A-A


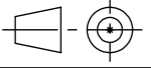
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	60	
Desenhou		19/03/2019		Material	POM	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura	
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	Ø40	
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	60x
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.0008					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.01	
2:1		0		Massa (kg)	0.01	

Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.

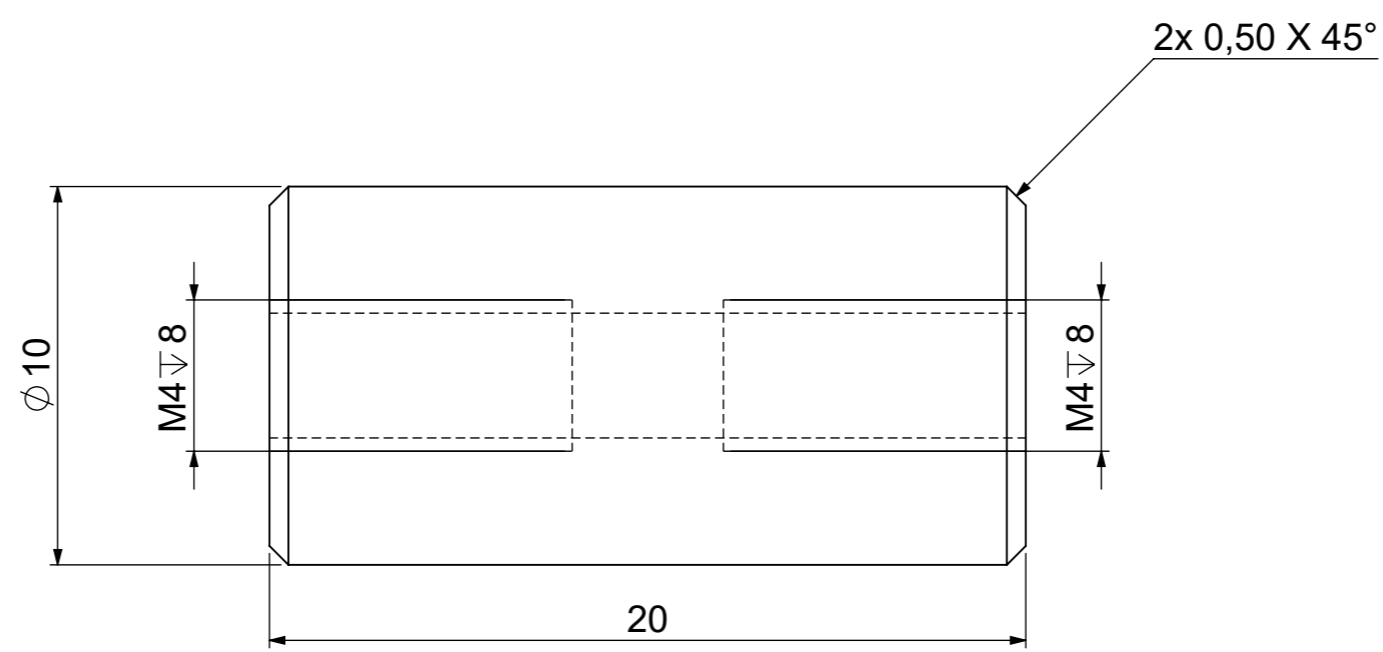
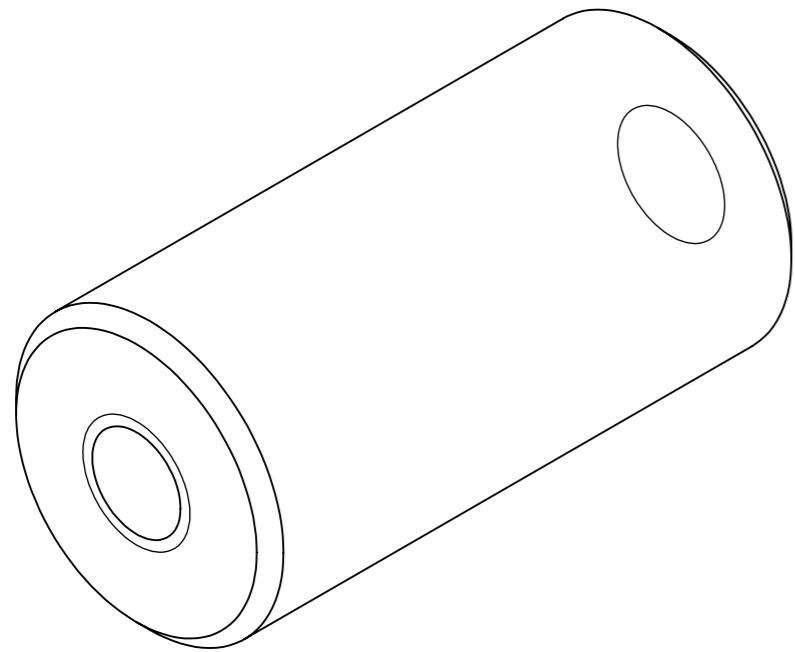





SECTION A-A

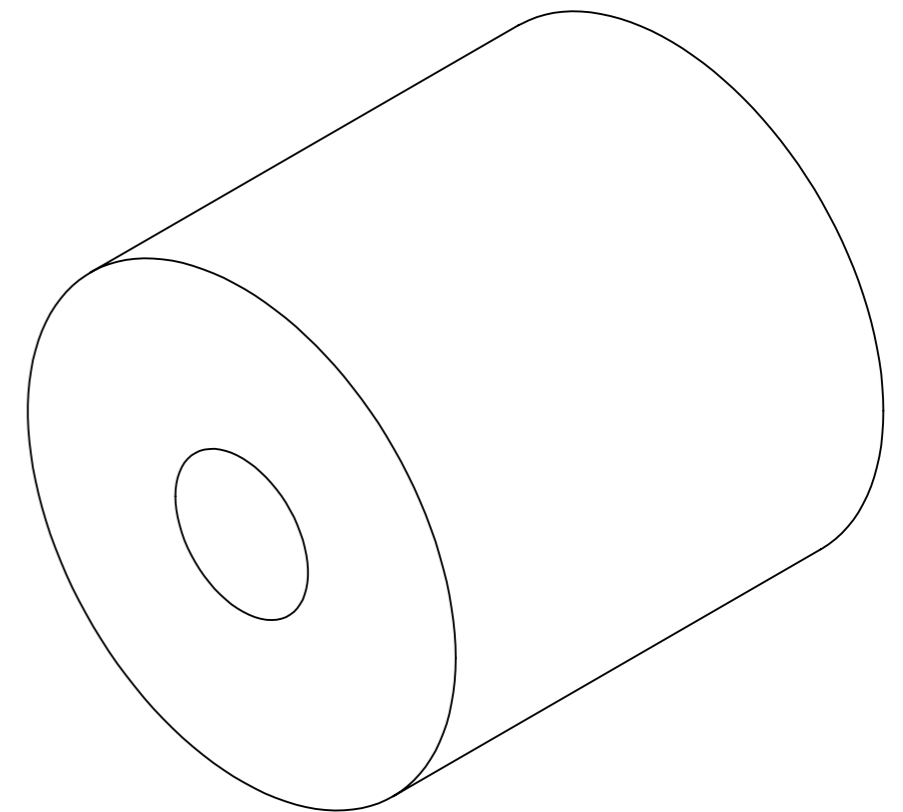
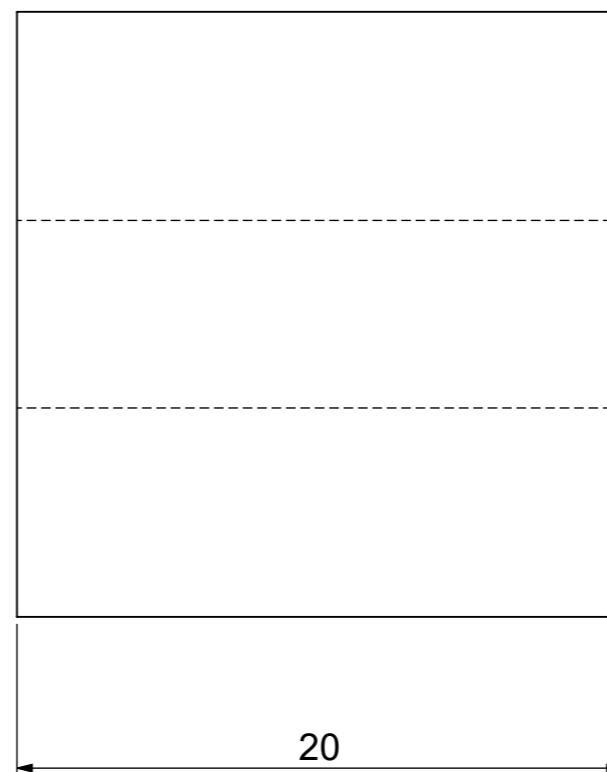
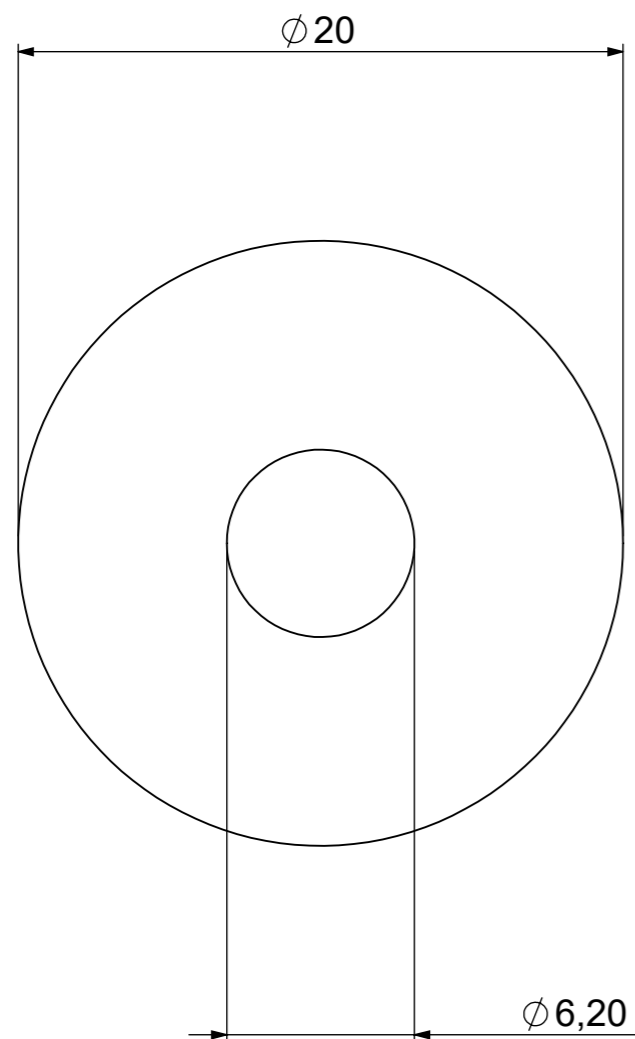
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	60
Desenhou		19/03/2019		Material	Super C4 (P)
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	$\phi 15$
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição			ISO 2768 mK	Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.0009				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m ²)	0.00
5:1		0		Massa (kg)	0.01
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					


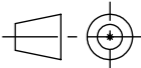




	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	18	
Desenhou	R.Fonseca	12/12/2022		Material	Super C4 (P)	
Alterou	alexandrebarboza	31/01/2023		Engenharia de Precisão	Espessura	0
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	$\phi 10$	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	18xZincado
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-010.300.0014					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m²)	0.00
5:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)	0.01
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.						



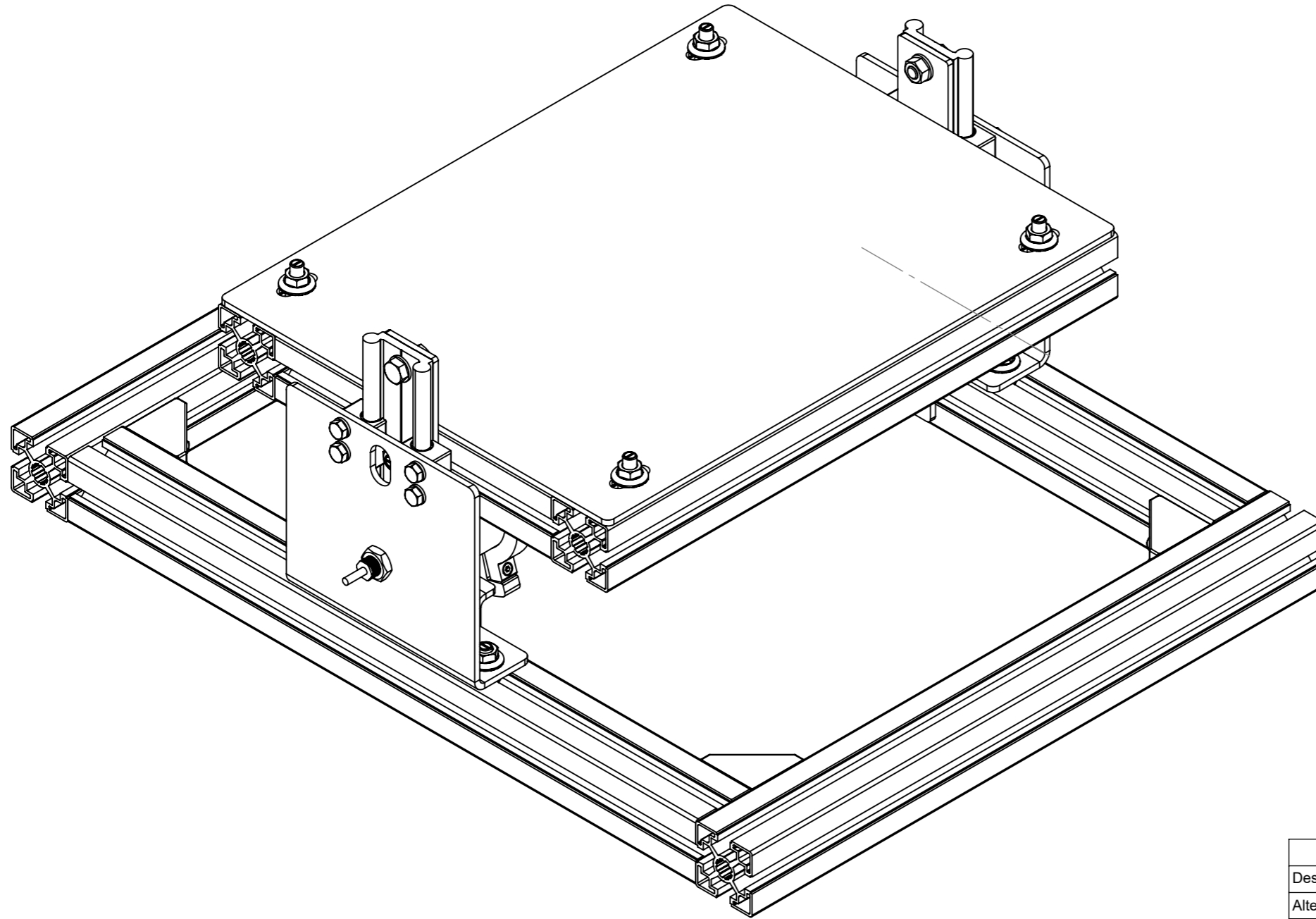


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	A.Barbosa	06/01/2023		Material	PE-HMW-500	
Alterou	rafaelfonseca	13/02/2023		Engenheiros de 1ª e 2ª Classe	Espessura	0
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	Ø20	
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	2x
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.51.M051-90.100.0001					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	0.00	
4:1		0		Massa (kg)	0.01	

Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.

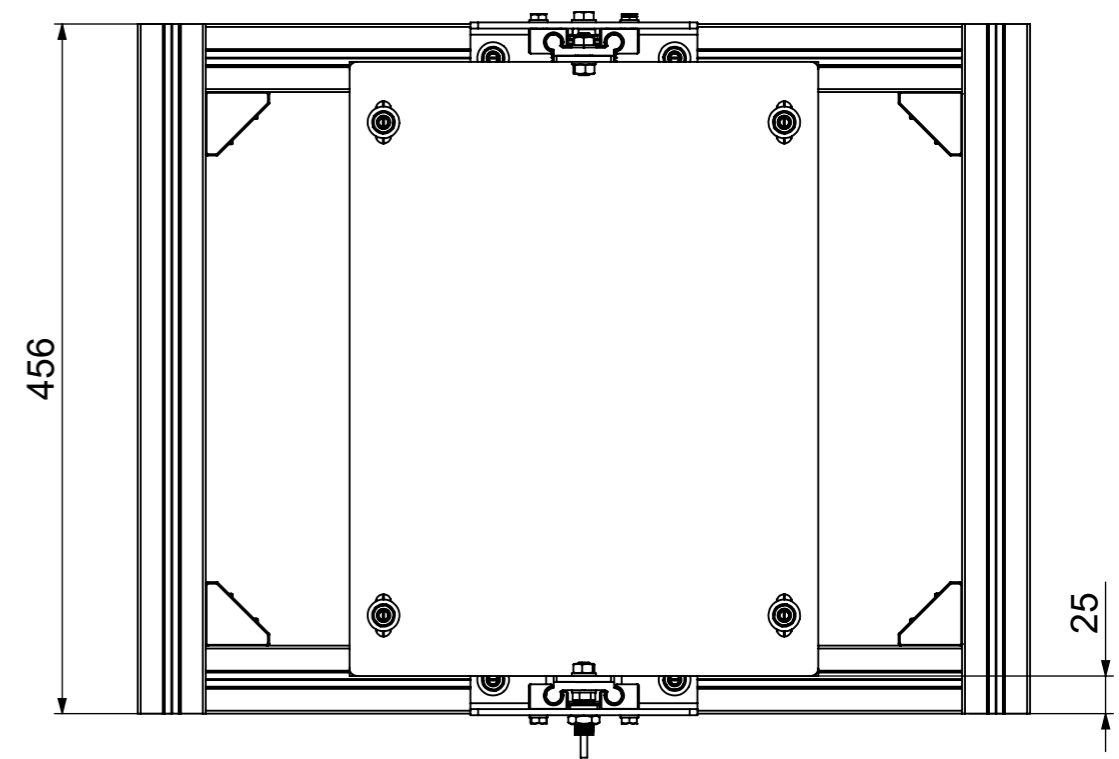
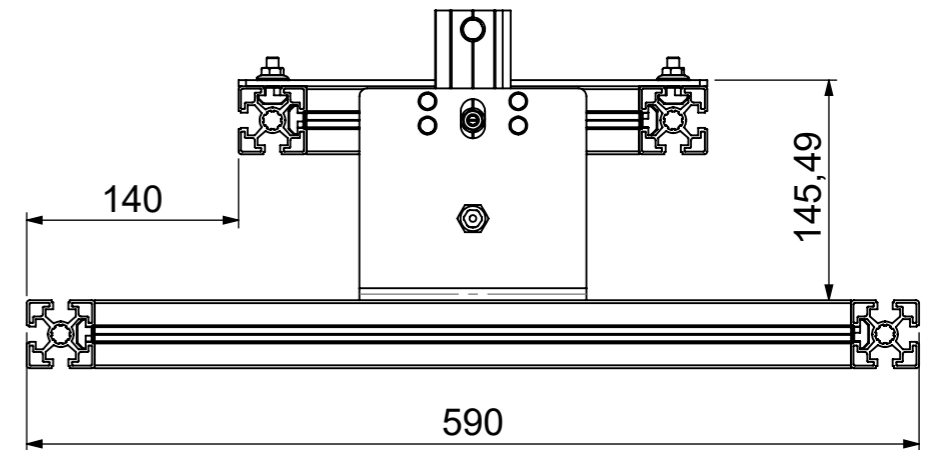
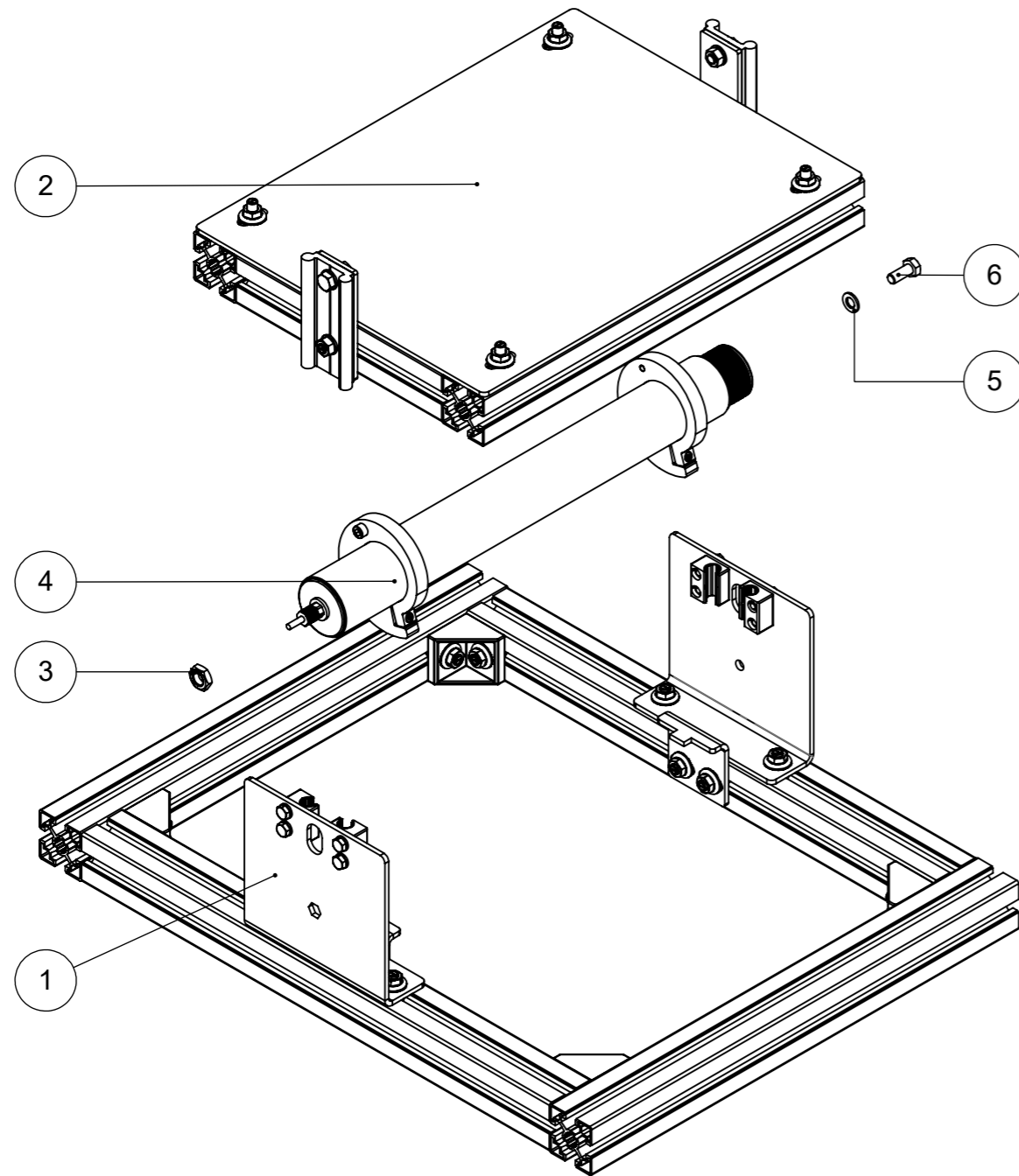



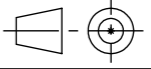
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	1	22AB002.05.2100				
2	1	22AB002.05.2200				
3	1	ITOHDENKI - FEY01				5.Standard
4	1	22AB002.05.2300				1.Montagem
5	1	DIN125-1A - 8	Anl. plana DIN125-1A - 8			7.Parafusos
6	1	DIN933.NT - M8x20	Pf. sext. ext. - DIN933 - M8x20 - Sem Tratamento			7.Parafusos



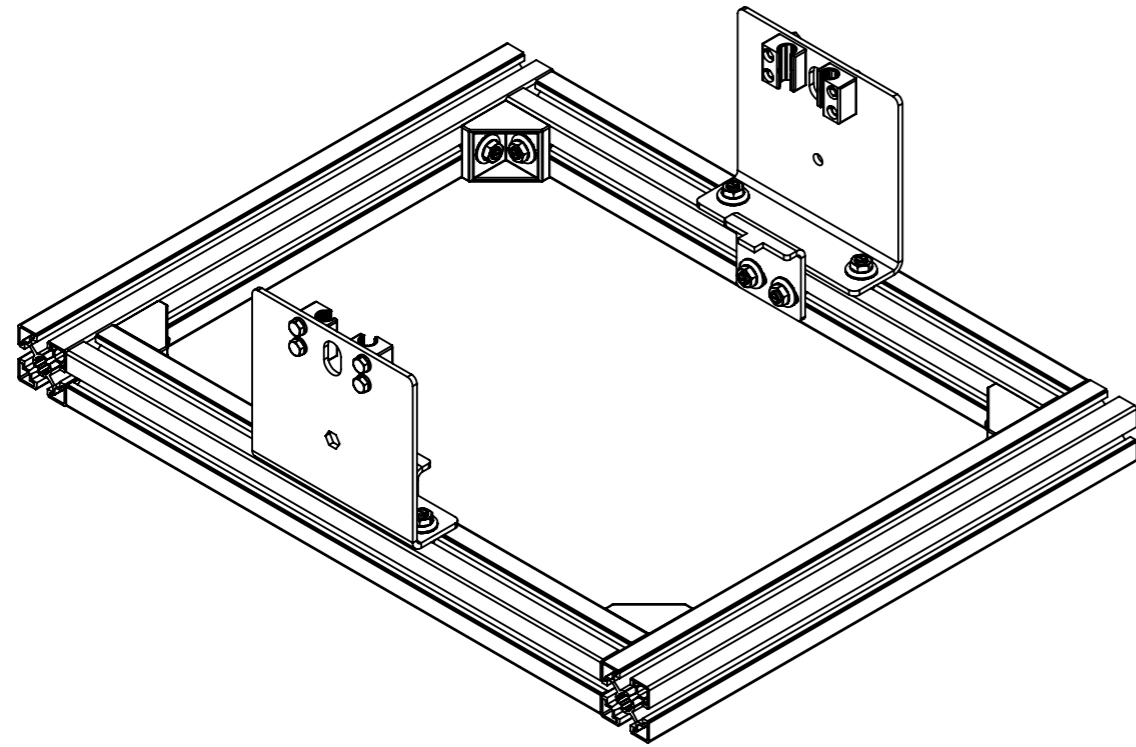
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	0
Desenhou	joselopez	12/10/2022	 <small>engenharia de vóçs</small>	Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	15/02/2023		Espessura	n/a
Execução	1.Montagem		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.05.2000				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	2.72
1:3		0		Massa (kg)	20.24
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



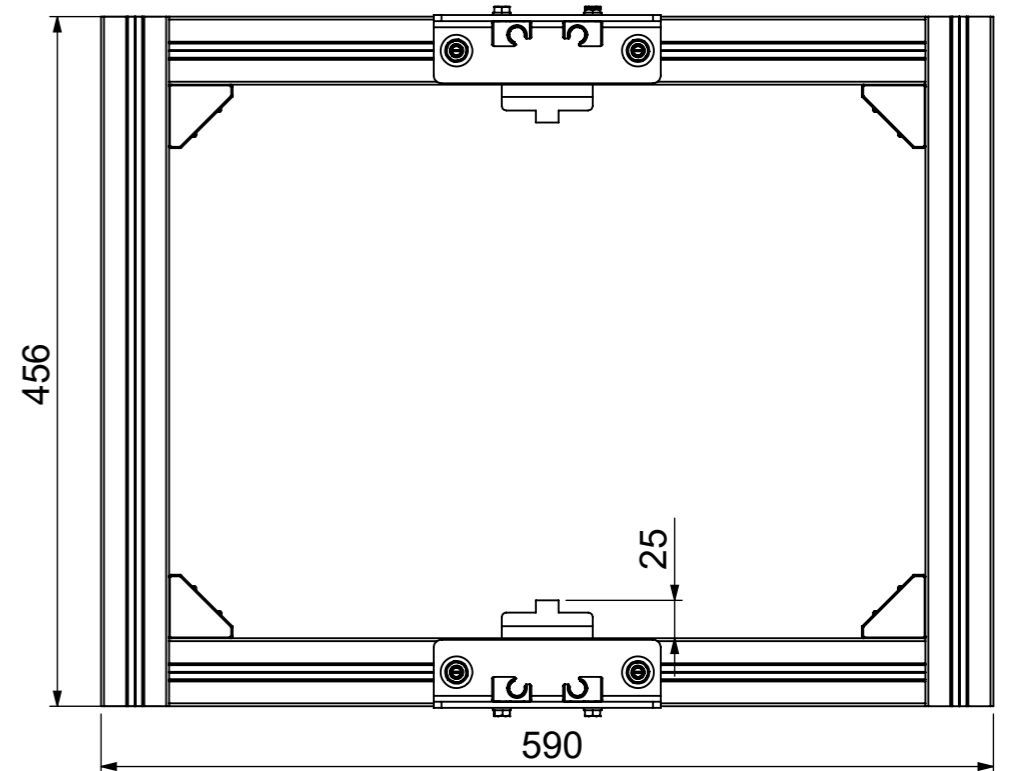
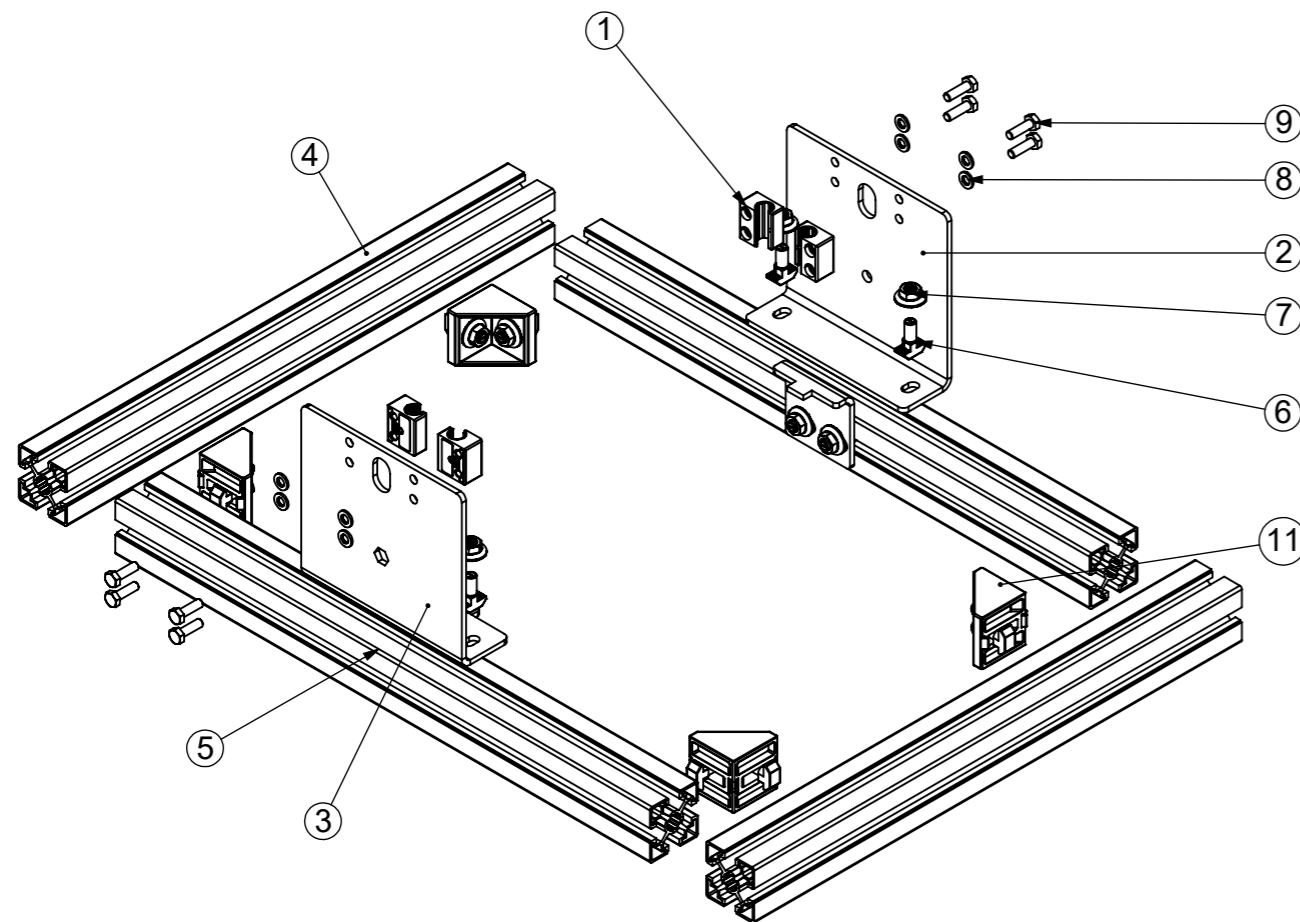
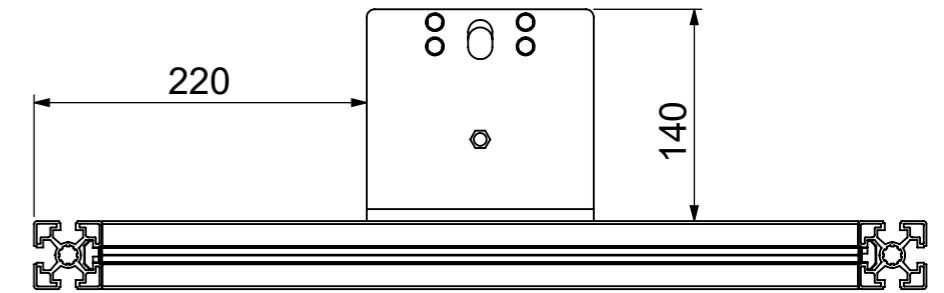


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	0
Desenhou	joselopez	12/10/2022		Material	n/a
Alterou	rafaelfonseca	15/02/2023		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.05.2000				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	2.72
1:5		0		Massa (kg)	20.24
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

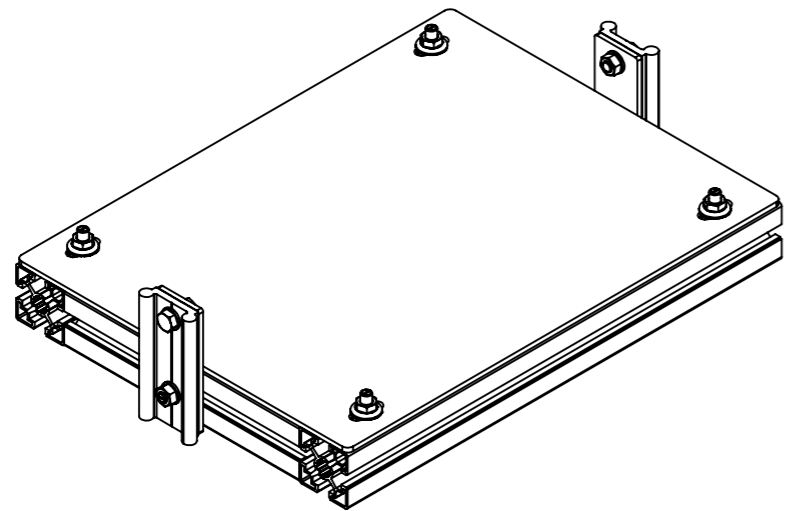




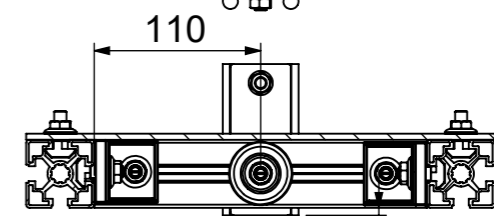
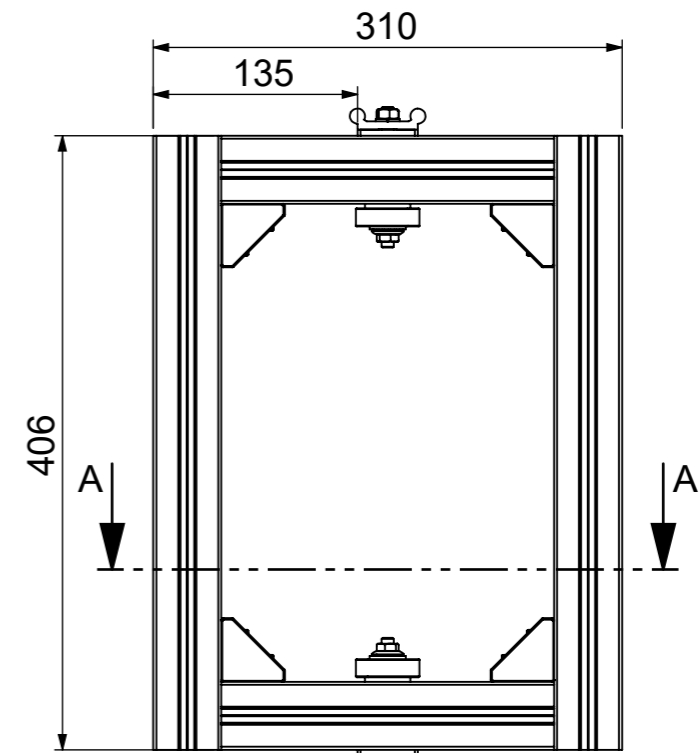
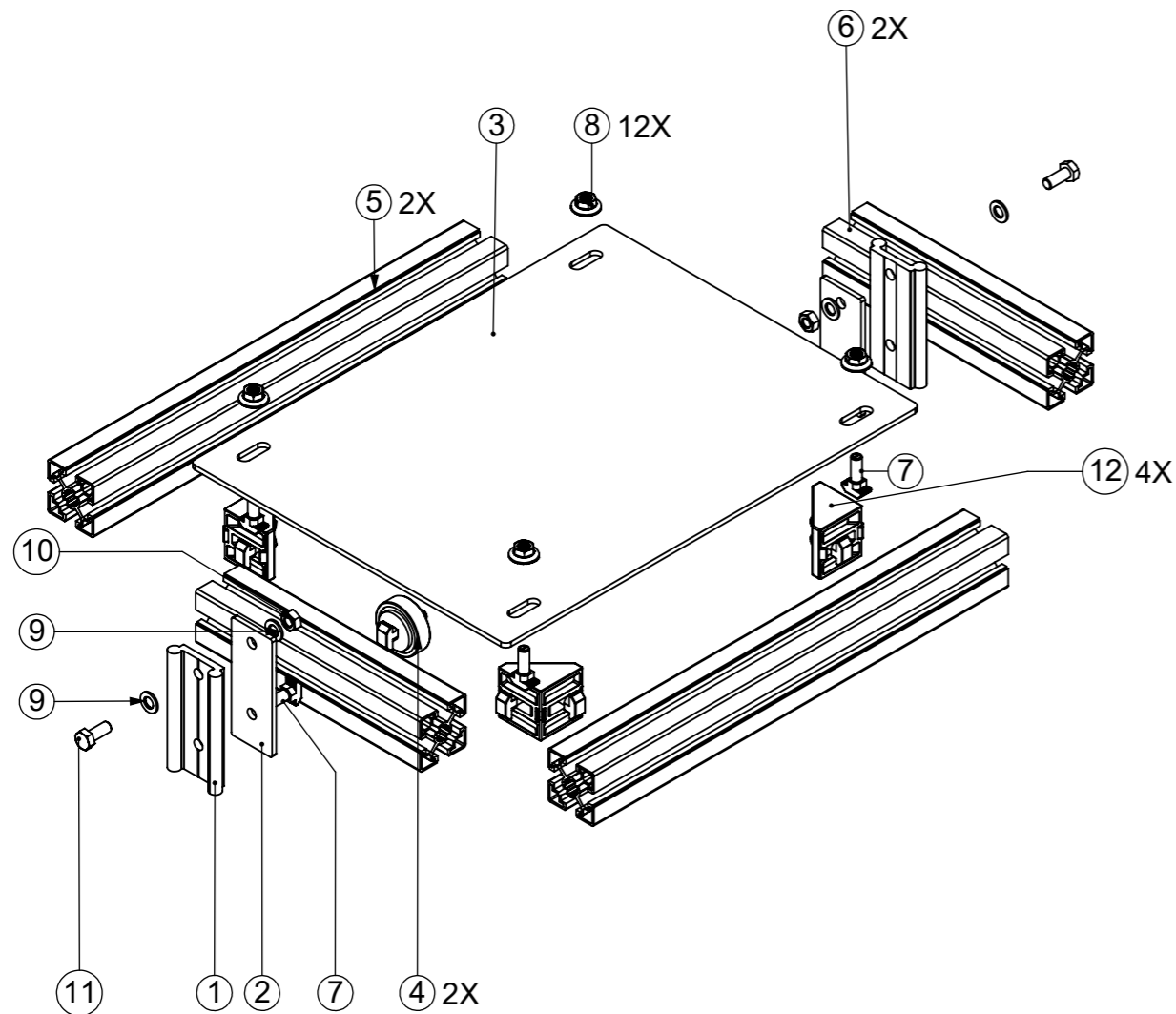
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	4	IGUS - WJ200UM_01_10_1				5.Standard
2	1	22AB002.05.0012		S 235		1.Laser
3	1	22AB002.05.0008		S 235		1.Laser
4	2	900.20.11.00003 - FST5021 PROFILE 45x45	FST5021 PROFILE 45x45	Alumínio	456	3.Serralharia int
5	2	900.20.11.00003 - FST5021 PROFILE 45x45	FST5021 PROFILE 45x45	Alumínio	500	3.Serralharia int
6	8	FST525020 - CAB. MRT M8x20 - R10	FST525020 - CAB. MRT M8x20 - R10			5.Standard
7	16	FST525000 - PC M8	FST525000 - PC M8			5.Standard
8	8	DIN125-1A - 6	Anl. plana DIN125-1A - 6			7.Parafusos
9	8	DIN933 - M6x20	Pf. sext. ext. - DIN933 - M6x20			7.Parafusos
10	2	22AB002.05.0017		S 235		1.Laser
11	4	FST5330 - ESQUADRO 42x42x42	FST5330 - ESQUADRO 42x42x42			5.Standard
12	8	FST525025 - CAB. MRT M8x25 - R10	FST525025 - CAB. MRT M8x25 - R10			5.Standard



	Nome	Data	Projecto:	Quantidade
Desenhou		13/10/2022	 <small>engenharia de vóçr redes</small>	Material
Alterou	rafaelfonseca	15/02/2023		Espessura
Execução			 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção
Destino				Tratamento
Descrição				Ref. Base
Desenho	22AB002.05.2100			
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)
1:5			Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)



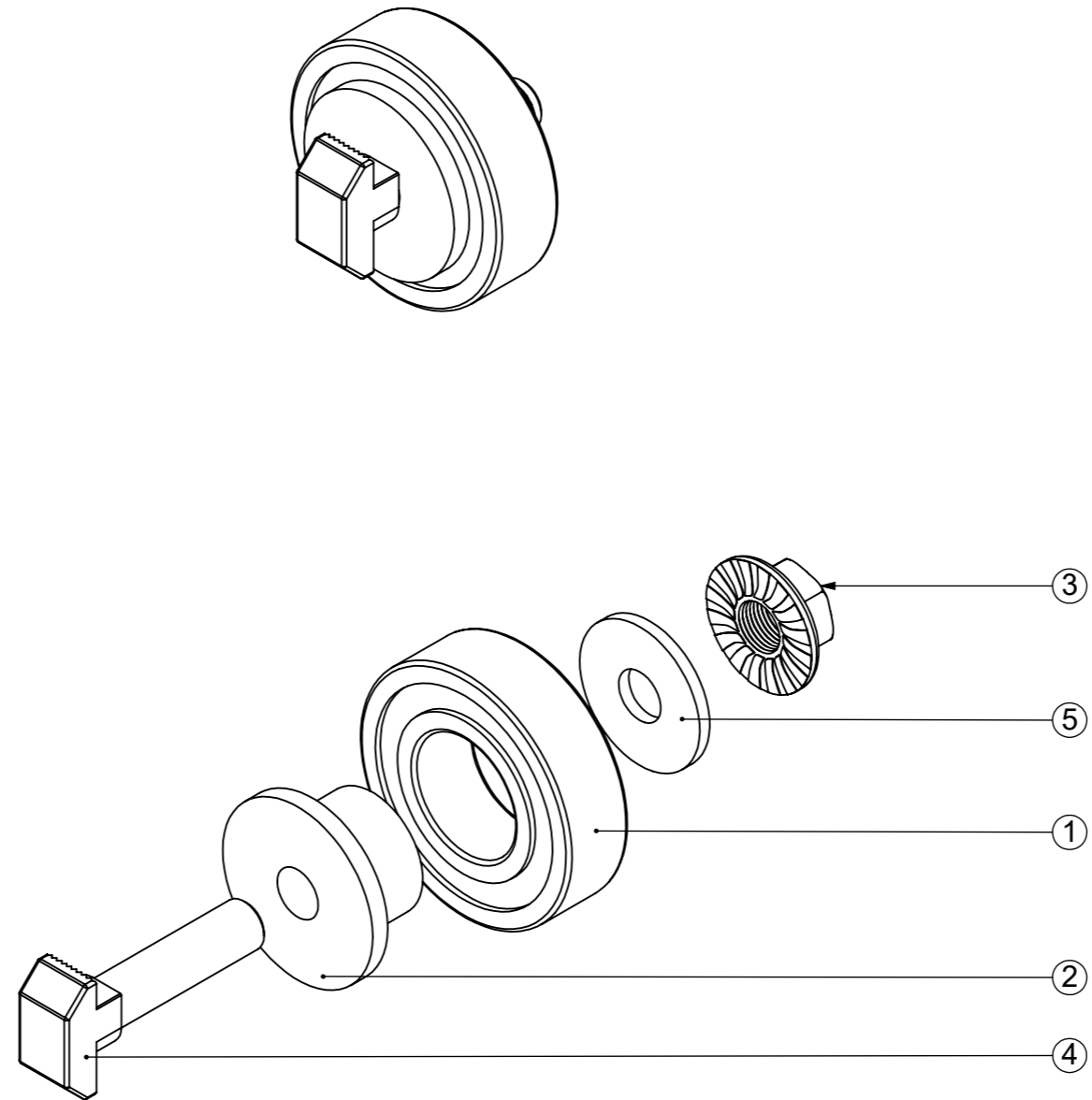
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENT O	EXECUÇÃO
1	2	IGUS - WS_10_40_160_2				2.Torno/Fresa
2	2	22AB002.05.0014		S 235		1.Laser
3	1	22AB002.05.0016		S 235		1.Laser
4	2	22AB002.05.2210				1.Montagem
5	2	900.20.11.00003 - FST5021 PROFILE 45x45	FST5021 PROFILE 45x45	Alumínio	406	3.Serralharia int
6	2	900.20.11.00003 - FST5021 PROFILE 45x45	FST5021 PROFILE 45x45	Alumínio	220	3.Serralharia int
7	14	FST525025 - CAB. MRT M8x25 - R10	FST525025 - CAB. MRT M8x25 - R10			5.Standard
8	12	FST525000 - PC M8	FST525000 - PC M8			5.Standard
9	6	DIN125-1A - 8	Anl. plana DIN125-1A - 8			7.Parafusos
10	4	DIN934 - M8	Fêmea DIN934 - M8			7.Parafusos
11	2	DIN933 - M8x20	Pf. sext. ext. - DIN933 - M8x20			7.Parafusos
12	4	FST5330 - ESQUADRO 42x42x42	FST5330 - ESQUADRO 42x42x42			5.Standard


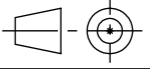


SECTION A-A

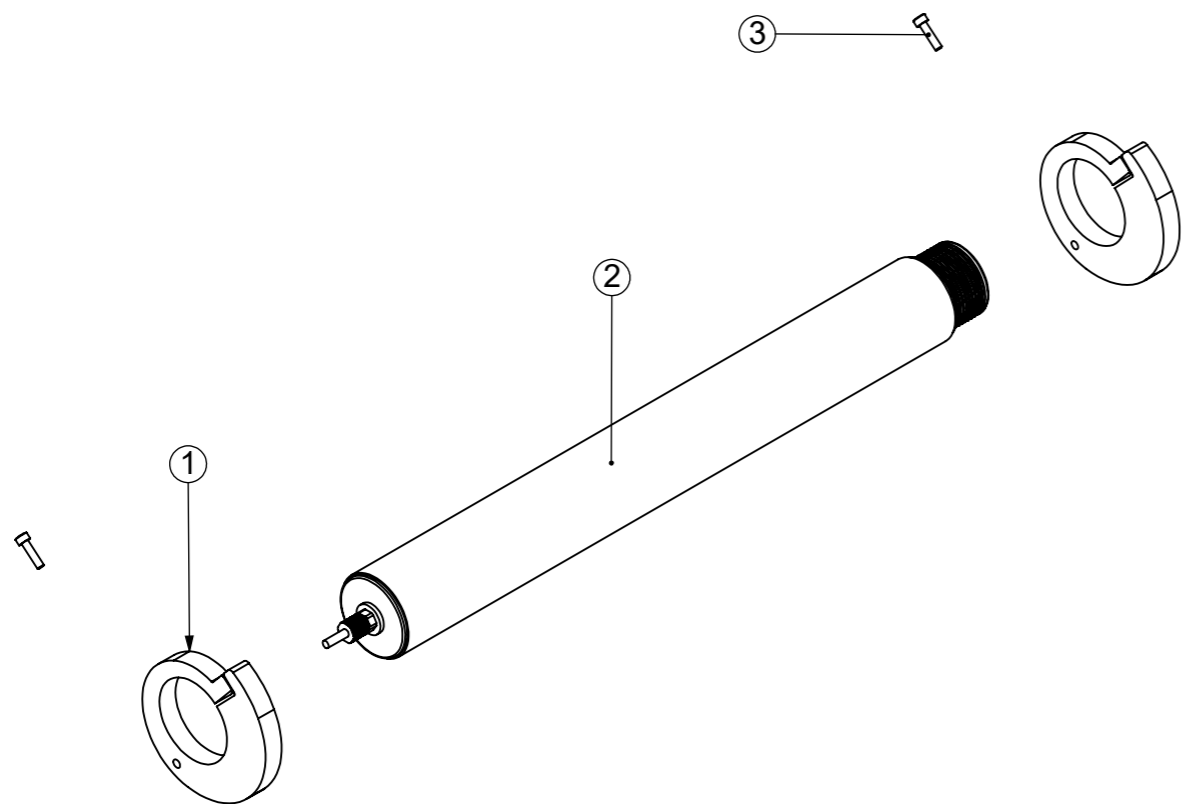
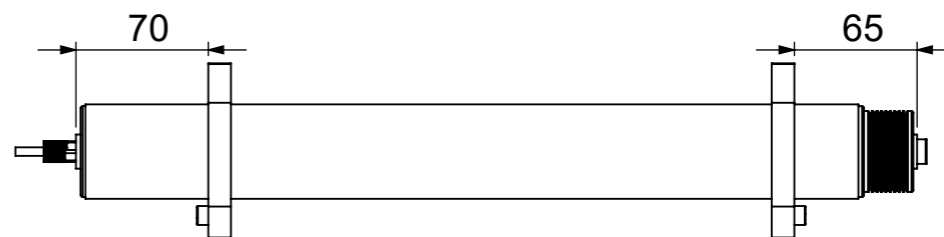
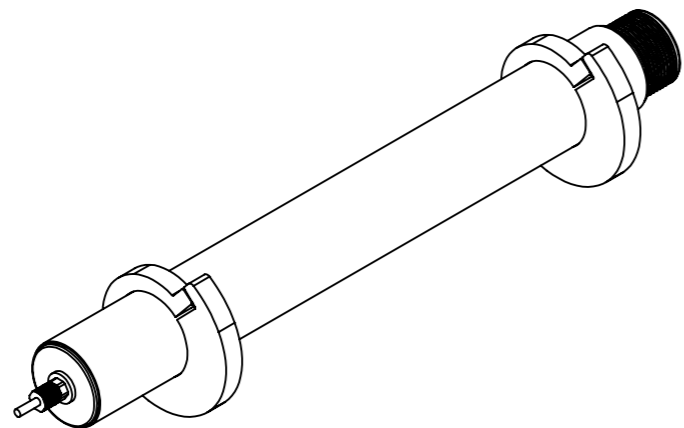
	Nome	Data	Projecto:	Quantidade
Desenhou		13/10/2022	 <small>engenharia de projecto</small>	Material
Alterou	rafaelfonseca	15/02/2023		Espessura
Execução			 <small>TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK</small>	Secção
Destino				Tratamento
Descrição				Ref. Base
Desenho	22AB002.05.2200			
ESCALA:	A3	REVISIONES:		Área (m²)
1:5		Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.				


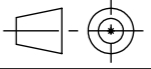
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	1	DIN625 - 6004-2RS	Rolamento esferas DIN625 - 6004-2RS			5.Standard
2	1	22AB002.05.0011		PE-HMW-500	15.00	2.Torno/Fresa
3	1	FST525000 - PC M8	FST525000 - PC M8			5.Standard
4	1	FST525035 - CAB. MRT M8x35 - R10	FST525035 - CAB. MRT M8x35 - R10			5.Standard
5	1	DIN9021 - 8	Anl. ab. larg. DIN9021 - 8			7.Parafusos



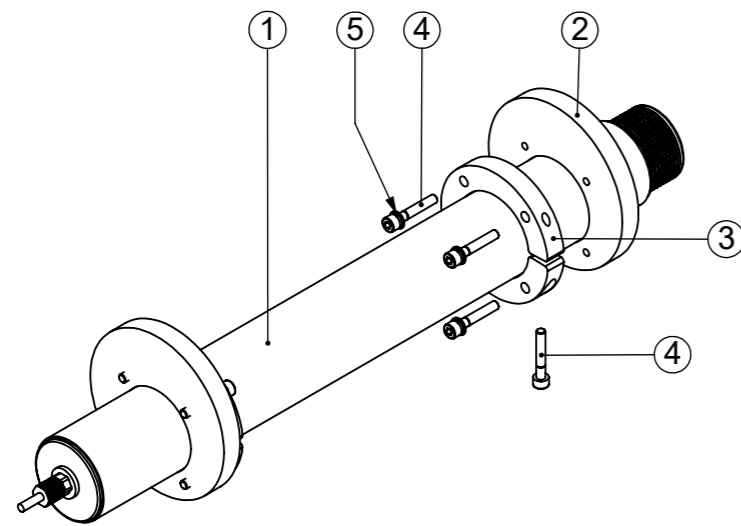
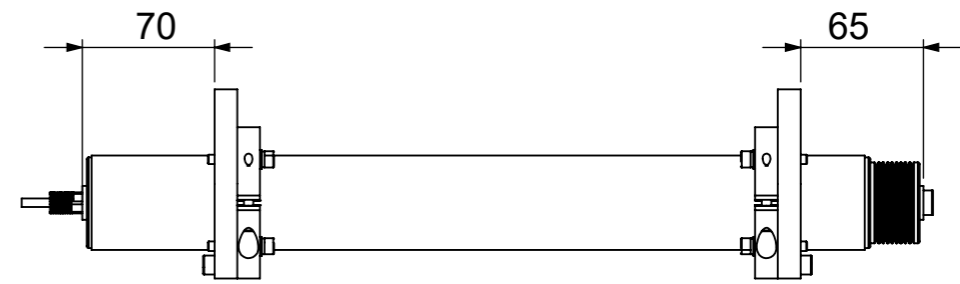
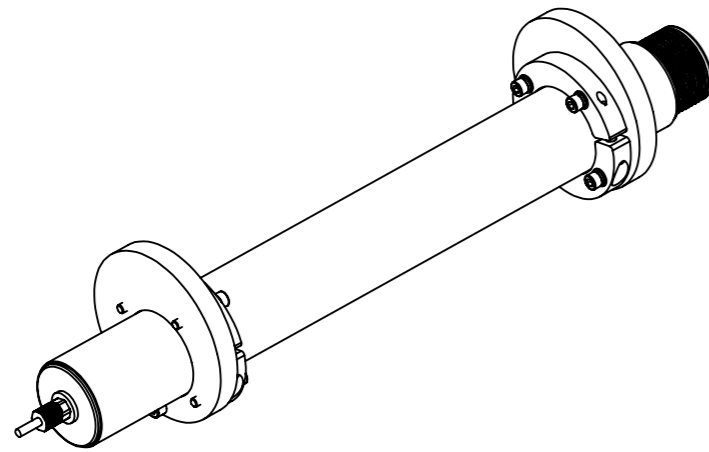
	Nome	Data	Projecto:	Quantidade	0
Desenhou		14/10/2022		Material	
Alterou	josepires	18/10/2022		Engenheiro de Desenho	Espessura
Execução	1.Montagem				Secção
Destino	1.Montagem				Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.05.2210				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	
1:1		0		Massa (kg)	
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					


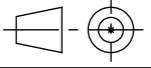
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	2	22AB002.05.0015		S 235	-	1.Laser
2	1	ITOH DENKI - PM500FE055 D50 B=450 PV	Rolo Motorizado - PM500FE055 D50 B=450 PV	S 235	450.00	5.Standard
3	2	DIN912 - M4x16	Pf. cab. cilíndrica - DIN912 - M4x16			7.Parafusos
4	2	DIN912 - M6x12	Pf. cab. cilíndrica - DIN912 - M6x12			7.Parafusos



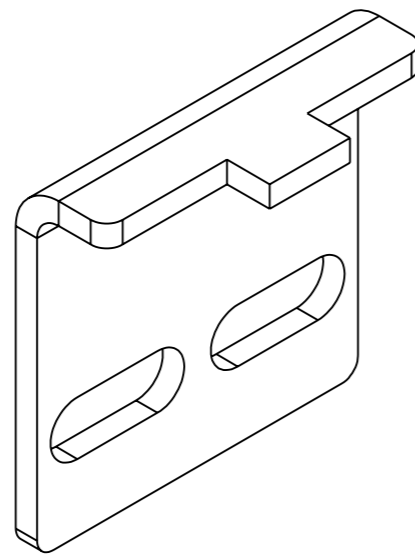
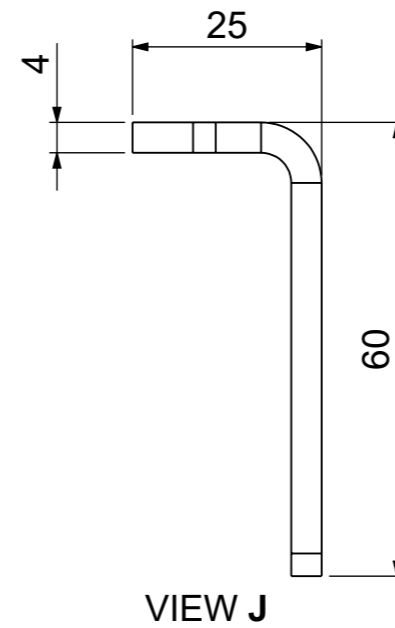
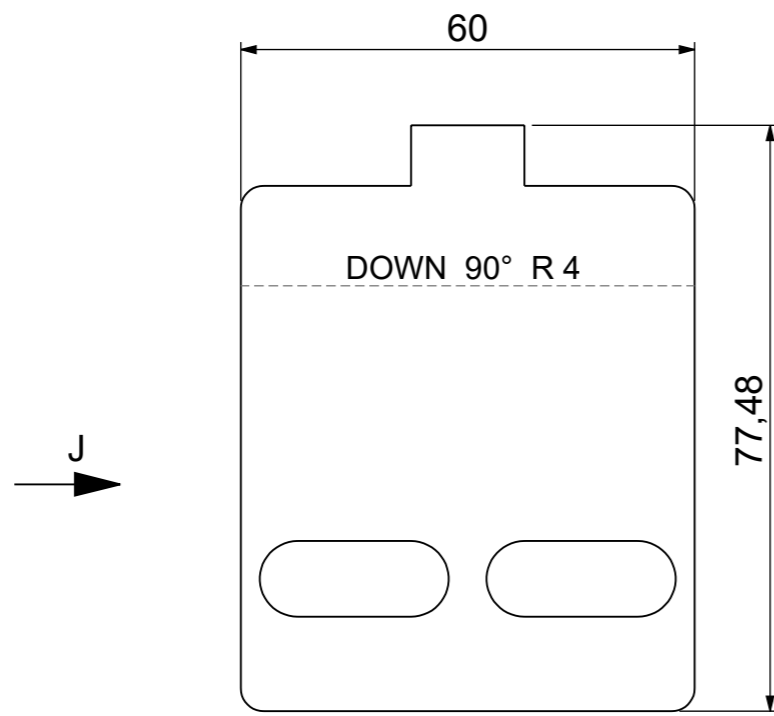
	Nome	Data	Projecto:	Quantidade	0
Desenhou		14/10/2022	 <small>engenharia to go jr 2022</small>	Material	
Alterou	joselopes	13/12/2022		Engenharia to go jr 2022	Espessura
Execução	1.Montagem		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	1.Montagem			Tratamento	
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.05.2300				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m²)
1:4		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		Massa (kg)
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					


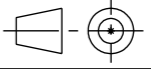
Nº	QT	PART Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	COMPRIMENTO	EXECUÇÃO
1	1	ITOH DENKI - PM500FE055 D50 B=450 PV	Rolo Motorizado - PM500FE055 D50 B=450 PV	S 235	450.00	5.Standard
2	2	22AB002.01.0001		S 235		1.Laser
3	2	22AB002.05.0013		S 235		1.Laser
4	10	DIN912 - M5x30	Pf. cab. cilindrica - DIN912 - M5x30			7.Parafusos
5	8	DIN125-1A - 5	Anl. plana DIN125-1A - 5			7.Parafusos
6	8	DIN127B - 5	Anl. mola DIN127B - 5			7.Parafusos
7	2	DIN912 - M6x12	Pf. cab. cilindrica - DIN912 - M6x12			7.Parafusos



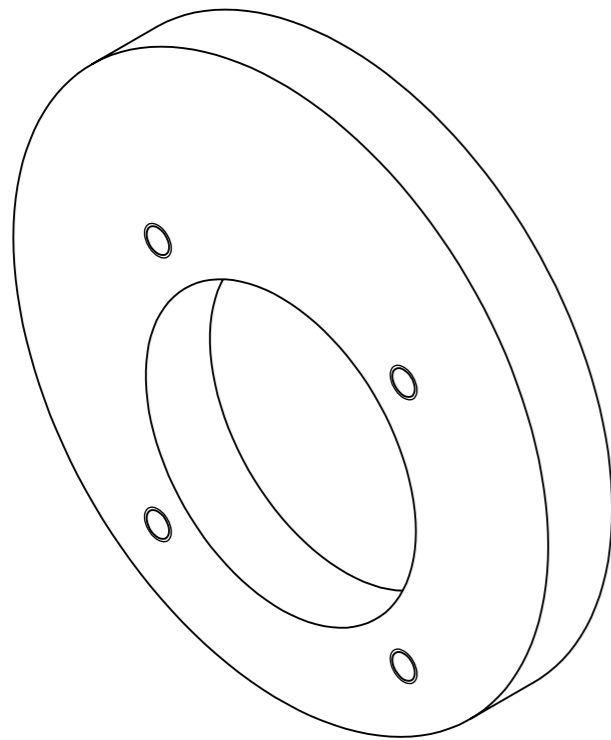
	Nome	Data	Projecto:	Quantidade	0
Desenhou		14/10/2022		Material	
Alterou	joselopes	13/12/2022		Engenheiro de Engenharia	Espessura
Execução	1.Montagem			Secção	
Destino	1.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.05.2300				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	
1:4		0		Massa (kg)	
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



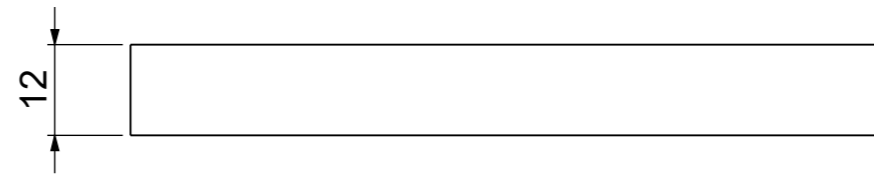
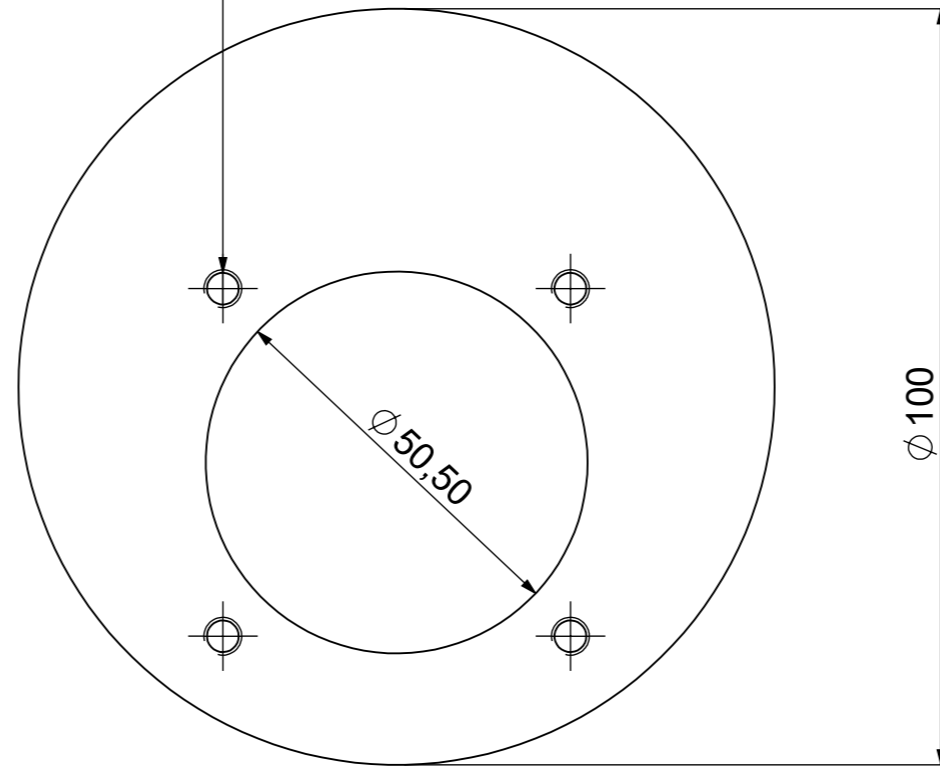



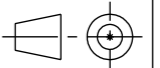
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou	alexandrebarbo	18/10/2022	 <small>engenharia de precisão</small>	Material	S 235
Alterou	alexandrebarbo	18/10/2022		Espessura	4
Execução	1.Laser		 <small>TOLERANCIAMENTO</small> ISO 2768 mK	Secção	
Destino	5.Tratamento			Tratamento	2xZincado
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.05.0017				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m ²)	0.01
1:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	0.12
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



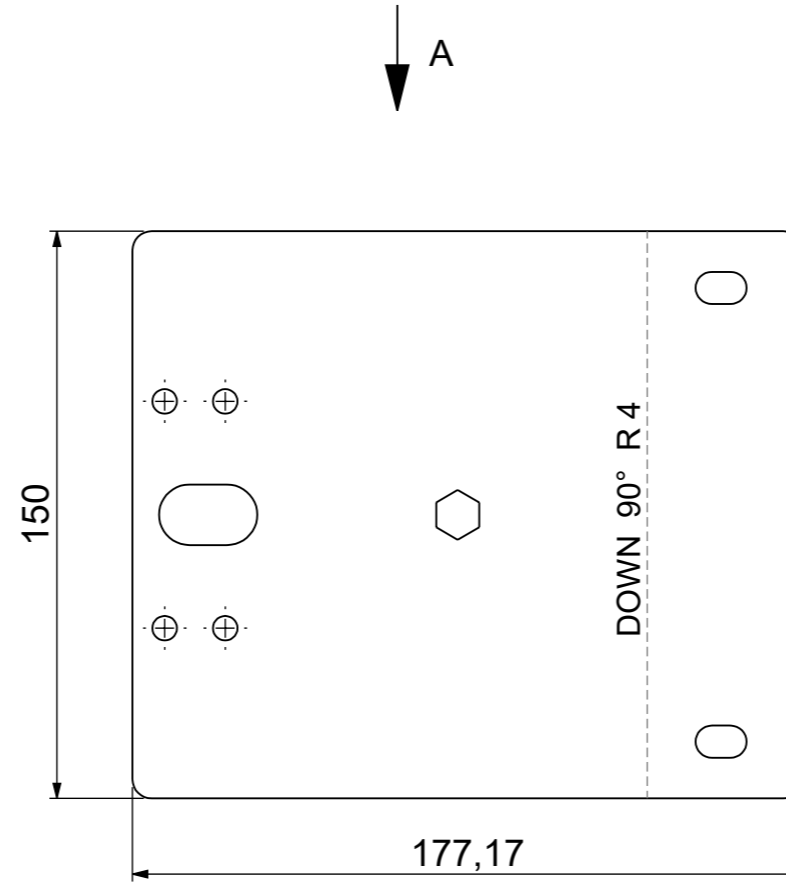
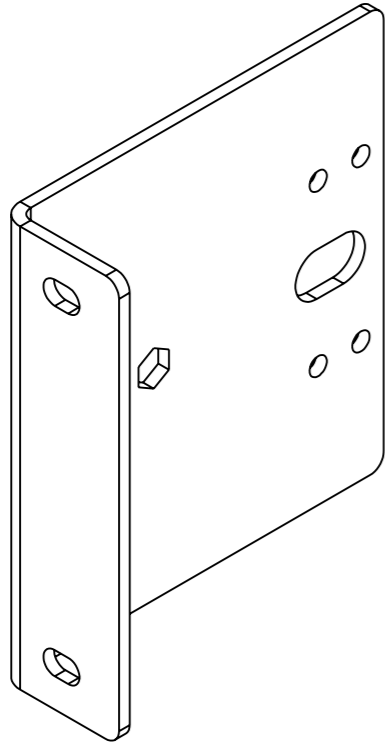


4 x \varnothing 4,20 THRU ALL
M5 - 6H THRU ALL

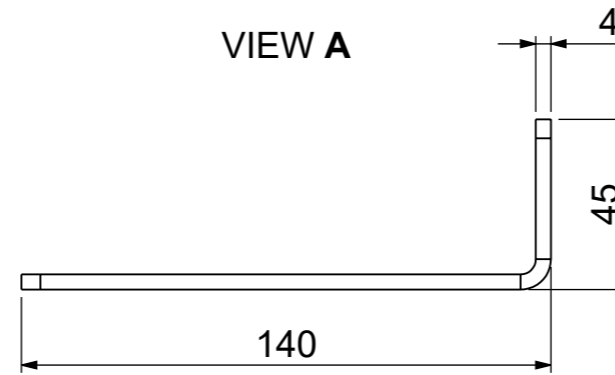


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou	alexandrebarbo	27/06/2022		Material	S 235
Alterou	alexandrebarbo	18/10/2022		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição			ISO 2768 mK	Ref. Base	
Desenho	22AB002.01.0001				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	17898.27
1:1		0		Massa (kg)	535.51

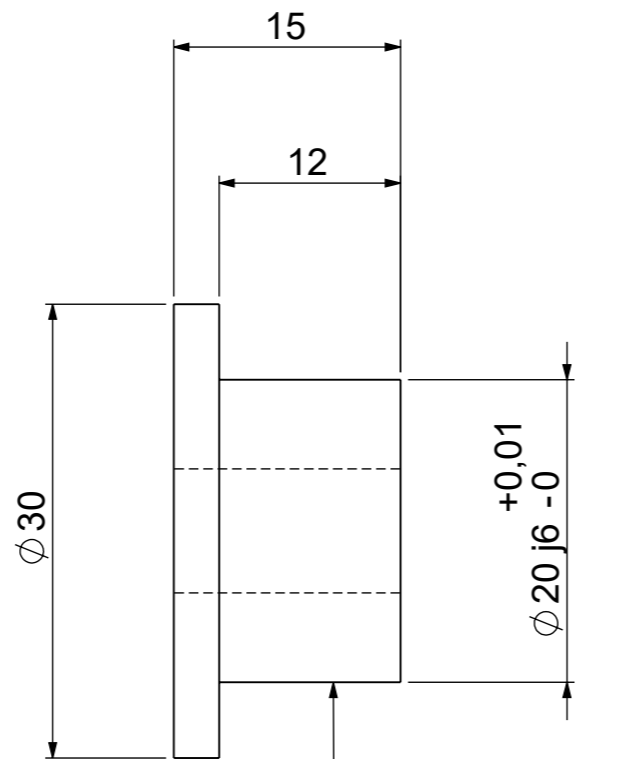
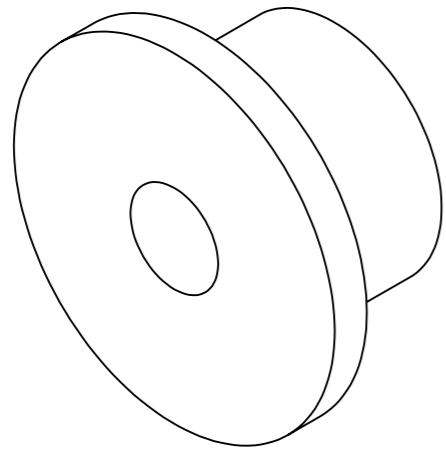
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.



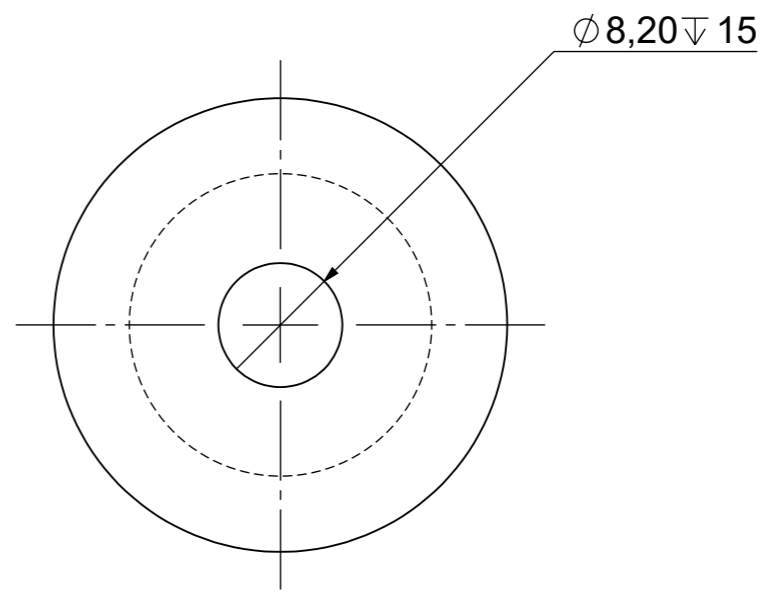
VIEW A


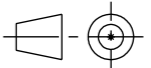


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	joselopez	12/10/2022		Material	S 235
Alterou	alexandrebarboza	18/10/2022		Engenheiro de Engenharia de Mecânica	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.05.0008				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	55527.29
1:2		0		Massa (kg)	798.87
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

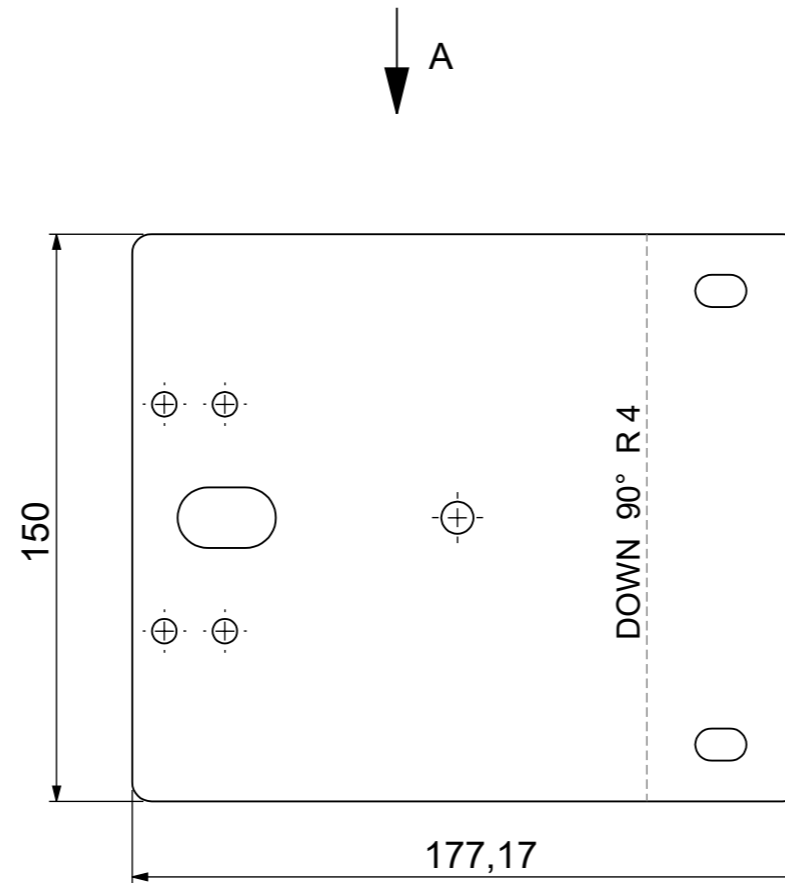
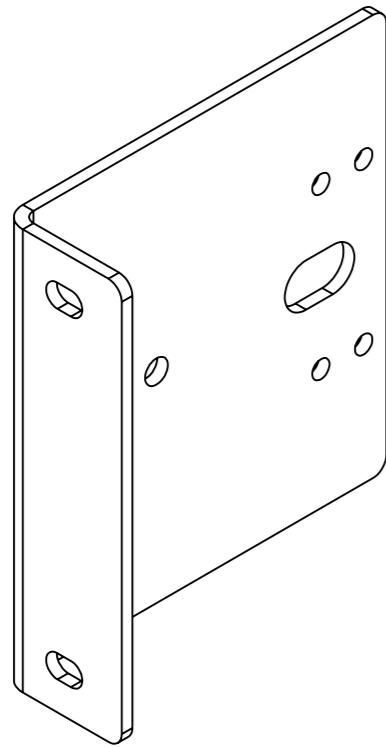


Entrar no rolamento com aperto

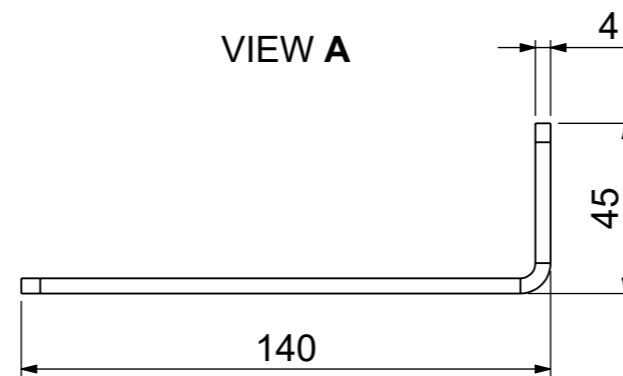


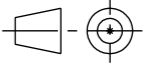
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2	
Desenhou	alexandrebarbo	14/10/2022		Material	PE-HMW-500	
Alterou	alexandrebarbo	18/10/2022		Engenheiros de Engenharia	Espessura	0
Execução	2.Torno/Fresa			Secção	$\phi 30$	
Destino	6.Montagem			TOLERANCIAMENTO ISO 2768 mK	Tratamento	2x
Descrição					Ref. Base	
Desenho	22AB002.05.0011					
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:		Área (m ²)	
2:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm		2731.24	
				Massa (kg)	4,89	

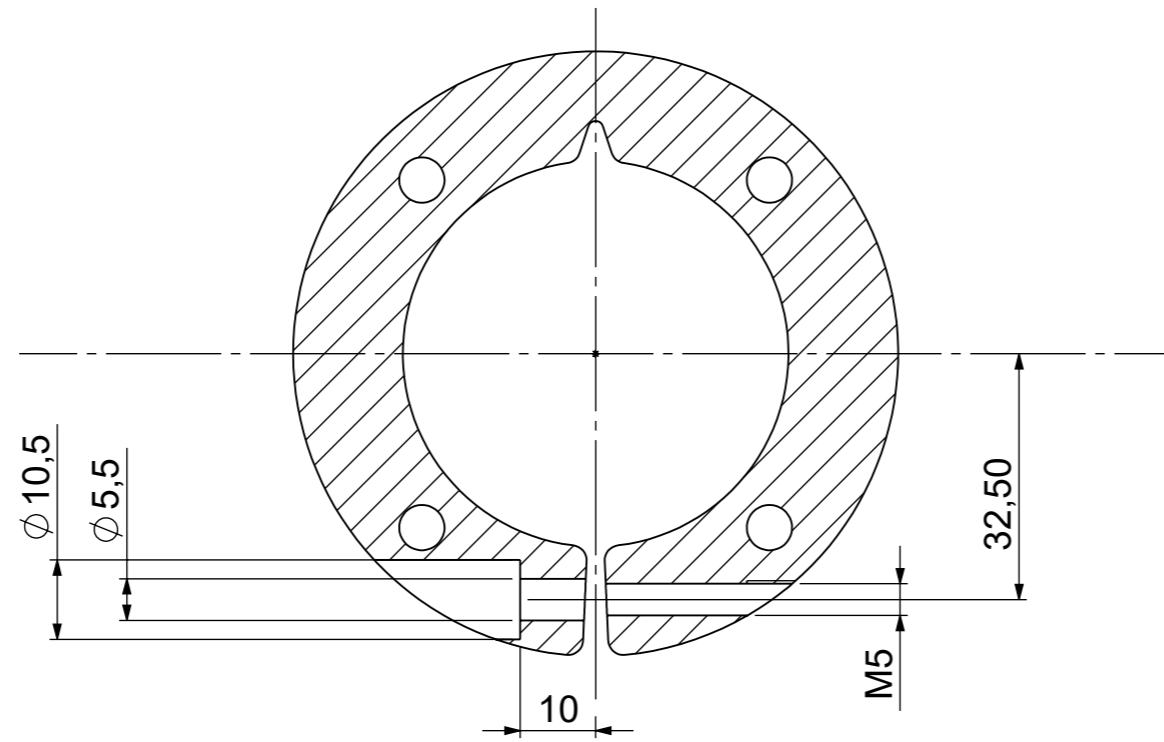
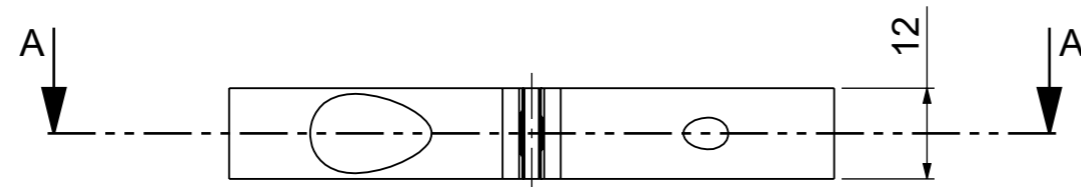
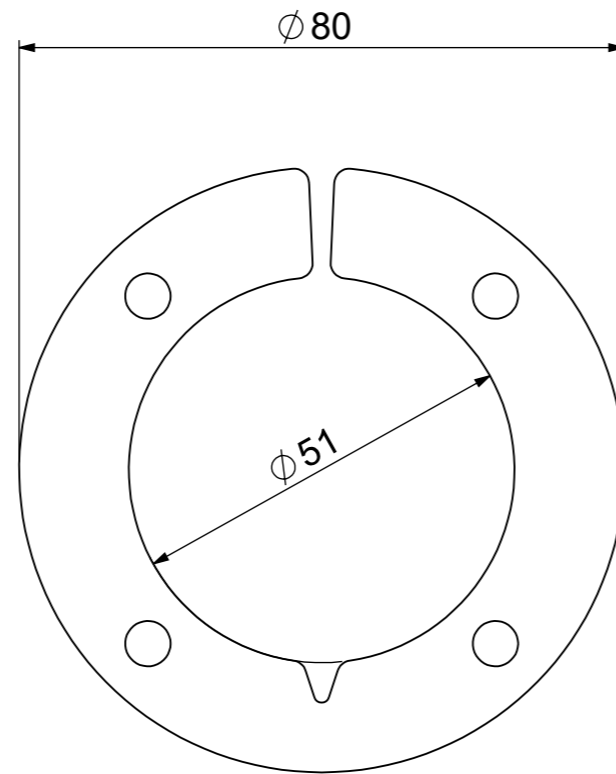
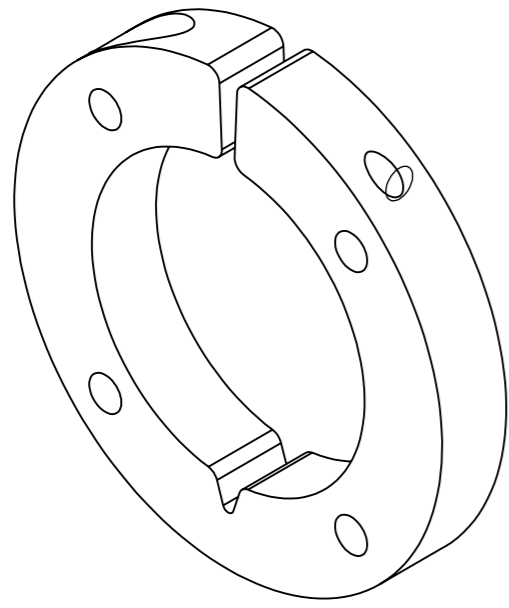
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.



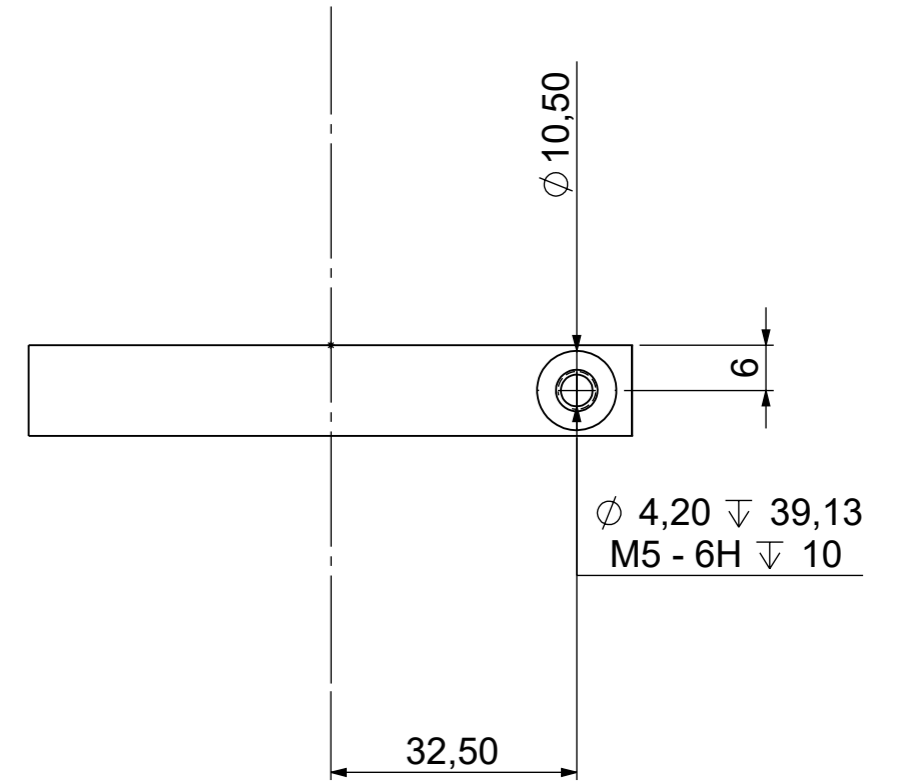
VIEW A


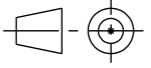


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	joselopez	12/10/2022		Material	S 235
Alterou	alexandrebarboza	18/10/2022		Engenheiro de Engenharia	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.05.0012				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento: Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Área (m²)	55587.75
1:2		0		Massa (kg)	800.59
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					

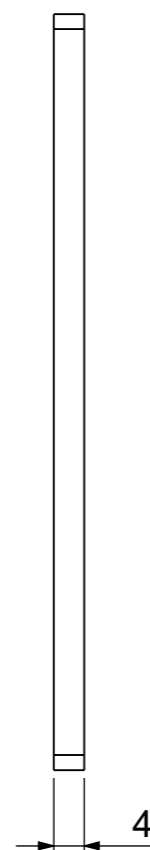
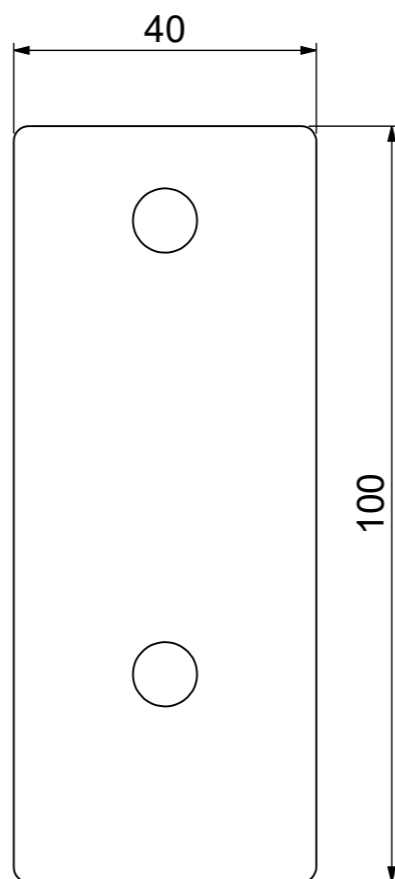
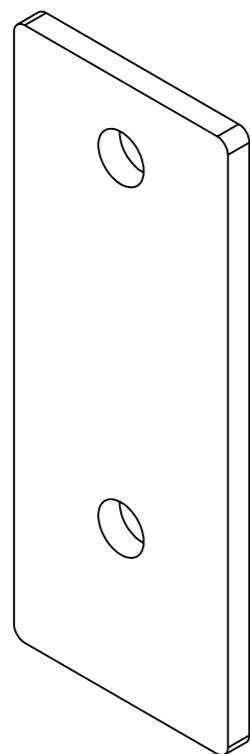


SECTION A-A

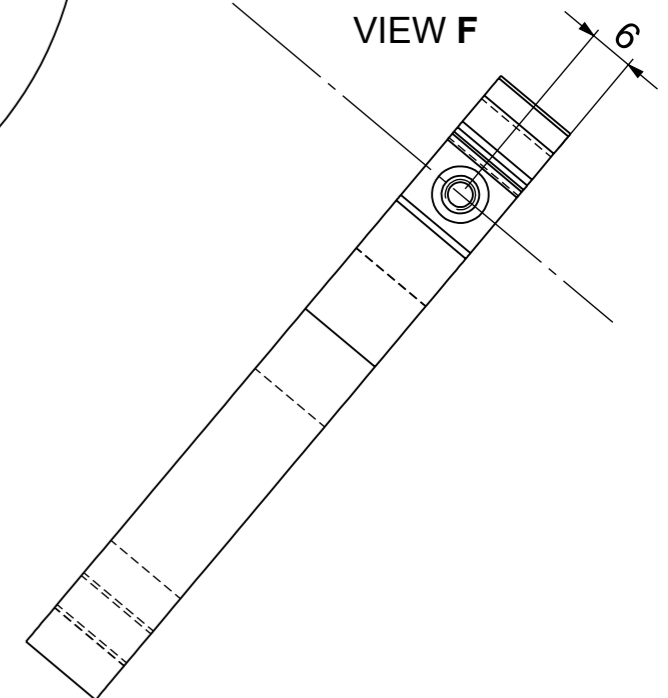
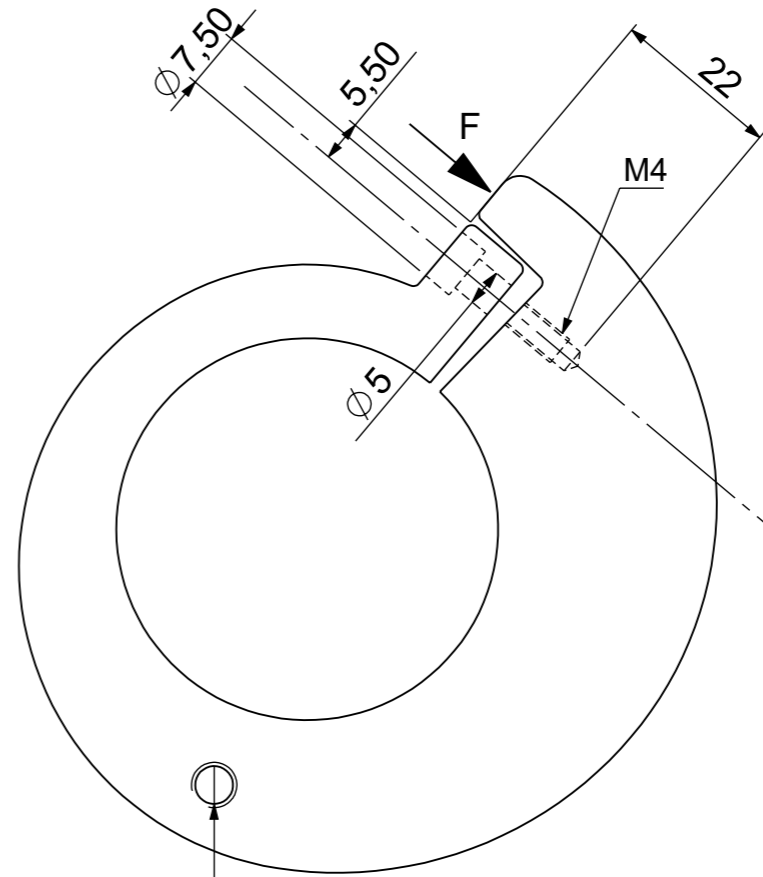
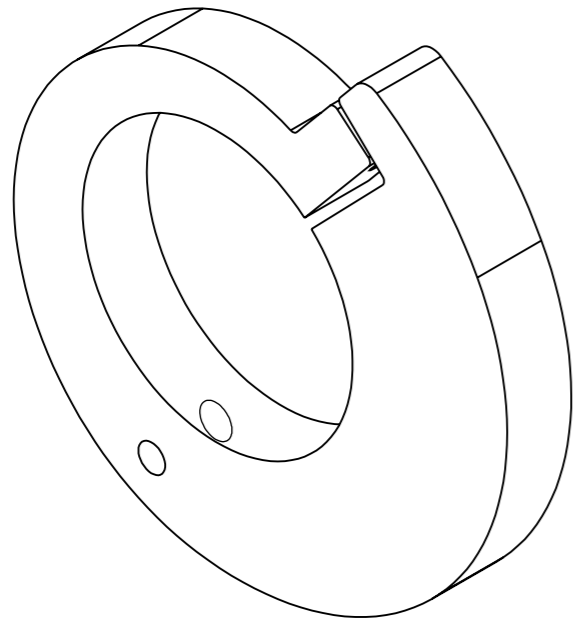


	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou	alexandrebarbo	14/10/2022	 <small>engenharia de projecto</small>	Material	S 235
Alterou	alexandrebarbo	18/10/2022		Espessura	12
Execução	1.Laser		 <small>TOLERANCIAMENTO</small>	Secção	
Destino	5.Tratamento			ISO 2768 mK	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.05.0013				
ESCALA:	1:1	REV.:	0	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m ²) 12468.43
				Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg) 247.03

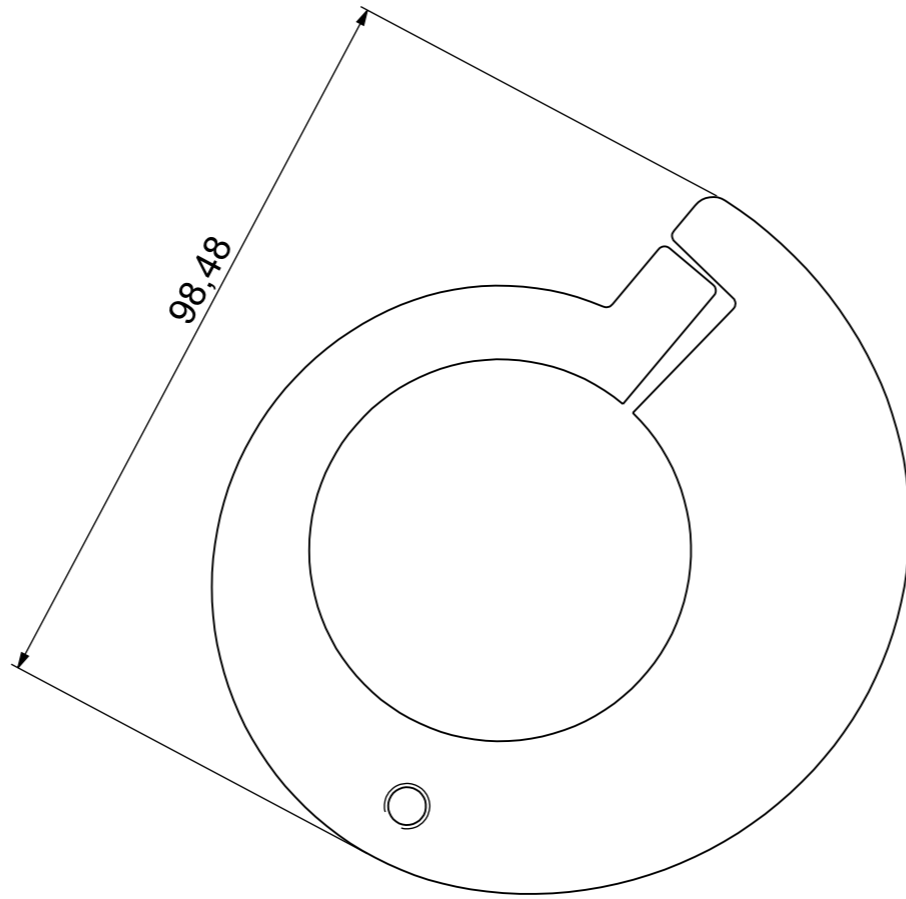
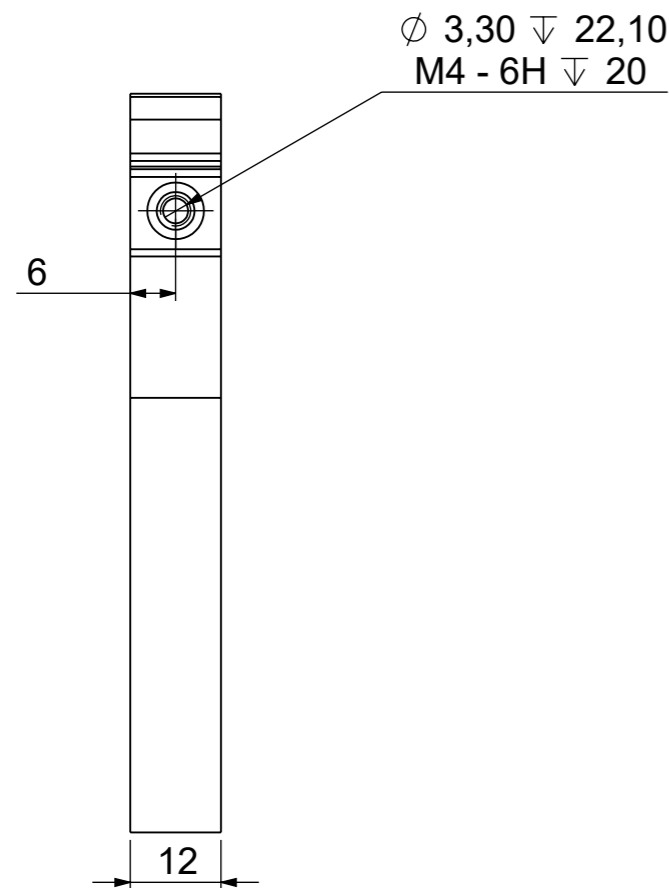
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.


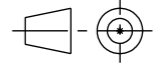


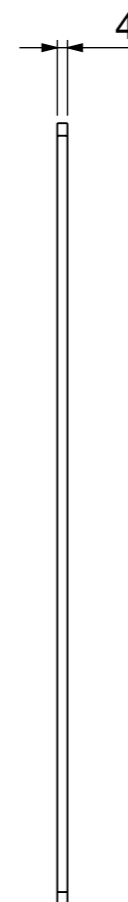
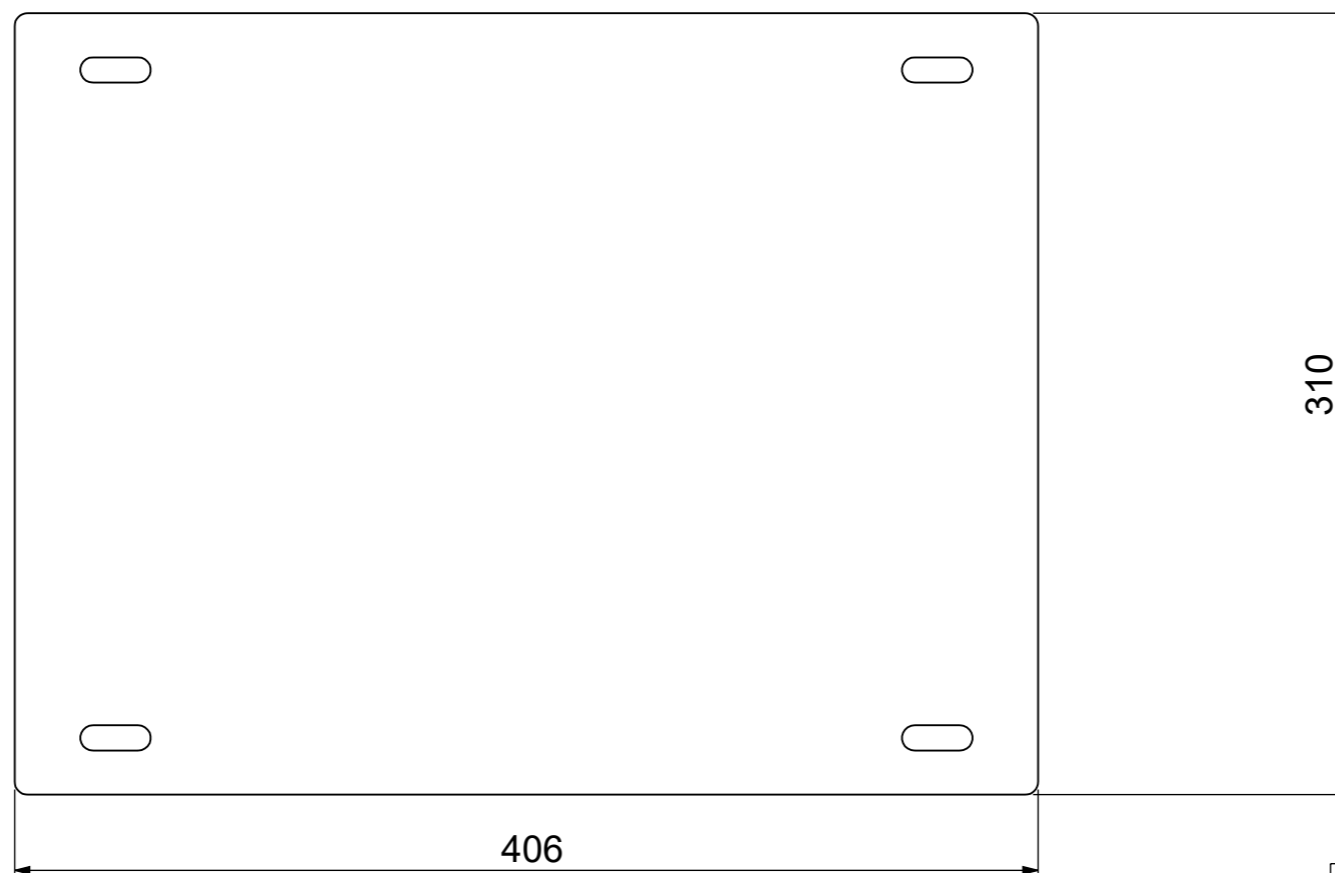
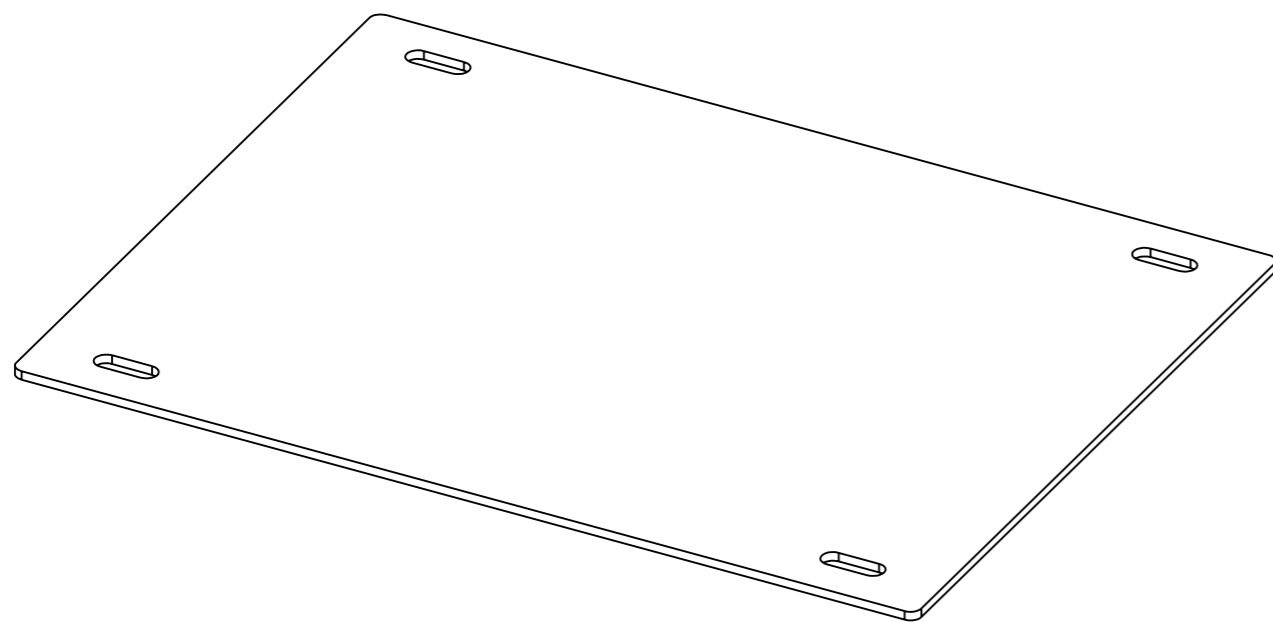
	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou	alexandrebarbo	14/10/2022		Material	S 235
Alterou	alexandrebarbo	18/10/2022		Engenharia de Projectos	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.05.0014				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m ²)	9086.05
1:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	119.60
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



Ø 5 THRU ALL
M6 - 6H THRU ALL



	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	2
Desenhou		14/03/2019		Material	S 235
Alterou	alexandrebarbo	18/10/2022		Engenheiros de Engenharia	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	6.Montagem			Tratamento	2xSEM TRATAMENTO
Descrição					Ref. Base
Desenho	22AB002.05.0015				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)	0.01
1:1		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	0.38
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					



	Nome	Data	Projecto: 22AB002	Quantidade	1
Desenhou	joselopes	17/10/2022		Material	S 235
Alterou	alexandrebarbo	18/10/2022		Engenharia de Projectos	Espessura
Execução	1.Laser			Secção	
Destino	5.Tratamento			TOLERANCIAMENTO	Tratamento
Descrição				Ref. Base	
Desenho	22AB002.05.0016				
ESCALA:	A3	REV.:	Deposição mínima de material no acabamento:	Área (m²)	256381.08
1:3		0	Peças Zincadas: 6µm Peças Lacadas: 80µm	Massa (kg)	3843.97
Este desenho é propriedade da Antipoda. É proibido reproduzir, copiar ou usar o seu conteúdo, em todo ou em parte, sem a autorização escrita da Antipoda.					