



Melhoria de produtividade de sistemas transfer para processo de estampagem

FILIPE SOUSA COUTO

outubro de 2024

Melhoria de produtividade de sistemas *transfer* para processo de estampagem

Filipe Sousa Couto

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia mecânica, Área de Especialização em
Construções mecânicas**

Orientador: Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Júri:

Presidente:

Púria Esfandiari

Vogais:

Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Pedro Miguel Ribeiro Resende

Porto, Setembro de 2024

Agradecimentos

Com a conclusão da presente dissertação, posso refletir sobre o percurso da sua elaboração e todo o esforço necessário para o mesmo. Assim, gostava de deixar os meus agradecimentos a quem me ajudou a concluir esta etapa e tornar a dissertação possível no formato em que aqui se apresenta.

Primeiramente, gostava de deixar os meus agradecimentos ao meu orientador Doutor Raul Campilho, por se ter mostrado disponível diariamente para acompanhar e rever o trabalho que ia sendo realizado. Queria ainda agradecer-lhe por todo o conhecimento que me passou ao longo do tempo em que me ensinou e orientou, conhecimento este que foi fundamental para a realização desta dissertação.

Gostava de agradecer também à Gestamp Aveiro, pela oportunidade de estágio e ainda pela confiança que me foi dada e que permitiu o acesso a muita da informação necessária para o desenvolvimento do trabalho. Gostaria de agradecer ainda ao meu coordenador João Oliveira e a toda a equipa do departamento de manutenção de ferramentas e do departamento de produção, por me terem acolhido, confiado no meu trabalho e por todo o conhecimento que adquiri durante os vários meses de trabalho conjunto.

Por fim, quero deixar um agradecimento aos meus amigos, namorada e família, em especial à minha irmã e aos meus pais, por todo o apoio e motivação que me deram ao longo dos vários meses e que foram cruciais para a conclusão da dissertação.

Resumo

Devido à rápida globalização dos automóveis, a indústria automóvel desenvolveu uma elevada competitividade entre as empresas que operam neste meio e que, por consequência, procuram uma constante melhoria dos seus processos que permite aumentar a produtividade destes e a qualidade das peças produzidas. A melhoria contínua dos produtos desenvolvidos e dos processos de fabrico praticados resulta na elevada relevância da indústria automóvel a nível mundial, não só pela sua abrangência global, como pelo desenvolvimento tecnológico que impulsiona. Entre estas empresas encontra-se a Gestamp Aveiro que, numa perspetiva de melhoria contínua do seu processo de estampagem, identificou a queda de produtividade provocada pelos sistemas *transfer*, principalmente devido a ajustes e avarias, e assim a oportunidade de melhoria que esta representava. Neste sentido desenvolveu-se o trabalho de melhoria de produtividade dos sistemas *transfer* dentro da Gestamp Aveiro, como empresa de acolhimento para esta dissertação. O trabalho desenvolvido seguiu a metodologia *Design Science Research* e começou pela análise do sistema *transfer* e do processo de estampagem *transfer*, seguida da identificação das ocorrências causadoras da produtividade insatisfatória e da definição de hipóteses de melhoria para estas. Das hipóteses de melhoria foram selecionadas e desenvolvidas o projeto de uma estrutura para medição da posição de sistemas *transfer* fora da prensa, o projeto da redução do tamanho das sobrebarras e o projeto de uma nova solução construtiva de sistemas *transfer*, que envolveu o design e estudo de novos componentes fabricados por impressão 3D. As soluções desenvolvidas permitiram mitigar as ocorrências que implicam a baixa produtividade, reduzindo o número de avarias e a necessidade de ajustes do sistema *transfer* durante as produções. A aplicação destas soluções não implica uma paragem da produção nem do funcionamento normal do processo de estampagem e consegue uma melhoria de produtividade dos sistemas *transfer*. Desta forma, além de atingir o objetivo da empresa de acolhimento, é possível obter um retorno do investimento realizado por esta num prazo satisfatório.

Palavras-chave: Metodologia *Design Science Research*, Projeto Mecânico, Indústria Automóvel, Produtividade, Processo de Estampagem, Sistemas *Transfer*.

Abstract

Due to the rapid globalization of automobiles, the automotive industry has developed a high level of competitiveness among the companies that operate in this sector and, as a result, are constantly seeking to improve their processes to increase their productivity and the quality of the produced parts. The continuous improvement of the developed products and the practiced manufacturing processes results in the automotive industry's high relevance worldwide, not only because of its global reach, but also because of the technological development it drives. Among these companies is Gestamp Aveiro, which, with a view to continuous improvement in its stamping process, identified the drop in productivity caused by transfer systems, mainly due to adjustments and breakdowns, and thus the opportunity for improvement that this productivity drop represented. To this end, the present work was carried out to improve the productivity of transfer systems within Gestamp Aveiro, as the host company for this dissertation. The work carried out followed the Design Science Research methodology and began by analysing the transfer system and the transfer stamping process, followed by identifying the events that caused unsatisfactory productivity and defining hypotheses for improvement. Between the hypotheses for improvement, the following were selected and developed: the design of a structure to measure the position of transfer systems outside the press, the design of a reduction in the size of overbars, and the design of a new construction solution for transfer systems, this last involving the design and study of new components manufactured using 3D printing. The developed solutions made it possible to mitigate the occurrences that lead to low productivity, reducing the number of breakdowns and the need to adjust the transfer system during production. The application of these solutions does not involve stopping the production nor the normal operation of the stamping process and promotes an improvement in the productivity of the transfer systems. In this way, the host company's objective is met, and it is also possible to obtain a return on its investment within a satisfactory timeframe.

KEYWORDS: Design Science Research Methodology, Mechanical Design, Automotive Industry, Productivity, Stamping Process, Transfer Systems.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Metodologia	2
1.4. Organização da dissertação	3
1.5. Empresa de acolhimento	3
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1. Indústria automóvel	5
2.1.1. A indústria automóvel no mundo e no país.....	5
2.1.2. Desenvolvimento tecnológico na indústria automóvel	7
2.1.3. Nível de qualidade na produção de peças automóveis	12
2.1.4. Desafios atuais na indústria automóvel.....	13
2.2. Processo de estampagem	15
2.2.1. Estampagem progressiva	21
2.2.2. Estampagem <i>transfer</i>	22
2.2.3. Estampagem a quente	24
2.2.4. Prensas.....	24
2.2.5. Estado da arte do processo de estampagem.....	27
2.3. Sistemas <i>Transfer</i>	29
2.3.1. Tipos de sistemas	29
2.3.2. Sistema <i>transfer</i> como cadeia cinemática	31
2.3.3. Componentes de contacto.....	32
2.3.4. Projeto de sistemas <i>transfer</i>	34
2.3.5. Estado da arte de sistemas <i>transfer</i>	35
3. Desenvolvimento	37
3.1. Empresa de acolhimento	37
3.1.1. Departamento de trabalho	40
3.2. Proposta de trabalho.....	41
3.2.1. Caracterização do processo e sistemas <i>transfer</i> existentes	42
3.2.2. Tempos de paragem atuais.....	45
3.3. Identificação de problemas e possíveis soluções.....	47
3.3.1. Observação do processo	47
3.3.2. Visita à Gestamp Vigo	48
3.3.3. Reuniões <i>Kaizen</i>	50
3.3.4. Ordens de manutenção	53
3.3.5. Sumário das ocorrências e soluções	54

3.4. <i>Want to be condition</i> – Sistema <i>transfer</i>	59
3.4.1. Decisões	60
3.5. Anteprojeto das soluções.....	63
3.5.1. Redução do tamanho das sobrecargas	63
3.5.2. Nova solução construtiva de sistemas <i>transfer</i>	67
3.5.3. Estrutura de verificação da posição.....	72
3.6. Projeto das soluções	75
3.6.1. Desenvolvimento de nova solução construtiva com redução do tamanho das sobrecargas	76
3.6.2. Projeto da estrutura de verificação da posição	99
3.7. Teste das soluções.....	103
3.7.1. Teste dos componentes de impressão 3D da nova solução construtiva.....	104
3.8. Resultados	105
3.8.1. Análise de resultados.....	106
3.8.2. Análise de retorno do investimento	107
4. Conclusão	109
4.1. Conclusões finais.....	109
4.2. Limitações e trabalhos futuros.....	110
Apêndice A	123
Apêndice B	129
Apêndice C	137
Apêndice D	139
Apêndice E.....	151
Apêndice F.....	199
Anexo A	203
Anexo B	207
Anexo C	221

Lista de Figuras

Figura 1 - Automação da soldadura numa linha de produção [11]	6
Figura 2 - Rover lunar [24].	9
Figura 3 -Número de vendas de veículos elétricos [25].	9
Figura 4 - Etapas da operação de corte (adaptado de [49]).	17
Figura 5 – Fases do corte (adaptado de [50]).	17
Figura 6 - Constituintes de ferramenta de estampagem para operação de dobragem [52].	18
Figura 7 - Esquema de dobra aérea (adaptado de [49]).	20
Figura 8 - a) dobra em U sem a utilização de placa de suporte; b) dobra em U com a utilização de placa de suporte [49].	20
Figura 9 - Esquema de dobra rotativa (adaptado de [49]).	20
Figura 10 - Embutidura de um cilindro: velocidade do punção V_p ; diâmetro do punção D_p ; diâmetro da chapa D_b ; diâmetro da matriz D_d ; raio da matriz R_d ; força aplicada pelo suporte de chapa F_{bh} (adaptado de [54]).	21
Figura 11 - Deformação em orelhas [55].	21
Figura 12 - Parte inferior de ferramenta progressiva [57].	22
Figura 13 - Parte inferior da ferramenta e parte do sistema transfer para estampagem [61]. ..	24
Figura 14 – Esquema de prensa com corpo em C [63].	26
Figura 15 - Esquema de prensa com corpo em O [63].	26
Figura 16 - Sistema transfer de 3 eixos em modelação 3D, representação das barras e braços do sistema para cada etapa do processo (adaptado de [77]).	31
Figura 17 - Esquema do funcionamento de sistema transfer CCFT (adaptado de [73]).	31
Figura 18 - Garra para sistema transfer com junta esférica e sensor ótico [89].	33
Figura 19 - Linha de deteção de um sensor ótico acoplado a garra [90].	33
Figura 20 - Copos de sucção para estampagem a quente [87].	34
Figura 21 - Colheres e pinos de posicionamento (adaptado de [91]).	34
Figura 22 - Sistema <i>transfer</i> de 3 eixos com fixação superior [93].	35
Figura 23 - Sistema <i>transfer</i> de 3 eixos com fixação lateral [93].	35
Figura 24 - Sistema <i>transfer</i> CCFT em perfil tubular (adaptado de [94]).	35
Figura 25 - Sistema <i>transfer</i> CCFT com componente em material compósito (adaptado de [92]).	35
Figura 26 - Localizações das fábricas e centros de investigação da Gestamp (adaptado de [102]).	38
Figura 27 - Número de colaboradores da GAV (adaptado de [107]).	39
Figura 28 - Layout fabril da GAV.	40
Figura 29 - Gavetas para armazenamento de sistema <i>transfer</i>	43
Figura 30 - Armazenamento das gavetas: A- gavetas em estrutura; B- gavetas empilhadas na vertical.	43
Figura 31 – Sistema <i>transfer</i> montado no exterior da prensa em barra <i>transfer</i> . A – Sistema <i>transfer</i> com sobrebarra em perfil de alumínio para aperto rápido montada na barra <i>transfer</i> da prensa; B – Vista traseira da barra <i>transfer</i> com realce no aperto rápido	44

Figura 32 - Sistema <i>transfer</i> montado no exterior da prensa em barra <i>transfer</i> , com realce nos apertos roscados utilizados.	45
Figura 33 - Componentes de contacto usuais e sobrebarra: A- garra pneumática com ajuste de fecho por parafuso; B- colher soldada; C – Sobrebarra do sistema transfer em formato de placa.....	45
Figura 34 - Percentagens do tempo útil da prensa 710 t em ajuste e avaria dos sistemas <i>transfer</i> . A- Percentagem do tempo em ajustes; B – Percentagem do tempo em avarias;	46
Figura 35 - Percentagens do tempo útil da prensa de 800 t (1) em ajuste e avaria dos sistemas <i>transfer</i> . A- Percentagem do tempo em ajustes; B – Percentagem do tempo em avarias. .	46
Figura 36 - Percentagens do tempo útil da prensa de 800t (2) em ajuste e avaria dos sistemas <i>transfer</i> . A – Percentagem do tempo em ajustes; B- Percentagem do tempo em avarias. .	46
Figura 37 - Percentagens do tempo útil da prensa de 1250t em ajuste e avaria dos sistemas <i>transfer</i> . A – Percentagem do tempo em ajustes; B – Percentagem do tempo em avarias.	46
Figura 38 - Quadro de presenças e ações.	51
Figura 39 - Quadro PDCA.	51
Figura 40 - Quadro de ordens de manutenção.	53
Figura 41 - Cabo de ligação do sistema <i>transfer</i> a entrar em contacto com ligação hidráulica do aperto superior da ferramenta de estampagem à prensa.	55
Figura 42 - Caixa de distribuição de sinais e alimentação elétrica do sistema <i>transfer</i> com conexão partida.	55
Figura 43 - Abas da junta deformadas no máximo e perfil tubular esmagado.....	56
Figura 44 - Braço de sistema <i>transfer</i> . A - Componente de rotação; 1,2 e 3 - Juntas que permitem rotação.	56
Figura 45 - Sobrebarra <i>transfer</i> levantada devido a aperto insuficiente à barra transfer da prensa.	56
Figura 46 - Quadro ordens de manutenção para sistemas transfer.	63
Figura 47 - Disposição dos apertos para sobrebarras na barra transfer da prensa de 1250 t. A – Apertos rápidos desmontados numa das extremidades da barra; B – Apertos rápidos desmontados na outra extremidade da barra.....	64
Figura 48 – Casquilho de alojamento para o aperto rápido na barra transfer.	65
Figura 49 - Vista traseira do aperto rápido: A – Excêntrico; B – Manipulo.....	65
Figura 50 - Vista frontal do aperto rápido: A – Centrador.	65
Figura 51 - Barra <i>transfer</i> atualizada. A, B, C, D, E, F, G: Apertos rápidos.	65
Figura 52 - Novas dimensões de sobrebarras <i>transfer</i>	66
Figura 53 – Vista frontal e lateral da base e componentes adjacentes: A – Base; B – Perno com ponta esférica; C – porca especifica ao perfil de alumínio.	68
Figura 54 - Vista frontal e traseira da flange.....	68
Figura 55 - Exemplo do conjunto montado da sobrebarra, base e flange com perfil tubular soldado.....	68
Figura 56 - Vista isométrica da junta de desnível alto. A - Parte interior; B - Parte exterior.....	68
Figura 57 - Junta de desnível alto com perfis tubulares quadrados em planos diferentes no espaço.	68
Figura 58 - Vista isométrica da junta de desnível baixo.....	69

Figura 59 - Vista frontal da junta de desnível baixo, perfis tubulares quadrados num mesmo plano no espaço.	69
Figura 60 - Garra da marca Destaco [110].	69
Figura 61 - Suporte da garra.	69
Figura 62 - Sistema <i>transfer</i> da ferramenta 694, com representação das etapas de conformação da peça e sentido de deslocação desta.	70
Figura 63 - Vista isométrica do sistema <i>transfer</i> da ferramenta 694.	70
Figura 64 - Vista isométrica do sistema <i>transfer</i> da ferramenta 694 com nova solução construtiva.	70
Figura 65 - Junta de desnível alto adaptada para ângulo de 80° entre perfis. A - Vista isométrica; B – Vista lateral.	71
Figura 66 - Guia com faixa magnética e patim com encoder embutido [111].	73
Figura 67 - Ecrã de controlo e visualização dos valores da medição [111].	73
Figura 68 - Vista frontal da versão 1 da estrutura de verificação de posição.	73
Figura 69 - Vista superior da versão 1 da estrutura de verificação de posição.	73
Figura 70 - Componentes da estrutura de verificação de posição: A - Barra vertical; B - Ponteira; C - Caixa para ecrãs; D - Limitadores; E - Zero máquina.	74
Figura 71 - Barras da versão da estrutura de verificação de posição para posicionamento das sobrebarras <i>transfer</i>	74
Figura 72 - Fixação para sobrebarras de apertos roscados da versão 1 da estrutura de verificação de posição.	75
Figura 73 - Fixação para sobrebarras de apertos rápidos da versão 1 da estrutura de verificação de posição.	75
Figura 74 – Fotorealismo de sistema <i>transfer</i> com nova solução construtiva e redução do tamanho das sobrebarras.	75
Figura 75 – Fotorealismo da estrutura de verificação da posição para sistemas <i>transfer</i>	76
Figura 76 - Junta de desnível alto: A - Versão de anteprojecto; B - Versão após alterações.	79
Figura 77 - Junta de desnível baixo: A - Versão de anteprojecto; B - Versão após alterações.	79
Figura 78 - Suporte da garra: A - Versão de anteprojecto; B - Versão após alterações.	79
Figura 79 - Vista superior dos passos de conformação das peças produzida na ferramenta 519.	80
Figura 80 - Vista isométrica dos passos de conformação das peças produzida na ferramenta 519.	80
Figura 81 - Sistema <i>transfer</i> da ferramenta 519.	81
Figura 82 - Vista superior da versão 1 do novo sistema <i>transfer</i> da ferramenta 519.	82
Figura 83 - Vista isométrica da versão 1 do novo sistema <i>transfer</i> da ferramenta 519.	82
Figura 84 - Sistema <i>transfer</i> e ferramenta 519.	83
Figura 85 - Vista isométrica do suporte base 1. A - Suporte base 1; B – Componente base.	86
Figura 86 - Vista frontal do suporte base 1.	86
Figura 87 - Vista isométrica do suporte base 2. A – Suporte base 2; B – Componente base.	86
Figura 88 - Vista frontal do suporte base 2.	86
Figura 89 - Vista isométrica da junta 12°. A – Parte interior; B – Parte exterior.	86
Figura 90 - Vista lateral da junta 12°.	86

Figura 91 - Vista isométrica da junta 90°. A – Parte interior; B – Parte exterior pequena; C – Parte exterior grande.	86
Figura 92 - Vista lateral da junta 90°.	86
Figura 93 - Vista isométrica da junta vertical. A – Parte direita; B - Parte esquerda.	87
Figura 94 - Vista lateral da junta vertical.	87
Figura 95 - Pontos para estudo de convergência da malha no suporte base 1.	89
Figura 96 - Pontos para estudo de convergência da malha no suporte base 2.	89
Figura 97 - Pontos para estudo de convergência da malha na junta de 12°s.	90
Figura 98 - Pontos para estudo de convergência da malha na junta de 90°.	90
Figura 99 - Pontos para estudo de convergência da malha na junta vertical.	90
Figura 100 - Pontos para estudo de convergência da malha no suporte da garra.	90
Figura 101 – Resultado da análise MEF no suporte base 1 em tensão Von Mises com a respectiva escala de cores utilizada: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C - Momento de elevação.	92
Figura 102 - Valores de tensão máximos e mínimos da tensão Von Mises em Pascal do suporte base 1: A - Momento de recuo; B – Momento de translação; C - Momento de elevação. ..	92
Figura 103 - Resultados análise MEF no suporte base 2 em tensão Von Mises: A – Momento de recuo; B – Momento de translação; C – Momento de elevação.	92
Figura 104 - Valores de tensão máximos e mínimos da tensão Von Mises em Pascal do suporte base 2: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C – Momento de elevação. ..	93
Figura 105 - Resultados análise MEF na junta de 12° em tensão Von Mises: A – Momento de recuo; B – Momento de translação; C – Momento de elevação.	93
Figura 106 - Valores de tensão máximos e mínimos a tensão Von Mises em Pascal da junta de 12°: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C – Momento de elevação.	93
Figura 107 - Resultados análise MEF na junta de 90° em tensão Von Mises: A – Momento de recuo; B – Momento de translação; C – Momento de elevação.	94
Figura 108 - Valores de tensão máximos e mínimos da tensão Von Mises em Pascal da junta de 90°: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C – Momento de elevação.	94
Figura 109 - Resultados análise MEF na junta vertical em tensão Von Mises: A – Momento de recuo; B – Momento de translação; C – Momento de elevação.	94
Figura 110 - Valores de tensão máximos e mínimos da tensão Von Mises em Pascal da junta vertical: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C – Momento de elevação. ..	95
Figura 111 - Resultados análise MEF no suporte da garra em tensão Von Mises: A – Momento de recuo; B – Momento de translação; C – Momento de elevação.	95
Figura 112 - Valores de tensão máximos e mínimos da tensão Von Mises em Pascal do suporte da garra: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C – Momento de elevação. 95	
Figura 113 - Vista superior da versão final do sistema <i>transfer</i> para a ferramenta 519 utilizando a nova solução construtiva.	97
Figura 114 – Vista isométrica da versão final do sistema <i>transfer</i> para ferramenta 519 utilizando a nova solução construtiva.	97
Figura 115 - Versão final do sistema <i>transfer</i> e ferramenta de estampagem 519.	97

Figura 116 - Versão 4 da estrutura de verificação de sistemas transfer: A - Guia em X deslocada; B - Guia em X que não sofreu deslocação; C - Patela; D - Base guia Z; E - Suporte guia Z; F – Calhas articuladas.	101
Figura 117 - Sistema de fixação para sobrebarras de aperto rápido.	102
Figura 118 - Sistema de fixação para sobrebarras de aperto roscado.....	102
Figura 119 - Vista isométrica da versão 4 da estrutura de verificação de posição para sistemas <i>transfer</i>	103
Figura 120 - Versão 4 da estrutura de verificação de posição de sistemas <i>transfer</i> : A - Vista frontal; B - Vista superior.	103
Figura 121 - Vista lateral (A) e vista superior (B) do suporte da garra montado na garra e num perfil tubular quadrado.....	105
Figura 122 - Vista isométrica do conjunto montado do suporte da garra.....	105
Figura 123 - Conjunto do suporte da garra fixo num torno de mesa.	105
Figura 124 - Linha de montagem do model T da marca Ford [130].....	123
Figura 125 – Casa do TPS: a) desafios constantes; b) ferramentas TPS (Adaptado de [132]).	126
Figura 126 - 5 princípios do Lean (adaptado de [139]).	126
Figura 127 - IoT aplicado a veículos [144].....	127
Figura 128 - Taxonomia dos processos de fabrico (adaptado de [145]).	129
Figura 129 - Esquema de fundição em molde permanente por pressão a gás (adaptado de [149]).	131
Figura 130 - Passos de forjamento de uma biela [146].	131
Figura 131 - Esquema de extrusão direta (adaptado de [150]).	132
Figura 132 - Esquema de laminação plana (adaptado de [153]).	132
Figura 133 - Esquema de processos de fundição (adaptado de [155]).	133
Figura 134 - Divisão de uma peça automóvel em diferentes materiais[159].	135

Lista de Tabelas

Tabela 1 - número de veículos produzidos e taxas de crescimento [6].....	7
Tabela 2 – Desafios na implementação de veículos alternativos ao veículo a combustão.	10
Tabela 3 - Desafios na implementação de VA (adaptado de [36]).	11
Tabela 4 - Efeito da folga radial nas fases do corte (adaptado de [50]).	18
Tabela 5 - Estado de arte do processo de estampagem	28
Tabela 6 - Estado de arte de sistemas <i>transfer</i>	36
Tabela 7 - Média do consumo do tempo útil das prensas por ajuste e avaria dos sistemas transfer.....	47
Tabela 8 - Hipóteses de soluções e respectivas ocorrências alvo.	57
Tabela 9 - Prioridade da abordagem às ocorrências.....	60
Tabela 10 - Motivo de exclusão das hipóteses de soluções.	62
Tabela 11 - Materiais para impressão 3D e suas propriedades.	77
Tabela 12 - Tabela de ponderação de polímeros para impressão 3D.....	78
Tabela 13 - Comparação por etapa do sistema <i>transfer</i> da ferramenta 519 entre a solução atual e a versão 1 da nova solução construtiva.	83
Tabela 14 - Número de elementos escolhidos por componente analisado.	90
Tabela 15 - Propriedades das juntas de impressão 3D.	96
Tabela 16 - Comparação por etapa do sistema <i>transfer</i> da ferramenta 519 com a solução atual e com a versão final da nova solução construtiva.	98

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

ABS	Acrilonitrila butadieno estireno
ASA	Acrilonitrila estireno acrilato;
ADAS	<i>Advanced driver assistance systems</i>
AHSS	<i>Advanced high strength steel</i>
CAE	<i>Computer assisted engineering</i>
CCFT	<i>Cross-Bar Cup Feed Transfer</i>
DMF	Departamento de manutenção de ferramentas
DSR	<i>Design science research</i>
DP	<i>Dual-phase</i>
FC	<i>Fuel-cells</i>
GAV	Gestamp Aveiro
HMI	<i>Humam-machine-interfaces</i>
IATF	<i>Internacional Automotive Task Force</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IoT	<i>Internet of things</i>
JIT	<i>Just-in-time</i>
LiDAR	<i>Light detetion and ranging</i>
MEF	Método de elementos finitos
NASA	<i>National aeronautics and space administration</i>
OEM	<i>Original equipment manufacturers</i>
PDCA	<i>Plan-do-check-act</i>
PC	Policarbonato
HIPS	Poliestireno de alto impacto
PETG	Polietileno tereftalato glicol
PLA	Polilactida;
PP	Polipropileno
RADAR	<i>Radio detetion and ranging</i>

SIFDE	Sistema de incentivos fiscais de investigação e desenvolvimento empresarial
TRB	<i>Tailored rolled blank</i>
TWB	<i>Tailored welded blank</i>
TPU	Termoplástico poliuretano
TPM	<i>Total productive maintenance</i>
TPS	<i>Toyota production systems</i>
VAR	<i>Value added-reseller</i>
V2X	<i>Vehicle to everything</i>
VE	Veículo elétrico
VA	Veículos autónomos
FCV	Veículos <i>fuel-cell</i>
VH	Veículos híbridos
Wtbc-ST	<i>Want to be condition</i> – Sistema transfer

Lista de Símbolos

μ_e	Coeficiente de atrito estático	-
K	Coeficiente de torque	-
d	Diâmetro	m
ω	Fator de ponderação	-
F	Força	N
F_i	Força normal	N
γ	Índice de desempenho	-
T	Momento torsor	Nm

1. Introdução

1.1. Contextualização

A indústria automóvel atingiu na atualidade uma elevada dimensão, ao que necessita de uma produção em grande escala que cumpra prazos curtos e mantendo um nível de qualidade alto. Em alguns casos deverá ser capaz de se adaptar a novos produtos em prazos quase anuais. Estes fatores são derivados do crescente desenvolvimento desta indústria nas últimas décadas, impulsionado por uma maior procura e uma maior competitividade neste setor. A indústria automóvel tornou-se desta um dos maiores contribuintes para a economia portuguesa e mundial.

A evolução da indústria automóvel e dos seus produtos levaram à otimização dos processos de fabrico associados e à procura e melhoria de sistemas automatizados presentes em todas as fases de produção e de construção do veículo. Assim verifica-se uma diminuição na ocorrência de erros, permite-se melhorar os tempos de produção e o rendimento das linhas de produção.

Diversos processos de estampagem estão presentes na indústria automóvel, sendo um dos processos de fabrico principais na construção estrutural dos veículos. Devido à diversidade das aplicações deste processo, este é aplicado de diferentes formas e com auxílio a tecnologias muito distintas. Os sistemas *transfer* são umas das tecnologias aplicadas em processos de estampagem. Estes sistemas que tornam possível a estampagem de peças de geometria complexa em várias etapas distintas, permitem uma maior automação dos processos de estampagem e, portanto, são também alvo da melhoria contínua existente nesta indústria. Nesta dissertação pretende-se abordar os sistemas *transfer* e o sua fiabilidade, desenvolvendo melhorias com o objetivo de impactar positivamente o rendimento do processo de estampagem.

1.2. Objetivos

No âmbito da procura por uma melhoria contínua do processo de estampagem e dos sistemas *transfer* associados, surge a proposta de trabalho em que se baseia esta dissertação, contendo como objetivo principal melhorar a produtividade dos sistemas *transfer*. Para tal foi necessário realizar as etapas como se seguem:

- Familiarização com o processo de fabrico e as tecnologias envolvidas;
- Avaliação dos erros no sistema de produção existentes;

Introdução

- Pesquisa das necessidades relacionadas ao posicionamento e afinações no processo de estampagem;
- Definição de soluções alternativas para o sistema proposto;
- Desenvolvimento da solução escolhida para o posicionamento e afinação do sistema;
- Implementação da solução em chão de fábrica;
- Validação da melhoria pretendida;
- Análise de custos e retorno do investimento.

De forma a ser possível uma conclusão com sucesso destes objetivos, começou-se pela realização de uma revisão bibliográfica sobre os temas base da dissertação, enquadrando a dissertação e aprofundando o conhecimento do autor sobre os temas abordados, e foi necessário ainda realizar o acompanhamento da produção, de diversas formas, em variadas ferramentas de estampagem e o seu sistema *transfer*, identificando as variáveis mais críticas ao seu posicionamento e a uma potencial indisponibilidade do sistema.

1.3. Metodologia

Tendo em consideração o objetivo e as etapas de desenvolvimento propostas, a metodologia adotada para esta dissertação foi a *Design Science Research* (DSR). Esta metodologia é aplicada usualmente quando se pretende desenvolver ou adaptar um sistema ou equipamento, tendo por base outro já existente, considerando-se assim como objetivo melhorar o desempenho em relação a este.

A metodologia DSR pode ser separada em 6 etapas [1, 2], sendo estas:

1. Identificação do problema: Análise do conceito de sistema ou equipamento atual, o qual se pretende melhorar, identificando limitações e oportunidades de melhoria;
2. Definição dos objetivos: Estabelecimento dos objetivos e requisitos para o novo conceito, considerando a análise efetuada na primeira etapa;
3. *Design* e desenvolvimento: Desenvolvimento de um novo conceito, tendo por base os objetivos definidos;
4. Demonstração da solução: Implementação do novo conceito;
5. Avaliação da solução: Análise do desempenho do novo conceito e verificação do cumprimento dos objetivos;
6. Conclusões: Comparação entre o conceito inicial e o conceito desenvolvido.

No decorrer da dissertação, será realçado o início de cada etapa da metodologia, contextualizando o trabalho desenvolvido dentro da metodologia utilizada.

1.4. Organização da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em 4 capítulos, que se encontram da seguinte forma:

No primeiro capítulo, a introdução, é feita uma contextualização da dissertação onde é mostrado o contexto onde se insere como também se expõe, de forma breve, os motivos que justificam o mesmo. Segue-se também nesse capítulo uma descrição dos objetivos, a metodologia que foi utilizada para a elaboração desta dissertação e a organização do conteúdo. Por fim é feito um breve enquadramento sobre a empresa de acolhimento.

No segundo capítulo é realizada a revisão bibliográfica. Esta começa por abordar a indústria automóvel, contextualizando-a no mundo e no país, destacando o desenvolvimento das melhorias de produtividade e o desenvolvimento tecnológico desenvolvido nesse âmbito, o nível de qualidade e exigência da indústria e os desafios atuais se enfrenta nesta indústria. Em seguida desenvolve-se a revisão bibliográfica nos processos de fabrico, nomeadamente nos processos de principal interesse na indústria automóvel, sendo elaborado de forma mais completa o processo de estampagem. Este capítulo finaliza-se abordando os sistemas *transfer* desde o seu funcionamento e objetivo, os diferentes tipos, o projeto de sistemas *transfer* e alguns problemas típicos, terminando com o estado da arte dos mesmos.

Já o terceiro capítulo apresenta as condições iniciais, a proposta de trabalho e todo o desenvolvimento realizado nesta dissertação. Desta forma, este capítulo começa por realizar uma apresentação detalhada da empresa de acolhimento, contextualizando esta na indústria em que opera e apresentando o departamento de trabalho em que o autor se incluiu da empresa. Em seguida, este capítulo apresenta a proposta de trabalho e o motivo que levou à sua criação, através da caracterização do processo de estampagem, sistemas *transfer* e os tempos de paragens atuais. Este capítulo segue com a identificação dos problemas e a definição de possíveis soluções, que em seguida são avaliadas e definidos quais a desenvolver. Segue-se o anteprojeto das soluções escolhidas e o projeto das mesmas, assim como a sua aplicação a casos existentes. Por fim, realiza-se o teste das soluções desenvolvidas.

O quarto capítulo é constituído pela conclusão, onde é realizada uma comparação entre o sistema *transfer* inicial e o funcionamento e produtividade destes na empresa de acolhimento e as soluções desenvolvidas e o seu efeito na produtividade dos sistemas *transfer*.

1.5. Empresa de acolhimento

A dissertação a se desenvolver será realizada na Gestamp Aveiro. A Gestamp Aveiro pertence ao grupo internacional Gestamp Automoción, especializado em *design*, desenvolvimento e fabrico de peças metálicas para indústria automóvel principalmente através dos processos de estampagem, soldadura, pintura e montagem.

Introdução

2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo que se inicia, desenvolve-se uma revisão bibliográfica que pretende contextualizar o trabalho desenvolvido nesta dissertação na indústria em que se insere e nas tecnologias que envolve. Desta forma, a revisão bibliográfica começa por abordar a indústria automóvel, seguindo-se os processos de fabrico, com ênfase no processo de estampagem, e terminando com os sistemas *transfer*.

2.1. Indústria automóvel

O carro como veículo motorizado apareceu no início do século XIX na Europa, com o objetivo de ser um meio de transporte prático e melhorado [3]. Atualmente um carro já não é só um meio de transporte, é um luxo, um desporto, uma necessidade, é uma cultura. Devido às várias utilizações dos veículos e mudanças de mentalidade evolvida com estes, o veículo motorizado propagou-se pelo mundo e fez crescer a indústria e a economia com ela. E quanto mais complexos e procurados os veículos se tornaram, mais complexa e robusta se tornou a indústria que o acompanha [4, 5].

2.1.1. A indústria automóvel no mundo e no país

A indústria automóvel, que envolve o conjunto do desenvolvimento, produção e montagem de veículos automóveis, é atualmente das mais notáveis a nível mundial, não só pela sua dimensão como pelo seu crescimento rápido e o desenvolvimento tecnológico por ela imposto.

Em 1999 foram produzidos mundialmente cerca de 58,374,162 veículos automóveis, tanto comerciais como de passageiros, enquanto em 2022 foram produzidos 85,016,728 veículos a nível mundial [6]. Esta diferença mostra que em pouco mais de vinte anos houve um crescimento aproximado de 31%. Um crescimento desta dimensão não é comum, tornando-se ainda mais peculiar quando analisado juntamente com o crescimento populacional neste mesmo intervalo de tempo. Entre 1999 e 2022 a população mundial cresceu aproximadamente 23%, deduzindo-se que mesmo após mais de cem anos após a sua invenção e começo da comercialização, a produção e o uso destes veículos continua a aumentar consideravelmente [6, 7].

De forma acompanhar este rápido crescimento da indústria, as diversas marcas e fabricantes, adotaram o uso de relações entre *value added-reseller* (VAR), *original equipment manufacturers* (OEM's) e fornecedores. Uma VAR pode ser considerada como a empresa que

desenvolve e faz a montagem do produto final para ser comercializado, esta entidade recorre a uma variedade de OEM's que produzem as partes constituintes do produto, e estes recorrem ainda a fornecedores para a obtenção da matéria-prima ou mesmo subpartes do produto. Esta terminologia é muitas vezes adulterada, sendo que é comum referir-se às VAR apenas como uma OEM [8, 9]. É possível ainda um fornecedor *tier 1*, chamado assim por fornecer diretamente a OEM ter ele mesmo fornecedores, estes chamados *tier 2* [9]. Esta rede de fornecimento de material permite à VAR criar mais valor, de forma mais expedita e otimizada, garantindo ainda assim a qualidade do produto.

Devido à alta competitividade entre OEM's e à complexidade de muitos dos componentes desenvolvidos, alguns fornecedores focam-se em apenas produzir uma série de produtos pouco diversificada, mas de forma bastante otimizada. Esta otimização pode ser obtida através da automação e robótica como é possível observar um exemplo na Figura 1. Este foco na produção de certos produtos pode levar a que os fornecedores fiquem dependentes do OEM e mais fragilizados perante uma queda no fornecimento de matéria-prima, por exemplo por parte de um *tier 2*, ou mesmo um abrandamento na procura do veículo. Tal leva a um efeito dominó que afeta toda a rede de fornecimento [10].



Figura 1 - Automação da soldadura numa linha de produção [11]

No contexto nacional, existe atualmente uma grande variedade de empresas e indústrias associadas à indústria automóvel, desde a comercialização de matéria-prima, produção de peças, testagem e montagem. Como tal, esta indústria tem uma contribuição muito significativa para a economia portuguesa. A indústria automóvel tornou-se durante a década de 2010 a 2020 a segunda indústria com maior contribuição de exportações para o produto interno bruto nacional, com 82,8% da produção destinada à exportação [12].

Comparativamente com países desenvolvidos de grande industrialização, como a Alemanha, Espanha e Estados Unidos da América, a indústria automóvel portuguesa e a produção de veículos em Portugal apresentam-se com uma robustez considerável. Tal demonstrou-se pela recuperação após o impacto provocado nesta indústria pela crise pandémica de 2020, esta que teve um impacto considerável neste indústria, provocando uma queda de 3.6 milhões de veículos no primeiro semestre desse ano face ao esperado na zona europeia [13]. Na Tabela 1 é possível observar os valores da produção de veículos e o crescimento percentual face ao ano

anterior (CPAA) de Portugal, Espanha, Alemanha e Estados Unidos da América desde 2019 a 2022.

Tabela 1 - número de veículos produzidos e taxas de crescimento [6]

Pais	2019	CPAA (%)	2020	CPAA (%)	2021	CPAA (%)	2022	CPAA (%)
Portugal	345704	17,4	264236	-24	289954	10	322404	11
Espanha	2822355	0,1	2268185	-20	2098133	-8	2219462	6
Alemanha	4661328	-9	3742454	-24	3308692	-12	3677820	11
E.U.A.	10880019	-3,7	8822399	-19	9167214	4	10060339	10

Apesar da dimensão da produção portuguesa ser menor, esta teve uma resposta percentualmente melhor que os outros países analisados. É ainda notório que, durante o primeiro trimestre do ano de 2023 o crescimento face ao período homólogo foi de 30% [14]. A robustez e evolução continua da indústria automóvel em Portugal reforça a importância desta para a atual economia do país, mas também, a constante procura por melhorar as tecnologias e otimizar a produção. No âmbito da indústria existem diversas técnicas de melhorias de produtividade, que se encontram descritas no apêndice A.

2.1.2. Desenvolvimento tecnológico na indústria automóvel

Neste capítulo apresentam-se algumas das tecnologias que foram desenvolvidas ou promovidas no âmbito da indústria automóvel.

- **Desenvolvimento de materiais**

Os materiais a ser usados na indústria automóvel devem cumprir com critérios antes de obterem uma aprovação. Os critérios derivam tanto de legislações como da otimização dos veículos e redução de custos de fabrico e, neste sentido, há um desenvolvimento contante nos materiais a serem utilizados e novas tentativas de implementação de técnicas de fabrico e materiais [15, 16]. Os critérios de maior importância são os seguintes:

1. **Leveza:** Atualmente existe um grande esforço na redução da emissão de gases de efeito estufa, pelo que regulamentações estão a ser implementadas na indústria automóvel e nos veículos [17]. Existe também a procura de veículos de maior rendimento e a redução de peso do veículo leva a menores consumos e a um rendimento melhorado do veículo. Segundo estas necessidades, a leveza dos materiais é um dos critérios de maior relevância no desenvolvimento de materiais para a indústria automóvel [15].
2. **Custo:** A escolha dos materiais para um veículo influencia o preço final do veículo, pelo que, novos materiais são sempre comparados a nível de preço com os materiais atualmente em funcionamento para uma mesma função. O custo total associado a um novo material está dividido em 3 partes: o custo do material em bruto, o custo de fabricar a partir desse material e o custo de desenvolver o produto a partir do material. Um exemplo desta separação de custos e o seu efeito pode ser exemplificado através da escolha de um material para maquinagem. Apesar de o alumínio ser mais caro por kg comparativamente a um aço comum, a melhor maquinabilidade geral do material pode levar a tempos de

produção mais curtos e torna o alumínio um potencial candidato a uma peça por maquinagem [15].

3. Segurança: Existem dois conceitos importantes associados à segurança na escolha de um material, a resistência à penetração e a *crashworthiness*. A *crashworthiness* é a habilidade de absorver energia e garantir a sobrevivência dos passageiros por um material na estrutura de um veículo. O *design* da estrutura é de importância na segurança através de fatores como a geometria e dimensões. Este torna-se um fator ainda de maior relevância em materiais como os compósitos de matriz polimérica, para os quais a orientação das fibras tem também de ser tida em consideração durante o *design* [15].

Uma das tecnologias de aplicação na indústria automóvel é a impressão 3D ou fabricação aditiva de peças, para prototipagem de veículos ou para produção de peças em baixa série. Para prototipagem, este processo de fabrico permite a redução de custos nos materiais, ao aproveitar da capacidade de controlar a densidade da peça e possibilita também o fabrico rápido de vários *designs* diferentes. Uma outra utilização desta tecnologia é no fabrico de peças para carros clássicos ou para customização de carros de baixa produção [16].

Outra tecnologia de grande impacto na indústria automóvel e nos componentes estruturais do veículo são os *Advanced High Strength Steel* (AHSS). Estes aços são cada vez mais usados para aumentar a *crashworthiness* e reduzir o peso dos veículos. Os AHSS podem ser trabalhados através de processos comuns de fabrico de peças nesta indústria, como a estampagem, mas reduzindo o consumo de material e energia. Atualmente o AHSS comercialmente disponível com valor de tensão de rotura mais elevado é o DP1470, que tem um valor mínimo de 1470 MPa de tensão de rotura [18]. Os aços *dual-phase* (DP) são um tipo de AHSS com uma microestrutura em duas fases, matriz de ferrite com graus de martensite [19]. As propriedades mecânicas dos AHSS são obtidas através de um tratamento térmico durante a sua produção, que controla a temperatura a partir de uma fase de austenite ou austenite mais ferrite [20].

- **Propulsão elétrica, híbrida e *fuel-cell***

Durante a história dos veículos motorizados, outras formas de motorização que não os motores a combustão interna foram desenvolvidos. O veículo elétrico (VE) surgiu nos inícios do século XIX devido a inventores húngaros, holandeses e americanos, mas apenas a partir da segunda metade do século é que surgiram veículos elétricos com valor prático [21].

Os VE tiveram surtos de popularidade ao longo da sua história que levaram a desenvolvimentos nas tecnologias adjacentes, como as baterias e motores elétricos. Inicialmente estes tornaram-se populares para viagens curtas em espaços citadinos, devido a serem silenciosos, de fácil condução e não emitirem cheiros provenientes dos gases da combustão existentes nos outros veículos da época. No entanto devido à introdução da produção em série para fabrico dos veículos a combustão interna, a criação do motor de arranque, que tornava fácil iniciar a condução de um veículo a combustão, e a descoberta de novos depósitos de petróleo, o mercado para veículos elétricos sofreu uma queda. Nas décadas seguintes houve surtos de popularidade, associados a crises de petróleo, como nas décadas de 1960 e 1970. Uma aplicação reconhecida dos VE durante esta época é o *rover* lunar desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), representado na Figura 2. No entanto, a baixa

autonomia destes veículos, de cerca de 64 km, e a baixa velocidade de ponta, de 72 km/h, ainda eram especificações relevantes e inferiores ao veículos de combustão interna [21].

Os veículos híbridos (VH) são veículos que utilizam duas fontes de energia distintas para a sua movimentação. O primeiro veículo foi criado por Ferdinand Porsche em 1899, o funcionamento baseava-se na utilização de um motor a combustão para alimentar um motor elétrico que impulsionava o veículo. Os VH tiveram alguns surtos de popularidade, tal como os VE e influenciados pelos mesmos motivos [22].

Durante a década de 1990 a procura por fontes alternativas ao petróleo voltou, associado à redução da poluição atmosférica, levando a novas regulamentações, como o ato do ar limpo [23], e investimentos no desenvolvimento de veículos menos poluidores [21]. Desta forma, no final desta década foram introduzidos vários VE no mercado, mas só com a introdução do VH Toyota prius em 1997 é que uma opção realmente viável a substituir os veículos de combustão interna surgiu e foi adotada de forma significativa [21, 22]. No século 21 tem havido um crescente incentivo à mobilidade elétrica, e o sucesso da marca Tesla entre outros casos, levou a um crescente desenvolvimento e introdução de VE no mercado, como visível na Figura 3.



Figura 2 - Rover lunar [24].

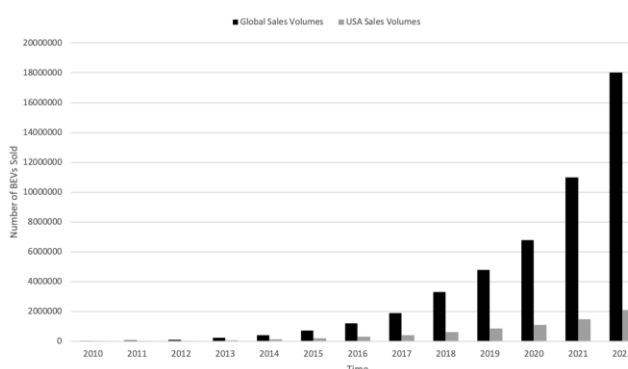


Figura 3 -Número de vendas de veículos elétricos [25].

Os *hydrogen fuel-cell vehicles*, também nomeados de veículos *fuel-cell* (FCV) ou veículos de hidrogénio, utilizam *fuel-cells* (FC) para gerar energia e alimentar motores elétricos. Estas tecnologias geram energia através de uma reação química usando hidrogénio ou um combustível rico em hidrogénio como combustível. OS FCV tem a vantagem de gerar energia de forma contínua, enquanto houver um fluxo de hidrogénio disponível, ao contrário de uma bateria de um EV que está limitada à sua carga [26]. Os FCV têm a vantagens acrescida de carregamento mais expedito, à semelhança de um veículo a combustão. Uma interpretação é que Christian Friedrich Schönbein desenvolveu em 1838 a primeira pesquisa no âmbito de FC e ao longo dos anos FC foram utilizadas em diversas aplicações, mas o primeiro veículo a ser disponibilizado comercialmente utilizando esta tecnologia surgiu em 1966, tendo surgido desde essa data vários FCV [27, 28]. No mesmo sentido que existe atualmente uma crescente adoção de VE e VH, também os FCV estão a ser alvo deste crescimento, estando numa fase de alto desenvolvimento. Existem desafios inerentes à implementação destes veículos que deverão ser abordados para que estes possam ser substitutos viáveis dos veículos de combustão interna, tais como apresentados na Tabela 2 [29]:

Tabela 2 – Desafios na implementação de veículos alternativos ao veículo a combustão.

1	O custo dos veículos é ainda elevado quando comparado aos veículos de combustão interna.
2	As fontes de energias renováveis para uso em veículos têm inconvenientes em densidade de energia e potência.
3	O investimento na criação de infraestruturas para abastecimento de FCV, VE e VH <i>plug-in</i> , ou a introdução de um sistema de substituição rápida de tanques de armazenamento, por exemplo para FCV.
4	Investimento no desenvolvimento da tecnologia de baterias e sistemas de carregamento rápido, tanto de VE como VH.
5	Investimento no desenvolvimento da produção de hidrogénio para FCV e nos sistemas de distribuição deste.
6	A produção das baterias para um VE é ainda muito poluente, tornando a produção de um VE várias vezes mais poluente que a de um veículo de combustão interna comum.

- **Sistemas avançados de assistência à condução**

Os sistemas avançados de assistência à condução ou condutor, ou *Advanced Driver Assistance Systems* (ADAS) são sistemas inteligentes que residem no veículo e têm como objetivo auxiliar o condutor [30] e mitigar a ocorrência de acidentes [31].

Estes sistemas podem ser usados em várias aplicações como para deteção de tráfico e recomendação de rotas, para detetar fadiga e distrações no condutor, ou atuar sobre a condução e melhorá-la. Em cada aplicação os sistemas podem ser usados em diferentes níveis de complexidade. Em sentido de exemplo pode-se notar que, para atuar sobre a condução os ADAS podem realizar um controlo adaptativo de velocidade do carro, que será uma tarefa de relativamente baixa complexidade, ou controlar o veículo e estacioná-lo, este seria um exemplo de alta complexidade. Uma das principais vantagens na implementação de sistemas ADAS é a possibilidade da comunicação entre alguns destes sistemas e uma rede de controlo de frota ou uma infraestrutura de comunicação entre veículos, o que permite ainda melhorar as decisões tomadas por um veículo através de informações externas, tal como o planeamento de uma rota sabendo o tráfico existente [30].

O funcionamento correto dos ADAS depende em muitos casos do conhecimento do condutor e da utilização corretas destes sistemas. A confiança de um condutor na sua própria capacidade de conduzir ou no seu conhecimento técnico, nem sempre aplicado corretamente a sistemas ADAS, leva a uma má utilização dos sistemas e uma maior insegurança na estrada. Neste sentido a divulgação de conhecimento relativo ao funcionamento de ADAS é uma medida preventiva importante para melhorar a segurança nas estradas [31].

No âmbito do desenvolvimento de ADAS, tecnologias adjacentes são também desenvolvidas e promovidas. Pode-se notas as seguintes aplicações ADAS: aviso de saída de faixa; aviso de colisão fronteira; assistência automática de faróis; reconhecimento de semáforos e deteção de objetos. Todas estas tecnologias são implementadas utilizando camaras frontais, com o possível auxílio de *light detetion and ranging* (LiDAR) e *radio detetion and ranging* (RADAR). Assim, estas tecnologias são também desenvolvidas e as suas aplicações melhoradas [32].

- **Condução autónoma**

Segundo a *World Health Organization* [33], ocorrem a nível mundial cerca de 1.3 milhões de casualidades devido a acidentes rodoviários anualmente. O fator humano é uma das principais causas que provocam acidentes e, neste sentido, a extração deste fator é uma forma promissora de reduzir significativamente os acidentes e aumentar a segurança nas estradas. Assim, o desenvolvimento de veículos autónomos (VA) tem uma relevância acentuada na atualidade [34]. Os VA envolvem no seu funcionamento várias tecnologias, desenvolvidas para que trabalhem em conjunto, como os *softwares* de perceção, que podem utilizar inteligência artificial para a deteção de objetos e controlar o veículo de forma a que o passageiro nunca tenha de interferir [35], e sistemas de sensores como os LiDAR, RADAR, cameras, sensores de inércia, entre outros, que fornecem aos *softwares* de perceção os *inputs* necessários e a informação sobre o meio envolvente [36]. Apesar das vantagens que esta tecnologia promete, como a redução de acidentes na estrada, maior fluidez do tráfico e redução das emissões em carros de combustão interna, existem diversos desafios na sua implementação [34]. Segundo Girish [36], os desafios dividem-se em 6 grupos principais, cada um desses grupos com vários desafios concretos, tais como os que se apresentam na Tabela 3.

Tabela 3 - Desafios na implementação de VA (adaptado de [36]).

Categorias	Desafios
Económicos	- Elevado custo inicial; - Elevado custo de peças suplentes e prestação de serviços.
Penetração no mercado	- Confiança dos consumidores; - Testes e homologações.
Técnicos	- Erros de perceções; - Erros de tomada de decisão.
Infraestrutura	- Criação de estradas adequadas; - Criação de infraestruturas digitais.
Legais	- Responsabilidades legais; - Políticas de pesquisa sobre AV.
Fiabilidade, segurança e manutenção	- Análise de fiabilidade; - Preocupações com segurança.

- **vehicle to everything (V2X)**

Vehicle to everything (V2X) ou em português, veículo para tudo, é um conceito segundo o qual se pretende utilizar a conectividade, sensores, câmaras e funcionalidades existentes num veículo e partilhar as informações recolhidas entre veículos, condutores e infraestruturas. Muitas das tecnologias adjacentes às aplicações V2X já são aplicadas atualmente em veículos, como as cameras e conectividade *WIFI*, apesar de haver um número reduzido de veículos capazes de comunicar de forma eficiente entre si, muitas vezes apenas entre o mesmo modelo de veículo [37].

Uma das aplicações em desenvolvimento de V2X são as redes de carregamento inteligente para VE através da utilização das baterias para serviços de energia exteriores ao veículo no controlo de carregamento dinâmico unidirecional ou bidirecional. O objetivo desta aplicação é a atenuação da crescente crise energética e impacto ambiental que advém da adoção em grande

número dos VE, ao se reduzir os picos de consumo energético das infraestruturas ao aplicar um fonte de energia *backup* [38]. A tecnologia V2X é também promissora na obtenção da localização de forma precisa de um veículo e dos veículos e objetos em redor, que poderá ajudar na concretização de veículos autónomos e resolver alguns desafios existentes com outras tecnologias usadas para o mesmo propósito como o RADAR e o LiDAR [39].

Devido à versatilidade do conceito V2X e às diferentes aplicações possíveis, é comum diferenciar as várias *frameworks* ou modos de comunicação entre os intervenientes [37], como: veículo para veículo; veículo para infraestrutura; veículo para pedestre; veículo para *network*. É possível diferenciar ainda mediante a aplicação, como no caso do desenvolvimento de redes de carregamento energético onde se pode classificar ainda: veículo para casa; veículo para edifício; veículo para carga; veículo para rede; veículo à rede (V2G) [38].

As vantagens do V2X são inúmeras, mas em grande parte dependentes da sua aplicação e não transversais a toda a indústria, como é o caso da gestão mais eficiente do fornecimento de energia de uma casa com a utilização da rede de carregamento inteligente de VE [38]. No entanto as vantagens principais definem-se como: aumento da segurança; redução dos consumos energéticos; redução dos custos [37].

No entanto existem na sua implementação, como os seguintes:

1. Fiabilidade dos sensores: devido à utilização destes em muitas das aplicações V2X, a sua fiabilidade e validade dos dados obtidos é de extrema importância [37]. Mediante as aplicações, pode implicar até a segurança dos passageiros e meio exterior próximo ao veículo;
2. Segurança dos dados: com a quantidade considerável de dados obtida nas aplicações V2X e a partilha constante destes entre os participantes nas aplicações, a segurança dos dados e da rede de partilha a acessos inadequados é um dos desafios atuais [37];
3. Regulações: as regulações existentes podem não favorecer o desenvolvimento do V2X, como acontece na gama de frequências de rádio disponíveis para utilização em transportes inteligentes. Em 2022 estas foram reduzidas nos Estados Unidos da América, criando uma limitação extra na implementação das aplicações V2X [37];
4. Interesse dos consumidores: a existência limitada de veículos com capacidades V2X leva a que uma baixa percentagem dos consumidores tenha conhecimento do conceito V2X e como este pode melhorar o veículo, levando a desinteresse, acrescido ainda pelo custo associado superior. Ainda existe a preocupação dos consumidores referente à privacidade dos seus dados e das suas rotas e hábitos, que serão partilhados pelas aplicações V2X [37].

2.1.3. Nível de qualidade na produção de peças automóveis

A grande competitividade existente na indústria automóvel e os diversos fatores como a segurança e o conforto dos passageiros leva a que se pratique nesta indústria um nível de controlo da qualidade alto. O controlo da qualidade serve como garantia das especificações do produto e é de importância acrescida em produções de larga escala, caso no qual o produto final se deve manter dentro dos parâmetros de forma constante.

No sentido de abordar a gestão do controlo de qualidade com foco na redução de desperdício, satisfação do cliente e prevenção de defeitos e variações, a *International Organization for Standardization* (ISO) criou a norma 9001, atualizada em 2015 com novas abordagens e adotada em 2017 por mais de um milhão de organizações. A utilização desta norma na indústria automóvel levou à criação, pela *Internacional Automotive Task Force* (IATF), da norma IATF 16949. Esta norma tem foco nas necessidades da indústria automóvel, e enfatiza a OEM e as necessidades regulamentais, enquanto que a ISO 9001 tem foco nas organizações e os clientes [40].

De forma a garantir o cumprimento das normativas de igual forma pelas várias organizações, estas sofrem auditorias de forma frequente. As auditorias podem ser realizadas pela própria organização ou por elementos externos, estes que atribuem um certificado de garantia de cumprimento da normativa em causa. Para garantir que a certificação é dada de forma imparcial, a *International Register of Certificated Auditors* juntamente com a ISO registou, na alteração de 2015 à norma 9001, uma lista de auditores fidedignos [40]. A certificação pode ser exigida pela OEM aos seus fornecedores.

2.1.4. Desafios atuais na indústria automóvel

A indústria automóvel, como todas as indústrias e áreas de engenharia, tem os seus desafios. Neste capítulo pretende-se sumarizar alguns desses desafios, escolhidos por serem atuais e de relevância considerável.

- **Infraestruturas para VE**

Como abordado no capítulo 2.1.2 a introdução de VE e VH *plug-in* em grande escala necessita de uma infraestrutura capaz de sustentar as necessidades energéticas e físicas do carregamento destes veículos.

Existem fatores positivos na integração do carregamento destes veículos na linha energética existente, como a utilização do conceito V2X e V2G para utilizar as baterias dos veículos como suporte à rede e ao fornecimento incerto de energias renováveis a esta [38, 41]. Existe, no entanto, uma variedade de constrangimentos ou desafios na introdução do carregamento de veículos na rede como: o carregamento de forma descontrolada de vários veículos ao mesmo tempo pode levar a picos de carga na rede; o carregamento de uma fase pode levar a desequilíbrios das fases da rede se muitos veículos utilizarem a mesma fase; e o excesso de carga em picos de utilização pode levar a falhas de componentes da rede não projetados para esse propósito [41].

Ainda existe o desafio relacionado à parte física do carregamento, já que os carregamentos relativamente demorados, quando comparados aos veículos de combustão interna, tornam inviável a utilização de postos de abastecimento como os tradicionais para estes veículos. O carregamento encontra-se em parques de estacionamento, o que necessita de investimento para implementação das estações de carregamento. Ainda é necessária a adaptação da rede local e dos seus componentes a uma potência maior, devido ao carregamento de vários veículos no mesmo local.

- **Segurança dos AV**

Como todos os veículos, os AV implicam a segurança direta dos seus passageiros durante o transporte, e neste sentido, a segurança é um dos principais focos de desenvolvimento e desafios a ultrapassar no âmbito destes veículos.

Um dos desafios atuais envolvendo a segurança dos AV é a tomada de decisões acertadas pelo veículo. Numa situação real de condução na estrada, o número de informações recolhidas e variáveis em redor do veículo poderão ser muitas com diferentes riscos e complexidades. O método de tomada de decisão mais utilizado atualmente é o *finite-state machine*, um método baseado em regras com necessidade de conhecimento prévio de especialistas para a sua implementação. No entanto, este método não é indicado para cenários de tráfico complexo [42].

Ainda outro desafio relacionado com a segurança de AV é a fiabilidade dos sensores. Toda a informação usada para tomada de decisão deriva de sensores, e se os dados obtidos por estes não forem fiáveis, também as decisões não o serão. As falhas relacionadas com sensores podem ser divididas em 4 categorias: falha de componentes ou subsistemas; falha de adaptabilidade ao ambiente externo; *cyber*-ataques; e deficiências de design [43].

- **Especialização dos recursos humanos**

A automação e a digitalização, promovidas pela quarta revolução industrial, levam a que trabalhos mais simples, como o carregamento de matéria-prima numa máquina, sejam cada vez mais automatizados e as interações com as máquinas cada vez mais indiretas, como através de *humam-machine-interfaces* (HMI). Com os trabalhos a se tornarem mais complexos, devido à interação com mecanismos cada vez mais automatizados e a necessidade de supervisão e regulação destes, as competências necessárias dos trabalhadores na indústria atualizam-se também. É cada vez mais valorizado competências cognitivas, como a capacidade de solução de problemas, enquanto as capacidades físicas vão sendo desvalorizadas [44].

Um desafio associado a esta transformação da indústria é na adaptação de trabalhadores de maior idade. Apesar de estes trabalhadores terem um bom conhecimento sobre os processos e do fluxo de trabalho, têm maior dificuldade em aprender novas competências e a se adaptar a alterações, podendo-se tornar um constrangimento em possíveis propostas de melhorias num processo [44].

- **Fragilidade da *supply chain***

As *supply chains*, ou em português, cadeias de fornecimento, são sistemas complexas de troca de valores dentro de uma empresa e entre empresas. Como já abordado no capítulo 2.1.1, a indústria automóvel opera segundo cadeias de fornecimento complexas com vários *tiers* de fornecedores, possivelmente para uma única peça.

No entanto a cadeia de fornecimento pode-se tornar frágil, e uma falha nesta pode afetar toda a produção, devido a estar exposta a uma variedade de variáveis, que aumentam com a complexidade da própria cadeia.

Assim, os riscos a que a cadeia está sujeita podem-se dividir em dois grupos: riscos internos e riscos externos. Os riscos internos são riscos derivados de uma empresa na cadeia, como problemas de qualidade ou uma máquina avariada. Estes riscos são mais frequentes, mas de impacto menor e com uma recuperação mais rápida. Os riscos externos são riscos derivados do ambiente de interação da cadeia, podendo ser desastres naturais, ou devido ao fator humano como um ataque terrorista. Estes riscos são menos frequentes, mas mais impactantes e de demorada recuperação [45].

Atualmente, com a implementação das metodologias e ferramentas *lean*, descritas no apêndice A, a fragilidade da cadeia é aumentada em troca de uma melhor otimização dos processos [45]. A utilização do conceito “puxar” leva a que os *stocks* sejam reduzidos ou mesmo nulos, o que aumenta o impacto que pequenas quebras na cadeia possam ter.

- **Flexibilidade da produção**

A indústria automóvel funciona, na sua maioria, através de uma produção em grande escala de componentes que necessitam de investimentos iniciais elevados para a construção das ferramentas necessárias, como as matrizes e punções de estampagem, específicos para cada peça individual. Esta produção está sujeita a flutuações, tanto pelas variações na cadeia de fornecimento abordada anteriormente, como devido à procura do cliente, que constitui o fator mais relevante para o sucesso de um produto.

Para as empresas se conseguirem manter competitivas, estas recorrem a métodos estratégicos de organização de projetos e produção, como a produção *agile*. A produção *agile* pode ser descrita como um método de gestão de projetos ou produção capaz de se adaptar a mudanças repentinas e garantir a satisfação do cliente de forma mais rápida [46].

Nos últimos anos, devido a flutuações excessivas do mercado automóvel derivadas da crise pandémica de 2020, da crise de semicondutores com começo em 2021 [47], e da diminuição dos incentivos à compra de veículos elétricos, no caso de Portugal [48], entre outros motivos, empresas têm adotado métodos como o *agile* de forma a promoverem uma reutilização de ferramentas e equipamento e assim reduzirem os investimentos iniciais e, consequentemente, o risco associado às flutuações do mercado [46].

2.2. Processo de estampagem

Para se produzir algo, é necessário um processo que transforme o material base no produto que se pretende obter. Este processo pode consistir de vários processos de fabrico que gradualmente alteraram o material de base até se obter o objetivo pretendido. Pode-se notar o exemplo de um hipotético veio para ser submetido a altas cargas. Neste caso, o material base pode chegar num formato de lingote, proveniente de um processo de fundição, para ser forjado, melhorando as suas propriedades e atribuindo o formato ao veio, seguindo de maquinaria para atribuir cotas funcionais ao mesmo. No apêndice B encontra-se uma descrição dos processos de fabrico usuais na indústria automóvel.

A estampagem é um processo de fabrico no qual uma chapa metálica, de formato inicial normalmente simples, é deformada plasticamente numa ferramenta de duas partes que é

comprimida com o auxílio de uma prensa. As peças neste processo podem ser obtidas em vários passos de estampagem consecutivos que alteram gradualmente a forma da peça. Este processo geralmente consegue um rendimento ótimo do material base, havendo pouco desperdício, e consegue obter a peça final em pouco tempo, sendo os vários passos realizados a uma velocidade elevada, comparativamente a outros processos de fabrico como o forjamento, é ainda possível, em alguns casos de geometrias simples, produzir a peça em apenas um passo [49]. As ferramentas são constituídas pelos punções, usualmente na parte superior, e as matrizes, usualmente na parte inferior. Estes componentes realizam o contacto entre a ferramenta e a peça, e transmitem a força para a mesma, impondo assim a sua deformação plástica. Juntamente com as matrizes e os punções, as ferramentas são constituídas pelos suportes e ajustes destes componentes, colunas de guiamento e casquilhos que guiam as duas partes da ferramenta e as posicionam, pinos posicionadores que posicionam os vários componentes e a peça em relação à ferramenta, extratores da peça para expelir esta de dentro das matrizes, entre outros componentes normais no funcionamento de um sistema mecânico [50]. O movimento da ferramenta é promovido por uma prensa, que define também a força de estampagem e as dimensões máximas das ferramenta [49].

Este é um processo com um desperdício de material muito diminuto, capaz ainda de produzir peças de relativa complexidade a um ritmo elevado, mantendo o rigor geométrico, as tolerâncias pretendidas e as propriedades do material [49]. Estes são fatores de enorme relevância na indústria automóvel no qual, como abordado no capítulo 2.1, a competitividade entre fornecedores é elevada, pelo que se torna necessário cumprir os prazos de entrega do produto com o nível de qualidade exigido para este, e tentando reduzir os custos de forma a aumentar a capacidade competitiva dentro da indústria. Atualmente, cerca de 20% das partes de um automóvel são produzidas utilizando processos de estampagem [51].

O processo de estampagem pode ser dividido em 3 operações distintas, designadamente o corte, a dobragem e a embutidura [52].

A operação de corte pode ser descrita como a ocorrência controlada de rotura por cisalhamento da chapa. Esta operação pode ser dividida em duas classificações mediante o aproveitamento da chapa no processo. Caso a peça pretendida seja o bocado que se separou no cisalhamento, o processo denomina-se também de corte. Caso o bocado separado não seja o pretendido, o processo chama-se de perfuração. Durante uma operação de corte o contacto entre o punção e chapa divide-se, como visível na Figura 4, nas seguintes etapas [49]:

1. Contacto com o punção: O punção entra em contacto com a chapa e criam-se tensões em ambos os elementos. São acumuladas no punção tensões compressivas significativas.
2. Deformações: A força da prensa, transmitida à chapa pelo punção, obriga a a chapa a se deformar e a penetrar o orifício da matriz, primeiramente deformando a chapa elasticamente e depois plasticamente.
3. Cisalhamento e formação de fissuras: Ocorre cisalhamento entre as partes da chapa e formação de fissuras, nas zonas que atingem a tensão de rotura. As fissuras iniciam-se nos dois lados da chapa, nas zonas de contacto com as arestas de corte do punção e da matriz.

4. Separação: Com as propagações das fraturas ocorre a ruptura completa da chapa e a separação das duas partes desta. Neste momento, as forças compressivas acumuladas no punção e na ferramenta são libertadas, enviando uma onda de choque sobre esta. Em alguns casos este fenómeno pode conduzir à ruptura do punção.
5. Ejeção: O punção continua o seu movimento descendente, empurrando a chapa e ejetando-a pela furação da matriz. Após a conclusão da descida o punção retorna à posição inicial.



Figura 4 - Etapas da operação de corte (adaptado de [49]).

Quando ocorre o corte de uma chapa, a aresta que sofreu corte fica uma superfície diferente ao longo da sua espessura, mediante a etapa do corte em que esta foi criada e as condições da mesma. Na Figura 5 pode-se observar as diferentes fases, deformação da borda, corte limpo, corte bruto e rebarba [49, 50].

Para o corte ser realizado como pretendido, e de forma a minimizar o desgaste da ferramenta, deve ser utilizado uma folga radial entre o punção e a matriz. Existem várias abordagens a esta folga. Segundo Taylan Altan [49], o valor tradicionalmente utilizado é 5% da espessura da chapa. Taylor também sugere que a utilização de valores superiores, entre os 10% e 12%, tem vantagens como o aumento da vida útil da ferramenta e a redução da rebarba que pode ser criada no corte. Na Tabela 4 pode-se verificar a variação das dimensões das diferentes fases da aresta de corte com a alteração percentual da folga radial entre o punção e a matriz [50].

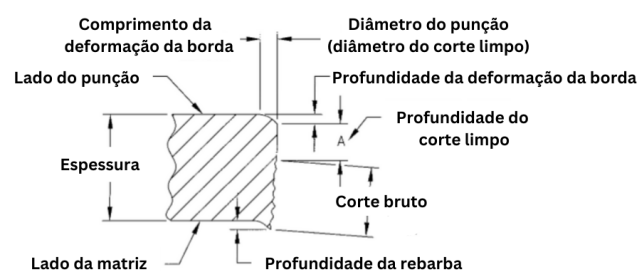


Figura 5 – Fases do corte (adaptado de [50]).

A operação de dobragem é definida como a deformação plástica de uma chapa para produzir partes angulares ou perfis. Na dobragem, a chapa também é deformada plasticamente por ação de punções e matrizes localizados na ferramenta. Nesta operação, a chapa, empurrada pelo punção, contorna a matriz impondo nesta o ângulo de dobragem pretendido, visível em Figura 6, na qual se apresenta alguns dos constituintes de uma ferramenta de estampagem para uma operação de dobragem. “A” indica o elemento extrator, “B” a mola que exerce a pressão para extração, “C” é o punção, “D” a matriz e “a” a peça pretendida [52].

Tabela 4 - Efeito da folga radial nas fases do corte (adaptado de [50]).

	Folga radial			
	5%	9%	12.5%	18%
Comprimento da deformação da borda	0.0136	0.0101	0.0121	0.0138
Profundidade da deformação da borda	0.003	0.0035	0.0045	0.0056
Profundidade de corte limpo	0.021	0.015	0.014	0.015
Diâmetro do corte limpo	0.1875	0.1877	0.1879	0.1878
Profundidade da rebarba	0.0005	0.0006	0.0005	0.0012

Depois da operação de dobragem ocorre uma recuperação elástica na peça e podem se desenvolver tensões residuais. Durante o design da ferramenta e do processo em aplicações industriais, é importante ter em atenção algumas considerações, tais como: o raio de curvatura mínimo da chapa, pois caso este seja demasiado pequeno as tensões excessivas levam a fissurações na chapa; a previsão da forças necessárias para a dobragem; e o controlo dimensional, de forma e de qualidade da peça a ser produzida [49].

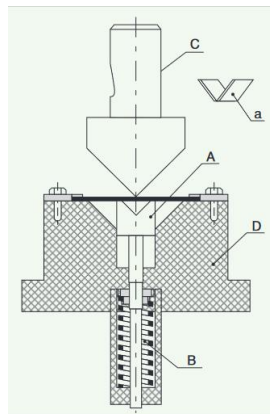


Figura 6 - Constituintes de ferramenta de estampagem para operação de dobragem [52].

Existem uma variedade de operações de dobragem, tais como [49]:

1. Dobragem aérea: A dobra aérea é também denominada de dobra ou flexão em 3 pontos ou ainda dobra livre. Este é um dos processos de dobragem mais simples e é utilizado nas indústrias automóvel e aeroespacial para fabricação de peças estruturais. Este processo consiste no apoio da chapa entre matrizes, afastadas entre si, criando a abertura por onde o punção empurra a chapa (Figura 7). O ângulo de deformação da peça é controlado a partir do deslocamento do punção e a abertura entre as matrizes. Nesta operação é particularmente difícil obter o tolerânciamentos pretendido para a peça após a dobra em metais de alto limite elástico, como o AHSS, devido ao retorno elástico da chapa e à compensação de dobra, ambos que variam com as pequenas alterações de propriedades mecânicas que podem existir entre diferentes lotes de chapa.

2. Dobragem com alongamento: Durante o processo de dobragem com alongamento a chapa sofre, além da dobra pretendida, um alongamento com consequente diminuição da sua espessura. Este processo é também muito utilizado no fabrico de peças para a indústria automóvel. Devido à complexidade dos esforços, a determinação do raio de curvatura mínimo e a previsão de possíveis falhas na produção das peças são de extrema importância, ainda mais realçadas quando o material é um AHSS, devido à aproximação entre o limite de cedência e a rotura.
3. Dobra em U: Durante a operação de dobra em U são efetuadas duas dobras paralelas em simultâneo. De forma a manter o contacto entre a chapa e a zona inferior do punção e manter esta zona plana, caso seja o pretendido, pode ser utilizado uma placa de suporte, que acompanha a chapa e o punção no movimento descendente. A utilização de uma placa de suporte implica, no entanto, uma maior força de estampagem necessária. Na Figura 8 pode-se observar a operação de dobra em U com e sem a utilização da placa de suporte. Neste operação o retorno elástico pode ser reduzido pelo aumento da pressão na placa de suporte e a redução da folga entre o punção e a matriz.
4. Dobra em V: A dobra em V consiste numa operação de dobragem em que tanto a matriz como o punção têm um formato em V. Nesta operação a folga entre o punção e a matriz é constante e igual à espessura da chapa a ser trabalhada. Se a dobra não tiver cunhagem, esta operação realiza-se com aproximadamente a mesma força utilizada na dobra aérea. A cunhagem é realizada com uma indentação na ponta do punção que induz tensões compressivas na chapa e tem o propósito de reduzir o retorno elástico desta. Uma outra técnica também utilizada nesta operação para reduzir o retorno elástico e assim melhorar o tolerânciamento da peça, é o assentamento total, do inglês *bottoming*, caso em que as tensões compressivas são induzidas pelas faces laterais do punção e da matriz, induzindo assim tensões sobre uma área maior da peça. Ao utilizar estas técnicas aumenta-se a força de estampagem necessária, que pode ser 3 a 5 vezes superior à utilizada na dobragem aérea.
5. Dobra com matriz deslizante: A dobra é realizada sobre a aresta da matriz e numa linha reta. Em comparação com as outras operações de dobragem até agora descritas, a dobra com matriz deslizante é mais comum em bordas e limites exteriores das peças. Nesta operação um suporte de chapa, vindo da zona superior da ferramenta, fixa a chapa contra a matriz na zona superior desta. De seguida o punção entra em contacto com a chapa e impõe a deformação sobre a aresta da matriz. O suporte da chapa é normalmente conseguido com a utilização de molas, atuadores hidráulicos ou molas a gás de nitrogénio.
6. Dobra rotativa: A dobra rotativa consiste na dobra de uma chapa sobre a aresta de uma matriz, à semelhança da dobra com matriz deslizante. No entanto, esta permite dobrar a chapa a ângulos superiores ao utilizar uma matriz ou ferramenta rotativa que simultaneamente segura a chapa e a dobra, como visível na Figura 9. Comparativamente com a operação de dobra com matriz deslizante, esta operação tem as vantagens de eliminar o suporte da chapa e o seu sistema de funcionamento,

compensar o recbro elástico ao ser possível dobrar em excesso e reduzir a força total necessária para a dobra se realizar.

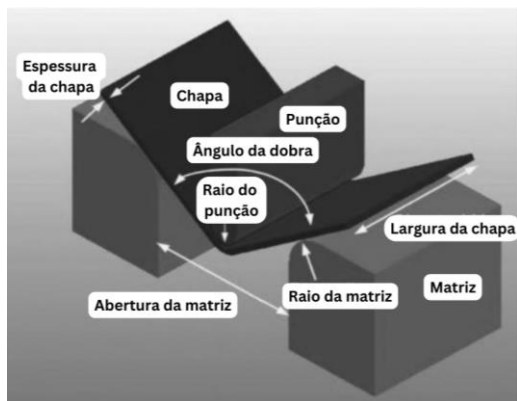


Figura 7 - Esquema de dobra aérea (adaptado de [49]).

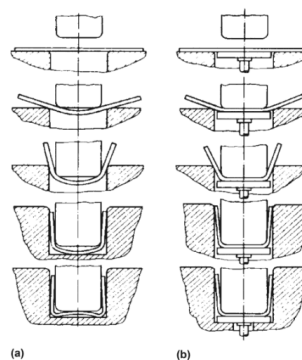


Figura 8 - a) dobra em U sem a utilização de placa de suporte; b) dobra em U com a utilização de placa de suporte [49].

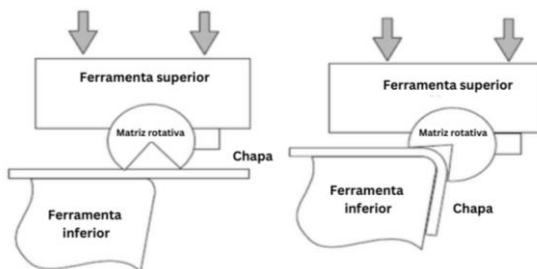


Figura 9 - Esquema de dobra rotativa (adaptado de [49]).

A **operação de embutidura** é também um tipo de estampagem, este muito utilizado na indústria automóvel para fabricar peças como componentes estruturais e os painéis interiores e exteriores [53]. A embutidura é definida pela norma DIN 8584 apenas como um processo de conformação por tração e compressão do material [54].

O termo embutidura é, no entanto, de utilização confusa, principalmente na literatura em inglês de onde vem *deep drawing*. Além de ser utilizado para descrever todas as operações que não sejam corte nem dobragem pura, sendo a deformação imposta maioritariamente realizada na zona interior da chapa, o termo é utilizado mais usualmente para descrever estampagens profundas, como no exemplo mais comum do fabrico de um cilindro com uma das extremidades fechadas a partir de uma chapa circular [53, 55].

A partir deste exemplo pode ser explicada a operação da embutidura e os constituintes necessários da ferramenta. A chapa é apertada contra a matriz por um suporte de chapa, à semelhança da operação de dobra com matriz deslizante, para prevenir o enrugamento da chapa e controlar o fluxo desta para a cavidade da matriz, onde, com a descida do punção e aplicação da força, a forma destes vai ser imposta na chapa [54, 55]. É possível observar um esquema da embutidura de um cilindro na Figura 10. Apesar da simplicidade deste exemplo, os produtos provenientes da embutidura podem ser de elevado grau de complexidade. As ferramentas necessitam, em casos de maior complexidade, de componentes como pinos ejetores da peça, para prevenir a fixação da peça na ferramenta devido ao recbro elástico,

sendo este um problema comum. É comum ainda se utilizar operações de preparação da embutidora em peças de maior complexidade. Operações de preparação podem ser pré embutiduras, onde se realiza uma embutidura na zona pretendida, mas em menor profundidade ou em menor complexidade, para num passo seguinte realizar a embutidura na sua totalidade. Ou podem também ser a embutidura de freios, que consistem em pequenas embutiduras da chapa no mesmo passo da embutidura principal, mas nas zonas em redores desta, para impedir o fluxo de chapa para a cavidade da matriz e a formação de enrugamento na chapa [55].

Os defeitos mais comuns durante a embutidura são o enrugamento, a fratura e a deformação em orelhas. O enrugamento acontece quando as tensões compressivas na direção circunferencial atingem valores críticos e levam a um efeito de encurvadura nesta direção. Este defeito ocorre de forma mais comum em situações em que a força do suporte de chapa não é suficiente. A fratura ou rotura ocorre quando as tensões na chapa atingem a tensão de rotura desta. Em materiais dúcteis a fratura aparece maioritariamente junto às arestas do punção por ser nesta zona que é imposta uma maior força de conformação. A deformação em orelhas ocorre quando a chapa apresenta características anisotrópicas e leva a que a deformação seja diferente ao longo da direção circunferencial, levando à formação de estruturas semelhantes a orelhas conforme se observa na Figura 11 [55].

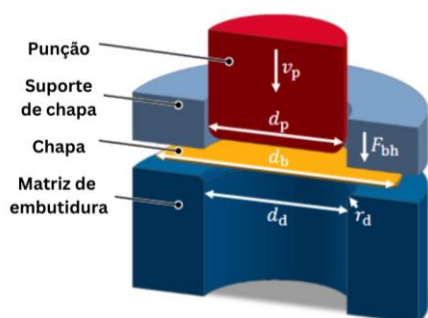


Figura 10 - Embutidura de um cilindro:
velocidade do punção v_p ; diâmetro do punção d_p ; diâmetro da chapa d_b ; diâmetro da matriz d_d ; raio da matriz r_d ; força aplicada pelo suporte de chapa F_{bh} (adaptado de [54]).



Figura 11 - Deformação em orelhas [55].

A elevada complexidade de algumas peças obtidas pelo processo de embutidura e a utilização de materiais de difícil trabalho, como os AHSS, potencializam a utilização de *softwares* de *computer assisted engineering* (CAE) para apoio ao dimensionamento do processo e operações de estampagem. O *software* AutoForm_StampingAdviser é um dos *softwares* mais utilizados na indústria automóvel. A sua utilização tem o propósito de validar a viabilidade dos formatos impostos em cada passo de estampagem e estimar o consumo de material necessário [56].

2.2.1. Estampagem progressiva

A estampagem progressiva baseia-se no conceito da realização de vários passos consecutivos de operações de estampagem, para a produzir uma peça que não seria possível de realizar numa só operação e a partir de uma mesma prensa e ferramenta. Entre cada fecho da prensa

a chapa movimenta uma medida controlada chamada de passo ou avanço, que é definida pela distância entre as matrizes e punções de cada operação [49]. A redução desta medida é uma das formas de reduzir o consumo de chapa neste tipo de estampagem. Nesta tipo de estampagem a chapa é alimentada ao sistema diretamente a partir de um rolo, sendo guiada para a ferramenta. Na primeira operação é comum fazer os furos ou cortes necessários para posicionar a chapa entre cada avanço.

Nas ferramentas de estampagem progressiva podem existir passos sem nenhuma operação a ser realizada, com o objetivo de facilitar a movimentação da chapa ou simplificar o *design* da ferramenta [49]. Também se podem utilizar passos sem operação para melhor dividir a força total de estampagem por toda a ferramenta, o que pode ser necessário para o correto funcionamento da prensa.

As peças a serem produzidas neste tipo de estampagem estão fixas a uma faixa da chapa chamada de transportadora, que transmite o movimento de avanço às peças. A transportadora é posicionada por pinos pilotos ao longo de toda a ferramenta, permitindo assim um melhor controlo do avanço. Na última operação da ferramenta as peças são cortadas da faixa e separadas, finalizando a produção da peça [49]. Em peças de maior dimensão pode ser necessário utilizar mais que uma transportadora de forma a garantir a estabilidade das peças e o seu correto posicionamento ao longo da ferramenta.

A estampagem progressiva permite a produção de uma ou mais peças por cada fecho da prensa, além de permitir realizar peças de elevada complexidade. Apesar de existir a limitação de uma zona da peça necessitar estar ligada à transportadora para o avanço, este processo é bastante utilizada para produções de elevado volume [49]. Na Figura 12 pode-se observar a parte inferior de uma ferramenta progressiva com a chapa com os diferentes passos de estampagem realizados.

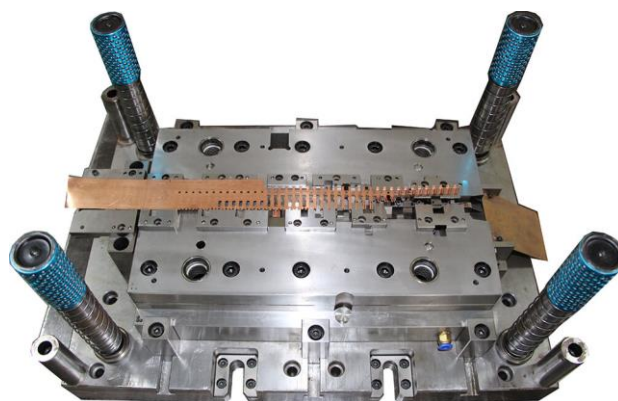


Figura 12 - Parte inferior de ferramenta progressiva [57].

2.2.2. Estampagem *transfer*

A estampagem *transfer* assemelha-se à estampagem progressiva, com a ferramenta a realizar uma série de operações consecutivas para a obtenção de uma peça. No entanto as peças são transferidas entre operações por um sistema automatizado, denominado de sistema *transfer*, ao invés de ser movido junto a uma transportadora pilotada na ferramenta, como acontece na

estampagem progressiva [49]. A chapa pode ser alimentada ao sistema já cortada na dimensão pretendida, ou pode ser alimentada como num sistema progressivo e cortada na primeira operação da ferramenta [58]. Na Figura 13 pode-se observar a parte inferior da ferramenta e as barras e garras do sistema *transfer*. As barras e as garras são componentes do sistema *transfer* que fazem, respetivamente, a movimentação deste dentro do espaço da ferramenta e o contacto e aperto da peça. Existem ainda processos de estampagem *transfer* de maior dimensões que utilizam várias prensas em série, na qual apenas uma operação é realizada, normalmente utilizado para peças de grandes dimensões como tejadilhos de automóveis [59].

O uso de estampagem *transfer* tem vantagens em relação à estampagem progressiva, tais como:

1. Aproveitamento de componentes: As prensas podem estar equipadas com sistemas *transfer* que podem ser aproveitados entre várias ferramentas e que permite reduzir assim o investimento inicial na ferramenta e aumentando a competitividade [58];
2. Peças complexas: Na estampagem progressiva nem sempre é possível a obtenção de peças com embutiduras profundas ou de geometria complexa devido à impossibilidade de ligar a peça a uma transportadora para a deslocar. Na estampagem *transfer* a peça é trabalhada de forma isolada, pelo que esta pode ser alvo de todo o tipo de operações sem limitações geométricas [60]. Na produção de certas peças pode ser necessário haver uma rotação destas ao longo da ferramenta para realizar operações de estampagem em diferentes ângulos, o que não é possível na estampagem progressiva [58];
3. Peças de grandes dimensões: Quando a peça é de dimensões consideráveis em relação à prensa e ferramenta que a vão produzir, é necessário utilizar estampagens *transfer* pois pode não ser possível alocar espaço à transportadora e aos pinos pilotos [58].
4. Redução de custos no consumo de chapa: A estampagem *transfer* permite uma maior redução de custos de chapa devido a não existir a transportadora e ao corte da chapa de forma mais aproximada ao formato final da peça [58, 60].

A utilização de estampagem *transfer* tem também desvantagens e desafios associados, nomeadamente falhas devido à interação entre o sistema *transfer* e a prensa, que levam a pausas na produção. Estas falhas são derivadas da baixa robustez de muitos dos sistemas *transfer*, que podem ser constituídos por uma série de juntas e ajustes, e que estão sujeitos durante a estampagem a impactos constantes no movimento de pegar e pousar as peças, como também a acelerações altas, que derivado da inercia e peso elevado de algumas peças, levam a esforços elevados no sistema. Estes esforços cíclicos no funcionamento da estampagem levam a falhas por fadiga nos constituintes dos componentes [60].

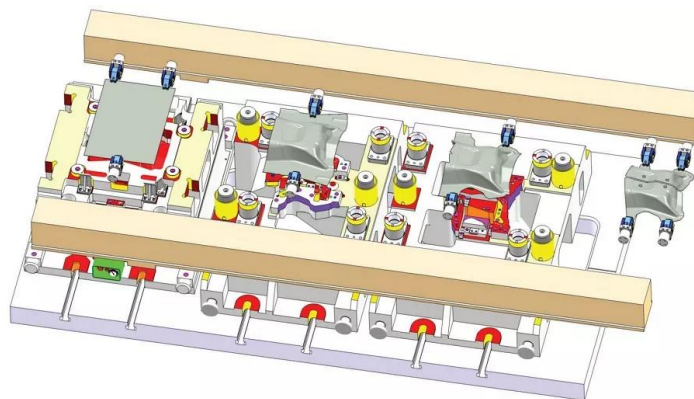


Figura 13 - Parte inferior da ferramenta e parte do sistema transfer para estampagem [61].

2.2.3. Estampagem a quente

A estampagem a quente foi desenvolvida e patenteada por uma empresa sueca chamada Plannja em 1977. Este processo é atualmente muito utilizado na indústria automóvel para produzir peças estruturais pertencentes ao chassi, tais como o pilar b [62].

O processo de estampagem a quente existe em duas variações, nomeadamente direta e indireta. Na versão direta a chapa é aquecida numa fornada, onde sofre uma austenização, e transferida automaticamente para a prensa onde é conformada pela ferramenta. Na versão indireta a chapa é pré conformada por uma estampagem a frio antes de ser aquecida na fornada e sofrer o resto do procedimento descrito para a versão direta, onde é calibrada e sofre tratamento térmico [49, 62].

As ferramentas para estampagem a quente são arrefecidas ativamente através de métodos como o bombeamento de água pelos componentes da ferramenta. Devido a este facto, durante a conformação da peça, esta sofre um tratamento térmico derivado do arrefecimento rápido, pelo que a microestrutura da peça se pode tornar totalmente martensítica, obtendo-se tensões de rotura de até 1500 MPa. As matrizes e punções das ferramentas de estampagem a quente estão sujeitos a condições de trabalho mais exigentes que as matrizes e punções da estampagem frio, pelas mudanças rápidas de temperatura, fricções elevadas entre a ferramenta e a peça, e criação de óxidos na ferramenta. Por estes motivos as matrizes e punções para este tipo de estampagem sofrem tratamentos superficiais diferenciados através de métodos como a deposição física por vapor [49, 62]. Pelo facto de a peça ser trabalhada a quente, a diminuição da espessura desta em zonas específicas é uma operação usual, definida no projeto da própria peça de fraturar de forma controlada.

2.2.4. Prensas

Para o processo de estampagem acontecer é necessário que uma prensa efetue o movimento de abertura e fecho das ferramentas e dessa forma induzir força na chapa para a conformar. Sendo a prensa um dos componentes essenciais para o funcionamento deste processo de fabrico, e sendo este processo de utilização considerável na indústria automóvel, também as

prensas são alvo desse realce nesta indústria. Apesar de as prensas serem classificadas como ferramentas de trabalho linear, existem diferentes tipos de prensas com dimensões, métodos de controlo e aplicação de força diferenciados, o que leva a vantagens e desvantagens inerentes a cada tipo e que devem ser tidos em consideração quando se projeta uma linha de estampagem [50].

De acordo com a função da prensa, esta pode ser classificada como máquina geradora de energia, geradora de força ou de curso controlado. As prensas geradoras de energia consistem em equipamentos que guardam energia potencial no levantar do equipamento e libertam esta energia de forma abrupta no fim do ciclo de trabalho ao soltar parte do equipamento em queda livre. Estes equipamentos podem ter a sua eficiência melhorada com a adição de vapor ou ar pressurizado em auxílio do ciclo de trabalho. As prensas geradoras de força funcionam por aplicação de uma força constante independente da posição dos componentes móveis da prensa. As prensas hidráulicas são o principal exemplo de este tipo de prensas. As prensas de curso controlado ou prensas mecânicas variam a força aplicada mediante a posição das partes móveis. Estas, ao contrário das prensas geradoras de energia, mantêm o contacto constante com o resto dos componentes da prensa [50].

As prensas podem ser classificadas de diversas formas mediante as sua construção e orientação do funcionamento, vertical ou horizontal [50]. No entanto, a classificação mais utilizada é a classificação baseada na estrutura, podendo estas ser de corpo em C ou aberto ou ainda de corpo em O ou fechado. Na Figura 14 e Figura 15 pode-se observar o esquema de prensas com corpo em C e O respetivamente. Numa prensa de corpo em C existe um desalinhamento vertical entre o eixo de aplicação da força por parte da prensa na ferramenta e a zona estrutural e de suporte da prensa. Este desalinhamento pode provocar deformações na prensa e afetar assim a precisão e rigidez da mesma. Por este motivo, este tipo de prensa é utilizado maioritariamente para aplicações de menor carga aplicada. Existem ainda assim vantagens na utilização de prensas de corpo em C, como a facilidade do acesso à ferramenta, que permite uma maior cooperação entre a máquina e um operador, e a redução dos tempos de troca de ferramenta. As prensas com corpo em O funcionam com a aplicação da força alinhado num só eixo vertical no centro da estrutura, o que permite a aplicação de cargas muito elevadas, com a desvantagem da redução do acesso à ferramenta [50, 63].

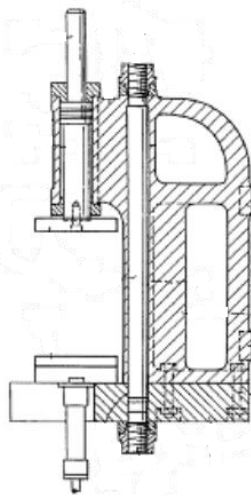


Figura 14 – Esquema de prensa com corpo em C [63].

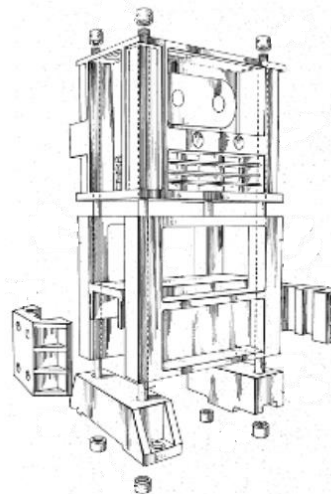


Figura 15 - Esquema de prensa com corpo em O [63].

O método de acionamento da prensa é ainda uma das principais diferenciações utilizada. De acordo com esta diferenciação, as prensas podem ser classificadas como:

1. Prensas mecânicas: O acionamento destas prensas é realizado por meios mecânicos, como um volante e uma biela. A energia pode ser fornecida ao volante por meios distintos como engrenagens ou manivelas [50, 52, 64].
2. Prensas a vapor: Estas prensas utilizam vapor para gerar a força e fazer o seu acionamento [50].
3. Prensas hidráulicas: As prensas hidráulicas utilizam a pressão hidrostática, de um fluido como água ou óleo, para realizar o seu acionamento. Estas prensas permitem aplicar uma força constante por atuadores lineares. A pressão hidrostática é gerada por bombas e motores elétricos [50, 52, 64].
4. Prensas pneumáticas: Estas prensas são semelhantes às prensas hidráulicas, no entanto utilizam ar pressurizado para o seu acionamento [50]. Este tipo de prensas, como também as prensas a vapor, não são de considerável utilização para o processo de estampagem.
5. Servo-prensas: Estas prensas são as mais recentes tendo sido desenvolvidas em 1998 no Japão. Desde a sua criação que a maioria das servo-prensas vendidas tem sido aplicadas em empresas de indústria automóvel, e esta continua a promover o desenvolvimento destas prensas no sentido de reduzir as emissões de gases de efeito estufa [65], como abordado no 2.1.2.

As servo-prensas utilizam a força eletromagnética para realizar o seu acionamento [50] e têm muitas vantagens em relação aos tipos de prensas apresentados anteriormente no contexto da estampagem. Estas prensas permitem fazer o controlo da velocidade durante o ciclo da prensa, utilizando uma velocidade mais elevada em partes do ciclo de não conformação da peça e baixa velocidade em partes de conformação, o que garante uma melhor produtividade e consistência dos resultados. As servo-prensas permitem ainda

variar a carga aplicada à ferramenta. Desta forma consegue reagir às diferentes forças existentes durante as várias fases do processo de estampagem melhorando a qualidade das peças produzidas. Servo-prensas consomem ainda menos energia comparado aos outros tipo de prensas, o que constitui uma vantagem importante na indústria automóvel e nas indústria de produção em grande volume. Estas indústrias podem, pela utilização destas prensas, diminuir os custos da produção e aumentar a competitividade da empresa.

2.2.5. Estado da arte do processo de estampagem

Neste tópico da revisão bibliográfica pretende-se abordar os desenvolvimentos recentes do processo de estampagem e as novas tendências relacionadas com este processo de fabrico. Na Tabela 5 é apresentado alguns dos trabalhos recentes desenvolvidos no âmbito deste processo.

O **processo de estampagem** é realizado atualmente de forma completamente automatizada, incluindo a alimentação da chapa e a recolha das peças produzidas. Com o rápido crescimento da produção de automóveis e a grande competitividade entre as indústrias nesta área, a estampagem tem sido desenvolvida e alvo de melhorias contínuas nesta indústria. Como resultado, a qualidade das peças produzidas por este processo de fabrico sofre um aumento significativo. Materiais de maior exigência no seu trabalho, como os AHSS e ligas de alumínio, têm sido aplicadas em peças automóveis e em consequência, também as ferramentas de estampagem têm sido adaptadas para trabalhar estes materiais.

O **processo de estampagem a quente** e as suas ferramentas têm sofrido desenvolvimentos ainda mais marcantes com o uso de materiais exigentes. Tal é devido a ser um processo comparativamente recente e permitir efetuar a têmpera das peças, tratamento este necessário com a utilização de alguns destes materiais [66, 67]. A têmpera localizada foi um conceito desenvolvido no últimos anos onde se pretende focalizar a tempera da peça apenas em zonas de interesse, conservando as restantes com boas propriedades plásticas [67].

A **utilização de softwares CAE** tem cada vez mais um papel importante no processo de estampagem, auxiliando no *design* do produto, da ferramenta e das fases do processo e ciclo da produção. A aplicação destes *softwares* não só auxilia o processo de estampagem como resulta em desenvolvimentos deste, principalmente na abordagem a novas peças. Nesta abordagem passou a ser possível recorrer não só ao conhecimento prévio da indústria, obtido por tentativa e erro em peças anteriores, como também validar os *designs* em formato virtual. Com a aplicação destes *softwares* foi possível melhorar a produtividade do processo logo a partir da construção da ferramenta. Tendo os próprios *softwares* sofrido melhorias, visto a sua crescente utilização e procura, as simulações efetuadas por estes tornam-se desta forma mais fidedignas [66].

Tabela 5 - Estado de arte do processo de estampagem

Autores	Descrição do trabalho
Niemietz, et al (2019) [51]	Neste trabalho é realizado com base em que a partilha de dados entre empresas e fornecedores possa trazer vantagens na redução de custos e melhoria da qualidade das peças produzidas. Assim, o autor apresenta três áreas onde a partilha de informação pode trazer benefícios no processo de estampagem em geral, e em específico na operação de corte. As áreas apresentadas são: a detecção da fase da operação de corte através da comparação com os dados dos ciclos prévios; o mapeamento da abertura e fecho da ferramenta, e a associação desta com a fase do corte; e o armazenamento de dados recolhidos, através de uma <i>network</i> mista de servidores locais e na nuvem de forma a ser capaz de lidar com o grande fluxo de dados, mantendo a segurança e a privacidade dos mesmos.
Monteiro, et al (2023) [68]	Os autores desenvolvem este trabalho com o objetivo de investigar o uso da realidade virtual como sistema de formação de operadores para troca de ferramentas. Em sequência deste objetivo, um segundo objetivo deste trabalho é avaliar se a introdução de este treino acrescenta disponibilidade à máquina, diminuindo aos tempos de formação com as ferramentas reais. Os autores concluem que realidade virtual é uma ferramenta útil para formação de operadores e que a disponibilidade da máquina é aumentada. Consegue-se uma redução de 50% no tempo gasto em formação de operadores com ferramentas reais.
Chantzis, et al (2023) [69]	No trabalho desenvolvido por estes autores é desenvolvido peças com treliças internas por fabricação aditiva de alumínio para utilização em estampagem a quente. As peças desenvolvidas são matrizes junto a canais de arrefecimento, onde a treliça diminuirá a massa térmica e afeta a capacidade de a matriz absorver calor da chapa. Este trabalho conclui que os designs de peças por fabricação aditiva avaliados diminuem o custo do fabrico das ferramentas, diminuindo o gasto de material, melhoram a eficiência térmica em cerca de 50% e a eficiência mecânica em cerca de 89%. O tipo de treliça com melhores resultados, e, portanto, proposto como solução neste trabalho é a treliça do tipo Schoen IWP.
Sun, et al (2024) [70]	Os autores abordam neste trabalho a formação de enrugamento em peças em meia esfera de parede fina pelos esforços compressivos circunferenciais. Os autores propõem um novo método de estampagem destes formatos recorrendo à aplicação de esforços locais, contrários ao movimento do punção. De forma a estudar este método os autores começaram por realizar uma análise teórica, utilizam também o software abacus para simular o processo e a formação de imperfeições, e posteriormente o processo foi validado experimentalmente. O trabalho conclui que a área necessária para aplicação de esforço contrário diminui com o aumento do curso do punção, o comprimento axial da peça é um fator crítico para tanto para a área como para a força aplicada em sentido contrário à do punção, e a aplicação correta das zonas de aplicação de esforço contrário consegue a estampagem de formatos em meia esfera sem a ocorrência de enrugamento nas condições validadas, material em alumínio 2024 e um rácio de espessura por diâmetro de 2,35%.
Brun, et al (2023) [71]	Neste trabalho os autores abordam o ajuste da força que o suporte da chapa exerce sobre a mesma desenvolvendo um novo design de suportes de chapa utilizando atuadores magnéticos reativos e desenvolvendo o algoritmo de controlo destes atuadores, procurando diminuir modos de falha típicos no processo de estampagem, como o enrugamento e a fratura da chapa. Os autores desenvolvem o sistema com um modelo de algoritmo em ciclo fechado e a partir de vários testes experimentais avaliam o <i>overshoot</i> e os erros percentuais da força aplicada inicialmente, assim como a constante τ , sendo esta referente ao tempo necessário para o sistema atingir 63% da força pretendida. Por fim os autores concluem sobre os efeitos destas variáveis no modos de falha comuns no processo de estampagem.

Huang, et al (2023) [72]	O trabalho desenvolvido pelos autores, segue uma tendência na divisão do suporte de chapa numa determinada operação de estampagem, permitindo controlar a força destes individualmente, o que permitirá melhorar a qualidade das peças produzidas. Devido ao elevado tempo de resposta de sistemas mecânicos ou hidráulicos, os autores desenvolvem um sistema eletromagnético. O sistema e a sua eficiência são validados numa ferramenta real para produção de uma peça automóvel.
--------------------------	--

2.3. Sistemas *Transfer*

Como abordado brevemente no capítulo 2.2.2, o processo de estampagem *transfer* utiliza um sistema *transfer* que faz a movimentação das peças entre as diferentes etapas de estampagem na ferramenta.

O sistema *transfer* pode ser descrito como um sistema automatizado que utiliza componentes mecânicos para realizar a sua função [49]. O princípio de funcionamento deste sistema está muito ligado ao princípio do próprio processo de fabrico onde se insere, e consiste numa estrutura que movimenta componentes de contacto com a peça, que realizam o apoio e aperto desta, e movimenta desta forma a peça entre operações de estampagem na ferramenta. Pode-se separar a movimentação do sistema em várias partes durante o ciclo, tais como o contacto com a peça, a movimentação desta, o depositar da peça e o retorno à posição inicial [73]. Neste capítulo irá se abordar estes sistemas com maior detalhe, os tipos de sistemas *transfer*, o sistema *transfer* como cadeia cinemática, os componentes de contacto com a peça usuais, o projeto de sistema *transfer* e ainda o estado de arte destes.

2.3.1. Tipos de sistemas

Devido à própria definição dos sistemas *transfer* ser bastante genérica, focalizando-se estritamente no propósito do processo de fabrico, diferentes tipos de sistemas existem na indústria cumprindo com o seu objetivo em aplicações e prensas diferentes. Neste capítulo irá se abordar os principais tipos destes sistemas existentes na indústria automóvel.

1. Sistema de barra ou de 3 eixos: Este sistema funciona com base numa barra que se movimenta em 3 eixos, de forma sincronizada com a abertura e o fecho da prensa, e suporta um ou mais braços, onde se estão fixados os componentes que realizam o contacto com a peça. A barra pode ser fixada e movimentada a partir da própria prensa ou a partir da ferramenta, e o seu movimento pode ser fixo ou programável pelo operador, alterando o tempo que cada etapa do ciclo demora [59, 61]. Atualmente prensas podem já vir equipadas com a barra, cuja a integração à prensa é já definida pelo fabricante e permitem assim a troca mais facilitada entre ferramentas e uma maior produtividade [74]. Na Figura 13 e na Figura 16 pode se observar este tipo de sistemas. Na Figura 13 vários passos são realizados na mesma ferramenta e o sistema trabalha em redor desta, na Figura 16 o sistema movimenta a peça entre várias ferramentas, que realizam apenas uma operação cada. Este tipo de sistema é indicado apenas para peças de pequena e média dimensão devido a problemas de instabilidade em peças maiores [73].

2. Braço robótico: Os sistemas *transfer* com braços robóticos permitem aproveitar a maior quantidade de graus de liberdade dos braços, quando comparados com os outros tipos de sistemas, e movimentar de forma mais expedita as peças entre operações de estampagem. Este tipo de estampagem é utilizado para transporte de peças de dimensões consideráveis entre várias ferramentas onde se realizam operações de estampagem distintas [61, 73]. A utilização deste tipo de sistema tem também as vantagens inerentes à utilização de braços robóticos nos processos de fabricos e das suas capacidades no geral. Os braços robóticos tem a capacidade de se adaptar a variações na peça e no material base e alterar o seu percurso ou força de contacto consoante essas variações. Também tem a vantagem de reduzir o erro humano e as variações provocadas pela troca dos operadores e o seu cansaço, evitando a necessidade de uma intervenção tão proeminente destes em troca de ferramentas. E ainda podem ser equipados de forma a recolherem e receberem dados, aproveitando as capacidades introduzidas pela indústria 4.0 [75]. Uma aplicação comum deste sistema é no transporte da chapa entre a fornalha e a ferramenta nos processos de estampagem a quente [76]. Os braços robóticos podem ser equipados com barras transversais, que seguram a peça pela sua zona superior, utilizando força de sucção, à semelhança dos sistemas abordados em seguida [77].
3. Barra atravessada: Os sistemas de barra atravessada ou barra atravessada de alimentação por copos, do inglês *Cross-Bar Cup Feed Transfer* (CCFT), são sistemas que seguram e transportam as peças por força de sucção, através de barras montadas transversalmente ao longo da ferramenta de estampagem, pode-se observar um esquema do funcionamento deste sistema na Figura 17. Este sistema foi desenvolvido para a indústria automóvel numa parceria entre Hitachi Zosen e a marca Honda em 1986, com o propósito de solucionar o problema de instabilidade ao transportar peças de maiores dimensões com o sistema de três eixos. Algumas das vantagens da utilização deste sistema, comparativamente aos anteriores, são: movimenta a alta velocidade de peças grandes e de baixa rigidez; possibilidade de movimentar simultaneamente mais que uma peça; pode ser ajustado a várias ferramentas; o período de ajuste de novas ferramentas é encurtado devido a existir menos ajustes e variações neste sistema *transfer*. O sistema *transfer* CCFT pode ser equipado com componentes que expandem as suas capacidades. Exemplos destes equipamentos são motores servo, que podem ser utilizados para rodar a barra transversal ou deslocamento na longitudinal da ferramenta, ajustando assim a posição com que a peça é depositada e a sua posição na ferramenta, além do avanço já estipulado. Quando este sistema transporta mais quem uma peça simultaneamente, a distância entre elas pode ser ajustada durante o trajeto, possibilitando reduzir as ferramentas apenas ao tamanho necessário [59].

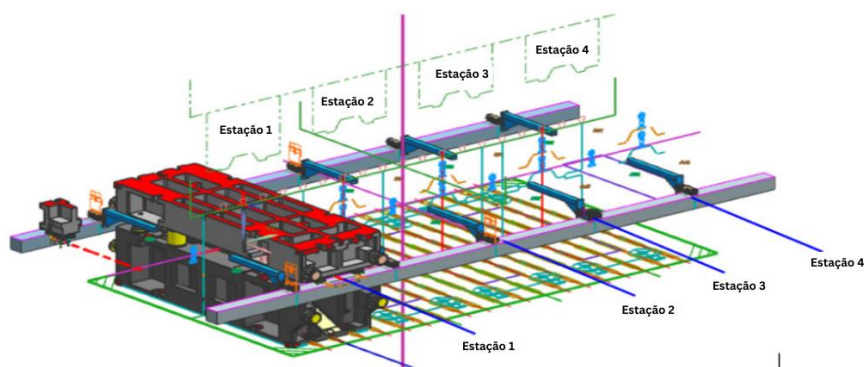


Figura 16 - Sistema transfer de 3 eixos em modelação 3D, representação das barras e braços do sistema para cada etapa do processo (adaptado de [77]).

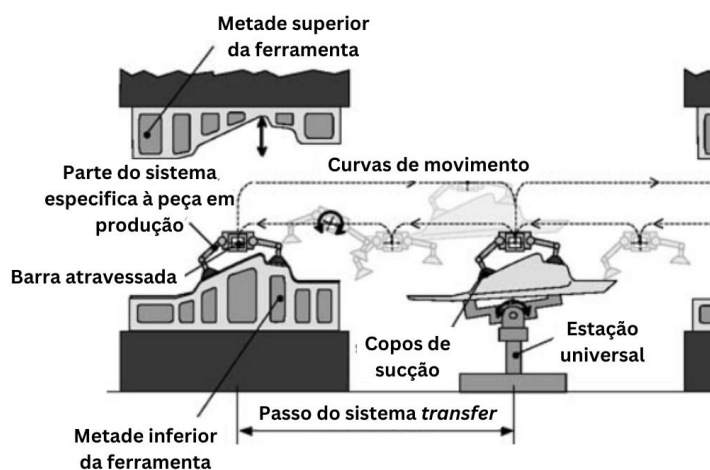


Figura 17 - Esquema do funcionamento de sistema transfer CCFT (adaptado de [73]).

2.3.2. Sistema *transfer* como cadeia cinemática

Os sistemas transfer são constituídos por um componente fixo e um componente móvel, estes dois conectados por uma série de ligações e extensões rígidas necessárias para posicionar a parte móvel no espaço, como por exemplo os componentes de sucção em sistemas transfer CCFT. Desta forma os sistemas transfer podem também ser vistos como uma cadeia cinemática. Estas podem ser descritas como um mecanismo ou conjunto de elementos rígidos, interligados por componentes que conferem graus de liberdade à estrutura e definem a posição da mesma [78, 79].

As cadeias cinemáticas podem ser classificadas mediante a sua topologia como sendo abertas ou fechadas. Uma cadeia cinemática aberta é assim designada quando existe apenas uma sequência de ligações e elementos a conectar as duas extremidades da cadeia. Numa cadeia cinemática fechada os elementos formam um ou mais ciclos. Numa cadeia cinemática as ligações podem-se classificar como prismáticas, quando possibilitam o movimento numa direção retilínea específica, ou de revolução, quando permitem rotação. Juntas de maior complexidade podem ser descritas a partir de juntas prismáticas e de revolução [80].

Os sistemas *transfer*, analisados como uma cadeia cinemática, são cadeias abertas, pois existe apenas uma sequência de elementos rígidos e ligações, entre a base do sistema e os elementos de contacto com a peça. O exemplo mais obvio desta análise são os sistemas transfer por braço robótico, pois o braço robótico é já em si uma cadeia cinemática aberta [81]. As cadeias cinemáticas têm como maior desafio no seu funcionamento o posicionamento do end-effector ou elemento final. Este é o elemento da cadeia que realiza o trabalho pretendido, no caso de um sistema transfer, este é o elemento de contacto com a peça. Este desafio é abordado por normativas de forma a garantir que máquinas na indústria cumpram com um posicionamento mínimo e garantem também desta forma a qualidade das peças por elas produzidas. Algumas destas normativas são a norma ISO 10360, que se dedica a testes de verificação dos métodos de medição do posicionamento das máquinas e a norma ISO 230-2 que especifica métodos de teste da precisão de máquinas com controlo numérico [80, 82]. A precisão da máquina varia com a complexidade e o número das ligações existentes, assim como o tamanho dos elementos a serem ligados. Sistemas transfer que efetuem movimentos de maior complexidade precisam também de ligações mais complexas ou um maior número de ligações e elementos, e dessa forma, a precisão desse sistema vai ser mais diminuta. O posicionamento incorreto dos end-effectors de sistemas transfer e a consequente baixa precisão do posicionamento das peças é uma das falhas que mais impacto tem na qualidade das peças produzidas por estampagem. Estudos indicam ainda que a posição em que o end-effector suporta a peça tem um impacto substancial em peças de grandes dimensões e de baixa rigidez. O mau posicionamento dos end-effectors nessas peças pode induzir deformações plásticas indesejáveis ainda no transporte da peça, afetando a qualidade das destas e a velocidade a que o sistema pode funcionar [83].

2.3.3. Componentes de contacto

Um sistema *transfer* necessita de um componente ou um conjunto de componentes que realize o contacto com a peça, efetivamente a apoie e aperte, e possibilite o transporte desta entre operações de estampagem. Estes componentes são sujeitos a todos os esforços a que o sistema transfer também é e afetam diretamente a qualidade da peça produzida. Desta forma a seleção correta destes componentes para cada aplicação é um fator importante no projeto do sistema transfer.

Os componentes de contacto mais utilizados são os seguintes:

1. *Grippers*: os *grippers* ou garras, Figura 18, são componentes com um movimento de abertura e fecho das suas extremidades, movimento este utilizado para fazer o apoio e aperto das peças para o seu transporte. Este tipo de componente de contacto é utilizado de forma mais consistente em sistemas *transfer* de 3 eixos [84]. O acionamento destes componentes para a utilização em sistema *transfer* é maioritariamente realizada de forma pneumática. Existem fabricantes de garras que as produzem de forma específica para a utilização com chapas e em sistemas *transfer*. Para se utilizar estes componentes é necessário utilizar também elementos de ligação destes ao resto do sistema, estes componentes podem ser juntas com ajuste, como as juntas esféricas na Figura 18 e Figura

19, ou apenas placas de fixação [85]. De forma a coordenar o movimento das várias garras e detetar possíveis falhas no posicionamento das garras ou peças, utiliza-se sensores que detetam se a garra já esta corretamente posicionada em relação à peça que irá apertar, antes de realizar esse aperto. Existem vários tipos de sensores possíveis de utilizar junto das garras em sistema *transfer*, no entanto os métodos de deteção da chapa mais utilizados são os sensores óticos e os sensores de proximidade, que podem ser indutivos, capacitivos ou magnéticos [85, 86]. Na Figura 19 é possível observar um sensor ótico com a representação da sua linha de deteção da chapa.

2. Copos de sucção: Estes componentes são utilizados em sistemas *transfer* CCFT ou sistemas de braço robótico que suportam a peça pela sua face superior, como abordado brevemente no capítulo 2.3.1. Os copos de sucção, Figura 20, encostam-se à peça durante o funcionamento do sistema e vedam parte da sua superfície, criando posteriormente vácuo e segurando a peça dessa forma. Assim, o acionamento destes componentes é de forma pneumática [59, 73]. Tal como acontece com as garras, fabricantes produzem estes componentes de forma específica para estes sistemas, particularmente para sistemas *transfer* aplicados em sistemas de estampagem a quente. Nestes sistemas os copos de sucção tem de ser capazes de resistir a variações térmicas cíclicas [87, 88].
3. Colheres e pinos posicionadores: A função destes componentes é de servir de apoio e de posicionamento das peças a serem transportadas em relação ao sistema *transfer*, com o objetivo de, com o auxílio dos elementos de aperto apresentados anteriormente, garantir que a peça será posicionada de forma correta no posto de estampagem seguinte. No caso das colheres, estas são constituídas por elementos soldados que se encostam nas arestas da peça e a suportam pelo lado inferior da chapa. Os pinos de posicionamento servem para posicionar a peça por furos durante o seu transporte, estes elementos nem sempre são possíveis de se utilizar, por não haver furos disponíveis que possam ser utilizados para esse efeito. Os pinos de posicionamento tem a desvantagem de, mediante a aplicação em causa, atrasar a cadência da prensa por implicar um maior movimento do sistema *transfer* a se separar da peça. Ambos os componentes estão representados na Figura 21.



Figura 18 - Garra para sistema transfer com junta esférica e sensor ótico [89].

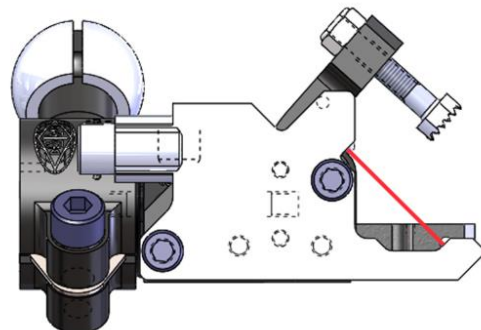


Figura 19 - Linha de deteção de um sensor ótico acoplado a garra [90].



Figura 20 - Copos de sucção para estampagem a quente [87].



Figura 21 - Colheres e pinos de posicionamento (adaptado de [91]).

2.3.4. Projeto de sistemas *transfer*

O projeto e a construção dos sistemas *transfer* tem início após a construção da ferramenta de estampagem a qual vai trabalhar em conjunto, sendo que será essa a definir a necessidade de movimentação da peça ao longo da prensa. É também de elevada relevância para o projeto do sistema a peça que irá movimentar, nomeadamente a sua rigidez, de forma a se garantir o suporte da peça na melhor posição.

O sistema *transfer* deverá movimentar a peça ao longo da prensa, e para o conseguir de forma mais otimizada, garantindo o OEE desejado da máquina e a qualidade da peça produzida, o projeto do sistema deverá ter em consideração a sua rigidez e capacidade de absorção de vibrações em acelerações durante o transporte da peça, a capacidade de carga e diminuição do seu peso e inércia. A diminuição do peso e inércia são de relevância acentuada em sistemas movidos por braços robóticos, devido a influenciarem consideravelmente o tamanho necessário destes e o seu consumo energético [92].

Atualmente, fabricantes de sistemas *transfer* apresentam soluções de braços e juntas, que fazem a ligação do componente de contacto com a peça e a base do sistema, maioritariamente em perfis tubulares [93, 94]. Esta ligação é tão mais complexa quanto maior a distância da peça à base do sistema como também a própria peça e a zona em que esta deverá ser suportada, e ainda o movimento que a peça deverá realizar. Com o aumento da complexidade, o sistema *transfer* aumenta o seu número de juntas e extensões tubulares, como ainda poderá necessitar de componentes que realizem movimentos localizados da peça extras ao movimento base do sistema *transfer*, como rodar a peça ou movimentá-la linearmente num outro eixo [95].

Nos sistema de 3 eixos, os braços do sistema *transfer* são usualmente afixados a um perfil de alumínio, que permite o ajuste dos braços ao longo do seu comprimento, facilitando a montagem e a normalização dos sistemas. Este perfil pode ser fixo à barra do sistema *transfer* que proporciona a movimentação em sincronia com a prensa pelo lado superior ou lateral desta, mediante o espaço disponível, que varia conforma a ferramenta de estampagem a ser utilizada. Nas Figura 22 e Figura 23 pode se visualizar sistemas *transfer* de 3 eixos, para serem fixados pelo lado superior e lateral da barra, respetivamente.



Figura 22 - Sistema *transfer* de 3 eixos com fixação superior [93].

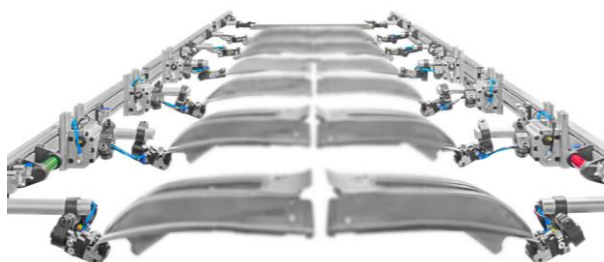


Figura 23 - Sistema *transfer* de 3 eixos com fixação lateral [93].

Em sistemas *transfer* CCFT sua construção é realizada em torno de uma ou mais barras atravessadas transversalmente na ferramenta, como implica o próprio nome destes sistemas. Estas barras são fixas à base do sistema que impõe a movimentação deste de forma sincronizada com a prensa. De forma mais tradicional, também estas barras são em perfil tubular de onde se estendem vários braços semelhantes ao que se encontram nos sistemas de 3 eixos, no entanto com o componente de contacto sendo copos de sucção [94], visível na Figura 23. Existem, no entanto, abordagens diferentes no mercado, como soluções em compósito em que as barras transversais são constituídas por uma estrutura não tubular, que confere uma maior rigidez e redução do peso [92], visível na Figura 25. Nos sistemas por braços robótico é usual se utilizar uma estrutura semelhante com a dos sistemas CCFT, sendo o movimento neste caso promovido pelo próprio braço robótico.



Figura 24 - Sistema *transfer* CCFT em perfil tubular (adaptado de [94]).



Figura 25 - Sistema *transfer* CCFT com componente em material compósito (adaptado de [92]).

2.3.5. Estado da arte de sistemas *transfer*

Os sistemas *transfer* são alvos de uma melhoria contínua, de acordo com os conceitos *kaizen* e a sua forte influência na indústria automóvel, onde estes sistemas são fortemente utilizados. Neste sentido existe um esforço contínuo na procura por uma melhor performance do sistema e dos seus componentes, assim como na sua integração na máquina, evitando paragens na produção.

Este capítulo pretende apresentar, de forma sintetizada, alguns dos trabalhos mais recentes desenvolvidos no âmbito de sistemas *transfer* e a sua melhoria, assim como as tendências recentes no estudo deste sistemas. Os trabalhos apresentados encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Estado de arte de sistemas *transfer*

Autores	Descrição do trabalho
Rao, et al (2022) [96]	Neste trabalho, o autor utilizou o <i>software</i> de simulação Moto Sim EG17 para modelar um braço robótico capaz de operar diferentes <i>grippers</i> e realizar funções de pegar e largar. Este braço têm aplicações variadas, entre elas a movimentação de chapas em processos de estampagem.
Chen, et al, (2023) [97]	No trabalho realizado por estes autores, um processo de estampagem a quente foi adaptado de forma a diminuir o tempo de troca de ferramentas. Nesta adaptação, o sistema transfer CCFT utilizado previamente foi adaptado com o objetivo de, com apenas ajustes mínimos, transportar vários conjuntos de peças para ferramentas diferentes.
Schorr, et al (2023) [98]	Os autores desenvolveram este trabalho com o objetivo de projetar um <i>gripper</i> capaz de suportar altas temperaturas, para ser utilizado em robôs colaborativos em aplicações de fabrico aditivo, ou para processos de forjamento ou estampagem a quente. Este <i>gripper</i> é capaz de suportar temperaturas em condições de trabalho de até 1000°C. Para tal foi utilizado materiais específicos, como uma liga de alumínio 4140 de fabricação customizada.
Glorieux, et al (2019) [99]	Neste trabalho é investigado pelos autores a otimização da trajetória em sistemas de vários robôs para movimentação de peças com rigor dimensional, evitando a sua deformação durante o movimento, tendo em consideração a força de aperto do <i>end-effector</i> , as deformações plásticas da peça e a coordenação entre robôs. Os autores propõem um modelo em programação não linear para coordenação dos robôs e minimização das deformações na peça. A trajetória obtida pelo modelo é testada num caso real, onde se obteve uma redução de até 12% das deformações no transporte da peça.

3. Desenvolvimento

Durante o capítulo de desenvolvimento será descrito o trabalho realizado nesta dissertação pelo autor. Este capítulo engloba as primeiras 5 etapas da metodologia DSR utilizada, resultando na análise do processo de fabrico e dos sistemas *transfer* atuais, a identificação de oportunidades de melhoria e definição de objetivos, o desenvolvimento de novas soluções e a sua implementação.

3.1. Empresa de acolhimento

A dissertação foi desenvolvida na empresa Gestamp Automoción, a qual acolheu este projeto e o promoveu. A Gestamp Automoción é uma empresa especializada em *design*, desenvolvimento e produção de componentes para a indústria automóvel, produzindo peças como componentes de chassis, componentes estruturais, como caixas de baterias, e mecanismos, como dobradiças e batentes de portas. O grupo Gestamp tem ainda capacidade interna de desenvolvimento e produção de ferramentas necessárias à obtenção dos variados componentes automóveis que produz, como também, através da sua subsidiária Loire, capacidade de produção e desenvolvimento de prensas hidráulicas [100].

Desde a sua criação, em 1997, a Gestamp Automoción cresceu de uma única fábrica a produzir peças por estampagem para o estado atual, em que se encontra representada em 24 países através de fábricas, centros de desenvolvimento e escritórios, contando com a colaboração de mais de quarenta e quatro mil funcionários [101, 102]. A distribuição da presença da empresa pelo mundo pode ser observada na Figura 26.

A Gestamp tem como visão *“Ser o fornecedor automóvel mais reconhecido pela sua capacidade para adaptar os negócios até à criação de valor para o cliente, mantendo um desenvolvimento económico e social sustentável”* e para este objetivo atua sobre 5 princípios denominados de princípios corporativos [103]:

1. O cliente como centro do negócio: A base do negócio deverá ser a satisfação do cliente, a partir do fornecimento de produto com alto valor em termos de inovação, preço, qualidade, segurança e impacto ambiental, garantindo desta forma a prosperidade do negócio do cliente, e a construção de relações prosperas entre a Gestamp e estes;
2. A excelência operacional como prática habitual: O sector automóvel é um sector competitivo e, para se destacar pela excelência, a Gestamp deverá apresentar

operações também excelentes, através do rigor, cumprimento, sentido de urgência e esforço por uma melhoria constante;

3. A inovação como via do progresso: A partir da inovação, o grupo Gestamp deverá ser capaz de consolidar a liderança e se diferenciar na indústria, proporcionando alternativas de produtos e processos, e conferindo valor aos clientes;
4. A sustentabilidade como permanência no tempo: A solidez financeira, rentabilidade, prudência no risco e respeito pelos diferentes ambientes onde a Gestamp opera são as melhores garantias para assegurar o futuro do grupo;
5. As pessoas como artífices do êxito: O talento, motivação e capacidade das pessoas para trabalho em equipa são um ativo essencial no êxito da Gestamp. Desta forma, o grupo deve fomentar o desenvolvimento humano e profissional dos colaboradores e induzir assim a execução dos restantes objetivos.



Figura 26 - Localizações das fábricas e centros de investigação da Gestamp (adaptado de [102]).

A Gestamp Automoción utiliza na produção dos variados componentes automóveis que produz uma vasta seleção de tecnologias e processos de fabrico. As tecnologias de conformação com maior relevância na empresa são a estampagem a frio, a estampagem a quente e estampagem a quente *multistep*, esta forma de estampagem a quente é realizada em vários passos com um arrefecimento controlado e permite estampar aços de elevada resistência. Também é utilizado *rollforming* e *hydroforming* ou conformação hidráulica, TWB e *pathwork*, que permitem obter componentes de diferentes espessuras e materiais. A empresa utiliza ainda processos como a soldadura em variadas condições e tipos, realizada a montagem de subconjuntos e também alguns tratamentos superficiais [104].

- **Gestamp Aveiro**

Em 1988 foi fundada a sociedade Taval, indústria de acessórios de automóveis, Lda, que iniciou a atividade de fabrico de componentes automóveis metálicos. Esta sociedade foi comprada pelo grupo Gestamp Automoción em 2001, altura em que alterou a denominação para Gestamp Aveiro, SA, ficando inserida na divisão Europa Sul do grupo [105]. A Gestamp Aveiro (GAV) é uma das atuais 3 fábricas da Gestamp em Portugal e situa-se em Nogueira de Cravo no distrito

de Aveiro , sendo as outras localizadas em Vila Nova de Cerveira e Vendas Novas [106]. A GAV produz maioritariamente componentes de reforço estrutural, sistemas de impacto, *crossmembers*, componentes de eixos, componentes de chassis e pedaleiras, através dos processos de estampagem a quente e a frio, soldadura, montagem e pintura [105].

A visão da GAV é, conforme apresenta na sua declaração ambiental de 2022 [107], “*Ser reconhecida como uma empresa modelo do Grupo Gestamp, através de um desempenho exemplar, superando de forma sustentável as expectativas das partes interessadas*”. Para atingir esse objetivo a GAV tem a sua missão dividida em 5 pontos distintos [107]:

1. Garantir a satisfação dos objetivos dos clientes, superando ainda a rentabilidade esperada pelos acionistas;
2. Atrair um volume de negócios superior através do evidenciar das suas capacidades junto do grupo Gestamp;
3. Promover a segurança, bem-estar e satisfação das pessoas, assegurando o respeito pelas legislações em vigor;
4. Conseguir uma gestão eficaz dos seus recursos com o desenvolvimento das competências dos seus colaboradores;
5. Com a redução de desperdício e custos supérfluos, e através da inovação, melhorar continuamente os seus processos.

Desde 2019 a GAV tem sofrido um decréscimo no seu número de colaboradores permanentes, conforme se pode observar na Figura 27.



Figura 27 - Número de colaboradores da GAV (adaptado de [107]).

A GAV conta com vários tipos de tecnologias e processos de fabrico na sua produção, e para tal contém no seu *layout* fabril várias zonas de produção, distintas nos processos que utilizam e no funcionamento, o que promove uma melhor organização e funcionamento logístico. As zonas dividem-se conforme a Figura 28.

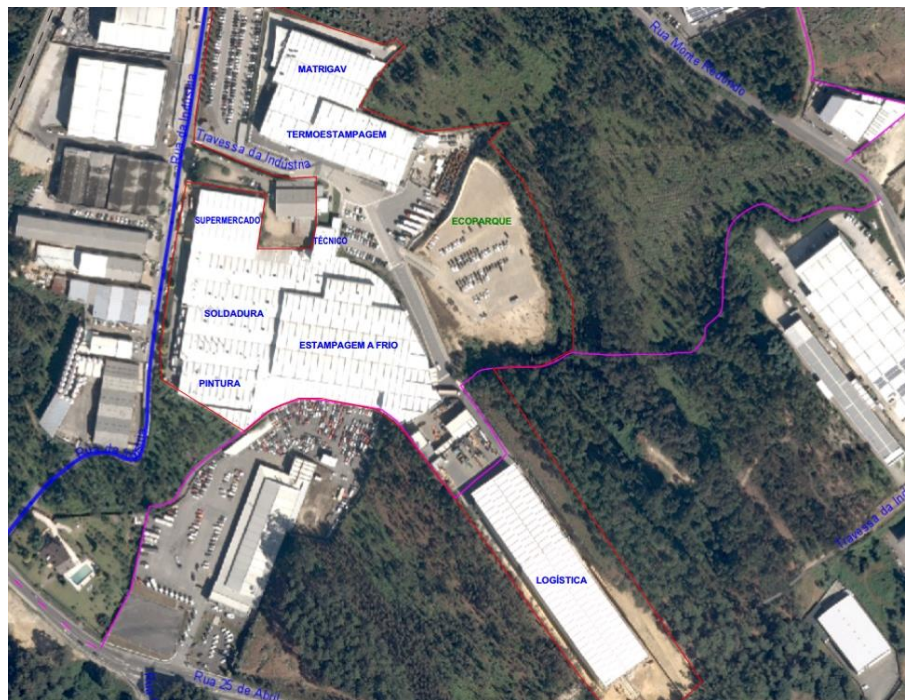


Figura 28 - Layout fabril da GAV.

Na zona de estampagem a frio, a GAV conta com um total de 15 prensas. As prensas de estampagem a frio são prensas mecânicas de corpo em C até 250 toneladas e corpo fechado para forças superiores, e o seu número e tonelagem divide-se conforme o seguinte: uma prensa de 200 t; duas prensas de 250 t; cinco prensas de 400 t; duas prensas de 630 t; uma prensa de 710 t; duas prensas de 800 t; uma prensa de 1000 t; e uma prensa de 1250 t. Apenas a prensa de 200 t é da marca Dalteco e uma prensa de 400 t da marca Fagor, as restantes prensas são da marca Arisa. A zona de Termo estampagem ou estampagem a quente conta com uma prensa hidráulica da marca Loire de 1200 t e seis células de corte a laser. A zona de pintura contém uma estação de pintura por cataforese, uma estação de lavagem de peças e duas estações de montagem. A soldadura contém na sua zona 43 células de soldadura por resistência, que trabalham com o auxílio de 89 braços robóticos, 10 células de soldadura MAG com o auxílio de 18 braços robóticos, e ainda duas células de soldadura por *capacitor discharge welding* e três estações de montagem.

3.1.1. Departamento de trabalho

Esta dissertação foi desenvolvida de forma mais concreta no âmbito do departamento de manutenção de ferramentas (DMF) da GAV. O DMF está dividido em 6 equipas, sendo estas a equipa de engenharia de manutenção de ferramentas, e 5 equipas de serralharia divididas pelas áreas de trabalho de estampagem a quente, estampagem a frio para prensas de 200 a 630 toneladas, estampagem a frio para as prensas de 710 a 1250 toneladas, ala sul e ala norte da soldadura.

As equipas de serralharia do DMF realizam as atividades de manutenção preventiva das ferramentas de estampagem e soldadura, designadamente limpeza das ferramentas e

verificação da integridade e capacidade de trabalho de certos componentes. Estas equipas realizam também as atividades de manutenção corretiva, nos quais os serralheiros atuam durante o funcionamento de uma ferramenta para consertar componentes que estejam a impedir a produção de peças com a qualidade pretendida.

A equipa de engenharia de manutenção de ferramentas realiza a definição das ordens de manutenção preventiva, mediante as necessidades das ferramentas e a sua solicitação, estipulando os componentes e a frequência com que estes deverão ser substituídos e as ações de conservação e verificação de integridade das ferramentas a se realizar. Esta equipa do DMF realiza o projeto e acompanhamento de elementos substitutos, para serem substituídos na manutenção preventiva ou corretiva, e o projeto de melhorias para as ferramentas, após uma análise em conjunto com as equipas de serralharia na receção de novas ferramentas ou no decorrer do trabalho de uma ferramenta, ao se detetar modos de falha desta. A equipa de engenharia de manutenção realiza também alguns projetos de estruturas e soluções industriais para o chão de fábrica, e as ações de compra de componentes de ferramentas e acessórios para a serralharia e chão de fábrica.

3.2. Proposta de trabalho

O desenvolvimento da indústria automóvel durante as últimas décadas impulsionou avanços tecnológicos, logísticos e de gestão que permitem que esta indústria funcione com alto rigor e disciplina, o que possibilita o fabrico de peças de forma expedita, com elevada qualidade e em cadeias de fornecimento complexas e sensíveis a variações nas produções dos variados componentes que constituem um automóvel. No entanto, este desenvolvimento impulsionou também uma enorme competitividade na indústria entre OEM's e entre fornecedores. As evoluções mais recentes na indústria, como a maior representatividade no mercado dos veículos elétricos e de hidrogénio, e acontecimentos como a crise pandémica derivada do vírus covid-19 em 2019 e 2020, resultaram em alguma fragilidade e reforçaram a necessidade de as empresas serem competitivas e capazes de assegurar a sua sobrevivência e adaptação a novas circunstâncias. Para que as empresas se tornem mais competitivas e com maiores garantias de sucesso, o rendimento dos seus processos de fabrico deve ser o mais alto possível, pelo que é comum existir atividades de melhoria contínua a ocorrer nestes processos.

A GAV inclui-se também nesta indústria e é também exposta a esta elevada competitividade. Assim, é normal a mentalidade de melhoria contínua na gestão e operação da GAV com o objetivo de se atingir o maior possível *overall equipment effectiveness* ou OEE. O OEE é uma medida de produtividade, que pode ser aplicado em várias circunstâncias, como numa prensa de estampagem, caso em que permite notar a percentagem de tempo que a prensa produziu peças com a qualidade pretendida e o tempo potencial que ainda conseguirá produzir peças conformes. Na GAV, iniciativas de melhoria dos processos são incentivadas aos colaboradores e são regularmente criados grupos de trabalho dedicados a certas melhorias de maior relevância e potencial retorno. Estes grupos de trabalho denominam-se *want to be condition* (wtbc) e definem as orientações para onde a GAV deverá se desenvolver no âmbito dos seus processos, logística e tecnologias que aplica nestes.

Ao notar uma baixa de OEE de dimensão considerável nas prensas de estampagem *transfer* derivada dos sistemas *transfer* e a baixa disponibilidade que alguns destes sistemas apresentam, surgiu a iniciativa de melhoria destes sistemas e a proposta da presente dissertação. A iniciativa de melhoria deverá incidir sobre os sistemas *transfer* e o seu funcionamento de forma transversal a todas as prensas com ferramentas *transfer*, mas é, no entanto, conferido destaque à prensa de 1250 t devido ao seu elevado custo operacional comparativamente às outras prensas, e consequentemente, maior potencial retorno mediante conclusão satisfatória da proposta de trabalho e a implementação de uma ou mais melhorias com sucesso. Acrescentando ainda maior relevância na prensa 1250 t, esta trabalha com ferramentas de maiores dimensões e complexidade, que necessitam também assim de sistemas *transfer* mais complexos e os quais servem como um teste mais fidedigno das melhorias e da sua transversalidade a outras ferramentas. Desta forma, foi definido o objetivo de melhorar a produtividade dos sistemas *transfer* e também as etapas para se atingir este objetivo, conforme se apresentam de seguida:

1. Familiarização com o processo de fabrico e as tecnologias envolvidas;
2. Avaliação dos erros no sistema de produção existentes;
3. Pesquisa das necessidades relacionadas ao posicionamento e afinações no processo de estampagem;
4. Definição de soluções alternativas para o sistema proposto;
5. Desenvolvimento da solução escolhida para o posicionamento e afinação do sistema;
6. Implementação da solução em chão de fábrica;
7. Validação da melhoria pretendida;
8. Análise de custos e retorno do investimento.

Este capítulo começa a etapa 1 da metodologia DSR utilizada, onde se analisa o conceito atual dos sistemas *transfer* e o ambiente e as condições em que estes operam dentro da GAV. Esta etapa realiza ainda a identificação das limitações e problemas do conceito atual, a solucionar no sistema proposto.

3.2.1. Caracterização do processo e sistemas *transfer* existentes

Devido ao elevado volume de negócios da GAV e a necessidade de responder com os prazos impostos pelos clientes, a GAV trabalha a 3 turnos diários de 8 horas nas suas zonas de produção. A zona de produção da estampagem a frio contém 3 zonas de armazenamento de ferramentas de estampagem, a partir dos quais estas são transportadas utilizando pontes rolantes de capacidade até 40 t. Das zonas de armazenamento as ferramentas são transportadas para as prensas onde deverão trabalhar, de acordo com o planeamento de produção estipulado e, após a produção, as ferramentas seguem para as áreas de manutenção de ferramentas para realização da manutenção conforme o planeamento. Os sistemas *transfer* são armazenados em gavetas (Figura 29) e transportados com o auxílio de empilhadoras para as prensas, onde são montados juntamente com a ferramenta com que trabalham. As gavetas

podem ser armazenadas empilham-se várias delas em altura em locais próprios (Figura 30 – B) ou em estruturas de vários andares projetadas para este efeito (Figura 30 – A).



Figura 29 - Gavetas para armazenamento de sistema *transfer*

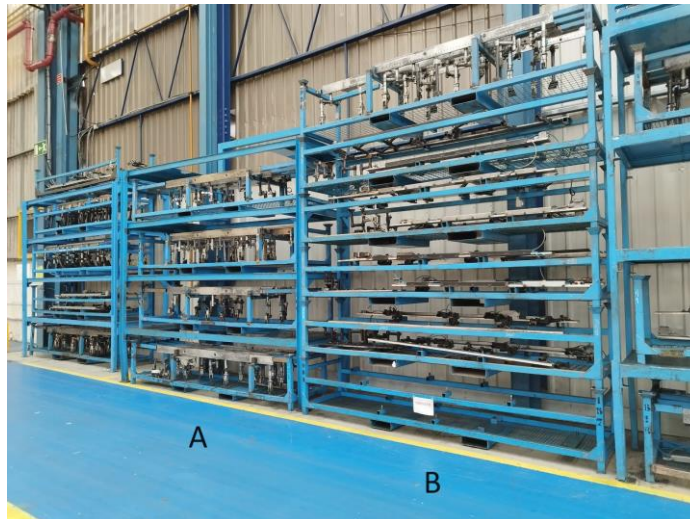


Figura 30 - Armazenamento das gavetas: A- gavetas em estrutura; B- gavetas empilhadas na vertical

A preparação das ferramentas de estampagem e dos sistemas *transfer* acontece à priori destes entrarem na prensa. As ferramentas são montadas numa mesa de prensa suplente e os sistemas *transfer* em barras *transfer* suplentes, que serão trocadas pelas que se encontram naquele momento a produzir de forma a reduzir o tempo de *setup* que influencia a produção da prensa (Figura 31, Figura 32). Após a preparação das ferramentas e sistemas *transfer* no exterior da prensa, as mesas de prensa são trocadas de lugar e apenas é necessário apertar a ferramenta que irá iniciar a produção na prensa.

Os sistemas *transfer* que existem na área produtiva de estampagem a frio da GAV são sistemas de barra ou de 3 eixos. Estes sistemas são montados nas barras *transfer* das prensas por apertos rápidos na zona frontal da barra (Figura 31) ou por apertos roscados nas zonas superior ou frontal da barra (Figura 32). As barra *transfer* são dividida em 3 secções, a secção do lado da alimentação, a secção do lado da saída, e a secção central. É a secção central que é desmontável e onde se preparam os sistemas *transfer* antes da produção. Os sistemas *transfer* são constituídos pelo conjunto dos braços e componentes de contacto com a peça, e o que se denomina internamente de sobrebarra, que irá realizar a fixação à barra da prensa, que transmite o movimento de translação do passo da ferramenta ao sistema *transfer*, através dos

apertos acima descritos. Poderão ainda existir componentes motorizados ou pneumáticos que acrescentem movimento ao sistema de forma a rodar a peça ou a transladar de uma distância diferente do passo. No entanto, estes componentes apenas são incluídos no caso de o processo necessitar, o que não é usual. Os sistemas *transfer* de aperto rápido frontais são contruídos com sobrebarras em perfis de alumínio (Figura 31 - A) ao contrário dos sistemas com aperto roscado, que são construídos com sobrebarras em formato de placa de aço (Figura 33- C). Durante o projeto de novas ferramentas e dos seus sistemas *transfer* têm-se é se priorizado o projeto dos sistemas com a utilização de sobrebarras de aperto rápido, devido aos tempos de montagem serem mais breves e as sobrebarras em alumínio terem uma melhor rigidez específica e promoverem um melhor controlo do movimento das peças. No entanto, nem sempre é possível utilizar este tipo de sobrebarras devido às limitações físicas de algumas ferramentas e o espaço interno das prensas, que impossibilita a ocupação do espaço frontal à barra *transfer* da prensa pelo sistema *transfer*.

As sobrebarras são tipicamente divididas em 2 partes para sistemas que trabalham na prensa de 1250 t, de forma a reduzir o peso de cada conjunto e facilitar a montagem na barra por parte dos montadores. Para a prensa de 1250 t, cada conjunto de sobrebarra e componentes adjacentes tem 2700 mm de comprimento e pode chegar a 30 kg de massa. Na Figura 31 pode-se observar uma sobrebarra e os componentes a ela fixos, pertencentes a um sistema *transfer* para a prensa de 1250 t.

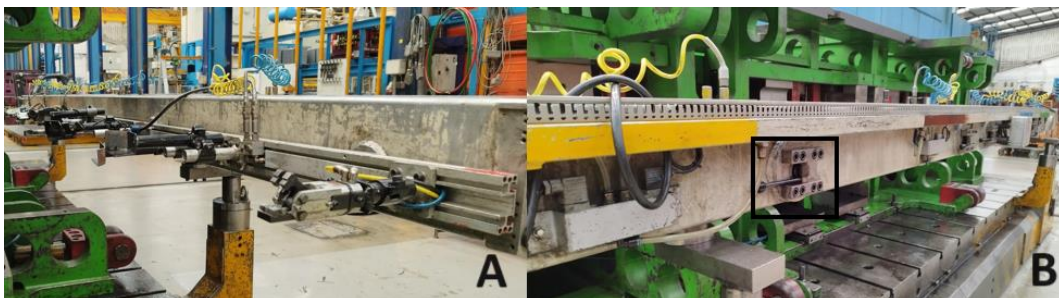


Figura 31 – Sistema *transfer* montado no exterior da prensa em barra *transfer*. A – Sistema *transfer* com sobrebarra em perfil de alumínio para aperto rápido montada na barra *transfer* da prensa; B – Vista traseira da barra *transfer* com realce no aperto rápido

Os componentes de contacto com a peça e os braços do sistema tendem a ser soluções comerciais ou construídos a partir de componentes normalizados. Os braços são constituídos por perfil tubular redondo em aço e que podem diferir na sua espessura, sendo que o diâmetro exterior será sempre aproximadamente constante entre os vários sistemas, de forma a garantir o acoplamento às juntas normalizadas, estas também maioritariamente construídas em aço. Os componentes de contacto são na sua maioria garras pneumáticas com ajuste de fecho por parafuso (Figura 33 – A). Apesar disto, também se utiliza, em sistemas para peças cujo formato permita e necessite, colheres soldadas (Figura 33 – B) de forma a dar suporte à peça durante o seu transporte ou para a transportar totalmente no caso de o formato da peça o possibilitar.



Figura 32 - Sistema *transfer* montado no exterior da prensa em barra *transfer*, com realce nos apertos roscados utilizados.

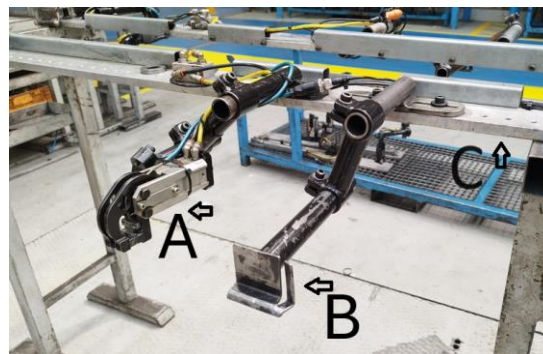


Figura 33 - Componentes de contacto usuais e sobrebarra: A- garra pneumática com ajuste de fecho por parafuso; B- colher soldada; C – Sobrebarra do sistema *transfer* em formato de placa.

3.2.2. Tempos de paragem atuais

A GAV e os seus colaboradores produzem relatórios diários, semanais, quinzenais e mensais sobre todas as suas máquinas e áreas de produção. Estes relatórios contêm informação sobre o rendimento das máquinas, tempos em produção, manutenção e avaria, e ajuste dos equipamentos e ferramentas. Estas informação representadas em gráficos tanto em conjunto como de forma isolada. Nos relatórios diários é possível encontrar-se anotações acerca das pausas na produção que as máquinas terão sofrido. Estas notas são colocadas pelos operadores das máquinas em causa, que indicam nelas o motivo da pausa e, caso aplicável, a solução da ocorrência. Nos relatórios de espaço temporário maior, nomeadamente nos relatórios mensais, podem-se encontrar linhas horizontais que marcam o rendimento objetivo que se pretende atingir, representados nos gráficos da generalidade da máquina. Estas linhas permitem observar de forma facilitada o estado de funcionamento das áreas produtivas e permitir uma comparação em relação aos objetivos. Nestes relatórios, pode-se não só encontrar informação acerca do espaço temporal em causa, como também de espaços temporais anteriores, de forma a se averiguar a evolução do OEE.

Os sistemas *transfer*, à semelhança das ferramentas, contêm uma representação isolada nestes relatórios tanto para ajustes como para avarias. De forma a se poder realizar uma análise do impacto real destes sistemas no OEE das prensas, isolou-se a partir de um relatório mensal com a representação dos últimos 14 meses, de novembro de 2022 a dezembro de 2023, os gráficos de barras com a representação dos ajustes e avarias para as prensas de 710 t, 800 t e 1250 t, prensas que trabalham com ferramentas *transfer*. Podem-se observar estes gráficos e as percentagens correspondentes da Figura 34 à Figura 37.

Desenvolvimento

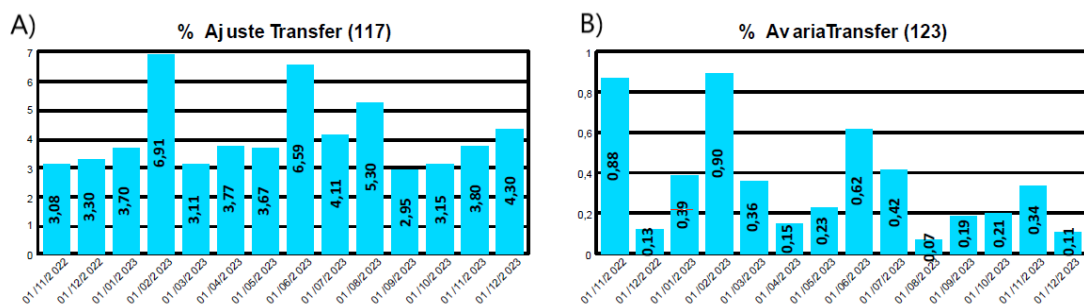


Figura 34 - Percentagens do tempo útil da prensa 710 t em ajuste e avaria dos sistemas *transfer*. A- Percentagem do tempo em ajustes; B – Percentagem do tempo em avarias;

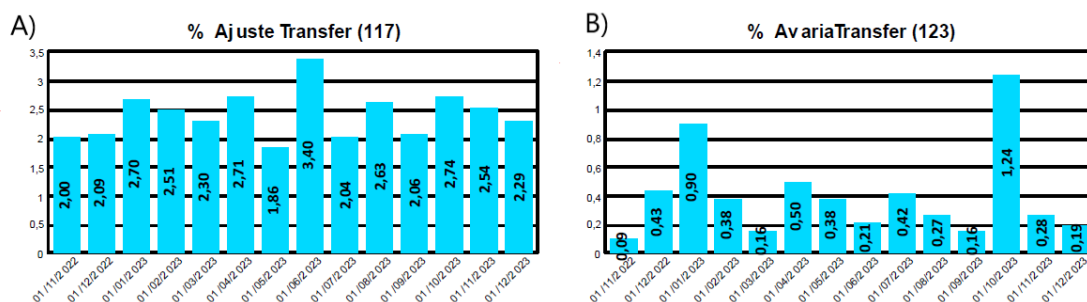


Figura 35 - Percentagens do tempo útil da prensa de 800 t (1) em ajuste e avaria dos sistemas *transfer*. A- Percentagem do tempo em ajustes; B – Percentagem do tempo em avarias.

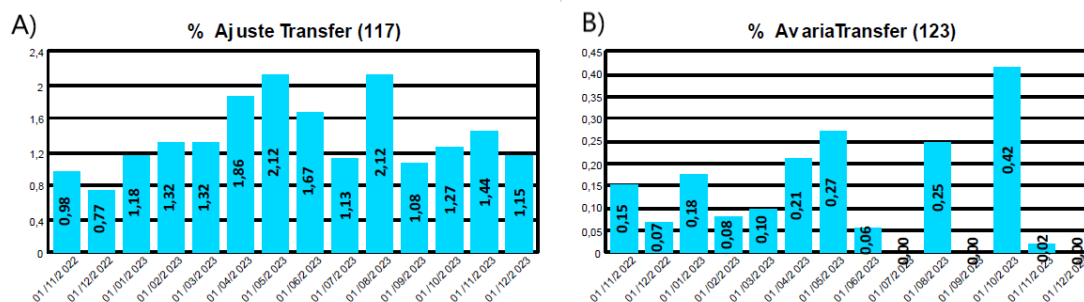


Figura 36 - Percentagens do tempo útil da prensa de 800t (2) em ajuste e avaria dos sistemas *transfer*. A – Percentagem do tempo em ajustes; B- Percentagem do tempo em avarias.

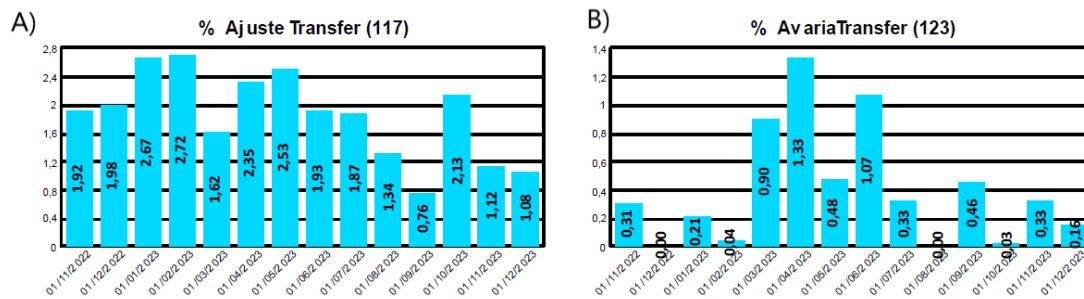


Figura 37 - Percentagens do tempo útil da prensa de 1250t em ajuste e avaria dos sistemas *transfer*. A – Percentagem do tempo em ajustes; B – Percentagem do tempo em avarias.

Com a informação disponibilizada nestes gráficos é possível estimar o tempo médio de ajuste e avaria por prensa, assim como o desvio padrão para cada caso. Desta forma, é possível reunir

esta informação num conjunto de dados mais reduzido e de leitura expedita, o que facilita a análise e a comparação dos resultados entre as prensas, assim como uma futura análise teórica de retorno a um possível investimento. Na Tabela 7 encontra-se essa informação.

Tabela 7 - Média do consumo do tempo útil das prensas por ajuste e avaria dos sistemas *transfer*.

Prensa	Média de ajustes (%)	Desvio padrão do ajuste	Média de avarias (%)	Desvio padrão da avaria
710 t	4,12	1,27	0,36	0,27
800 t (1)	2,42	0,41	0,40	0,32
800 t (2)	1.39	0,41	0,13	0,12
1250 t	1.86	0.61	0,40	0,42

A partir da Tabela 7 é possível observar que a prensa de 710 t apresenta a média mais elevada de tempo em ajustes dos sistemas *transfer* assim como a maior variação percentual destes. A prensa de 1250 t e a prensa de 800 t (1) apresentam a média mais elevada de avarias dos sistemas *transfer*, sendo que a variação destes tempos é mais acentuada na prensa de 1250 t. As médias do tempo em avarias é significativamente inferior às médias do tempo em ajuste, cerca de 4,6 vezes inferior no caso da prensa de 1250 t, caso em que os valores estão mais próximos. Isto é algo expectável, sendo que as avarias são na sua maioria derivadas de problemas na produção ou montagem, situações de funcionamento irregular na produção, como o contacto de forma indevida entre o sistema *transfer* e a ferramenta de estampagem ou uma falha nas ligações elétricas e pneumáticas do sistema. Já os ajustes dos sistemas *transfer* são consequência da sua utilização e das soluções construtivas utilizadas, o que implica um maior consumo de tempo útil das prensas no ajuste destes sistemas.

3.3. Identificação de problemas e possíveis soluções

Para ser possível detetar quais as causas que estariam a provocar o baixo OEE dos sistemas *transfer*, e assim desenvolver possíveis melhorias que atuem nestas causas, foi necessário proceder com várias abordagens de aprendizagem, reconhecimento do estado atual e recolha de informação sobre o funcionamento do processo de estampagem e do sistema *transfer*. Estas abordagens foram sugeridas pela equipa de engenharia do DMF e pelo diretor de produção da GAV, que com a sua experiência nesta área produtiva, souberam indicar quais os melhores métodos para aprender sobre o processo e avaliar a eficiência deste, assim como conseguir interagir com os sistemas *transfer* e perceber as suas eventuais falhas. Assim as abordagens escolhidas foram a observação do funcionamento do processo, a visita à fábrica da Gestamp em Vigo, as reuniões *Kaizen* e as ordens de manutenção. Estas abordagens terminam a primeira etapa da metodologia DSR, resultando na identificação de limitações e oportunidades de melhoria.

3.3.1. Observação do processo

As observações do processo consistiram na observação dos vários passos do funcionamento da área produtiva de estampagem a frio e que envolvem os sistemas *transfer* e a forma como estes trabalham e são manuseados. Os processos de maior relevância observados foram o transporte

das gavetas com auxílio de empilhadoras, remoção e colocação dos sistemas *transfer* nas gavetas, a preparação da ferramenta e montagem dos sistemas nas barras, a produção no início, meio e fim do ciclo produtivo da ferramenta e ainda manutenção destes sistemas.

No dia 12 de dezembro de 2023 foi permitido ao autor da dissertação o acesso ao serviço de vídeo vigilância da prensa de 1250 t. Com esta funcionalidade, tornou-se possível observar o final de preparação da ferramenta e sistema *transfer* no interior da prensa e a produção, de forma remota. Tornou-se ainda possível observar gravações, que ficavam guardadas durante 7 dias nos servidores internos da GAV, o que possibilitou observar acontecimentos de interesse depois de terem já acontecido.

Ao longo das observações foram-se guardando anotações de variadas ocorrências e métodos de trabalho que de alguma forma poderiam influenciar negativamente o funcionamento em máquina dos sistemas *transfer* e por consequência o OEE das máquinas.

As observações foram realizadas de uma forma quase diária durante os primeiros 2 meses do trabalho, em blocos temporais de aproximadamente 1 h a 1,5 h. Durante esta fase foi também possível se conhecer vários colaboradores da GAV que interagem com os sistemas *transfer* e o processo de estampagem em si, e perceber qual a percepção destes acerca dos sistemas *transfer*, as soluções construtivas utilizadas nestes e as suas opções de ajustes. Também foi possível questionar os colaboradores acerca das possíveis causas das quedas de OEE que os sistemas *transfer* produzem.

Foi possível notar que tanto a equipa de serralharia, que realiza as manutenções a estes sistemas, como a equipa de montadores e operadores, dão maior relevância à ferramenta de estampagem em si, e não consideram os sistemas *transfer* como uma ferramenta ou um componente merecedor dos mesmos cuidados e atenção que a ferramenta de estampagem. Esta linha de pensamento deverá surgir do hábito generalizado entre as várias equipas que trabalham com os sistemas *transfer*, de ajustar a posição destes durante a produção. Não é usual, nem encarado da mesma forma, a necessidade de ajustar em produção um componente de uma ferramenta de estampagem. Mas devido à elevada capacidade de ajustes e facilidade destes, é possível de forma relativamente expedita, garantir a posição dos componentes de contacto com a peça e continuar a produção, apesar de tal nem sempre se realizar de forma ideal devido a ajustes incorretos. Isto poderá promover alguma falta de cuidado no manuseamento destes sistemas. Ainda é de notar que, durante a manutenção dos sistemas *transfer*, a posição dos componentes de contacto com a peça não são confirmadas. Este fator leva a que seja apenas possível de validar se o sistema se encontra nas condições ideais para iniciar a produção, quando deverá produzir e se encontra já dentro da prensa, desperdiçando algum tempo útil desta.

3.3.2. Visita à Gestamp Vigo

No sentido de partilha de informação e entreaajuda, várias fábricas do grupo Gestamp realizam visitas entre si que permitem que as equipas escolhidas para estas visitas observem e aprendam com conceitos e tecnologias já implementados e a funcionar em chão de fábrica.

Na data de 29 de novembro de 2023 a GAV realizou uma visita à Gestamp Vigo neste sentido de aprendizagem e partilha de informação. A Gestamp Vigo teria um OEE referente aos sistemas *transfer* mais elevado, e por isso mais satisfatório, que o que se poderia obter na GAV e por este motivo, surgiu a oportunidade de o autor da dissertação se juntar à equipa que realizou a visita em ordem a perceber quais os fatores estariam a provocar a diferença de tempo útil de produção que os sistemas *transfer* permitiam. No sentido de proteção da propriedade intelectual da Gestamp Vigo não foi permitido ao autor tirar fotografias.

Nesta visita foi possível observar as áreas de produção e logísticas da Gestamp Vigo e, com o auxílio dos colaboradores desta, perceber como funciona o processo de estampagem *transfer* e o ciclo que os sistemas *transfer* fazem desde o seu armazenamento, à produção e manutenção.

Na Gestamp Vigo os sistemas *transfer* são de 3 eixos ou de braço robótico. No caso dos sistemas de 3 eixos, estes são armazenados numa estrutura de armazenamento vertical motorizada que permite armazenar uma maior quantidade de sistemas numa menor área de chão de fábrica. Esta estrutura situa-se junto das prensas que operam ferramentas *transfer* com sistemas de 3 eixos, o que facilita o acesso aos sistemas pelos montadores, que não necessitam de empilhadoras para os transportar, não só pela reduzida distância às prensas, como também pelo reduzido tamanho das sobrebarras dos sistemas, que se encontram divididas em mais partes.

As soluções construtivas destes sistemas *transfer* não diferem das soluções utilizadas na GAV apenas na divisão das sobrebarras. Estes sistemas *transfer* são construídos utilizando perfil tubular quadrado, que seria para impedir a rotação destes perfis, e as juntas utilizadas não eram componentes normalizados, mas sim específicos para cada sistema e cada posto, obtidos por maquinaria de alumínio ou impressão 3D, em materiais como o ASA ou ABS. As juntas específicas permitem reduzir o número de componentes do sistema, devido a se conseguir direcionar o perfil na direção pretendida sem precisar de uma maior quantidade de perfis tubulares e juntas normalizadas.

Após a produção, caso o planeamento da manutenção assim o indique, os sistemas *transfer* são transportados para a zona de manutenção onde a equipa de serralharia da Gestamp Vigo a realiza. Durante a manutenção dos sistemas, independente do nível de manutenção em causa, é confirmado se as conexões elétricas e pneumáticas estão funcionais e em bom estado, prevenindo que o desgaste normal destas afete a produção. Confere-se também a posição dos componentes de contacto com a peça. É normal a posição dos componentes de contacto variar com o trabalho do sistema, devido ao sistema ser sujeito a esforços com alguma grandeza e de forma cíclica com o trabalho da prensa, e as fixações do sistema serem usualmente aparafusadas, que ganham folgas e permitem o deslize dos perfis tubulares nas juntas. A verificação da posição destes componentes ocorre com o auxílio a uma bancada, de pequenas dimensões, devido à também reduzida dimensão de cada secção das sobrebarras, e que mede, em relação a um referencial na própria bancada, a posição dos componentes de contacto utilizando um aparelho de medição em 3 eixos. Desta forma, garantia-se que, numa situação de funcionamento normal do processo, após a manutenção o sistema *transfer* estaria sempre com a posição dos seus componentes de contacto correta e preparado para iniciar a produção.

3.3.3. Reuniões *Kaizen*

As reuniões *Kaizen* ou de melhoria contínua consistiram em reuniões de até 20 minutos nos quais se analisaram as ferramentas de estampagem e sistemas *transfer* que produziram no dia anterior, pelo funcionamento durante a produção, tempos de paragem que estas podem ter causado e condições observadas durante a manutenção. Nestas reuniões tinha-se ainda como objetivo desenvolver e aprovar a implementação de pequenas melhorias que agissem sobre algumas das incidências mais comuns e de maior impacto na produção, acompanhando a implementação destas e a normalização do seu uso a outras ferramentas e sistemas *transfer*, no caso de resultado satisfatório.

As reuniões *Kaizen* tinham já sido implementadas previamente na GAV, não só na área produtiva de estampagem, no qual o estudo teve início pelas prensas de 800 t e 1250 t por estas apresentarem maior custo operacional, como também na área produtiva de soldadura. Nesta, as reuniões foram aceites e realizadas de forma consistente e apresentando resultados válidos, realizando-se de forma diária e com a presença dos responsáveis pela manutenção das ferramentas de soldadura e o responsável pela soldadura dentro da equipa de engenharia do DMF. No entanto, na área produtiva de estampagem, estas reuniões não foram totalmente aceites por parte da equipa de serralharia e apesar de terem sido realizadas durante algum tempo, por insistência da equipa de engenharia do DMF e do diretor de produção da GAV, estas reuniões acabaram por ser abandonadas.

No entanto estas reuniões revelaram-se uma oportunidade de acompanhar os sistemas *transfer*, e detetar e fazer o seguimento de problemas específicos que possam surgir com estes, com o benefício adicional de criar o hábito de realização destas reuniões na área produtiva de estampagem, que poderiam trazer resultados muitos satisfatórios a longo prazo. Desta forma, foi decidido que se iria reimplementar as reuniões novamente. Para a abordagem a estas reuniões por parte do autor da dissertação ser o mais informada possível em relação às ferramentas utilizadas e os objetivos destas reuniões na GAV, foi permitido ao autor acompanhar as reuniões *Kaizen* da área produtiva de soldadura.

Estas reuniões foram realizadas no formato que se descreve neste capítulo durante os meses de dezembro de 2023 e janeiro de 2024, inicialmente com duas reuniões por dia, nas quais se abordaram as ferramentas e sistemas *transfer* da prensa de 1250 t numa reunião e das prensas 800 t em outra. Ambas as reuniões foram realizadas na área de manutenção de ferramentas para essas prensas. Os participantes foram o autor da dissertação e o serralheiro principal responsável pela manutenção de ferramentas da prensa em causa.

A partir da terceira semana do mês de dezembro de 2023, as reuniões começaram a ser realizadas com menor frequência, realizando-se segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira de manhã para a prensa de 800 t e de tarde para a prensa de 1250 t. A mudança na frequência das reuniões foi considerada devido a haver um diminuto número de ferramentas a produzir e a sofrer manutenção em intervalos diários, devido aos ciclos de produção das ferramentas para estas prensas serem de longa duração. De facto, estes chegam a durar mais de dois turnos (16 horas) em alguns casos, e raramente apresentam menos que 6 horas. Assim, não haveria muita informação para se analisar num formato diário.

As ferramentas ou instrumentos da reunião, utilizadas para auxiliar a pilotagem desta e permitir uma melhor análise e acompanhamento das ferramentas de estampagem e sistemas transfer, consistiram em 3 quadros: o quadro de presenças e ações (Figura 38); o quadro *plan-do-check-act* (PDCA) (Figura 39); e o quadro de ordens de manutenção (Figura 40).

[illegible]

Figura 38 - Quadro de presenças e ações.

O quadro de presenças e ações, Figura 38, serve o propósito de realizar um registro gráfico das presenças e da pontualidade dos participantes, assim como das ações resultantes da reunião, tanto abertas como fechadas. O registro das presenças e da pontualidade deverá incentivar a presença dos participantes como também realçar a importância da reunião, devido a não ser usual o registro desta informação em outras reuniões ou atividades nas áreas produtivas da GAV. O registro de ações permite observar, numa escala de um mês (intervalo de tempo considerado no quadro), a implementação de ações que a equipa realiza e o desfasamento entre a abertura de novas ações (ações por realizar) e o fecho destas (ações completamente implementadas). Idealmente, deverá ser notado um crescimento contínuo e acentuado nas ações abertas e fechadas numa fase inicial destas reuniões, por haver uma maior quantidade de melhorias a se implementar. Gradualmente, o declive da representação gráfica deverá diminuir, mantendo sempre uma tendência crescente. O desfasamento entre as ações abertas e fechadas numa situação ideal, manter-se-á constante ou diminuiria, o que traduz a resolução das ações abertas e a sua implementação de forma ativa ao longo do tempo.

[illegible]

Figura 39 - Quadro PDCA.

O quadro PDCA, Figura 39, é o quadro que regista as ações em aberto. Neste quadro regista-se a ordem de manutenção (representada como OM no quadro), a referência ou a ferramenta em que a incidência aconteceu, a incidência ou o problema a ser resolvido, a causa deste, a ação a efetuar, o responsável pela realizar, as datas de realização prevista e efetiva, e ainda a possível capitalização que a ação pode conseguir, caso seja possível de se contabilizar. A ordem de manutenção registada é a ordem onde se observou a incidência ou a ordem anterior à produção onde a incidência ocorreu. A ação pode ser preventiva, no caso de ser uma ação com o objetivo de prevenir ocorrências futuras do mesmo problema de que derivou a ação, ou uma ação corretiva, caso em que se atua sobre um problema ainda existente e que pode impossibilitar a produção.

Este quadro pretende auxiliar a implementação de um ciclo PDCA em torno das ações e a sua realização. Um ciclo PDCA é considerado uma ferramenta de qualidade ou planeamento de projeto e o seu objetivo é implementar mudanças de forma contínua e controlada, auxiliando na melhoria contínua. Este ciclo pode ser descrito pela analogia à sua designação [108]:

1. *Plan*: Reconhecimento da oportunidade de melhoria e o respetivo planeamento. Esta fase do ciclo é representada no quadro PDCA pela análise da causa da incidência e o planeamento da ação a dar seguimento. É também registado uma ação aberta no quadro de presenças e ações;
2. *Do*: Experimentar a hipótese de melhoria, de forma controlada. Nesta fase realiza-se a ação de melhoria planeada no passo anterior do ciclo;
3. *Check*: Análise dos resultados da ação implementada e verificação do cumprimento do objetivo da ação;
4. *Act*: No caso de o passo anterior do ciclo indicar que a ação cumpriu com o seu objetivo, esta fase deverá analisar a transversalidade da ação de melhoria, e prosseguir, se for o caso, com a implementação da ação a outras ferramentas de estampagem e sistemas *transfer*. Caso o passo anterior do ciclo verificar que a ação não cumpriu o objetivo pretendido, o ciclo deve ser repetido até este ser cumprido. Quando a ação for corretamente implementada em todas as ferramentas de estampagem ou sistemas *transfer* possíveis, é registado no quadro PDCA a data de realização efetiva. É também registado no quadro de presenças e ações, Figura 38, uma ação fechada.

Durante o reconhecimento da ação de melhoria utilizou-se, em casos de maior dificuldade em compreensão da causa do problema, uma análise de 5 porquês. Esta análise consiste na pergunta “porquê?” 5 vezes, começando pelo motivo pelo qual o problema aconteceu. Desta forma, seria possível chegar à causa raiz do problema e agir diretamente sobre esta. No quadro PDCA, Figura 39, a informação é registada utilizando a cor azul, no caso de a ação a se realizar ser preventiva, ou vermelho, no caso de ser corretiva.

 UAP E1 - Manutenção Preventiva - Ferramentas de Estampar																	
Ferramenta	Referência	Foto	OM1	WEEK1	PROD1	OM2	WEEK2	PROD2	OM3	WEEK3	PROD3	OM4	WEEK4	PROD4	OM5	WEEK5	PROD5
-----	-----	-----	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI
-----	-----	-----	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI
-----	-----	-----	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI	OM:	SE	NI

Figura 40 - Quadro de ordens de manutenção.

O quadro de ordens de manutenção permite manter um registo histórico até 5 manutenções e produções para cada ferramenta. Este registo é feito individualmente para cada ferramenta e sistema *transfer* adjacente, e realçado a cor verde caso não tenha acontecido nenhuma ocorrência negativa, cor vermelha na condição contrária, e ainda azul, no caso de realização de ações de melhoria nessa manutenção. No quadro, , *week* é a semana de realização desta, e “PROD” é o número de peças produzidas entre as manutenções. Com esta informação, é possível de forma expedita analisar quais as ferramentas com mais ações de melhoria implementadas recentemente, quais as ferramentas com uma maior frequência de incidências, e como as ações e as incidências podem afetar a produção.

Estas reuniões permitiram obter informação acerca dos modos de falha mais usuais dos sistemas *transfer*, permitindo analisar estes por individualmente e por cada vez que produzissem. Foi ainda possível criar o hábito de discussão de ideias com a equipa de serralharia. No entanto, implementar ações de melhoria foi de dificuldade considerável e o número de ações implementadas foi inferior ao esperado, sendo estas implementadas apenas nas ferramentas de estampagem e não contribuindo diretamente para a dissertação.

A dificuldade de implementação de ações decorre da dificuldade de assimilação de alguns dos conceitos utilizados na reunião, como a análise de 5 “porquês”, que foi particularmente complicada de realizar numa fase inicial, e também a não compreensão da importância da reunião e do seu objetivo a longo prazo por parte da equipa de serralharia. Destes fatores derivou alguma indisponibilidade da equipa de serralharia na concretização das reuniões na sua totalidade, a não realização das análises de forma correta e não pensando de forma conjunta em soluções. Em algumas ocasiões, preencheu-se os quadros sem nenhuma análise realizada e não se abordaram alguns problemas por estes envolverem outras equipas de colaboradores da GAV, como a equipa de operadores e montadores, e faltar disponibilidade para abordar problemas em conjunto com outras equipas. Também devido a nem sempre se dar a mesma importância aos sistemas *transfer* que se dá às ferramentas de estampagem, estes não foram abordados com a mesma frequência e afincio, o que resultou na ausência de implementação de ações nestes

3.3.4. Ordens de manutenção

As ordens de manutenção são utilizadas na GAV por vários departamentos, como o DMF, o departamento de manutenção de equipamentos, o departamento de compras, entre outros. Estas ordens definem o trabalho a ser realizado em cada manutenção e a frequência destas. É ainda registado digitalmente o tempo gasto em recursos humanos, os consumíveis utilizados e pode ser atribuída uma ordem de compra, para dar seguimento com a fabricação de elementos

não classificados como consumíveis usuais. No DMF as ordens de manutenção são utilizadas para registar a manutenção preventiva e a corretiva. As manutenções corretivas, não sendo uma manutenção planeada, são completadas pelo serralheiro, após a realização, com a descrição da causa que levou à manutenção corretiva e a ação corretiva realizada. Após a realização da manutenção, as ordens de manutenção são recolhidas pela equipa de engenharia do DMF, que realiza o fecho técnico destas e dá seguimento da ordem de manutenção para o departamento de compras, se tal for necessário.

Realizar o fecho técnico consiste na verificação do preenchimento da ordem de manutenção, preenchendo a informação em falta quando necessário. Desta forma é garantido que as ordens de manutenção são sempre terminadas com toda a informação relevante corretamente registada, o que é importante para se poder detetar irregularidades no funcionamento das ferramentas ao longo das manutenções e para as ordens de manutenção serem válidas em caso de auditoria.

Durante o decorrer do trabalho foi permitido ao autor da dissertação realizar o fecho técnico das ordens de manutenção de ferramentas. Com esta função o autor teve a possibilidade de ler os registos de ocorrências da equipa de serralharia e as ações corretivas efetuadas. Com esta informação foi possível reunir alguns modos de falha comuns dos sistemas *transfer*, que pudessem de outra forma não ser abordados nas reuniões *Kaizen* ou detetados numa observação, e permitir ainda perceber a frequência com que estes aconteceriam.

3.3.5. Sumário das ocorrências e soluções

Neste capítulo é apresentado o sumário das ocorrências e modos de falha possíveis dos sistemas *transfer*, detetados através das observações do processo, reuniões *Kaizen*, ordens de manutenção ou por comparação do processo da GAV com o processo em funcionamento na Gestamp Vigo. São igualmente apresentadas possíveis soluções, idealizadas durante as atividades descritas anteriormente, juntamente com as ocorrências que estas podem despoletar.

As ocorrências ou modos de falha detetadas pelo autor foram as seguintes:

1. Montador manuseia sistema *transfer* sozinho - O processo de montagem do sistema *transfer* na barra *transfer* da prensa deve ser realizado com 2 colaboradores devido ao peso de cada conjunto de sobrebarra, o que não se verifica sempre. O manuseamento do sistema por apenas um operador ocorre tipicamente nos conjuntos de sobrebarras pelos componentes de contacto e suportes destes, por estes permitirem, maior equilíbrio do conjunto. No entanto o próprio peso deste pode levar a deformações de alguns componentes ou desvios nos ajustes do sistema;
2. Manuseamento do sistema *transfer* pelos montadores – Devido ao peso considerável dos conjuntos de sobrebarra do sistema *transfer*, os montadores têm dificuldade no seu manuseamento, em resulta em impactos com as ferramentas de estampagem, barra *transfer* e com as gavetas de armazenamento dos sistemas *transfer*.

3. Verificação da posição do sistema *transfer* – A posição do sistema *transfer*, nomeadamente dos seus componentes de contacto em relação à sobrebarra e à peça de trabalho, não é verificada em nenhum momento do processo além do momento de produção. Este facto leva a paragens imprevistas para ajustes do sistema *transfer* no início das produções;
4. Conexões elétricas e pneumáticas pouco robustas – As conexões e ligações elétricas e pneumáticas encontram-se expostas no sistemas *transfer*, e nem sempre são seguras ao mesmo, podendo induzir esforços nas conexões devido à inércia de arrasto dos respetivos cabos. O comprimento das ligações não seguras ao sistema pode levar a impactos com outros equipamentos e ferramentas, como as ligações dos apertos hidráulicos da ferramenta de estampagem à prensa (Figura 41). As conexões elétricas são também pouco robustas, quebrando com uma frequência considerável nas condições de trabalho atuais (Figura 42);



Figura 41 - Cabo de ligação do sistema *transfer* a entrar em contacto com ligação hidráulica do aperto superior da ferramenta de estampagem à prensa.



Figura 42 - Caixa de distribuição de sinais e alimentação elétrica do sistema *transfer* com conexão partida.

5. Perfil tubular esmagado e juntas deformadas – As equipas de serralharia e montadores, ao ajustar e verificar as juntas do sistema *transfer* durante a produção, manutenção e montagem deste, apertam demasiado os parafusos, esmagando os perfis tubulares e deformando as juntas até as abas destas se encostarem (Figura 43). Esta deformação impede que as juntas promovam um correto aperto dos perfis, por não ser possível apertar mais a junta sem esmagar uma aba contra a outra, e também na aplicação de um perfil tubular não esmagado, que não irá realizar um contacto correto com a junta já deformada;
6. Redundância de ajustes – A complexidade elevada e em excesso de alguns braços e juntas de ligação aos elementos de contacto com a peça promovem mais locais de desajuste no sistema *transfer*. A maior quantidade de juntas e a redundância dos graus de liberdade destas permitem a capacidade de os colaboradores ajustarem o sistema de forma errada por não se detetar facilmente qual o local de onde provém o desajuste do sistema. Na Figura 44 pode-se observar um braço de um sistema *transfer*, ligado a

um componente, identificado como “A”, que impõe uma rotação controlada neste braço e que permite também o ajuste nesta direção. As juntas 1, 2 e 3 também permitem o ajuste nesta direção, entre outras;



Figura 43 - Abas da junta deformadas no máximo e perfil tubular esmagado.



Figura 44 - Braço de sistema *transfer*. A - Componente de rotação; 1,2 e 3 - Juntas que permitem rotação.

7. Apertos entre sobrebarra e barra não verificados – Durante a montagem de os apertos das sobrebarras à barra da prensa podem não ser suficientemente apertados (Figura 45), no caso dos apertos roscados, ou não apertados totalmente, no caso dos apertos rápidos. Para se atuar sobre estes lapsos na montagem, deve-se se realizar uma verificação dos apertos antes de a ferramenta entrar na prensa, o que por apesar de estipulado, por vezes não se verifica;



Figura 45 - Sobrebarra *transfer* levantada devido a aperto insuficiente à barra transfer da prensa.

8. Colaboradores apoiam-se no sistema *transfer* – Ao realizar ajustes à ferramenta de estampagem durante a produção, a equipa de serralharia e os montadores têm necessidade de transpor a barra *transfer* da prensa e se apoiarem ao sistema *transfer* de forma a ter acesso à ferramenta. Ao se apoiar e colocarem o seu peso sobre o sistema, os colaboradores podem deformar ou desajustar este, o que influencia a produção subsequente, pelo que torna necessário corrigir o posicionamento;
9. Mordentes das garras marcam a peça – Os mordentes das garras que realizam o contacto com a peça, marcam esta última no fecho quando o contacto acontece através de uma aresta dos mordentes. O contacto de forma errada acontece devido a desvios na posição das garras e levam a problemas relacionados com a qualidade da peça;

De forma a atuar sobre estas ocorrências o autor da dissertação reuniu hipóteses de soluções que se apresentam na Tabela 8. Estas hipóteses de soluções estão representadas nesta tabela juntamente com a sua descrição e as principais ocorrências que a solução deverá atuar sobre. As ocorrências estão identificadas através da numeração utilizada anteriormente.

Tabela 8 - Hipóteses de soluções e respetivas ocorrências alvo.

Identificação	Solução	Descrição	Ocorrências
A	Solução construtiva de sistema <i>transfer</i> com perfis tubulares quadrados	Esta solução permitiria reduzir o número de ajustes em cada junta a apenas 1 direção, sem fragilizar os perfis tubulares com furações para cavilhas ou semelhante. Esta solução aproveitaria ainda a vantagem geométrica dos perfis tubulares quadrados bloquearem a rotação no sentido do seu comprimento quando apertados.	1, 2, 6, 8, 9
B	Tubos soldados de forma a evitar redundância de ajustes no sistema e aumentar robustez deste	Esta solução iria abordar os problemas de robustez dos sistemas e de facilidade de ajustes destes através da soldadura dos perfis tubulares entre si, já nas direções pretendidas, de forma que seja possível reduzir o número de juntas de ligação entre perfis. Por consequência iria se aumentar a robustez do sistema e a facilidade de ajuste.	1, 2, 6, 8, 9
C	Marcações nos parafusos e apertos das juntas	De forma a identificar quais os parafusos ou apertos das juntas do sistema <i>transfer</i> que ganharam folga e por isto estariam a provocar uma variação na posição dos componentes de contacto com a peça, iria se identificar a posição destes com tinta ou através de marcações superficiais com um disco de corte ou semelhante. Esta solução permitiria ainda uma verificação visual da posição correta de todos os componentes do sistema, pelo alinhamento das marcações.	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9
D	Controlo eletrónico da posição	Aplicando potenciômetros, <i>encoders</i> ou outro equipamento que permita medir a posição dos perfis e componentes de contacto em relação às juntas seria possível identificar, de forma digital e remota ao trabalho da máquina, se algum componente do sistema <i>transfer</i> saiu da sua cota ideal e quantificar o quanto este se deslocou. Esta solução poderia ajudar na identificação da junta a ajustar e no ajuste necessário.	1, 2, 3, 6, 8, 9
E	Aumento do diâmetro dos perfis tubulares utilizados atualmente	Esta hipótese pretende manter a solução construtiva dos sistemas <i>transfer</i> utilizada atualmente na GAV, no entanto, aumentar o diâmetro dos perfis tubulares redondos. Ao aumentar este diâmetro aumentar-se-ia a rigidez e robustez do sistema e também a área de contacto dos perfis nas juntas, o que permitiria maior atrito nestes e dificultaria desajustes do sistema com o decorrer do trabalho.	1, 2, 8, 9
F	Perfis tubulares redondos dobrados	Com esta hipótese de solução seria possível reduzir ao número de juntas existentes nos sistemas <i>transfer</i> , por se dobrar os perfis nas direções pretendidas sem necessitar de uma junta para realizar essa mudança de direção. Esta é também uma solução comercial praticada pela marca Misati.	1, 2, 6, 8, 9

G	Bloquear sistema <i>transfer</i> após posicionamento correto	Após uma produção, caso não ocorra nenhuma falha no processo, o posicionamento do sistema <i>transfer</i> deverá estar confirmado. Nestas condições, seria possível bloquear o sistema de forma que este não pudesse mais ser desajustado. Este bloqueio poderia ser realizado através de cavilhas ou outra solução que não deforme o sistema na sua aplicação. Esta solução tem as desvantagens de não permitir o ajuste em caso de deformações do sistema e de necessitar de um maior número de suplentes para substituição rápida de componentes deformados.	1, 2, 6, 8, 9
H	Ligações elétricas e pneumáticas protegidas	As ligações e conexões elétricas e pneumáticas utilizadas nos sistemas <i>transfer</i> da GAV já são soluções comerciais de carácter industrial e com uma resistência considerável, nomeadamente soluções da marca Harting especializadas para esta indústria. No entanto, é pelas suas condições de utilização que estas falham. Esta solução pretende alterar os sistemas <i>transfer</i> de forma que as ligações atravessem pelo interior dos perfis tubulares de forma a ficarem protegidos durante a sua movimentação. Os sistemas de aperto rápido utilizam sobrebarras de alumínio comerciais com furações para se poder passar ligações elétricas e pneumáticas pelo interior. No caso das sobrebarras em placa, seria necessário a criação de calhas para proteger estas ligações nas sobrebarras.	4
I	Utilização de juntas normalizadas em polímero	Algumas marcas de componentes para sistemas <i>transfer</i> apresentam soluções de juntas em polímero. Estas juntas apresentam uma rigidez e resistência específica satisfatória e permitem desta forma reduzir o peso do sistema <i>transfer</i> e de cada conjunto de sobrebarra.	1, 2
J	Juntas em impressão 3D	Com esta hipótese de solução pretende-se o desenvolvimento e impressão de juntas em impressão 3D de polímeros. Com a impressão de juntas em polímero pode-se reduzir ao peso do sistema e reduzir o número de juntas utilizadas, não só por se retirar redundância aos graus de liberdade, como por se direccionar os perfis em direcções que permitam reduzir o número de perfis necessários. Com estas juntas pode-se praticar o uso de apenas um grau de liberdade ajustável por junta e ainda conseguir um efeito de fusível no sistema. Este efeito de fusível seria no sentido de tornar estas juntas o ponto mais frágil do sistema e conseguir prever os elementos de substituição mais usuais e tornar a substituição destes mais expedita.	1, 2, 5, 6, 8, 9

K	Estrutura de verificação do posicionamento	Esta solução abordaria o problema de apenas ser possível de verificar a posição do sistema <i>transfer</i> e os seus componentes no momento de produção através da construção de uma estrutura ou bancada para medição do sistema e auxiliar no ajuste deste fora da prensa.	3
L	Divisão das sobrebarras	A solução de divisão das sobrebarras em menores secções permitiria diminuir o peso de cada conjunto de sobrebarra, por estas apresentarem dimensões menores, e facilitar o manuseamento dos sistemas <i>transfer</i> pelos colaboradores.	1, 2
M	Atualizar procedimento de preparação de ferramentas	A atualização dos procedimentos de preparação das ferramentas e sistemas <i>transfer</i> antes da produção permitiria incluir nesta verificação mais passos de confirmação da correta montagem, nomeadamente a verificação dos apertos das sobrebarras.	7
N	Mordentes em impressão 3D	A solução de mordentes em impressão 3D baseia-se no desenvolvimento de um componente <i>standard</i> ou específico à peça produzido pelo sistema <i>transfer</i> a ser abordado. Este componente que acopla à garra pneumática realizaria o contacto com a peça sem criar marcas na peça por permitir uma superfície de contacto com esta maior, e pela sua dureza ser inferior à da peça a ser produzida.	9

Estas hipóteses de soluções podem ser implementadas, não apenas de forma individual, como em conjunto, como por exemplo juntar a solução A, B e J para o desenvolvimento de um sistema *transfer* em perfis tubulares quadrados, no qual alguns perfis podem ser soldados, e assim evitar juntas em excesso. Adicionalmente as juntas necessárias seriam desenvolvidas por impressão 3D, isolando graus de liberdade e retirando peso ao sistema.

3.4. *Want to be condition* – Sistema *transfer*

Este capítulo enquadra-se na etapa 2 da metodologia DSR, onde se definem os objetivos e requisitos para as soluções desenvolvidas. Com o objetivo de decidir quais as melhorias a se implementar e impulsionar a aceitação destas por parte das várias equipas de colaboradores da GAV, intervenientes no processo de estampagem, foi criada uma equipa de trabalho denominada “*Want to be condition* – Sistema *transfer*” (Wtbc-ST). Esta equipa de trabalho teve como membros o autor da dissertação, o coordenador e 2 membros da equipa de engenharia de manutenção de ferramentas, o coordenador das equipas de serralharia, o coordenador da área produtiva de estampagem a frio, o engenheiro responsável pelo *lean* da área de estampagem, o diretor de produção e o diretor da construção de ferramentas. Esta equipa de trabalho reuniu-se pela primeira vez no dia 25 de janeiro de 2024 e continuou a reunir quinzenalmente até julho de 2024.

Nas primeiras reuniões realizadas pelo grupo Wtbc-ST, o autor da dissertação apresentou o sumário de ocorrências e solução reunidas. Estas ocorrências foram discutidas e averiguou-se

se estas seriam relevantes de abordar e quais as soluções seriam de interesse implementar. As decisões tomadas nestas reuniões e os projetos das melhorias escolhidos foram analisados e revistos em várias reuniões. Desta revisão contínua derivaram várias versões dos projetos das soluções a se desenvolver, de forma a satisfazer as necessidades impostas pelos vários intervenientes do Wtbc-ST. Assim foi possível com maior segurança garantir que o projeto final das soluções funcionaria como pretendido, com viabilidade do seu fabrico e sem comprometer o funcionamento em máquina das ferramentas e sistema *transfer*, durante o decorrer do processo.

3.4.1. Decisões

O grupo de trabalho abordou as várias ocorrências e modos de falha expostos pelo autor e após análise conjunta de cada um, decidiu-se quais destes seriam prioritários na implementação de ações de melhoria. Na Tabela 9 apresentam-se as várias ocorrências e modos de falha, com a numeração utilizada previamente, o grau de prioridade da abordagem a estes, definido como alto ou baixo, e a justificação da prioridade atribuída.

Tabela 9 - Prioridade da abordagem às ocorrências.

Nº.	Ocorrência	Prioridade	Justificação
1	Montador manuseia sistema <i>transfer</i> sozinho	alto	Devido a ser comum a montagem do sistema <i>transfer</i> por apenas um montador, e devido ao peso do sistema, o montador segurar este pelos componentes errados, o que leva a deformações e desajustes do sistema, é prioritário atuar sobre este modo de falha.
2	Manuseamento do sistema <i>transfer</i> pelos montadores	alto	À semelhança do modo de falha anterior, este modo de falha também é prioritário devido à elevada frequência com que acontece.
3	Verificação da posição do sistema <i>transfer</i>	alto	Acrescentar a possibilidade de verificar a posição do sistema <i>transfer</i> fora da prensa e permitir o seu ajuste sem influenciar a produção deve ser de elevada prioridade pois esta ação poderá potencialmente retirar a necessidade de ajustes no início da produção, que são os mais usuais.
4	Conexões elétricas e pneumáticas pouco robustas	baixo	A baixa frequência de ocorrência destas falhas e a capacidade de resolução destas fora da prensa, não justificam a necessidade de uma ação prioritária de melhoria. Apesar de as conexões quebrarem, nem sempre esta ocorrência influencia a continuidade da produção.
5	Perfil tubular esmagado e juntas deformadas	alto	Devido a estas juntas deformadas influenciaram diretamente a capacidade de ajuste dos sistema <i>transfer</i> e de ser usual a existência de juntas deformadas em sistemas <i>transfer</i> , é de prioridade elevada a implementação de uma ação melhoria sobre estas ocorrências.
6	Redundância de ajustes	alto	Devido à redundância dos ajustes ser transversal a todos os sistemas <i>transfer</i> e influenciar diretamente o tempo gasto em ajustes durante a produção, a prioridade é elevada.

7	Apertos entre sobrebarra e barra não verificados	baixo	Por existir já um processo de verificação a e esta ocorrência não ser comum, não se considerou prioritário atuar sobre esta.
8	Colaboradores apoiam-se no sistema <i>transfer</i>	baixo	O espaço disponível para acesso às ferramentas de estampagem dentro da prensa é bastante reduzido, o que torna inevitável o contacto dos colaboradores com o sistema <i>transfer</i> . Apesar de o grupo Wtbc-ST achar relevante uma ação de melhoria sobre estas ocorrências, a ação sobre outras, como a redundância de ajustes, já permitiria uma maior robustez dos sistemas <i>transfer</i> o que torna esta ocorrência menos problemática e comum.
9	Mordentes das garras marcam a peça	baixo	Como a frequência destas ocorrência é baixa e estas derivam do posicionamento incorreto do sistema <i>transfer</i> , o grupo Wtbc-ST decidiu atuar sobre as ocorrências de posicionamento incorreto e averiguar se esta ação resolveria, antes de atuar diretamente sobre esta ocorrência.

De forma a abordar as ocorrências definidas como prioritárias, o grupo Wtbc-ST decidiu implementar algumas soluções sugeridas pelo autor. As soluções escolhidas foram as seguintes:

- **Divisão das sobrebarras (Tabela 8 - L):** Esta solução permite atuar sobre as ocorrências 1 e 2, ambas de carácter prioritário, e é possível combinar esta solução com outras que alterem a solução construtiva dos sistemas *transfer*;
- **Novas soluções construtivas (Tabela 8 - A, B e J):** Esta solução é uma combinação das hipóteses de solução A, B e J. Esta combinação traduz-se numa solução construtiva de perfis tubulares quadrados, com juntas desenvolvidas utilizando impressão 3D de polímero, e perfis soldados entre si para redução do número de juntas do sistema *transfer*. Com esta solução, será possível ajustar um grau de liberdade de forma isolada, sem redundância de ajustes desnecessários num mesmo braço. Com esta nova solução construtiva pode-se atuar sobre as ocorrências 1, 2, 5, 6, 8, 9. É ainda possível combinar esta solução com a solução de ligações elétricas e pneumáticas protegidas (Tabela 8 - H), de forma a atuar sobre a ocorrência 4. No entanto, devido à baixa prioridade desta ocorrência, decidiu-se não combinar estas soluções e simplificar a nova solução construtiva numa fase inicial da sua implementação e validação;
- **Estrutura para verificação do posicionamento (Tabela 8 - K):** O grupo Wtbc-ST decidiu avançar com a hipótese de solução K por esta atuar diretamente sobre a ocorrência 3, que é de prioridade elevada, e a implementação desta estrutura e a sua validação não influenciar negativamente a operação das prensas, sendo realizada no seu exterior;

O grupo de trabalho Wtbc-ST decidiu ser seletivo com o número de hipóteses de solução a selecionar de forma a conseguir garantir uma correta industrialização das soluções escolhidas e não sobrecarregar os colaboradores da GAV com novos métodos de trabalho. As soluções escolhidas iram influenciar o modo de montagem do sistema *transfer* (solução L), a forma de ajuste (soluções A, B e J) e o momento do ajuste (solução K). As soluções não escolhidas pelo grupo, tiveram como motivo da sua exclusão o que se apresenta na Tabela 10:

Tabela 10 - Motivo de exclusão das hipóteses de soluções.

Hipótese de solução	Justificação
Marcações nos parafusos e apertos das juntas (Tabela 8 – C)	Esta solução não foi escolhida por necessitar de uma maior participação de todos os colaboradores da GAV que intervêm no funcionamento dos sistemas <i>transfer</i> , contrariamente à estrutura de verificação da posição, que pode ser controlada apenas pela equipa de serralharia, o que torna a introdução e implementação da solução mais facilitada;
Controlo eletrónico da posição (Tabela 8 – D)	O grupo de trabalho decidiu não implementar esta solução devido a esta necessitar de uma maior capacidade técnica no manuseamento, controlo e manutenção dos sistemas <i>transfer</i> . Esta maior capacidade técnica traduz-se em várias horas de formação dos colaboradores da GAV, que teria um custo considerável para a empresa. Também seria necessário um maior investimento em equipamentos eletrónicos e de controlo, e como estes equipamentos poderiam ficar danificados como resultado do mau funcionamento do sistema <i>transfer</i> , o custo dos suplentes para manter um sistema com esta solução seria mais elevado;
Soluções com perfis tubulares redondos (Tabela 8 - E, F e I)	Estas 3 soluções manteriam uma solução construtiva muito semelhante à atual, mantendo os perfis tubulares de secção circular e as juntas com o mesmo princípio de funcionamento. Estas soluções não foram escolhidas por o grupo de trabalho optar por uma abordagem diferenciada no âmbito das soluções construtivas, e incentivar desta forma um tratamento também diferenciado dos sistemas <i>transfer</i> por parte dos colaboradores da GAV e uma mudança de mentalidade em relação a este, dando a mesma importância ao sistema <i>transfer</i> que é dada à ferramenta de estampagem.
Bloquear sistema <i>transfer</i> após posicionamento correto (Tabela 8 - G)	Apesar de esta hipótese de solução mitigar na totalidade os ajustes da posição do sistema <i>transfer</i> , a substituição de componentes continuaria a acontecer e de forma mais frequente, tornando a manutenção destes sistemas <i>transfer</i> mais dispendiosa. Esta solução poderia ser aplicada num sistema <i>transfer</i> mais robusto e menos propício a deformações no seu manuseamento, mas o grupo decidiu que não se aplicava nos sistemas atuais.
Atualizar procedimento de preparação de ferramentas (Tabela 8 M)	Como a verificação da correta montagem dos sistemas <i>transfer</i> é já se encontra presente no procedimento de preparação das ferramentas e sistemas <i>transfer</i> para a produção, o grupo Wtbc-ST decidiu que não se justificava a inclusão desta redundância no procedimento de preparação. No entanto considerou-se necessário instruir os montadores a ter um maior cuidado na montagem dos sistemas.
Mordentes em impressão 3D (Tabela 8 - N)	Esta solução atua sobre uma ocorrência pouco frequente e que poderá ser solucionada através de um melhor posicionamento de todo o sistema <i>transfer</i> . Neste sentido, o grupo de trabalho optou por não implementar esta solução.

Nestas reuniões tomaram-se ainda decisões referentes às reuniões *Kaizen* da área produtiva de estampagem. De forma a incentivar a participação nestas reuniões e conseguir um resultado mais satisfatório destas, reformulou-se a participação nas reuniões *Kaizen*. Com esta reformulação passaram a ser participantes o chefe das equipas de serralharia, o coordenador da área produtiva de estampagem, os chefes das equipas de montadores, dois membros da equipa de engenharia do DMF e o autor da dissertação. Com a inclusão de colaboradores de áreas distintas criou-se uma maior disponibilidade dos participantes para a discussão de ocorrências que possam afetar o trabalho de várias equipas dentro da GAV, o que constituiu uma melhoria significativa em relação à versão anterior desta reunião.

Na nova versão da reunião também se implementou o quadro ordens de manutenção para sistemas *transfer* (Figura 46). Este quadro funciona com o mesmo princípio que o quadro de ordens de manutenção (Figura 40), mas aplicado apenas aos sistemas *transfer*. Com esta diferenciação consegue-se um maior realce dos sistemas, reforçando a sua importância, e consegue-se ainda analisar de forma separada a ferramenta de estampagem e o sistema *transfer*, o que é útil no acompanhamento das melhorias, o seu impacto nas produções e nas ordens de manutenção.

 UAP E1 - Manutenção Preventiva - Sistemas Transfer																	
Ordem	Referência	Foto	OM1	WEEK1	PROD1	OM2	WEEK2	PROD2	OM3	WEEK3	PROD3	OM4	WEEK4	PROD4	OM5	WEEK5	PROD5
-----	-----	-----	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1
-----	-----	-----	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1
-----	-----	-----	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1
-----	-----	-----	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1
-----	-----	-----	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1	OM1	W1	N1

Figura 46 - Quadro ordens de manutenção para sistemas transfer.

Foi ainda decidido que a GAV irá concorrer ao sistema de incentivos fiscais de investigação e desenvolvimento empresarial (SIFIDE) [109]. O SIFIDE trata-se de um sistema de incentivos fiscais que retorna parte do investimento feito em inovação por uma empresa através da dedução à coleta do IRC dessa empresa. Com esta decisão, o grupo de trabalho pretende recuperar algum do investimento efetuado nas melhorias e conseguir uma maior margem de retorno através da melhoria do OEE. Os projetos a concorrer ao SIFIDE serão a estrutura de verificação do posicionamento para sistemas *transfer* e a nova solução construtiva destes sistemas, nomeadamente pela utilização de impressão 3D nas juntas.

3.5. Anteprojeto das soluções

Neste capítulo é desenvolvido uma primeira abordagem às hipóteses de soluções escolhidos pelo grupo de trabalho Wtbc-ST, sendo estes a redução do tamanho das sobrebarras, a nova solução construtiva dos sistemas *transfer* e a estrutura de verificação de posição dos sistemas. Com o anteprojeto das soluções pretende-se apresentar um esboço das diferentes soluções e o estudo da sua viabilidade nas condições de trabalho da GAV. O anteprojeto das soluções inicia a etapa 3 da metodologia DSR, consistindo no *design* e desenvolvimento destas soluções.

3.5.1. Redução do tamanho das sobrebarras

O anteprojeto da solução de redução do tamanho das sobrebarras foi realizado apenas para a prensa de 1250 t, de forma a simplificar a análise e as alterações que poderão ser necessárias realizar aos equipamentos. De forma a ser possível analisar a viabilidade desta solução e proceder ao desenvolvimento de uma primeira versão desta solução, foi necessária a prévia identificação das sobrebarras existentes na GAV para a prensa em estudo, e as suas fixações.

Para a prensa de 1250 t as sobrebarras podem ter as dimensões máximas de 2770 mm para apertos roscados superiores, 1000 mm para apertos roscados frontais e também 2770 mm para apertos rápidos. As fixações ou apertos para as sobrebarras existentes na barra *transfer* estão

dispostos de acordo com a Figura 47. Identificados na Figura 47, com um círculo tracejado encontram-se os apertos rápidos e identificados com um retângulo encontram-se os apertos roscados. Devido à conceção de novos sistemas *transfer* priorizar a utilização de apertos rápidos, pelas vantagens destes descritas no capítulo 3.2.1, o grupo de trabalho Wtbc-ST decidiu abordar com o anteprojeto e o estudo da viabilidade da solução de redução do tamanho das sobrebarras, apenas as sobrebarras para apertos rápidos.

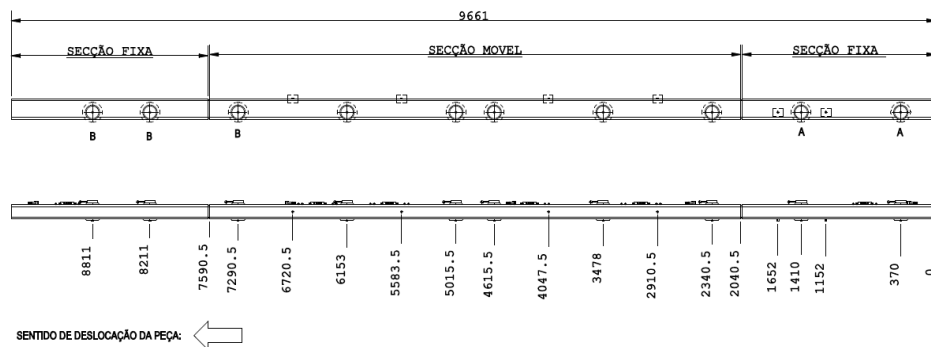


Figura 47 - Disposição dos apertos para sobrebarras na barra transfer da prensa de 1250 t. A – Apertos rápidos desmontados numa das extremidades da barra; B – Apertos rápidos desmontados na outra extremidade da barra.

Apesar da sua presença, os primeiros 2 (Figura 47 – A) e os últimos 3 apertos rápidos (Figura 47 – B) da barra *transfer* não se encontram montados. A sua utilização é evitada devido a estes embaterem na estrutura da prensa, no caso de a barra *transfer* se deslocar até à sua máxima abertura. Isto deverá ser consequência de um lapso na conceção da barra *transfer*, e de forma a evitar quebrar os equipamentos, a equipa de produção mantém estes apertos rápidos desativados. Nestas condições, a primeira sobrebarra *transfer* na zona móvel do lado da alimentação da peça encontra-se montada em 3 apertos rápidos e a segunda apenas em 2.

Devido a existirem apenas 5 apertos rápidos funcionais, não é possível, nas condições atuais, reduzir o tamanho das sobrebarras. Isto devido ao facto que com a redução do tamanho das sobrebarras, o seu número deverá aumentar, de forma a permitir ao sistema *transfer* atuar sobre todo o comprimento da ferramenta de estampagem. Não é possível, assim, aumentar o número de sobrebarras e manter cada uma posicionada por pelo menos 2 apertos rápidos, mínimo necessário para o correto funcionamento do sistema *transfer*.

De forma a viabilizar uma possível redução do tamanho das sobrebarras, e desta forma facilitar o trabalho dos colaboradores da GAV na montagem do sistema *transfer*, foi necessário estudar a criação de novos apertos rápidos. Para perceber se seria possível a GAV alterar a barra *transfer* e acrescentar apertos rápidos nesta internamente, foram averiguados os constituintes dos apertos rápidos e como estes se montam na barra *transfer* (Figura 48, Figura 49 e Figura 50).



Figura 48 – Casquilho de alojamento para o aperto rápido na barra transfer.

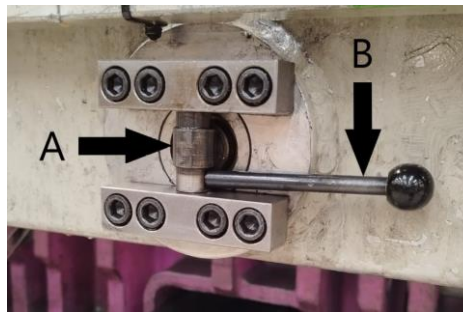


Figura 49 - Vista traseira do aperto rápido: A – Excêntrico; B – Manipulo.

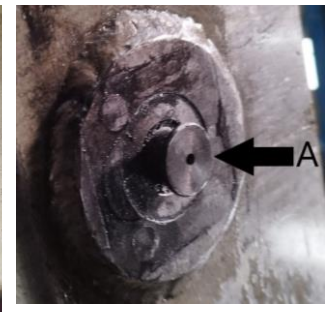


Figura 50 - Vista frontal do aperto rápido: A – Centrador.

Os apertos rápidos são posicionados na barra *transfer* da prensa através de um casquilho soldado à própria barra. Neste casquilho existem também furos roscados para realizar a fixação do aperto rápido. Os principais constituintes do aperto rápido são o excêntrico (Figura 49 - A), o manipulador (Figura 49- B) e o centrador (Figura 50 - A). O centrador é constantemente forçado para o interior da barra pela ação de uma mola que fica posicionada no interior do aperto rápido, mas impedido de se deslocar devido ao excêntrico. Após o posicionamento da sobrebarra no centrador, o manipulador é rodado pelo montador, o que impõe também uma rotação no excêntrico e permite o deslocamento do centrador, apertando a sobrebarra à barra. Para ser possível alterar a barra *transfer* e acrescentar apertos rápidos a esta, será necessário realizar furações na barra. Estas furações servem para encaixar cilindros de aço e os soldar posteriormente à barra *transfer*. Estes cilindros são maquinados para a geometria do casquilho, garantindo desta forma o posicionamento correto das furações na barra *transfer*. Após estas alterações, torna-se possível montar novos apertos rápidos na barra. Estas alterações são possíveis de se realizar com os recursos disponíveis internamente na GAV.

Para a alteração da barra *transfer* e a escolha de novas posições para colocação de apertos rápidos foi tido em consideração que os novos apertos rápidos não poderiam interferir com os anteriores. De facto, os apertos rápidos já existentes devem continuar a funcionar nas condições atuais sempre que necessário, de forma a permitir o funcionamento de sistemas *transfer* antigos ou sistemas *transfer* com uma frequência de produção baixa, e os quais não se justificam alterar. A barra *transfer* atualizada, com os novos apertos rápidos, encontra-se na Figura 51.

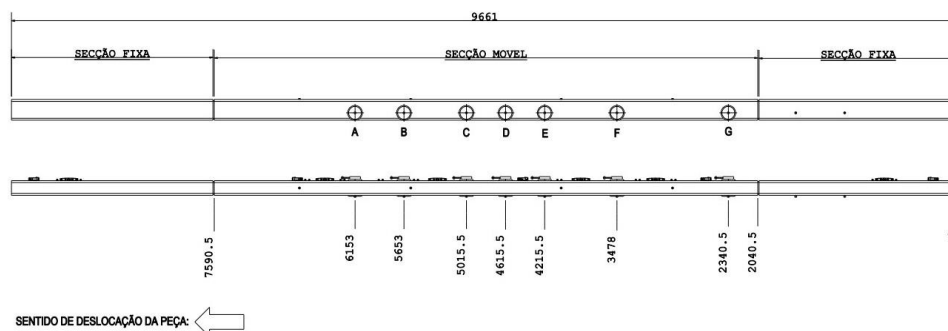


Figura 51 - Barra *transfer* atualizada. A, B, C, D, E, F, G: Apertos rápidos.

Os apertos rápidos A, C, D, F e G (Figura 51) são os já existentes e que se encontram funcionais. Foram acrescentados os apertos rápidos B e E (Figura 51). Nesta versão continua a ser possível trabalhar com os apertos rápidos anteriores e utilizar sistemas *transfer* com o modo de aperto atual. No entanto, o modo de aperto idealizado para esta utilização com esta barra recorre à divisão dos sistemas *transfer* em 6 sobrebarras, 3 por barra *transfer*, estas posicionadas pelos conjuntos de apertos A/B, C/E e F/G. Estes apertos encontram-se respetivamente a distâncias entre si de 500 mm, 800 mm e 1137,5 mm, que sendo diferentes, estas distâncias permitem criar um efeito de anti erro na montagem do sistema *transfer*. As sobrebarras atualizadas para utilização na nova versão da barra *transfer* e as suas dimensões estão representadas na Figura 52.

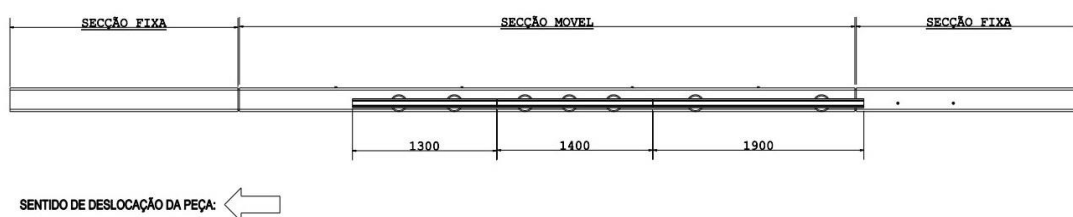


Figura 52 - Novas dimensões de sobrebarras *transfer*.

Os comprimentos de cada sobrebarra, 1900 mm, 1400 mm e 1300 mm, são inferiores aos anteriores 2770 mm, pelo que cumprem o objetivo de redução do comprimento das sobrebarras. A diferença de tamanho entre as sobrebarras, apesar de em si não impossibilitar uma montagem errada destas (esta segurança é conferida pelo espaçamento diferente entre os pontos para apertos), permite uma mais facilitada deteção da posição correta das sobrebarras na barra *transfer*, o que facilita a montagem destas.

É comum existirem ferramentas que não ocupam o comprimento total da prensa, caso no qual a extração das peças é facilitada pelo ajuste do tapete de saída de peças da prensa, que se aproxima da ferramenta. Apesar de as sobrebarras não atuarem sobre o comprimento total da zona móvel da barra *transfer*, como seria o usual na versão atual, estas atuam sobre a zona de maior utilização da barra, devido aos comprimentos reduzidos das ferramentas. Desta forma, esta solução permite reduzir o tamanho das sobrebarras e consequentemente o seu peso, mantendo as suas dimensões no mínimo útil. No caso de ser necessário utilizar um maior comprimento de sobrebarras, a sobrebarra do lado de saída de peças pode-se estender, cobrindo todo o comprimento em falta da secção móvel da barra *transfer*, ficando com um extensão total de 2400 mm.

O anteprojeto desta solução, nomeadamente a descrição das alterações necessárias e o desenho da barra *transfer* após alterações, foram apresentados numa reunião do grupo de trabalho Wtbc-ST. Foi averiguado o impacto das alterações à barra *transfer* no funcionamento do processo de estampagem. A realização das alterações podem ser realizadas em barras *transfer* de forma alternada, de forma a evitar paragens de produção. As alterações podem ainda ser realizadas durante a manutenção da prensa de 1250 t, que acontece quinzenalmente à sexta-feira, e prolongar para o fim-de-semana se necessário, de forma que esta não prejudique o reinício da produção na segunda-feira seguinte. Após a realização das alterações,

devido à barra *transfer* manter os apertos rápidos que existem atualmente, a utilização de sistemas *transfer* não atualizados para o novo comprimento de sobrebarras continua a ser possível, não tendo a alteração impacto na produção. Desta forma, o grupo viabilizou a continuação do desenvolvimento desta solução, que deverá ser implementada no projeto da nova solução construtiva de sistemas *transfer* em desenvolvimento.

3.5.2. Nova solução construtiva de sistemas *transfer*

A nova solução construtiva tem como objetivo a redução dos graus de liberdade do sistema *transfer* e do seu peso, através da utilização de perfis tubulares quadrados, da soldadura destes tubos e da utilização de juntas em impressão 3D.

Como primeira abordagem ao anteprojeto desta solução, começou-se por decidir qual o perfil tubular quadrado a utilizar, pois as dimensões do perfil influenciam as dimensões dos outros componentes a se desenvolver posteriormente. Decidiu-se utilizar perfis tubulares quadrados em alumínio, de liga a definir em projeto, de dimensões $30 \times 30 \times 3 \text{ mm}^3$. Este perfil foi escolhido por já ser utilizado na GAV em outros projetos perfis destas dimensões e permitir a compatibilidade destes. Optou-se por este material devido à baixa densidade comparativamente ao aço, que é o material mais utilizado atualmente nos sistemas *transfer* da GAV. A baixa densidade da liga de alumínio irá contribuir para reduzir o peso do sistema *transfer* nesta solução. A resistência deste perfil varia com a liga de alumínio utilizada, mas deve ser suficiente para as forças que estará sujeito no sistema *transfer*, que não deverão ultrapassar os 80 N aplicados por cada componentes de contacto com a peça. A resistência dos componentes será avaliada na fase de projeto desta solução.

O componente desenvolvido na nova solução construtiva para realizar a ligação entre os braços do sistema *transfer* e as sobrebarras foi denominado de base (Figura 53 - A). Este componente funciona em conjunto com a flange (Figura 54), à qual os perfis tubulares são soldados. A base contém alojamento para 4 pernos roscados com ponta esférica (Figura 53 - B), e a flange contém alojamentos para as pontas esféricas dos pernos. Assim, é possível regular o ângulo da saída dos perfis tubulares em torno do seu comprimento. A flange é fixa à base através de 4 parafusos, que atravessam a base e são roscados em porcas específicas ao perfil de alumínio que constitui a sobrebarra (Figura 53 - C). O ajuste angular possível na saída dos perfis tubulares é realizado em intervalos de $7,5^\circ$, de forma a evitar a sobreposição do alojamento das pontas esféricas dos pernos e não tornar a maquinação destes alojamentos demasiado complexa. Na Figura 55 pode-se observar o conjunto da sobrebarra, o componente base e flange com perfil tubular soldado.

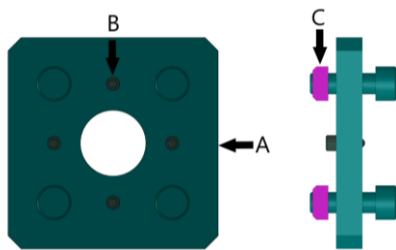


Figura 53 – Vista frontal e lateral da base e componentes adjacentes: A – Base; B – Perno com ponta esférica; C – porca específica ao perfil de alumínio.

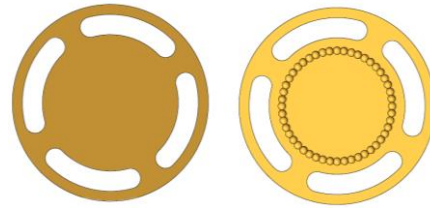


Figura 54 - Vista frontal e traseira da flange.

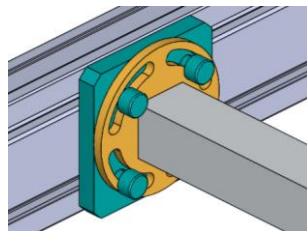


Figura 55 - Exemplo do conjunto montado da sobrebarra, base e flange com perfil tubular soldado.

Para realizar a ligação entre dois perfis tubulares foi desenvolvida uma junta de desnível alto (Figura 56 e Figura 57). A denominação desta advém da ligação dos perfis em planos distintos. Esta junta é composta por 3 componentes, um componente interior (Figura 56– A) e dois componentes exteriores (Figura 56 – B). A junta permite o ajuste em duas direções de forma distinta, ao longo dos dois perfis a serem ligados.

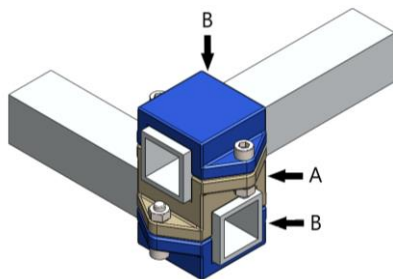


Figura 56 - Vista isométrica da junta de desnível alto. A - Parte interior; B - Parte exterior.

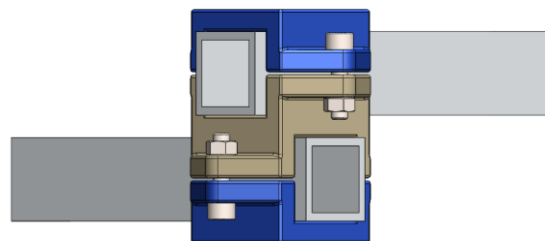


Figura 57 - Junta de desnível alto com perfis tubulares quadrados em planos diferentes no espaço.

A junta de desnível baixo (Figura 58 e Figura 59) foi desenvolvida posteriormente à junta de desnível alto, após a detecção da necessidade de posicionar perfis no mesmo plano ou com um desnível baixo entre estes. Esta junta é composta por duas partes iguais e permite o ajuste do sistema em dois eixos, ao longo do comprimento dos perfis tubulares a serem ligados.

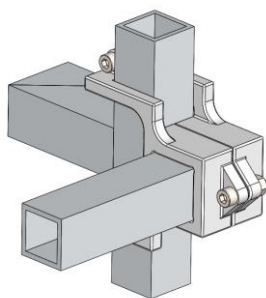


Figura 58 - Vista isométrica da junta de desnível baixo.

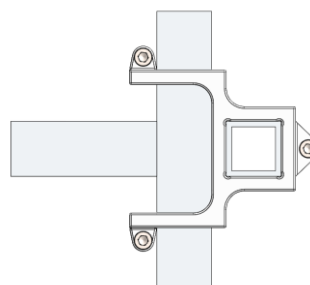


Figura 59 - Vista frontal da junta de desnível baixo, perfis tubulares quadrados num mesmo plano no espaço.

As garras mais comumente utilizadas nos sistemas *transfer* da GAV são o modelo 84A3.31 da marca Destaco (Figura 60) (anexo A). Por este motivo foi desenvolvido uma junta de ligação entre os perfis e este modelo de garra, denominado de suporte da garra (Figura 61). O suporte da garra apenas permite um ajuste pequeno ao longo do comprimento do perfil tubular que faz a ligação à garra. O ajuste do sistema *transfer* utilizando esta solução construtiva deve ser realizado nas juntas entre dois perfis tubulares de forma a não influenciar as conexões pneumáticas e elétricas, que se encontram inevitavelmente expostas junto à garra.



Figura 60 - Garra da marca Destaco [110].

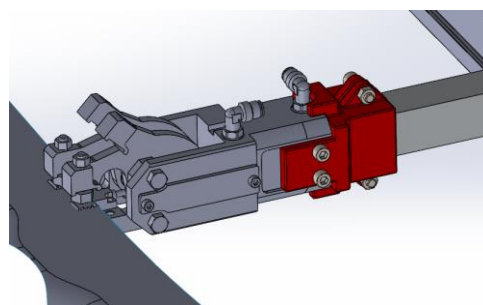
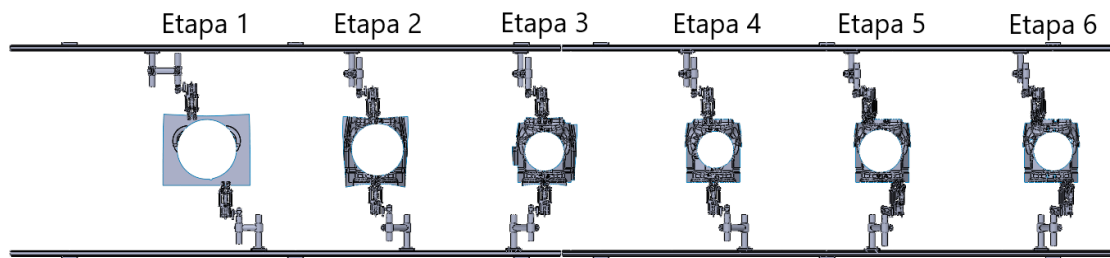


Figura 61 - Suporte da garra.

Os materiais utilizados no fabrico dos componentes desta solução devem ser analisados com rigor, nomeadamente para a escolha do material polímero a utilizar na impressão 3D das juntas, pois estes componentes são consideravelmente solicitados nesta solução tendo em conta as propriedades mecânicas usualmente inferiores dos polímeros quando comparados materiais metálicos, nomeadamente o aço que é o material utilizado nos sistemas *transfer* atuais. A análise e escolha dos materiais será realizada na fase de projeto da nova solução construtiva de sistemas *transfer*.

Para verificação da viabilidade de aplicação desta solução num caso real, foi modelado um sistema *transfer* com esta solução para uma peça real. O sistema *transfer* escolhido para aplicação do conceito em anteprojecto foi o sistema que trabalha em conjunto da ferramenta de estampagem denominada internamente de 694 (Figura 62 e Figura 63). Este sistema *transfer* utiliza a solução construtiva comum entre os sistemas da GAV, descrita no capítulo 3.2.1 e possível de observar na Figura 63. Devido à peça pertencer a um cliente da GAV e não à própria, nestas figuras a peça foi furada no seu interior de forma a proteger a propriedade intelectual deste cliente. A escolha deste sistema foi baseada apenas no facto de existir o projeto e

modelação deste juntamente com a ferramenta de estampagem e a peça produzida. Este fator facilita a aplicação do conceito, que pode ser aplicado sobre o projeto antigo, aproveitando desta forma as posições ideais de suporte da peça e a distância das sobrebarras à ferramenta de estampagem. Foi aplicado a nova solução construtiva nas sobrebarras que se situam na zona móvel da barra *transfer* da prensa. A nova solução construtiva de sistemas *transfer* pode ser observada na Figura 64.



Sentido de deslocação da peça: ➡

Figura 62 - Sistema *transfer* da ferramenta 694, com representação das etapas de conformação da peça e sentido de deslocação desta.

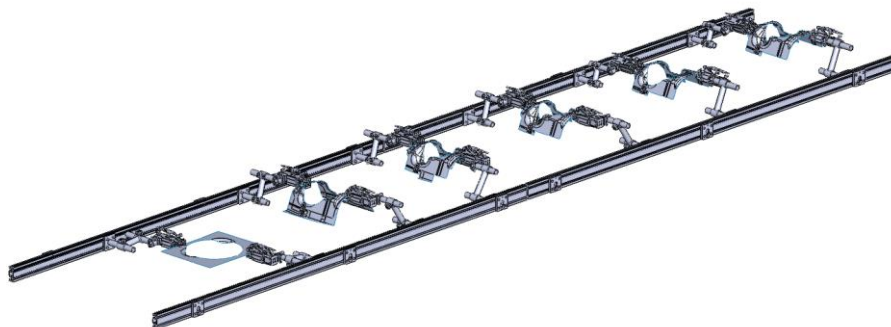


Figura 63 - Vista isométrica do sistema *transfer* da ferramenta 694.

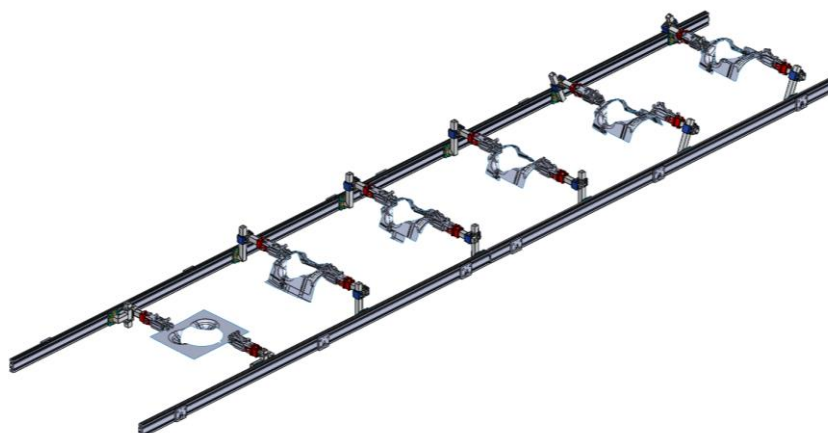


Figura 64 - Vista isométrica do sistema *transfer* da ferramenta 694 com nova solução construtiva.

A comparação entre as dois sistemas *transfer* por etapa encontra-se no apêndice C. Na primeira etapa foi aplicada a junta de desnível baixo na nova solução construtiva, de forma a permitir o correto posicionamento da garra e da peça, que fica ligeiramente desnivelada da sobrebarra.

Nesta etapa os graus de liberdade reduziram de 8 na solução atual para 5 na nova solução construtiva. Nas etapas seguintes foi aplicada a junta de desnível alto. Nestas etapas os graus de liberdade também reduziram de 8 na solução atual para 5 na nova solução construtiva. Nas etapas 5 e 6 a flange encontra-se com uma rotação sobre a base de $7,5^\circ$ e 15° , de forma rodar a garra e permitir o contacto correto entre esta e a peça.

Esta solução construtiva, na forma como se apresenta em anteprojeto, contém limitações que podem dificultar a sua aplicação a algumas peças e ferramentas de estampagem. Estas dizem respeito ao ajuste limitado a intervalos de $7,5^\circ$ entre a flange e a base, e a impossibilidade de inclinar a garra em torno dos dois eixos não ajustáveis na flange. Estas limitações levam a que o contacto com a peça não seja realizado da forma ideal ou seja mesmo impossível de se realizar se a peça não contiver uma aresta plana ou com uma curvatura mínima. No entanto, deve-se notar que peças com estas condições são incomuns entre as peças produzidas na GAV. Ambas as limitações podem ainda ser colmatadas utilizando juntas que direcionem os perfis tubulares nas direções e inclinações pretendidas. Ambas as juntas desenvolvidas neste anteprojeto podem ser alteradas de forma a permitir inclinar os perfis, como observável na Figura 65, caso no qual a junta de desnível alto foi adaptada para permitir criar um ângulo entre os perfis de 80° .

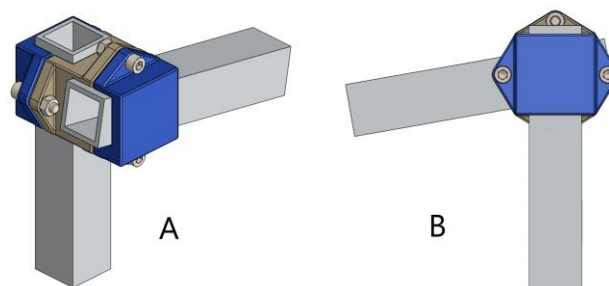


Figura 65 - Junta de desnível alto adaptada para ângulo de 80° entre perfis. A - Vista isométrica; B – Vista lateral.

O anteprojeto da nova solução construtiva foi apresentado numa reunião do grupo de trabalho Wtbc-ST, no qual a aplicação desta solução na ferramenta 694 foi comparada ao sistema *transfer* atual. Foi analisada a redução dos graus de liberdade e as possibilidades de ajuste do sistema, assim como o impacto que esta redução teria na capacidade de ajuste por parte dos colaboradores da GAV. Apesar da análise da junta à qual realizar o ajuste ser mais expedita com a nova solução construtiva, os colaboradores teriam ainda uma fase de adaptação. Foi ainda levantada a hipótese de as juntas, por serem fabricadas em polímero impresso, não resistirem às forças de aperto nos parafusos, que são muitas vezes apertados com binário excessivo durante o ajuste dos sistemas *transfer*. Esta hipótese deve ser validada numa fase de projeto da solução construtiva. Após a realização da análise a esta solução, o grupo validou o começo do projeto da mesma.

3.5.3. Estrutura de verificação da posição

Para o desenvolvimento da estrutura de verificação da posição, a GAV, através do grupo de trabalho Wtbc-ST, apresentou alguns requisitos. Estes requisitos foram:

1. Utilização do perfil tubular quadrado $50 \times 50 \times 3 \text{ mm}^3$ para o corpo soldado da estrutura, devido a ser um perfil muito utilizado na GAV para a construção de estruturas de equipamentos.
2. Baixa complexidade mecânica e eletrónica da estrutura, de forma que esta não necessite de elevada manutenção e que seja de fácil utilização pelos colaboradores da GAV, sem haver a necessidade de uma formação para o mesmo.
3. Facilidade de posicionamento e fixação dos sistemas *transfer* na estrutura, que deve ser semelhante com as fixações presentes na barra *transfer* da prensa. Devido ao peso considerável dos sistemas *transfer*, a fácil fixação destes na estrutura sem sobrecarregar os colaboradores é de elevada importância no projeto e é o requisito de maior relevância imposto pelo grupo de trabalho.

Após a definição dos requisitos, a primeira etapa no desenvolvimento do anteprojeto desta solução foi a idealização da estrutura e o seu conceito de funcionamento. Após uma pesquisa sobre equipamentos de medição disponíveis comercialmente e o seu funcionamento, foi decidido que o funcionamento seria o de um componente móvel, que realiza o contacto com os sistemas *transfer*, e se desloca com a ajuda do operador do equipamento, sobre guias lineares em 3 eixos de medição. A medição deve ocorrer de forma distinta em cada eixo de medição e realizada através de potenciómetros, *encoders* ou outro componente capaz de realizar a medição de forma autónoma. A medição deve ser realizada em relação a um ponto “zero” na estrutura, que será correspondente ao ponto de tara da estrutura de verificação de posição.

Foram consultados os fornecedores comuns da GAV para componentes de máquinas e equipamentos e escolheu-se utilizar as guias lineares da marca Rexroth. Os motivos de escolha destes componentes foram a sua vasta utilização na GAV, nomeadamente em máquinas para soldadura, e o funcionamento simples destes. Estas guias estão disponíveis na versão *IMScompact* (Figura 66) (anexo B). Estes modelos das guias lineares e respetivos patins são equipados com um *encoder* magnético embutido no patim e faixa magnética, para medição com o *encoder*, na guia. Assim, a utilização destes para medição de componentes de sistemas *transfer* em 3 eixos distintos, utilizando 3 guias distintas, seria facilitada e de aplicação direta. Ainda como ponto positivo da versão *IMScompact* destes componentes, existe também ecrãs de controlo e visualização da medição (Figura 67) (anexo C), de compatibilidade direta com os *encoders* embutidos nos patins. A partir destes ecrãs é possível visualizar os valores da medição, tarar o *encoder* e definir os parâmetros deste. A elevada compatibilidade entre os ecrãs e o componentes de medição permite assegurar o requisito de simplicidade eletrónica da estrutura e o facto de os *encoders* se encontrarem embutidos nos patins torna a estrutura mais simples na sua construção, não necessitando de componentes de ligação entre estes, contribuindo para o requisito de simplicidade mecânica da estrutura.

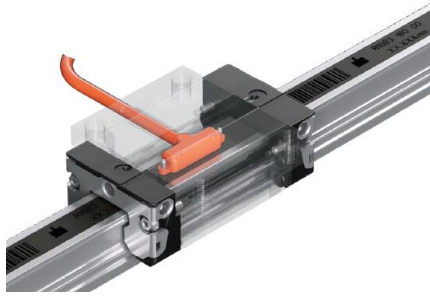


Figura 66 - Guia com faixa magnética e patim com encoder embutido [111].



Figura 67 - Ecrã de controlo e visualização dos valores da medição [111].

O anteprojeto da estrutura de verificação da posição resultou na solução apresentada na Figura 68 e Figura 69.

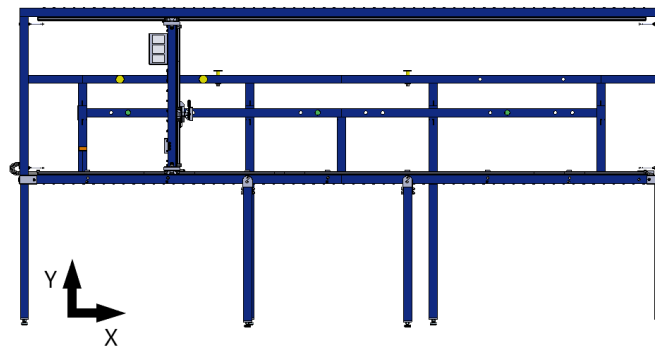


Figura 68 - Vista frontal da versão 1 da estrutura de verificação de posição.

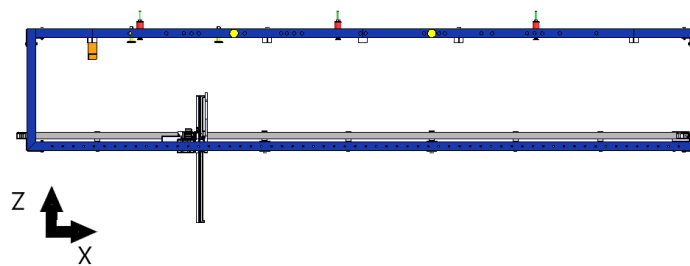


Figura 69 - Vista superior da versão 1 da estrutura de verificação de posição.

Nesta primeira versão da estrutura de verificação de posição para os sistemas *transfer*, uma barra vertical (Figura 70 - A) desloca-se sobre duas guias lineares no eixo X, sendo uma delas capaz de medição neste eixo. A barra vertical transporta as guias lineares para medição dos componentes do sistema *transfer* nos eixos Y e Z, e a ponteira (Figura 70 - B), faz o contacto com os sistemas *transfer*. A barra vertical segura ainda uma caixa para acoplamento dos ecrãs (Figura 70 - C) que permitem a visualização dos valores medidos. As guias para o eixo X estão aparafusadas a uma estrutura de construção soldada e posicionadas por 2 pinos a esta. A coluna e os respetivos patins para movimentação no eixo X estão limitados por componentes amortecedores nas extremidades da estrutura (Figura 70 - D). Nesta versão da estrutura de verificação de posição foi incluído um componente denominado de zero máquina (Figura 70 -

E), onde se pode posicionar a ponteira e realizar a tara dos *encoders* que se encontram nos patins para medição.

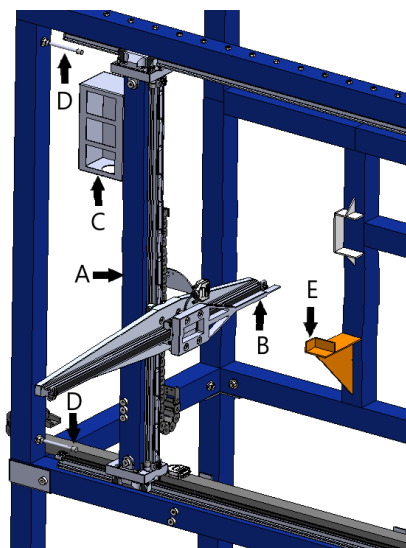


Figura 70 - Componentes da estrutura de verificação de posição: A - Barra vertical; B - Ponteira; C - Caixa para ecrãs; D - Limitadores; E - Zero máquina.

Para realizar o posicionamento e fixações das sobrebarras *transfer*, a estrutura contém 2 barras dedicadas. Na barra superior, são posicionadas as sobrebarras com apertos roscados e na inferior são posicionadas as sobrebarras com apertos rápidos. Estas barras contêm furações suficientes para posicionar todas as sobrebarras que são utilizadas na GAV, com alguma redundância, sendo que as furações são repetidas de forma que as sobrebarras do lado esquerdo da ferramenta sejam posicionadas a partir da esquerda da estrutura e as sobrebarras do lado direito a partir do lado direito.

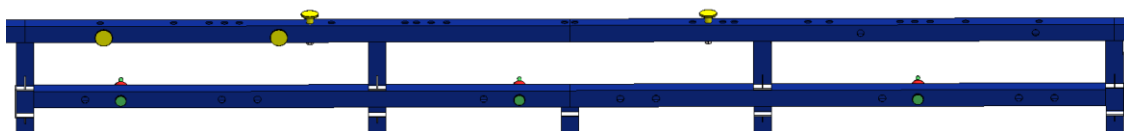


Figura 71 - Barras da versão da estrutura de verificação de posição para posicionamento das sobrebarras *transfer*.

As fixações existentes para as sobrebarras de apertos roscados (Figura 72) pretendem simular os apertos existentes na barra *transfer* da prensa. Estas fixações utilizam um veio roscado na sua extremidade, que atravessa a sobrebarra pelo casquilho designado para o seu posicionamento, e atravessa ainda a barra da estrutura, onde o veio vai ser apertado utilizando uma anilha e uma porca. Para as sobrebarras de apertos rápidos, as fixações existentes contêm também um veio roscado na sua extremidade (Figura 73), onde se posiciona a sobrebarra no alojamento próprio para o aperto rápido. Este veio atravessa a barra da estrutura e um casquilho, e é depois fixo utilizando uma porca e uma anilha. O casquilho tem a função de espaçador entre a anilha e a barra da estrutura, de forma a permitir que após aliviado o aperto na porca, o veio se possa deslocar para facilitar a colocação e extração de sobrebarras da estrutura e tornar mais notório se o aperto foi realizado, criando um efeito de anti erro.

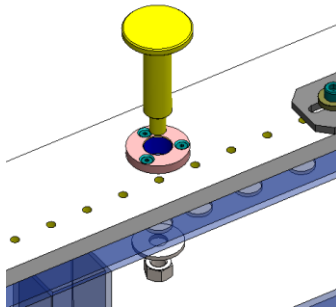


Figura 72 - Fixação para sobrebarras de apertos rosçados da versão 1 da estrutura de verificação de posição.

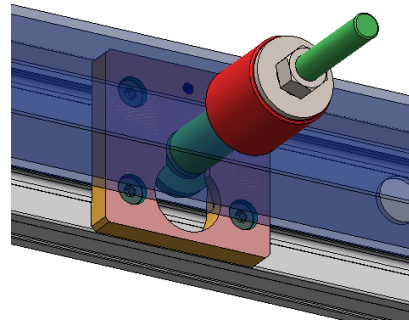


Figura 73 - Fixação para sobrebarras de apertos rápidos da versão 1 da estrutura de verificação de posição.

O anteprojeto desta solução foi apresentado numa reunião do grupo Wtbc-ST. Nesta reunião foi dada importância ao modo de funcionamento da estrutura e ao cumprimento dos requisitos previamente estabelecidos, e ambos foram analisados, tendo sido o modo de funcionamento aprovado pelo grupo e os requisitos verificados. Assim, o autor da dissertação teve autorização para começar o projeto da estrutura de verificação de posição, e avançar com o desenvolvimento mais detalhado desta solução.

3.6. Projeto das soluções

Após a fase de anteprojeto das soluções escolhidas no capítulo 3.4.1, procede-se neste capítulo à realização e descrição da fase de projeto das mesmas. Estas soluções dividem-se no projeto de uma solução construtiva de sistemas *transfer* utilizando também a redução de tamanho das sobrebarras e o projeto da estrutura de verificação de posição de sistemas *transfer*. Ambos os projetos se encontram representados na sua fase final através de uma imagem fotorealista, respetivamente na Figura 74 e Figura 75. O projeto das soluções como se apresenta neste capítulo continua a terceira etapa da metodologia DSR, iniciada no capítulo 3.5.

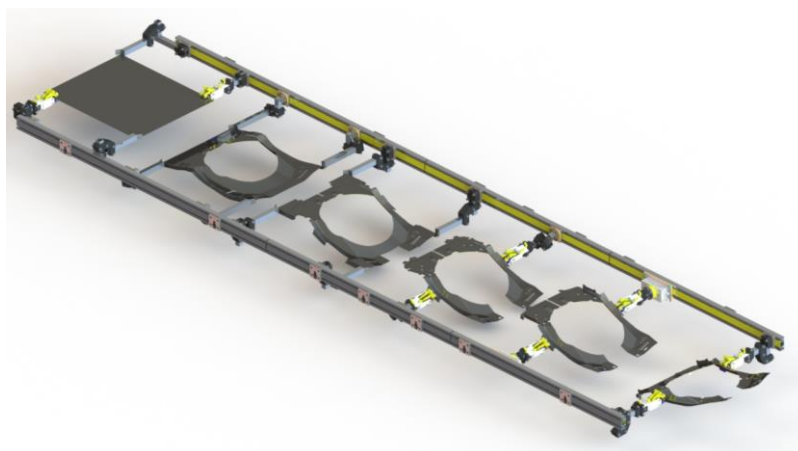


Figura 74 – Fotorealismo de sistema *transfer* com nova solução construtiva e redução do tamanho das sobrebarras.

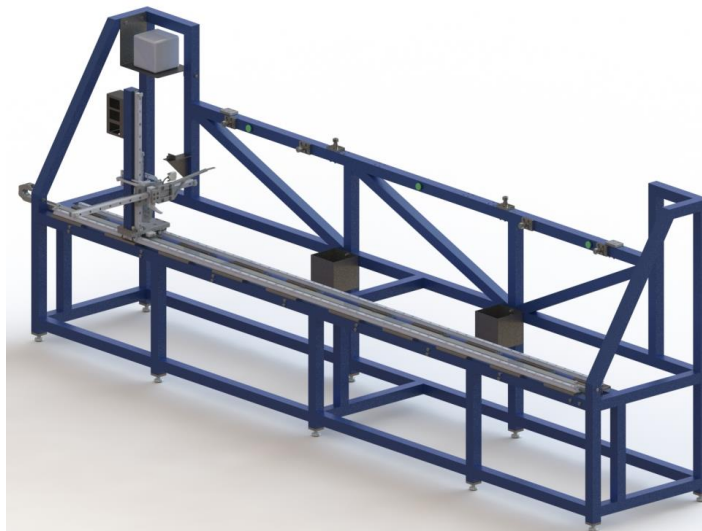


Figura 75 – Fotorealismo da estrutura de verificação da posição para sistemas *transfer*.

3.6.1. Desenvolvimento de nova solução construtiva com redução do tamanho das sobrebarras

Neste capítulo é abordado o projeto da nova solução construtiva, esta já adaptada aos novos comprimentos de sobrebarras, derivados da redução dos mesmos decidida em anteprojecto. Este projecto tem como etapas a selecção de materiais para fabrico dos componentes, o desenvolvimento dos componentes de impressão 3D, escolha do sistema *transfer* e versão 1 da aplicação da solução, desenvolvimento de novos componentes de impressão 3D, a análise MEF (método de elementos finitos) dos novos componentes de impressão 3D e versão final da aplicação da solução.

- **Seleção de materiais para fabrico dos componentes**

O material escolhido para ser utilizado nos perfil tubulares quadrados é alumínio de série 6000. Esta série de alumínio é utilizada na indústria aeroespacial e automóvel devido às boas propriedades mecânicas que apresenta, como tensões de cedência que podem chegar a 310 MPa [112], mediante o tratamento térmico aplicado, à resistência à corrosão, que evita a degradação durante o armazenamento dos perfis na GAV, e ainda à boa soldabilidade e maleabilidade do material. Esta série de alumínio é ainda utilizada no fabrico de perfis tubulares quadrados com as dimensões $30 \times 30 \times 3 \text{ mm}^3$ [113], a dimensão que se pretende utilizar nesta aplicação. A flange é fabricada no mesmo material do perfil de forma a permitir a soldadura destes dois componentes. O componentes base é fabricado em aço C45E, de número 1.1191, segundo a norma europeia EN 10 027-1 e EN 10 027-2 respetivamente. Este aço é utilizado habitualmente na GAV para fabricar componentes de ferramentas que não necessitem tratamentos térmicos e não sejam muito solicitados mecanicamente. Sendo que os esforços no sistema *transfer* são numa escala muito inferiores aos esforços que ocorrem na ferramenta de estampagem durante o trabalho de conformação da peça, este material deverá ter capacidade de aguentar todos os esforços a que será sujeito. Apesar da elevada densidade do aço quando comparado a materiais como o alumínio, foi optado pela utilização do aço neste componente

devido a este conter furos roscados para alojamento dos pernos de posicionamento da flange, e assim permitir uma maior vida útil dos componentes.

A decisão do material a utilizar para as juntas fabricadas por impressão 3D foi mais detalhada e alvo de maior ponderação. Devido à novidade desta tecnologia de fabrico e os polímeros obtidos na GAV e para o autor, foi necessário realizar uma pesquisa sobre os materiais utilizados neste processo de fabrico e as suas propriedades. Desta forma, como presente na Tabela 11, reuniram-se polímeros utilizados em impressão 3D e as suas propriedades.

Tabela 11 - Materiais para impressão 3D e suas propriedades.

Material	Massa volúmica (g/cm^3)	Modulo de elasticidade (GPa)	Tensão de cedência (MPa)	Tensão de rotura (MPa)	Alongamento na cedência (%)	Elongação na fratura (%)
TPU [114]	1,22	0,026	8,6	39	55	580
ABS [115]	1,04	1,8	26	26	2	2
PETG [116]	1,33	2,02	50	50	6	23
HIPS [117]	1,04	0,155	22	22	50	50
PLA [118]	1,264	2,539	26	26	1	1
Onyx [119]	1,2	1,4	36	30	25	58
ASA [120]	1,14	2,09	46,4	29,8	16,2	3,6
PP [121]	0,89	0,22	8,7	8,7	13	13
Nylon [122]	1,1	0,94	31	54	27	260
PC [123]	1,2	2,1	60	35	4,9	5,2

Nota: TPU: termoplástico poliuretano; ABS: acrilonitrila butadieno estireno; PETG: polietileno tereftalato glicol; HIPS: poliestireno de alto impacto; PLA: polilactida; Onyx: composto de nylon com fibra de carbono; ASA: acrilonitrila estireno acrilato; PP: polipropileno; PC: policarbonato.

Os materiais apresentados na Tabela 11 correspondem aos materiais mais utilizados atualmente em impressão 3D de polímeros. As propriedades destes materiais, apesar da sua variação, mantém-se na mesma ordem de grandeza entre vários fabricantes e as vantagens e desvantagens inerentes a estas propriedades podem ser analisadas de forma comparativa entre materiais, através da escolha de um fabricante para cada.

A partir dos dados reunidos acerca dos materiais, procedeu-se à seleção do material a utilizar. Este material deverá ter uma rigidez considerável, de forma a garantir que a deformação das juntas durante o funcionamento do sistema *transfer* e a transferência da peça não afete o posicionamento desta e o processo de estampagem. O material deve ainda suportar os esforços derivados da transferência da peça, pelo que necessita de uma tensão de cedência elevada. Este também deve contribuir para o objetivo de redução da massa do novo sistema *transfer*, necessitando de uma massa específica reduzida. De forma a permitir realizar a escolha do material de forma objetiva e ponderada, foi realizada uma tabela de ponderação para os materiais enumerados previamente (Tabela 12).

Tabela 12 - Tabela de ponderação de polímeros para impressão 3D.

	Critério						Índice de desempenho γ
	1 - Tensão de cedência (MPa)		2 - Módulo de Young (GPa)		3 - Massa volúmica (g. cm^{-3})		
Material	$w_1 = 0,5$		$w_2 = 0,35$		$w_3 = 0,15$		
TPU	8,60	7,17	0,00	0,04	1,22	10,94	18,15
	14,33		0,10		72,95		
ABS	26,00	21,67	1,80	24,81	1,04	12,84	59,32
	43,33		70,89		85,58		
PETG	50,00	41,67	2,02	27,85	1,33	10,04	79,55
	83,33		79,56		66,92		
HIPS	22,00	18,33	0,16	2,14	1,04	12,84	33,31
	36,67		6,10		85,58		
PLA	26,00	21,67	2,54	35,00	1,26	10,56	67,23
	43,33		100,00		70,41		
Onyx	36,00	30,00	1,40	19,30	1,20	11,13	60,42
	60,00		55,14		74,17		
ASA	46,40	38,67	2,09	28,81	1,14	11,71	79,19
	77,33		82,32		78,07		
PP	8,70	7,25	0,22	3,03	0,89	15,00	25,28
	14,50		8,66		100,00		
Nylon	31,00	25,83	0,94	12,96	1,10	12,14	50,93
	51,67		37,02		80,91		
PC	60,00	50,00	2,10	28,95	1,20	11,13	90,07
	100,00		82,71		74,17		

Na ponderação realizada na Tabela 12, a tensão de cedência foi considerada como a propriedade mais relevante na escolha, com um peso de 0,5, sendo que a capacidade de o material suportar os esforços durante o funcionamento do sistema *transfer* é fulcral ao seu funcionamento. É ainda relevante uma tensão de cedência mais elevada devido ao carácter cíclico dos esforços, que podem provocar fadiga nas juntas e levar à sua falha. Às propriedades rigidez e massa específica foi atribuído um peso de 0,35 e 0,15, respetivamente. A rigidez é relevante para o funcionamento correto do sistema *transfer*, no entanto, a rigidez da junta depende não só da rigidez ou módulo de elasticidade do material como também da sua forma. A variação no posicionamento da peça na ferramenta de estampagem é também absorvida, dentro de limites que variam com a ferramenta, pelos posicionadores existentes nesta, como tal em certos casos, a rigidez das juntas não é relevante para o funcionamento da ferramenta de estampagem, mas apenas do sistema *transfer*, nomeadamente para permitir o contacto correto das garras com a peça. A massa específica foi a propriedade de menor peso na ponderação, devido a todos os materiais analisados serem já consideravelmente menos densos que o aço, que é o material utilizado nas juntas em funcionamento na GAV.

Após realizada a ponderação (Tabela 12), o polímero com melhor índice de desempenho foi o PC, com 90,07, seguido do PETG com 79,55 e do ASA com 79,19. Verificada a factibilidade de impressão de PC na impressora disponível na GAV, e sendo que o PC teve um índice consideravelmente superior ao material com o segundo melhor índice, este polímero foi escolhido como o material a ser utilizado nas juntas para impressão 3D.

Foi decidido utilizar como parâmetro de impressão o preenchimento das juntas em 100%. Apesar da possibilidade de não utilizar um preenchimento total das peças na impressão 3D permitir reduzir o consumo de material e o tempo de impressão, o que são vantagens deste processo de fabrico, este fator implica uma alteração das propriedades da peça face às

propriedades do material base. Alterar as propriedades das peças em função do seu preenchimento torna não fidedigna uma análise à resistência das juntas utilizando apenas as propriedades do seu material de impressão, criando a necessidade de descobrir as propriedades da peça impressa para as condições usadas na impressão. As propriedades da peça impressa podem ser descobertas através de ensaios destrutivos de provetes impressos com diferentes preenchimentos, apesar de este procedimento ser bastante moroso. Optou-se assim por utilizar um enchimento de 100% e validar os componentes a serem impressos através de análises MEF destes.

- **Desenvolvimento dos componentes de impressão 3D**

Antes de se aplicar estes componentes a um novo sistema *transfer*, estes foram adaptados, de forma a serem mais robustos e funcionais. Na Figura 76, Figura 77 e Figura 78 pode-se observar estes componentes, como apresentados no capítulo 3.5.2 e após serem realizadas as alterações.

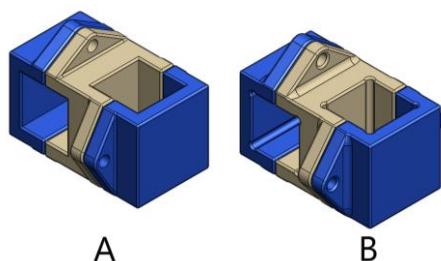


Figura 76 - Junta de desnível alto: A - Versão de anteprojeto; B - Versão após alterações.

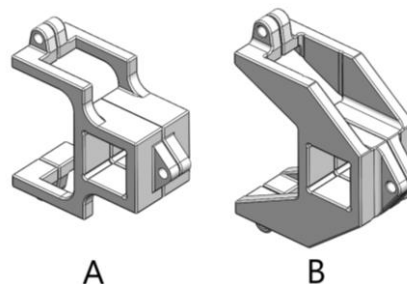


Figura 77 - Junta de desnível baixo: A - Versão de anteprojeto; B - Versão após alterações.

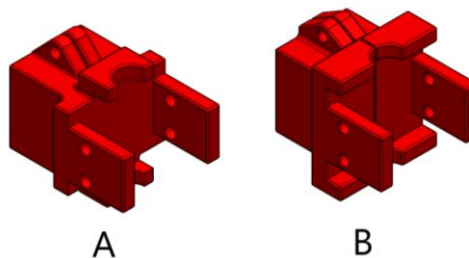


Figura 78 - Suporte da garra: A - Versão de anteprojeto; B - Versão após alterações.

As 3 juntas foram alteradas nos raios dos boleados entre as abas de aperto e o resto do corpo da peça, de 1 mm para 3 mm, de forma a aumentar a robustez das abas e diminuir a concentração de tensão nessa zona ao realizar o aperto das várias juntas. Em todas estas foram adicionados alívios na forma de furos nos cantos do alojamento do perfil tubular quadrado. Esta alteração serve o propósito de evitar o contacto entre a junta e a aresta dos perfis, que pode criar concentração de tensão nos componentes. Estas juntas foram também alteradas nos furos para passagem dos parafusos, onde se acrescentou um boleado de 0,5 mm. As juntas de desnível baixo (Figura 77) e o suporte da garra (Figura 78) foram também reforçadas em zonas que aparentavam ser menos robustas. No caso da junta de desnível baixo, esta foi reforçada para aumentar a sua resistência de corte entre os dois perfis a que faz a ligação. O suporte da garra foi reforçado de forma a aumentar a área de suporte vertical da garra. Ambas foram

reforçadas nas abas, onde se aumentou o volume das mesmas, devido a estas serem inferiores e menos robustas que as abas existentes na junta de desnível alto.

- **Escolha do sistema *transfer* e versão 1 da aplicação da solução**

Para aplicação final desta nova solução construtiva foi escolhido o sistema *transfer* da ferramenta de estampagem denominada de 519. Contrariamente ao sistema *transfer* da ferramenta 694 apresentado no anteprojeto da solução, este sistema apresenta um rendimento inferior devido às paragens regulares na produção, por necessidade de ajuste dos seus componentes. Este ajuste pode-se dever à maior complexidade deste sistema, que contém componentes que provocam rotação da peça. Nesta ferramenta são produzidas 2 peças simultaneamente, com o peso individual de 1,5 kg, totalizando uma massa de 3kg a ser transferida pelo sistema *transfer*. Esta massa é consideravelmente superior à massa da peça produzida pela ferramenta 694, 1,245 kg, o que pode provocar a maior necessidade de ajustes do sistema devido aos esforços superiores que a transferência da peça impõe neste. Devido à superior complexidade e o baixo rendimento do sistema *transfer* da ferramenta 519, este foi escolhido para aplicação da solução construtiva.

Nas Figura 79 e Figura 80 podem-se observar as etapas de conformação da peça produzida pela ferramenta de estampagem 519. Esta peça encontra-se furada nas figuras de forma a proteger a propriedade intelectual do cliente da GAV.

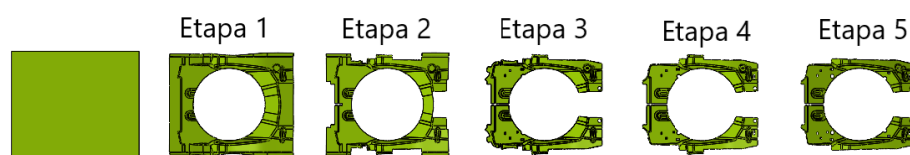


Figura 79 - Vista superior dos passos de conformação das peças produzida na ferramenta 519.

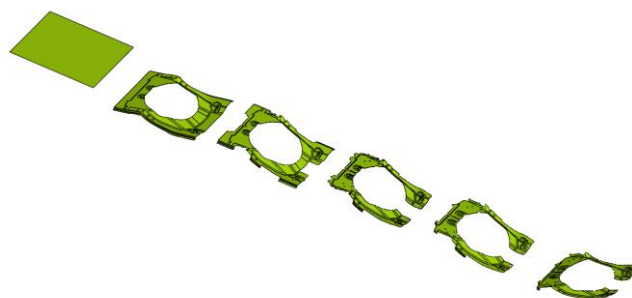


Figura 80 - Vista isométrica dos passos de conformação das peças produzida na ferramenta 519.

O processo de estampagem desta peça começa a partir de um formato previamente cortado e posicionado num posto intermédio entre a ferramenta de estampagem e as cintas de alimentação de chapa na prensa. Este formato é transportado pelo sistema *transfer* e posicionado no primeiro posto da ferramenta, onde a primeira etapa de estampagem é realizada. Esta etapa consiste numa primeira embutidura da forma da peça, que será posteriormente confirmada. O sistema *transfer* transfere a peça entre este posto e o seguinte, como acontece ao longo de toda a ferramenta de estampagem. Na segunda etapa são realizados alguns cortes de contorno e 1 furo central que promove o início da separação das

duas peças. A terceira etapa consiste na realização dos restantes cortes de contorno e de várias furações. Na quarta etapa são realizadas dobras em várias zonas de contorno das peças. É realizada também uma embutidura parcial da forma da peça, para confirmação desta. Nesta etapa também se realizam furações que necessitam maior rigor dimensional do que o restante corpo das peças. Por fim, na quinta etapa, é realizada uma embutidura da restante forma da peça que não tinha sido verificada no posto anterior e realizam-se também furações de rigor dimensional elevado. Nesta última etapa é ainda realizada o último corte para divisão das peças, que separa estas. Entre a quarta e quinta etapa as peças sofrem uma rotação durante a sua transferência, provocada pelo sistema *transfer*, de forma a permitir o seu posicionamento correto na ferramenta de estampagem. Após a quinta etapa as peças são depositadas pelo sistema *transfer* no tapete de saída da prensa.

Na Figura 81 pode se observar o sistema *transfer* da ferramenta 519 montado nos cavaletes para manutenção dos sistemas *transfer*. Este sistema *transfer* é dividido em 4 sobrebarras, sendo que trabalham 2 de cada lado da ferramenta em simetria. Os conjuntos de sobrebarras que se situam do lado da entrada de formatos na ferramenta (Figura 81 – A) têm uma massa aproximada de 17,8 kg cada. Os conjuntos de sobrebarra que se situam no lado de saída de peças (Figura 81 – B) têm uma massa aproximada de 18,2 kg cada. Apesar do reduzido número de componentes dos conjuntos de sobrebarra do lado de saída de peças relativamente aos conjunto do lado da entrada de formatos, estes têm uma massa superior. Tal deve-se à existência dos componentes que conferem rotação da peça (Figura 81– C) e que em conjunto com a placa que faz a sua ligação à sobrebarra têm uma massa de aproximadamente 2,5 kg e do maior número de garras que têm uma massa de 1,3 kg cada.

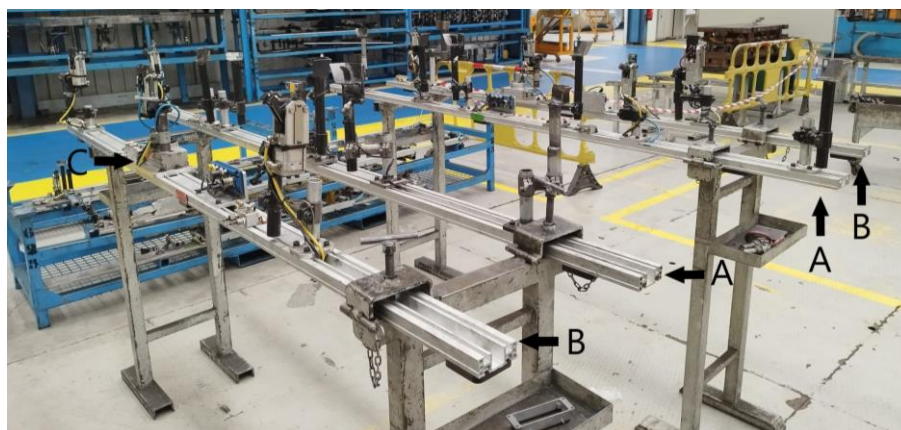


Figura 81 - Sistema *transfer* da ferramenta 519.

Este sistema *transfer* não se encontrava modelado, nem os seus componentes de contacto com a peça se encontravam representados no projeto da ferramenta de estampagem e das etapas de estampagem. Este fator levou a que o processo de definição da posição dos componentes de contacto e o projeto de um novo sistema *transfer* não fosse direto. Desta forma, foi necessário primeiramente observar o sistema *transfer* atual e perceber que componentes de contacto são utilizados para o transporte da peça entre cada etapa. Em seguida observou-se o funcionamento do sistema, a partir do qual se inferiram as zonas de suporte das peças para o seu transporte entre cada etapa. Modelaram-se posteriormente os componentes de contacto

e sobrepondo estes sobre a modelação da ferramenta de estampagem e das etapas de conformação da peça, foi possível analisar as possíveis interferências que o sistema *transfer* teria com a ferramenta de estampagem durante o seu funcionamento, conjugando estas informações, foram decididas as posições dos componentes de contacto em relação às peças.

Seguidamente, analisou-se o programa da prensa que controla a posição e movimentação das barras *transfer*. A partir deste programa obteve-se a distância entre as barras *transfer* durante o momento de suporte da peça, necessária para o correto projeto do sistema sem criar a necessidade de reprogramação da barra *transfer*. Esta distância poderia ser obtida medindo o sistema *transfer* existente, nomeadamente a distância entre os componentes de contacto e a sobrebarra. No entanto, devido aos componentes de contacto se encontrarem a distâncias distintas mediante a zona em que suportam as peças, e acrescentando a este constrangimento a possibilidade de os componentes de contacto não estarem corretamente posicionados, optou-se pela análise do programa da barra *transfer*.

Com as informações recolhidas, procedeu-se à modelação do novo sistema *transfer* utilizando a nova solução construtiva e os pontos de aperto e dimensões atualizadas das sobrebarras. Este sistema *transfer* pode ser observado na Figura 82, Figura 83 e Figura 84. Nesta última, apresenta-se o sistema *transfer* quando segura as peças para iniciar a sua translação, juntamente com a ferramenta de estampagem 519.

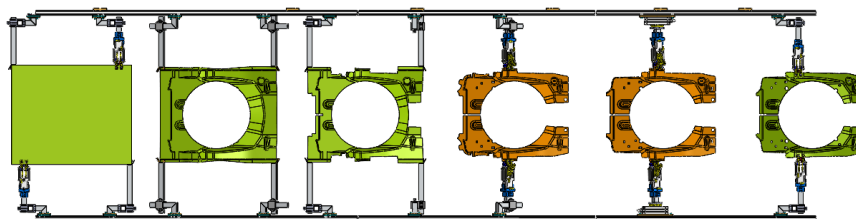


Figura 82 - Vista superior da versão 1 do novo sistema *transfer* da ferramenta 519.

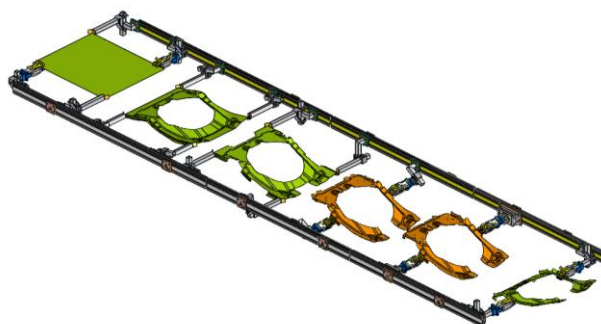


Figura 83 - Vista isométrica da versão 1 do novo sistema *transfer* da ferramenta 519.

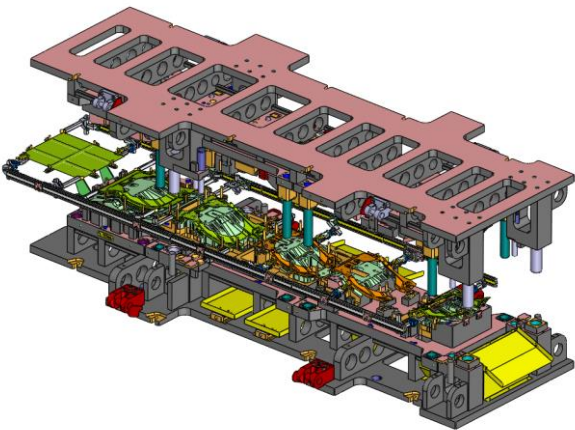
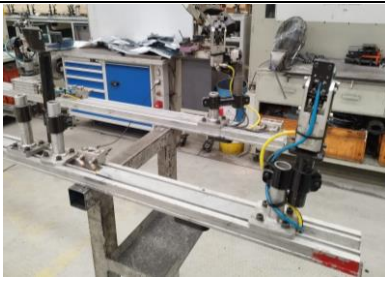
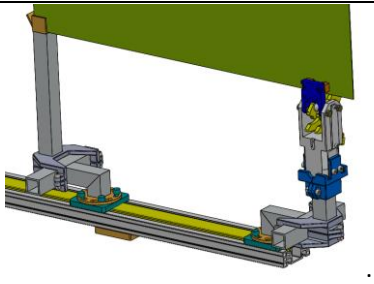
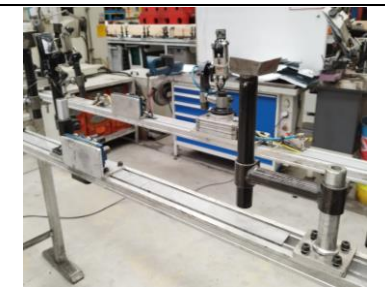
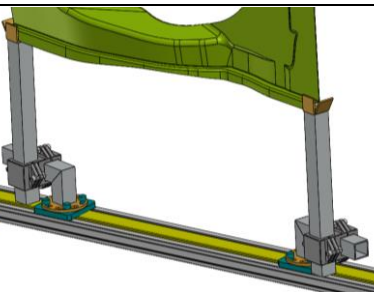
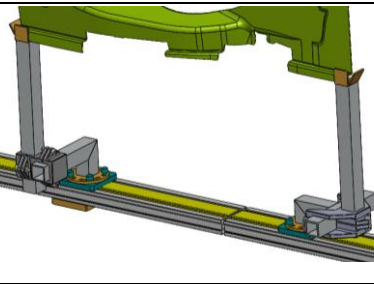
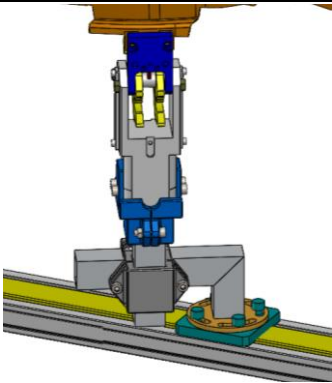
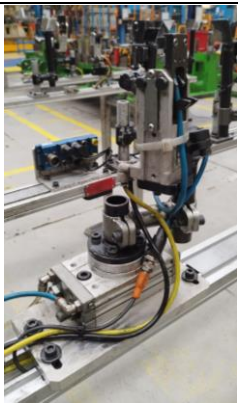
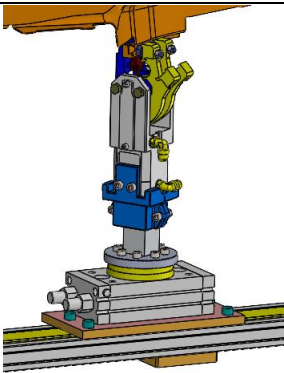
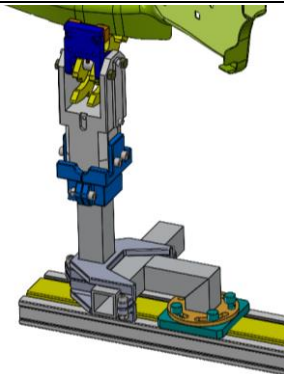


Figura 84 - Sistema *transfer* e ferramenta 519.

Na Tabela 13 apresenta-se uma comparação por cada etapa do sistema *transfer* como se encontra em funcionamento e da versão 1 da aplicação da nova solução construtiva a este sistema *transfer*. Apresenta-se o número das etapas de forma correspondente às etapas de conformação das peças na ferramenta de estampagem, começando pela etapa 0, sendo esta o formato a ser alimentado na ferramenta.

Tabela 13 - Comparação por etapa do sistema *transfer* da ferramenta 519 entre a solução atual e a versão 1 da nova solução construtiva.

Etapa	Solução atual	Versão 1 da nova solução construtiva
0		
1		
2		

3		
4		
5		

As primeiras 3 etapas do sistema *transfer* da ferramenta 519 funcionam com o apoio das peças em 4 pontos, pelo que necessitam de 2 componentes de contacto com a peça por barra *transfer*. Os componentes de contacto utilizados foram 1 garra e 1 colher na primeira etapa e 2 colheres nas segunda e terceira etapa. Nas 3 últimas etapas as peças são suportadas em 2 pontos, 1 por barra *transfer*, e são utilizadas garras para o efeito. Nas etapas 3 e 5 são utilizados componentes já apresentados e cujo modo de funcionamento e redução de graus de liberdade comparativamente à solução construtiva atual foi já abordado. Na etapa 4 é utilizado o componente que confere a rotação necessária das peças durante o seu transporte entre operações de estampagem. Nesta etapa a redução de graus de liberdade conseguida foi de 10 para 4. Esta redução considerável deve-se à eliminação de 2 juntas existentes na versão atual, fazendo com que o perfil tubular se estenda do componente de rotação ao suporte da garra. Desta forma o ajuste deste braço é apenas realizado no suporte da garra na direção de aproximação à peça, e na placa de suporte do componente de rotação nas restantes direções. A placa de suporte do componente de rotação, apesar de permitir o ajuste do braço, não estaria

a ser utilizado para este propósito nos ajustes durante as produções. Na versão atual, ajuste do braço da etapa 4 era exclusivamente realizado nas juntas intermédias entre o elemento de rotação e a garra, e cujo ajuste não é possível de se realizar em graus de liberdade isolados.

- **Desenvolvimento de novos componentes de impressão 3D**

As peças produzidas na ferramenta 519 contêm ângulos de inclinação até 12° em relação à direção de translação destas, nas zonas onde é suportada pelo sistema *transfer*. Utilizando os componentes desenvolvidos, apenas é possível uma rotação dos componentes de contacto a partir da base em intervalos de 7,5°, sendo 15° a medida possível mais próxima do ideal de 12°. As colheres são capazes suportar as peças sem paralelismo entre as duas faces, pois as peças são apenas suportadas pelas colheres. As garras também são capazes de absorver alguma variação no posicionamento da peça em relação à garra no seu aperto, o que é algo usual devido ao desajuste gradual que os sistemas *transfer* sofrem durante as produções e que leva à eventual necessidade de ajustes dos mesmos, quando a variação no posicionamento impede o funcionamento do sistema. No entanto, o controlo da posição de uma garra que aperta uma peça não paralela a esta deve ser mais preciso e regular, de forma a prevenir que as arestas dos mordentes das garras marquem a peça e provoquem danos detetáveis no controlo de qualidade, sendo esta uma das ocorrências notadas durante a fase de recolha de ocorrências. Também o controlo e ajuste de uma garra que trabalha com uma peça não paralela a esta necessita de ser mais regular devido ao desajuste normal que o sistema *transfer* sofre durante as produções e que mais rapidamente implicará a impossibilidade de funcionamento da garra por a peça atingir os limites da zona de aperto. Como também não é conhecido o comportamento do material impresso e a resistência das juntas à fadiga durante os ciclos de produção, a robustez das juntas será prioritária numa primeira implementação da nova solução construtiva. Caso os componentes impressos não resistam aos esforços impostos de forma cíclica, estes impedem a continuidade da produção e a validação do conceito, além de criar a necessidade de uma maior manutenção do sistema *transfer* e a produção de um maior número de elementos de substituição.

Pelos motivos descritos, decidiu-se realizar uma segunda iteração no projeto da nova solução construtiva e desenvolver novas juntas e componentes por impressão 3D, que permitam o suporte e aperto das peças em condições ideais, e apresentem uma maior capacidade de resistir aos esforços aplicados. Nesta iteração do projeto, apesar de alguns componentes não serem tão versáteis na sua aplicabilidade a outros sistemas *transfer*, como os componentes que aplicam a rotação de 12° nas garras (Figura 89 e Figura 90), estes facilitam a industrialização e a manutenção deste novo sistema *transfer*, evitando os problemas descritos anteriormente. Foi desta forma priorizada a viabilização deste sistema *transfer* como prova de conceito, em vez da aplicabilidade direta dos componentes a qualquer peça e sistema *transfer*. É, no entanto, de notar que, à exceção da rotação das garras e dos componentes que efetuam esta rotação, todos os outros componentes podem ser aplicados de forma direta a outros sistemas *transfer*. O suporte da garra (Figura 78) manteve-se constante nesta iteração do projeto.

As novas juntas e componentes de impressão 3D desenvolvidos foram modelados em redor dos componentes de contacto e das sobrebarras, aproveitando-se as posições definidas durante o

Desenvolvimento

desenvolvimento da versão anterior. Da Figura 85 à Figura 94 encontram-se representados estes componentes.

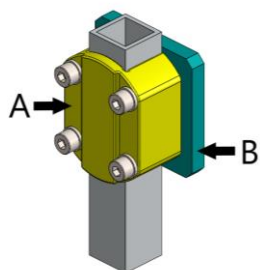


Figura 85 - Vista isométrica do suporte base 1. A - Suporte base 1; B - Componente base.

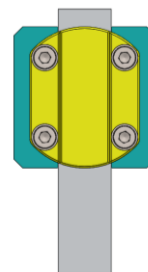


Figura 86 - Vista frontal do suporte base 1.

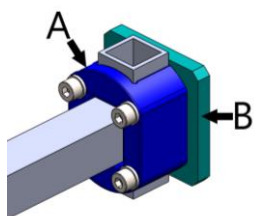


Figura 87 - Vista isométrica do suporte base 2. A - Suporte base 2; B - Componente base.

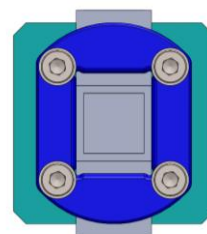


Figura 88 - Vista frontal do suporte base 2.

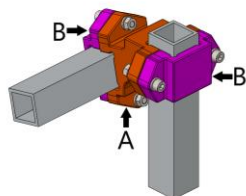


Figura 89 - Vista isométrica da junta 12°. A - Parte interior; B - Parte exterior.

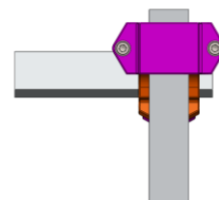


Figura 90 - Vista lateral da junta 12°.

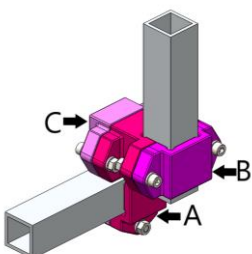


Figura 91 - Vista isométrica da junta 90°. A - Parte interior; B - Parte exterior pequena; C - Parte exterior grande.

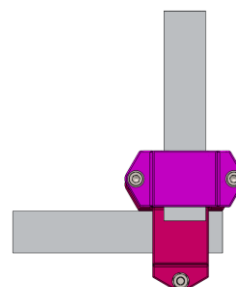


Figura 92 - Vista lateral da junta 90°.

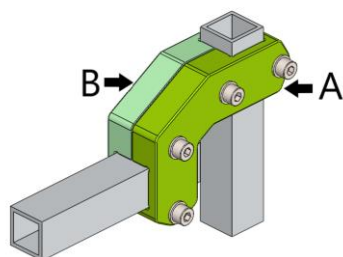


Figura 93 - Vista isométrica da junta vertical. A – Parte direita; B - Parte esquerda.

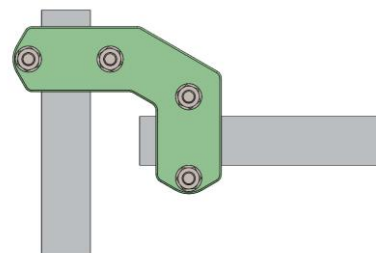


Figura 94 - Vista lateral da junta vertical.

Foram desenvolvidas 2 novos componentes, denominados suporte base 1 (Figura 85 - A e Figura 86) e suporte base 2 (Figura 87 - A e Figura 88), que realizam a conexão entre os perfis tubulares e o componente base (Figura 85 - B e Figura 87 - B) e consequentemente a sobrebarra. O suporte base 1 foi projetado para aplicações nas quais o perfil tubular necessita de ser direcionado na vertical em relação à ferramenta de estampagem, aplicações comuns quando a distancia na vertical entre o ponto de suporte da peça e a sobrebarra é significativa. Este componente permite o ajuste do sistema no eixo vertical. O suporte base 2 idealizado para aplicações nas quais é necessário o perfil tubular ser posicionado perpendicularmente à sobrebarra, por exemplo quando o ponto de suporte da peça se situa a uma distância vertical pouco significativa da sobrebarra. Este componente permite também o ajuste na vertical e consegue ainda cumprir o propósito da junta de desnível baixo utilizada na iteração anterior.

A junta de 12° (Figura 89 e Figura 90) foi assim denominada por aplicar uma rotação no componente de contacto com a peça de 12°, rotação necessária para o correto suporte da peça da ferramenta 519. Esta junta foi adaptada da junta de desnível alto da iteração anterior do projeto e permite o ajuste ao longo do comprimento dos dois perfis tubulares que une. Tal como a junta de desnível alto, esta também é constituída por 3 componentes, designadamente uma parte interior (Figura 89 - A) e 2 partes exteriores iguais (Figura 89 - B). A junta de 90° (Figura 91 e Figura 92) também foi adaptada da junta de desnível alto e permite os mesmos ajustes que a junta de 12°, apenas não aplicando a rotação no perfil tubular. A junta de 90° também é constituída por 3 partes, nomeadamente a parte interior (Figura 91 - A), a parte exterior pequena (Figura 91 - B), que é igual á parte exterior da junta de 12°, e a parte exterior grande (Figura 91 - C). Esta junta tem um volume superior comparativamente à junta de desnível alto da qual foi adaptada, contribuindo para a maior robustez desta e um maior suporte dos perfis. Por fim, foi desenvolvida a junta vertical (Figura 94), constituída por duas partes simétricas (Figura 93 - A e Figura 93 - B). Esta junta foi assim denominada devido à possibilidade de alinhamento dos perfis tubulares numa vista frontal da junta. Esta junta foi desenvolvida para permitir uma maior versatilidade na sua aplicação, podendo também realizar um posicionamento dos componentes de contacto mais próximo do centro da sobrebarra, à semelhança do suporte base 2 e da junta de desnível baixo, quando associado ao suporte base 1. Ao posicionar os dois perfis numa mesma linha a partir de uma vista frontal, esta junta evita esforços de corte que se criam entre os dois perfis quando estes se encontram desalinhados e são solicitados na vertical, como no momento de elevação da peça, e que se criam nas junta de 12° e 90°. Este fator geométrico contribui para uma maior resistência desta junta.

- **Análise MEF dos novos componentes de impressão 3D**

A análise MEF às juntas permite realizar uma pré-validação destas e da sua capacidade de absorver os esforços provocados pelo transporte da peça entre operações de estampagem. Esta validação pretende garantir que as juntas, após impressão, estão próximas do seu funcionamento ideal. Mesmo sem garantir a necessidade de uma iteração após os primeiros testes práticos, devido à aproximação inerente a estas análises, a validação realizada seria um ponto de partida para este estudo posterior. Estas análises permitiram descobrir as zonas mais frágeis de cada junta e como variam os esforços provocados pela movimentação da peça.

As análises MEF realizadas foram análises estáticas, retratando os corpos apenas dentro do seu limite elástico e foram realizadas a partir do *software* SolidWorks 2023, disponibilizado pela instituição de ensino. Os elementos finitos utilizados nestas análises foram tetraedros de segunda ordem, definidos através da opção de malha de qualidade alta. As condições de interação entre corpos foram definidas como contacto. Apesar de esta condição implicar um consumo de recursos computacionais bastante elevado comparativamente a outras de utilização mais recorrente, esta é necessária para estabelecer contacto e evitar a penetração entre corpos, resultando na transmissão realista de esforços. A condição de contacto impõe também que o movimento relativo entre corpos seja apenas contrariado pelas forças de atrito resultantes entre eles. Estas características tornam estas análises mais realistas e contribuem para uma melhor aproximação às condições reais de funcionamento das juntas.

A fixação entre os componentes foi realizada através da colocação de parafusos, como acontece na realidade. De forma a perceber se o pré-esforço utilizado nos parafusos seria suficiente para segurar os componentes, de outra forma que não só pelas análises MEF, foi calculado analiticamente o pré-esforço mínimo necessário para impedir o deslizamento do perfil tubular sobre a junta, condição necessária para o correto funcionamento do sistema *transfer*. Para este dimensionamento e para a definição das condições de contacto entre os corpos na análise MEF, é necessário saber o coeficiente de atrito existente entre o material das juntas, PC, e o material do perfil tubular, alumínio. Segundo François Carderelli [124] o valor para o coeficiente de atrito estático do PC é de 0,31, no entanto, não é clarificado entre que materiais este valor se refere, pelo que se deduz ser entre dois corpos de material PC. Sendo que as outras fontes encontradas [125] citam François e mostram este mesmo valor, optou-se pela utilização do valor de 0,2 como coeficiente de atrito entre o PC e o alumínio, de forma a garantir um resultado mais conservativo da simulação.

Sendo F a força aplicada na direção do perfil, F_i a força normal ou pré-carga para impedir o deslizamento do perfil sobre a junta e μ_e o coeficiente de atrito estático entre os corpos:

$$F = F_i \cdot \mu_e \quad (1)$$

Utilizando $F = 100 \text{ N}$ em (1), considerando que este valor de força aplicada na direção de um perfil tubular não será superado em funcionamento normal do sistema *transfer*, obtêm-se um valor de pré-carga necessária de 500 N, ou 250 N por parafuso já que em todas as juntas existe pelo menos 2 parafusos a realizar um aperto de um perfil tubular. De acordo com Shigley [126] e sendo T o momento torsor aplicado, K o coeficiente de torque e d o diâmetro do parafuso:

$$T = K \cdot F_i \cdot d \quad (2)$$

Utilizando em (2) $K = 0,18$, coeficiente de torque para situações de lubrificação [126], $F_t = 250 \text{ N}$ e $d = 0,006 \text{ m}$, diâmetro de um parafuso M6, menor métrica utilizada para o aperto das juntas, obtém-se um valor pré-esforço de $0,27 \text{ Nm}$. O pré-esforço de aperto dos parafusos foi 3 Nm no suporte base 1, no suporte base 2 e na junta vertical. Na junta de 12° , na junta de 90° e no suporte da garra foi utilizado um pré-esforço de aperto dos parafusos de 1 Nm . O pré-esforço menor utilizado nestes componentes é derivado da existência de abas na sua geometria, que se tornam pontos mais frágeis. Nestas juntas foi realizada uma primeira análise com um pré-esforço de 3 Nm e, após a detecção da fragilidade da junta, o pré-esforço utilizado foi alterado para 1 Nm . Foram utilizados em ambos os casos valores de pré-esforço superiores ao necessário de forma a estudar a resistência máxima da junta ao aperto dos parafusos. As juntas deverão ser consideravelmente solicitadas numa fase inicial da industrialização da nova solução construtiva, devido à falta de hábitos dos colaboradores da GAV a trabalhar com materiais poliméricos e utilizarem na solução construtiva existente valores de pré-esforço de ordem de grandeza superior. Ainda assim, o pré-esforço a aplicar durante a construção de um sistema *transfer* utilizando esta solução construtiva poderá variar e ser ajustado até se encontrar um valor ótimo, que deverá ser controlado com auxílio de uma chave dinamométrica.

Antes da realização destas análises, foi realizado um estudo de convergência de malha. Com este estudo pode-se garantir uma maior fiabilidade das análises MEF realizadas, pela escolha de um refinamento de malha que permita prever com precisão as tensões e deformações dos componentes, mas sem aplicação de uma malha com refinamento excessivo, o que se traduziria em tempo de computação desnecessariamente elevado. Assim, pode-se analisar a influência da malha nos resultados e detetar qual a malha ideal a se utilizar na análise MEF. Da Figura 95 à Figura 100 podem se observar os pontos escolhidos para o estudo de convergência das várias juntas. Foram escolhidos, para todos os casos, pontos de tensões ou deslocamentos mais significativos, e pontos onde tal não se deveria verificar. Esta escolha teve como objetivo a verificação da convergência em todo o corpo da junta e perfis, independente do nível de solicitação que determinada zona do sistema pudesse ser sujeita. Os pontos escolhidos encontram-se em vértices geométricos de forma a permitir selecionar a mesma localização do corpo em todas as malhas utilizadas.

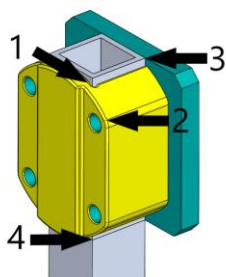


Figura 95 - Pontos para estudo de convergência da malha no suporte base 1.

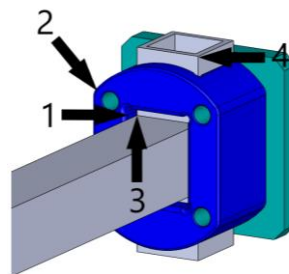


Figura 96 - Pontos para estudo de convergência da malha no suporte base 2.

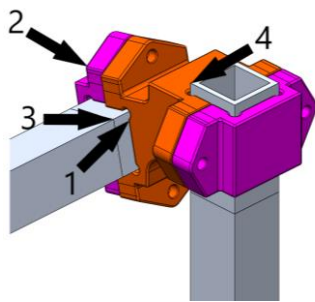


Figura 97 - Pontos para estudo de convergência da malha na junta de 12°s.

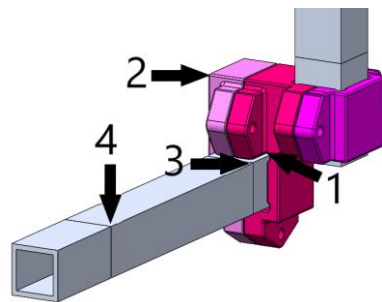


Figura 98 - Pontos para estudo de convergência da malha na junta de 90°.

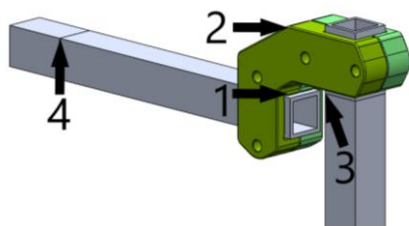


Figura 99 - Pontos para estudo de convergência da malha na junta vertical.

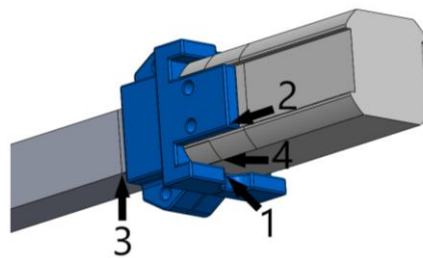


Figura 100 - Pontos para estudo de convergência da malha no suporte da garra.

Os resultados das análises de convergência realizadas são visíveis na forma de gráficos de dispersão, disponibilizados no apêndice D, nos quais é feita a relação entre a tensão ou deslocamento num dos pontos escolhidos e o número de elementos existentes na malha. O número de elementos escolhidos para cada componente analisado encontra-se na Tabela 14. Em todos os estudos realizados, o tamanho máximo de elementos permitido foi de 4 mm em zonas sem controlo de malha. Em zonas dos corpos onde foi aplicado um controlo da malha, de forma a refinar esta, o tamanho máximo permitido foi reduzido até 0,8 mm. O rácio de aspeto conseguido nas várias análises realizadas foi inferior a 3 em pelo menos 99,8 % dos elementos.

Tabela 14 - Número de elementos escolhidos por componente analisado.

Componente	Número de elementos
Suporte base 1	938810
Suporte base 2	748793
Junta de 12°	2002414
Junta de 90°	1609166
Junta vertical	1291414
Suporte da garra	835170

Para a realização das análises MEF foram escolhidos 3 momentos distintos no funcionamento do sistema *transfer*, que conduzem a direções de aplicação das forças também distintas. Estes momentos são a elevação da peça, a sua translação e ainda o recuo do sistema *transfer*. Em situações de funcionamento normal, a elevação e a translação da peça são os momentos de maior esforço no sistema *transfer* e consequentemente nos componentes em análise, já que estes não só seguram a peça como também a movimentam com maior velocidade e com recurso a uma aceleração inicial maior. Durante o recuo ou abertura do sistema *transfer*, este deverá já ter depositado a peça, pelo que em funcionamento normal, os esforços aplicados ao

sistema são mais reduzidos. No entanto, foi analisado o momento de recuo do sistema contando que este ainda suporte a peça, o que é um cenário possível no caso de falha das garras ou bloqueio mecânico desta na geometria da peça. Nesta situação, sensores dispostos na garra podem detetar a presença da peça durante o momento de recuo e o processo de estampagem é parado, caso no qual a peça ainda se posiciona corretamente em relação à garra. Quando tal não se verifica, a peça é deslocada até sensores na ferramenta detetarem que esta não se encontra presente. Apesar de estes cenários serem pouco frequentes, o momento de recuo com a peça foi analisado de forma a permitir um estudo mais completo das juntas por impressão 3D. O momento de repouso da peça sobre a ferramenta de estampagem não foi analisado pois o sistema movimenta a peça com velocidade mais reduzida e com recurso a acelerações também reduzidas, de forma a evitar impactos bruscos desta com a ferramenta de estampagem. Desta forma, também os esforços aplicados neste momento são mais reduzidos.

A aceleração e a velocidade a que os sistemas *transfer* trabalham variam com a peça a ser produzida, sendo usualmente inferior com o aumento das dimensões da peça e a sua complexidade. A aceleração máxima imposta ao sistema *transfer*, nas prensas existentes na GAV, não deverá diferir significativamente da aceleração gravítica. Esta informação foi obtida durante o acompanhamento de várias produções no qual se comparou visualmente a queda de um corpo com a aceleração do sistema. Assim, foi determinado o uso desta aceleração para cálculo dos esforços a aplicar durante as análises.

Durante as análises MEF foram aplicados os mesmos esforços, que apenas variavam na sua direção e sentido mediante o momento do funcionamento do sistema em estudo na análise. O esforço derivado do transporte da peça foi calculado através da massa da garra, de 1,3 kg, e da massa das peças, de 3 kg. Apesar de em nenhum momento apenas 1 garra segura as duas peças em conjunto, foi utilizado o valor da massa das duas peças de forma a majorar os esforços e garantir um coeficiente de segurança na análise. A massa das peças e da garra totalizam 4,3 kg, o que foi majorado para 5 kg de forma a contabilizar outros componentes como sensores, cabos, juntas e perfis tubulares, que pudessem existir posteriormente à junta em análise. Aplicando nesta massa a aceleração gravítica obtém-se aproximadamente 50 N, valor utilizado para o esforço derivado do transporte da peça. Foi aplicado também o valor de 30 N, derivado da massa das peças e a ação da gravidade sobre esta, para simular o efeito da aceleração gravítica sobre a peça.

Os resultados das análises MEF podem-se observar da Figura 101 à Figura 112. O gradiente de cor apresentado nos resultados está em relação a um valor máximo de 60 MPa, valor da tensão de cedência do PC, de forma a ser possível uma comparação entre os vários componentes. A escala observável na Figura 101 representa este intervalo de tensões e é aplicável aos restantes resultados das análises MEF.

Desenvolvimento

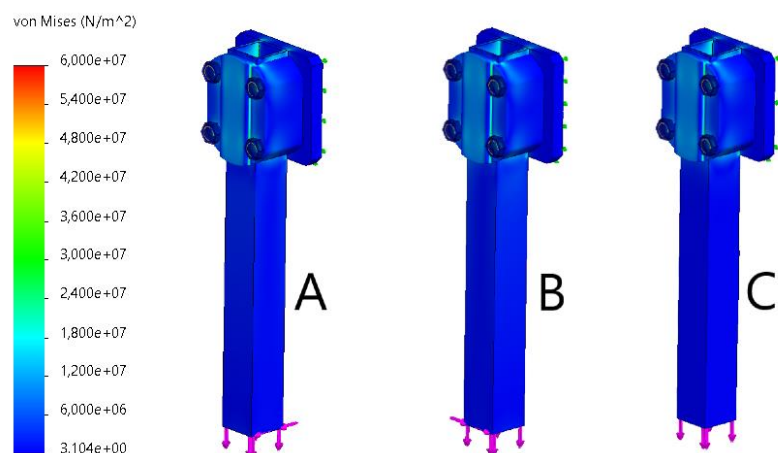


Figura 101 – Resultado da análise MEF no suporte base 1 em tensão Von Mises com a respetiva escala de cores utilizada: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C - Momento de elevação.

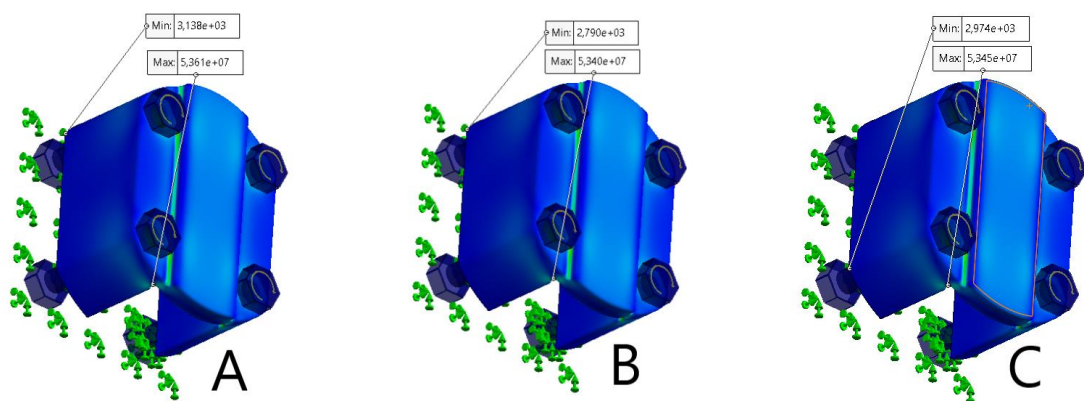


Figura 102 - Valores de tensão máximos e mínimos da tensão Von Mises em Pascal do suporte base 1: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C - Momento de elevação.

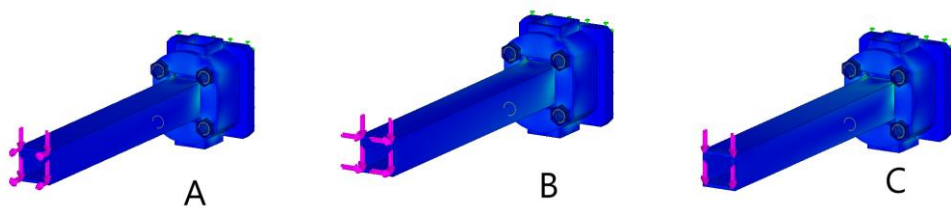


Figura 103 - Resultados análise MEF no suporte base 2 em tensão Von Mises: A – Momento de recuo; B – Momento de translação; C – Momento de elevação.

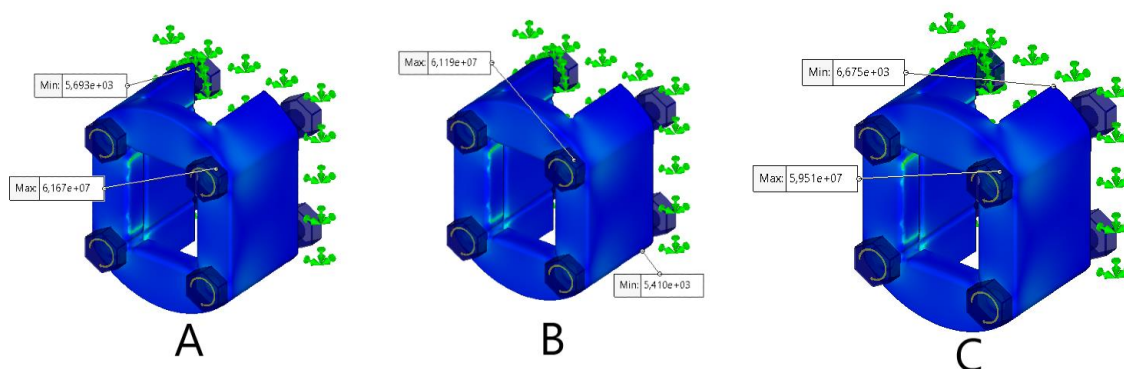


Figura 104 - Valores de tensão máximos e mínimos da tensão Von Mises em Pascal do suporte base 2: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C - Momento de elevação.

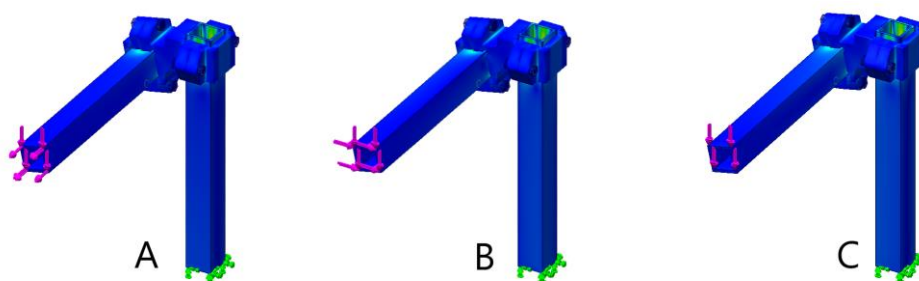


Figura 105 - Resultados análise MEF na junta de 12° em tensão Von Mises: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C - Momento de elevação.

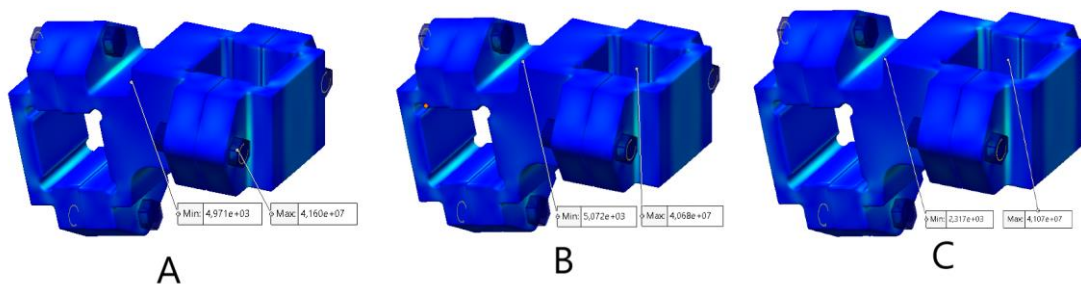


Figura 106 - Valores de tensão máximos e mínimos a tensão Von Mises em Pascal da junta de 12°: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C - Momento de elevação.

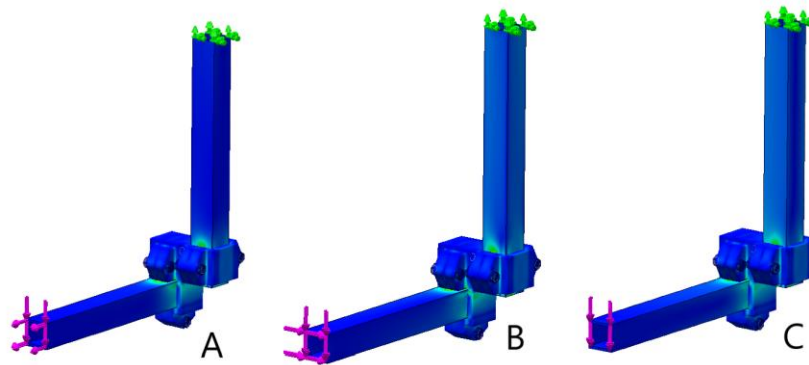


Figura 107 - Resultados análise MEF na junta de 90° em tensão Von Mises: A – Momento de recuo; B – Momento de translação; C – Momento de elevação.

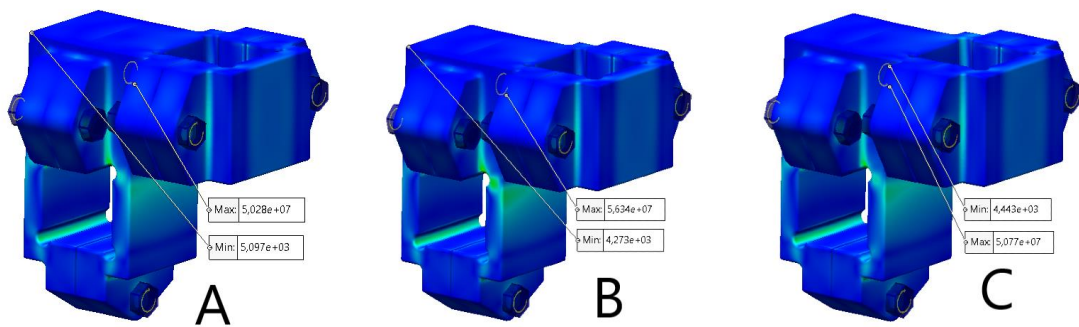


Figura 108 - Valores de tensão máximos e mínimos da tensão Von Mises em Pascal da junta de 90°: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C – Momento de elevação.

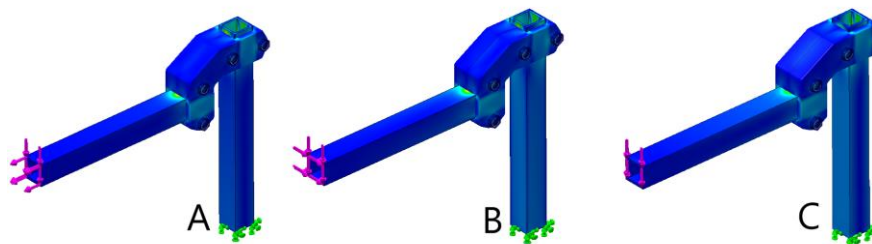


Figura 109 - Resultados análise MEF na junta vertical em tensão Von Mises: A – Momento de recuo; B – Momento de translação; C – Momento de elevação.

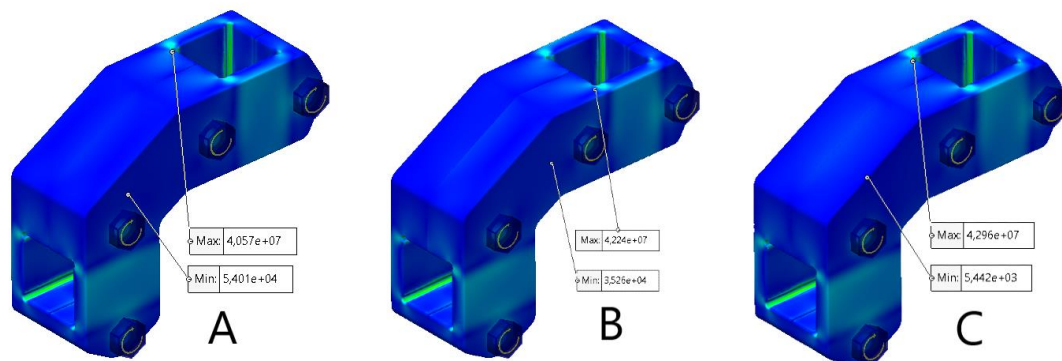


Figura 110 - Valores de tensão máximos e mínimos da tensão Von Mises em Pascal da junta vertical: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C - Momento de elevação.

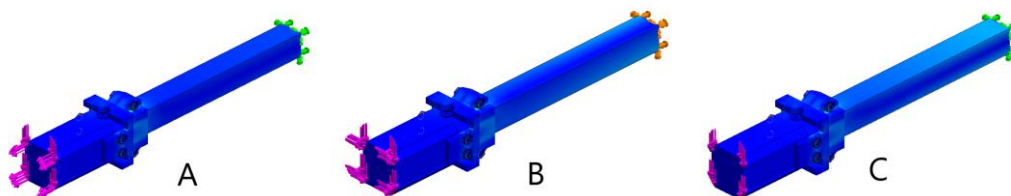


Figura 111 - Resultados análise MEF no suporte da garra em tensão Von Mises: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C - Momento de elevação.

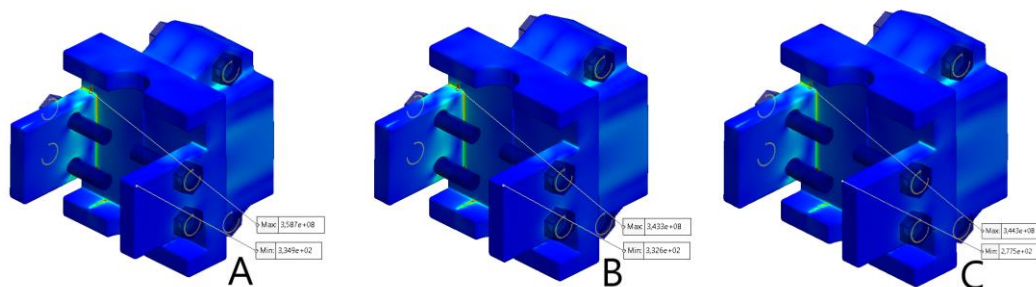


Figura 112 - Valores de tensão máximos e mínimos da tensão Von Mises em Pascal do suporte da garra: A - Momento de recuo; B - Momento de translação; C - Momento de elevação.

Após a realização das análises MEF pode-se verificar que em redor dos parafusos as tensões observadas são consideráveis, como tal nos componentes que contêm abas para aperto, à exceção do suporte da garra, as tensões máximas encontram-se em redor destes parafusos. Este dado realça a importância do aperto e a utilização do pré-esforço correto na utilização destas juntas.

Pode-se observar ainda que 2 dos componentes analisados ultrapassam a tensão de cedência do material (60 MPa). Estes componentes são o suporte base 2, no momento de recuo e translação da peça, em que atinge respetivamente 61,7 e 61,2 MPa, e o suporte da garra que atinge valores de tensão superiores a 300 MPa. O suporte base 2 atinge a cedência nas zonas

de aperto, nomeadamente pela compressão causada pelos parafusos neste componente. No entanto, a tensão de cedência apenas é ultrapassada em valores inferiores a 2 MPa, e pode-se reduzir ao valor de tensão máxima atingido, reduzindo o pré-esforço aplicado nos parafusos e com a utilização de anilhas. Sendo o pré-esforço aplicado superior ao necessário e este poder ser otimizado numa validação prática da solução, não se considerou relevante os valores de tensão máximos atingidos no suporte base 2. O suporte da garra atinge valores de tensão máximos numa ordem de grandeza superior ao que era espectável e ao que os outros componentes atingiram. Ainda se pode notar que, apesar da simetria das duas partes da junta, e a simetria dos esforços aplicados nos momentos de recuo e elevação, as tensões máximas obtidas numa das suas partes são consideravelmente superiores às tensões obtidas na parte simétrica desta. Os valores máximos de tensão são atingidos em locais pontuais e com um gradiente de tensões muito elevado em seu redor, causado pela concentração de esforços derivada da malha, o que não constitui uma aproximação correta à realidade. Realizada esta análise, descredibilizaram-se os valores máximos obtidos nas análises MEF ao suporte da garra. Assim sendo, é necessário uma validação mais detalhada desta junta numa fase de testes práticos da nova solução construtiva.

Com as análises MEF realizadas não é possível concluir com certeza que as juntas desenvolvidas consigam cumprir o efeito de fusível no sistema. Mesmo não sendo o efeito de fusível um dos objetivos da nova solução construtiva, seria interessante o estudo destes componentes como fusível do sistema e a sua validação como tal, de forma a permitir uma melhor substituição de elementos de forma preventiva e expedita. Para se poder concluir que os componentes de impressão 3D funcionam como fusível com uma maior garantia, seria necessário a realização de análises MEF não lineares e de fadiga de forma a estudar a influência nos vários componentes do sistema da sua transição para o regime plástico e o efeito da fadiga com os esforços cíclicos que ocorrem durante a produção. Apesar disto, os componentes impressos encontram-se mais próximos do seu limite elástico durante o trabalho normal do sistema *transfer* comparativamente aos componentes metálicos que possuem tensões de cedência mais elevadas. Este fator torna possível de inferir que os componentes impressos são mais suscetíveis à fadiga e que podem funcionar como fusível nestas condições.

Na Tabela 15 apresentam-se as propriedades relevantes para o fabrico e utilização das juntas desenvolvidas, como o volume de material impresso, massa, dimensões máximas das juntas montadas e custo de fabrico. O custo de fabrico apresentado é em relação a um custo de 50 € por kg, valor médio para aquisição do filamento.

Tabela 15 - Propriedades das juntas de impressão 3D.

Junta	Volume de material impresso (cm ³)	Massa (kg)	Dimensões máximas conjunto montado (mm ³)	Custo de fabrico (€)
Suporte base 1	82,29	0,084	37,9 x 62 x 80	4,20
Suporte base 2	84,36	0,086	37,9 x 62 x 80	4,30
Junta de 12°	189,79	0,196	86 x 89,3 x 111,7	9,80
Junta de 90°	226,71	0,231	86 x 90 x 101	11,55
Junta vertical	220,90	0,225	46 x 102,5 x 127,5	11,25
Suporte da garra	117,14	0,119	62 x 76 x 76	5,95

- **Versão final da aplicação da solução**

Os componentes desenvolvidos na versão 2 da nova solução construtiva de sistemas *transfer* foram aplicados a um sistema *transfer* para a ferramenta 519, que pode ser observado na Figura 113 numa vista superior e na Figura 114 numa vista isométrica. Apresenta-se ainda este sistema juntamente com a ferramenta de estampagem na posição de elevação das peças, na Figura 115.

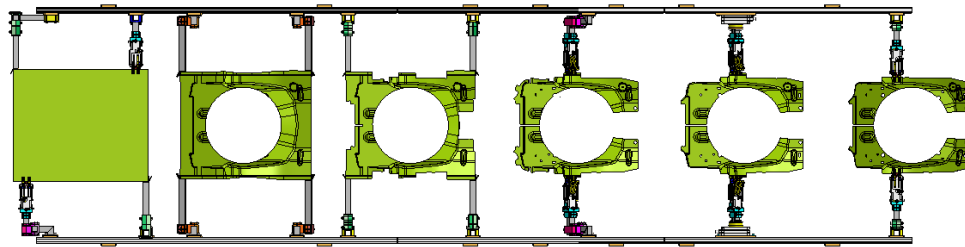


Figura 113 - Vista superior da versão final do sistema *transfer* para a ferramenta 519 utilizando a nova solução construtiva.

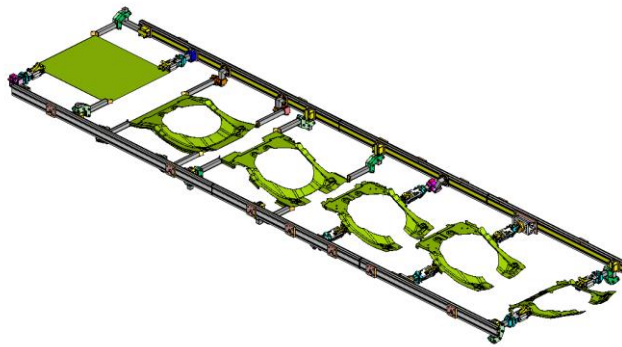


Figura 114 – Vista isométrica da versão final do sistema *transfer* para ferramenta 519 utilizando a nova solução construtiva.

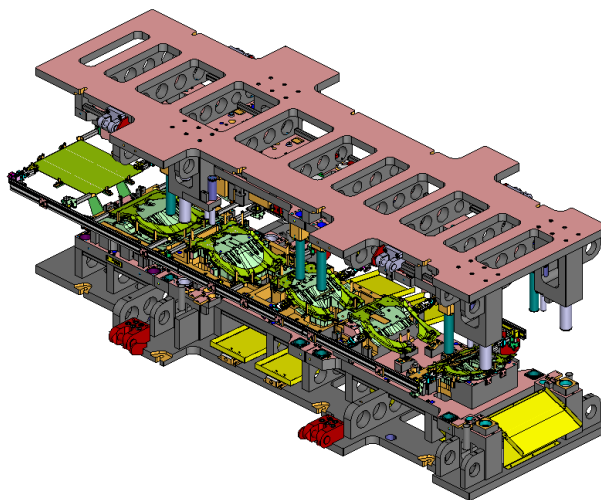


Figura 115 - Versão final do sistema *transfer* e ferramenta de estampagem 519.

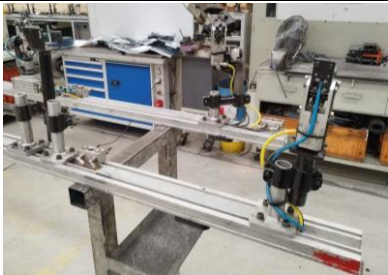
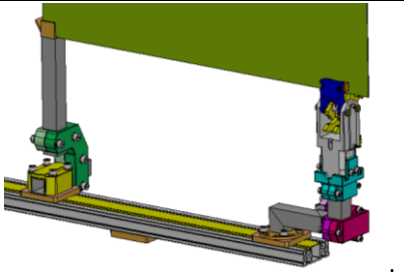
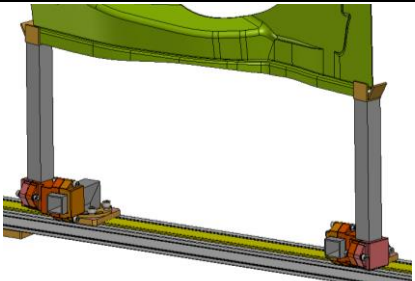
Através da funcionalidade de análise de massa disponível no *software* SolidWorks, foi possível realizar uma estimativa da massa do sistema *transfer* e de cada conjunto de sobrebarra, e

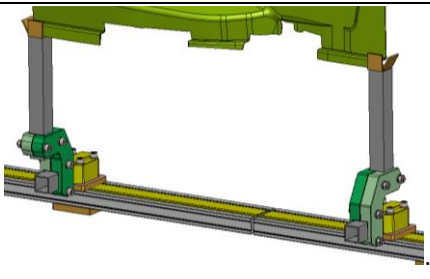
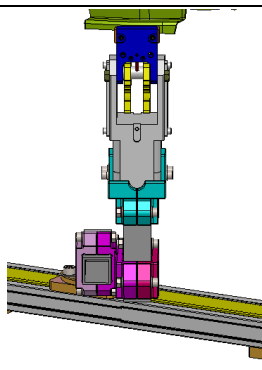
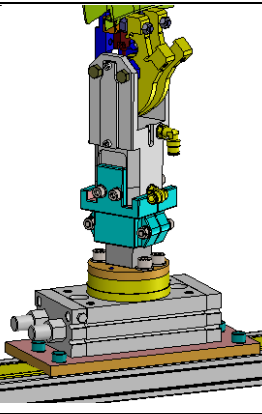
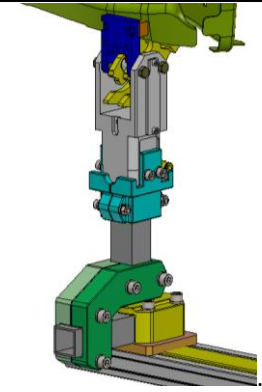
realizar uma comparação com o sistema *transfer* atual. O sistema atual, como analisado previamente neste capítulo, contém uma massa por cada conjunto de sobrebarra do lado da entrada de peças na ferramenta de 17,8 kg e 18,2 kg por cada conjunto de sobrebarra no lado de saída de peças, resultando num total de 72 kg neste sistema *transfer*. Utilizando a nova solução construtiva, o sistema *transfer* apresenta uma massa total de 68 kg, sendo que cada conjunto de sobrebarra de 1900 mm, 1400mm e 1300 mm apresentam respetivamente 12,5 kg, 8,5 kg e 13 kg. O maior valor de massa corresponde à sobrebarra de menor dimensões, tal decorre do maior número de componentes de massa superior, como 2 garras e 1 componente para rotação da peça.

A diminuição de massa total conseguida com esta nova solução construtiva foi de 5,56%, o que corresponde a 4 kg. No entanto, devido à nova divisão das sobrebarras, o conjunto de sobrebarra com maior massa, quando comparado ao conjunto com menor massa do sistema atual, apresenta uma diminuição de 27% ou 4,8 kg. Com esta análise pode-se concluir que, apesar de apresentarem vantagens no ajuste dos sistemas *transfer* e na sua redução de graus de liberdade, os novos componentes desenvolvidos e a escolha de materiais para os restantes componentes desta nova solução construtiva, não contribuem tão significativamente para a redução do peso a ser transportado por um colaborador da GAV como a divisão dos conjuntos de sobrebarra.

Na Tabela 16 apresenta-se a comparação por etapas da ferramenta de estampagem da versão atual e da versão final deste projeto.

Tabela 16 - Comparação por etapa do sistema *transfer* da ferramenta 519 com a solução atual e com a versão final da nova solução construtiva.

Etapa	Solução atual	Versão final da nova solução construtiva
0		
1		

2		
3		
4		
5		

3.6.2. Projeto da estrutura de verificação da posição

Neste capítulo é apresentado o projeto da estrutura de verificação da posição de sistemas *transfer*. Este projeto consistiu num processo iterativo de atualizações à versão de anteprojecto do mesmo, capítulo 3.5.2, de forma a melhorar a funcionalidade da estrutura, a sua rigidez e a viabilidade do seu fabrico. Apresenta-se ainda no fim deste capítulo a lista de materiais deste projeto.

Para realizar o fabrico da estrutura, nomeadamente as maquinações dos componentes e a soldadura dos perfis, foi decidido proceder à contratação externa à GAV deste serviço. Esta decisão derivou do número elevado de projetos e recuperações de ferramentas em desenvolvimento na GAV, que ocupam as máquinas e os recursos humanos desta. As várias iterações do projeto foram analisadas em conjunto com o grupo Wtbc-ST e a empresa responsável pelo fabrico da estrutura. É apresentado neste capítulo a versão final do projeto da estrutura de verificação de posição para sistemas *transfer*, que engloba as várias melhorias propostas em cada iteração realizada.

- **Versão final da estrutura de verificação da posição**

Na versão final da estrutura de verificação de posição são utilizadas duas guias no eixo X, como já acontecia na versão de anteprojecto, no entanto, é necessário uma garantia de paralelismo entre estas, sendo que caso o paralelismo não seja cumprido, os dois patins em funcionamento nestas guias, conectados mecanicamente pela barra que transporta os eixos de medição Y e Z, não deslizam corretamente sobre as guias. Com a dificuldade de cumprir tolerânciamentos geométricos em estruturas soldadas, devido às deformações impostas nos componentes pelo próprio processo de fabrico, a empresa responsável pelo fabrico da estrutura viu um problema na garantia de paralelismo entre as duas guias em X. Desta forma, a empresa pediu uma revisão do projeto de forma a garantir a sua viabilidade de fabrico nas condições disponíveis na empresa. Em seguimento deste pedido foi realizadas alterações no posicionamento das guias. Nesta versão final do projeto, a guia na direção X que se situava na parte superior da estrutura (Figura 116– A) foi movida para junto da guia inferior (Figura 116– B), eliminando a necessidade das barras superiores da estrutura. De forma a garantir um melhor posicionamento destas guias e da sua posição relativa foram ainda acrescentadas patelas para fixação e posicionamento destas guias (Figura 116– C). Estas patelas devem ser soldadas e posteriormente retificadas, de forma a garantir o posicionamento das guias sem recorrer à barra da estrutura diretamente. Com esta alteração, alguns componentes de fixação dos patins de movimentação em X na barra vertical, onde estão acoplados os eixos de medição Y e Z, foram adaptados. Esta alteração conseguiu os benefícios adicionais de melhorar visibilidade do operador da estrutura para o sistema *transfer* e a acessibilidade do sistema *transfer* quando montado na estrutura para realizar os ajustes. O suporte da guia para medição na direção Z foi substituído pelos componentes base guia Z (Figura 116– D) e suporte guia Z (Figura 116-E), que realizam respetivamente o acoplamento ao patim da direção Y e à guia da direção Z, de forma a reduzir o peso do conjunto móvel da estrutura e facilitar o seu fabrico por diminuição do tempo de maquinação.

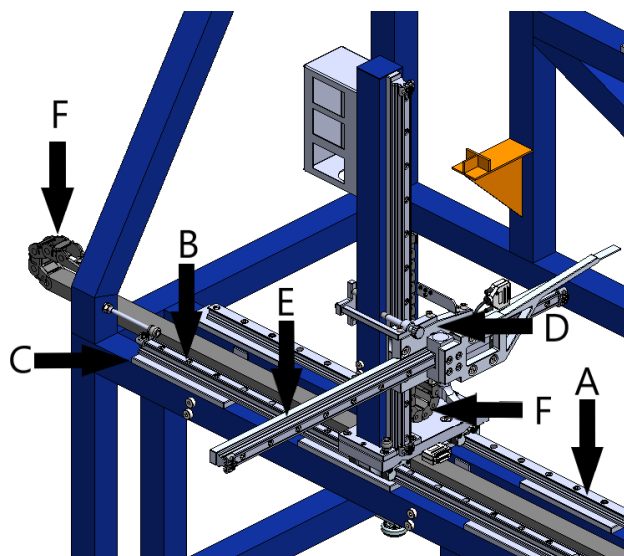


Figura 116 - Versão 4 da estrutura de verificação de sistemas transfer: A - Guia em X deslocada; B - Guia em X que não sofreu deslocação; C - Patela; D - Base guia Z; E - Suporte guia Z; F – Calhas articuladas.

Contrariamente ao que acontecia na versão de anteprojeto, na versão final apenas é utilizada uma barra da estrutura para fixar as sobrebarras para aperto rápido e para aperto roscado. Esta alteração teve como princípio facilitar a fixação das sobrebarras na estrutura, melhorando o acesso do operador às fixações de aperto rápido, que se situavam na barra de fixações inferior. Nesta versão da estrutura foi ainda adicionado um suporte no canto superior esquerdo da estrutura para uma caixa já existente, que contém circuitos elétricos para testagem dos sensores e conexões elétricas no sistema *transfer*.

Nesta versão foi alterado ainda o modo de funcionamento dos apertos rápidos das sobrebarras na estrutura. Esta modificação surgiu com o objetivo de simplificar também o fabrico da estrutura e tornar o funcionamento mais simples e robusto. Esta solução (Figura 117), permite uma robustez superior e uma maior resistência do sistema de fixação a impactos com as sobrebarras durante a fixação destas, devido à eliminação do casquilho espaçador. Apesar de desta forma o veio posicionador não conseguir se deslocar da mesma forma que na versão de anteprojeto, esta solução assemelha-se mais ao apertos rápidos existentes na barra *transfer* da prensa. Esta solução não permite um efeito de anti erro na fixação, já que não garante que esta seja realizada corretamente para se utilizar a estrutura de verificação de posição. No entanto, com a aplicação de um sensor indutivo de proximidade, garante-se que a sobrebarra está bem posicionada na estrutura. Este tipo de sensor é de utilização corrente na GAV para garantir o funcionamento correto de variados sistemas mecânicos como a abertura e fecho de correto de portas para acesso a máquinas, o posicionamento correto de peças em ferramentas de estampagem e soldadura, entre outros.

O modo de funcionamento dos apertos roscados foi também alterado. Nesta última versão do projeto os apertos roscados (Figura 118) funcionam de através de placas, que podem ser apertadas em diferentes locais de forma a acomodar as várias sobrebarras possíveis, e que contém um veio, roscado na sua extremidade. Este veio posiciona a sobrebarra e fixa-a posteriormente através do aperto de uma porca. Esta alteração derivou da necessidade de

facilitar o posicionamento das sobrebarras sobre a estrutura, e garantir o seu posicionamento durante o momento em que esta ainda é fixada. Na versão anterior, apresentada no anteprojeto deste projeto, o operador da estrutura necessitava segurar a sobrebarra *transfer* enquanto a posicionava e fixava.

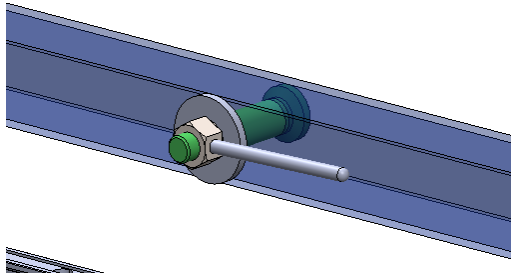


Figura 117 - Sistema de fixação para sobrebarras de aperto rápido.

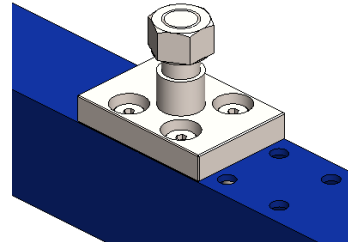


Figura 118 - Sistema de fixação para sobrebarras de aperto roscado.

Com o objetivo de aumentar da rigidez da estrutura e reduzir os custos da sua produção, foram anulados durante as iterações do projeto os componentes maquinados e em chapa dobrada que realizavam a conexão entre as pernas da estrutura e a zona superior. Ao retirar estes componentes, as pernas foram soldadas ao restante corpo da estrutura, e reforçadas entre si na zona inferior. Esta alteração contribui para o aumento da rigidez da estrutura em geral e ainda para a redução do custo de produção, reduzindo o número de componentes necessários. Foram ainda acrescentados reforços à barra que realiza a fixação dos conjuntos de sobrebarra. A necessidade destes reforços reside pela importância do posicionamento da barra que realiza a fixação da sobrebarra. A posição da barra onde são realizadas as fixações da sobrebarra é de elevada importância já que esta influencia todos os valores medidos com a estrutura de verificação da posição e deve-se manter constante com a aplicação do peso dos conjuntos de sobrebarra e ser consistente ao longo de várias medições, não afetando assim o funcionamento da estrutura.

Nesta versão do projeto, como já acontece deste a versão de anteprojeto, foram adicionadas calhas articuladas para permitir a correta organização e proteção dos cabos necessários para o funcionamento dos componentes eletrónicos, nomeadamente os ecrãs de controlo e os patins com *encoders* embutidos. Estas calhas podem ser observadas na Figura 116- F.

Na Figura 119 pode-se observar uma vista isométrica da versão 4 deste projeto e na Figura 120 as vistas frontal. Os desenhos para fabrico e de conjunto da estrutura encontram-se no apêndice E. Nos desenhos de conjunto 43, 44 e 45 está representada a estrutura com respetivamente uma sobrebarra de aperto roscado frontal, uma sobrebarra de aperto roscado superior e uma sobrebarra de aperto rápido. Nestes desenhos está ainda representado um *dummy* representativo de um operador da estrutura com 1,7 m de altura, para ser possível obter uma perceção mais realista das dimensões da estrutura.



Figura 119 - Vista isométrica da versão 4 da estrutura de verificação de posição para sistemas *transfer*.

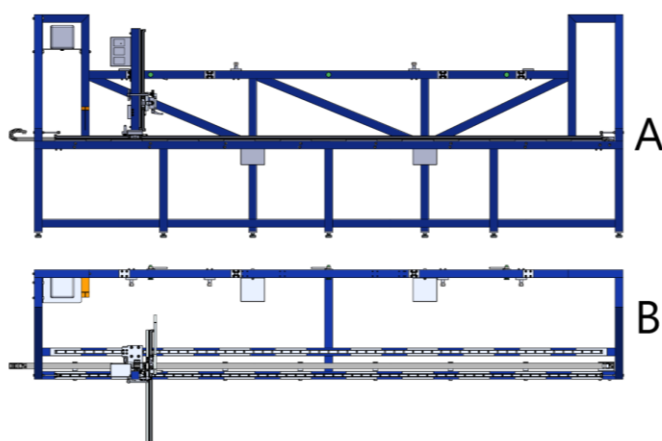


Figura 120 - Versão 4 da estrutura de verificação de posição de sistemas *transfer*: A - Vista frontal; B - Vista superior.

- **Lista de materiais**

A lista de materiais deste projeto encontra-se no apêndice F. Encontra-se na lista de materiais o custo de aquisição de alguns dos componentes, que totalizam 8184,2 €. O custo do fabrico e aquisição dos componentes não representados encontra-se englobado no valor de 4300 €, valor da orçamentação para o fabrico da estrutura. Estes valores somam um valor aproximado de 12500 €, sendo este o valor do investimento na estrutura de verificação de posição de sistemas *transfer*.

3.7. Teste das soluções

Após a concretização de um projeto, é usual em ambientes industriais a realização de testes para uma validação prática do projeto e dos conceitos desenvolvidos com este, seguidos de uma fase de industrialização, de modo a incluir o projeto numa linha de produção ou sequência de trabalhos. Na GAV, estas etapas de testes e industrialização são comuns e praticadas em seguimento do projeto de novos sistemas *transfer* e ferramentas de estampagem, carruagens

especiais para o comboio logístico, projetos de sistemas de alimentação de formatos em prensas, entre outros. Desta forma, também os projetos desenvolvidos nesta dissertação foram sujeitos a estas etapas, devido a modificarem a forma de realização da manutenção aos sistemas *transfer*, no caso da estrutura de verificação da posição, e devido ao impacto direto na linha de produção, no caso da nova solução construtiva de sistemas *transfer*.

Devido à contratação externa do fabrico da estrutura de verificação de posição de sistemas *transfer* e ao atraso ocorrido na entrega desta, não foi possível apresentar a versão real deste projeto nesta dissertação, não se tendo concluído a construção no prazo estipulado e não se tendo realizado por consequência os testes e industrialização desta.

A impressão e montagem dos componentes de impressão 3D foi alvo de também um atraso, devido à ocupação dos recursos disponíveis na GAV. No entanto, apresenta-se neste capítulo o teste do projeto da nova solução construtiva para sistemas *transfer*.

Este capítulo corresponde à etapa 4 da metodologia DSR, onde é realizada uma implementação da solução desenvolvida num conjunto real, e realizado testes neste.

3.7.1. Teste dos componentes de impressão 3D da nova solução construtiva

De forma a ser possível realizar o teste dos componentes de impressão 3D desenvolvidos na nova solução construtiva para sistemas *transfer* é necessário realizar a sua impressão. A impressão destes componentes foi realizada pelo método de fabrico aditivo *fused-deposition-modeling* (FDM), que consiste no aquecimento e extrusão de material base, que é depositado por camadas 2D, que se unem e criam consequentemente um componente 3D. A impressora utilizada foi a k1 da marca Creality, sendo esta a impressora disponível na GAV capaz de realizar as impressões pretendidas. O software *slicer* ou fatiador, que divide o modelo 3D do componente nas suas camadas de impressão foi o Creality Print.

De acordo com o estudo de Abbot [127], componentes obtidos a partir de processos de fabrico aditivo por deposição de camadas são mais resistentes a esforços de compressão quando as forças de compressão são aplicadas perpendicularmente às camadas da impressão. Como tal, dentro das limitações geométricas de cada junta, as camadas da sua impressão foram depositadas de forma perpendicular aos furos para passagem dos parafusos. Desta forma pretende-se que a resistência das juntas seja máxima para resistir aos esforços de compressão resultantes do aperto dos parafusos.

O primeiro componente a ser impresso foi o suporte da garra, devido aos resultados das análises MEF realizadas a este componente não consistirem numa aproximação correta da realidade e desta forma terem sido descredibilizados. Assim, é de maior relevância analisar este componente e procurar uma validação prática deste na fase de testes, por não existir uma pré validação resultante das análises MEF, como acontece nos restantes componentes desenvolvidos. Na Figura 121 e Figura 122 encontra-se o suporte da garra impresso, montado juntamente com a garra da marca Destaco para qual este foi desenvolvido, e acoplado a um perfil tubular quadrado. Durante a montagem do conjunto o pré esforço ou binário de aperto utilizado nos parafusos não foi controlado nem limitado, de forma a simular as condições e os

métodos de trabalho atuais da GAV, segundo os quais o aperto de sistemas *transfer* não é controlado. Assim, pode-se testar já na montagem a capacidade de o componente de impressão resistir aos esforços de compressão a que poderá estar sujeito no caso de um aperto em excesso dos parafusos. Após a montagem, o conjunto foi fixo num torno de mesa (Figura 123) para realização de testes de resistência da junta a esforços externos. Nestes testes, foi aplicada uma força na garra de aproximadamente 80 N, sendo este o valor máximo utilizado nas análises MEF e calculado, no capítulo 3.6.1, como sendo o mais elevado aplicado a uma garra do sistema *transfer* em casos normais de funcionamento. Esta força foi aplicada de forma manual com auxílio de um dinamómetro, que se encontrava acoplado mecanicamente na zona da garra onde a peça é fixa. O resultado destes testes foi satisfatório, não se tendo verificado a fratura de nenhum dos componentes do conjunto nem nenhum dano aparente no suporte da garra. Assim, foi possível verificar que a resistência dos componentes de impressão 3D, nomeadamente do suporte da garra, é suficiente para suportar os esforços a que o conjunto montado está sujeito durante o funcionamento do sistema *transfer*.



Figura 121 - Vista lateral (A) e vista superior (B) do suporte da garra montado na garra e num perfil tubular quadrado.

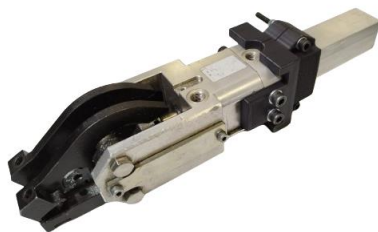


Figura 122 - Vista isométrica do conjunto montado do suporte da garra.



Figura 123 - Conjunto do suporte da garra fixo num torno de mesa.

3.8. Resultados

No capítulo que se inicia é realizada a apresentação dos resultados obtidos neste trabalho, sendo estes os projetos desenvolvidos e o seu efeito na operação de estampagem *transfer*. Estes resultados são primeiramente validados através do cumprimento dos objetivos e dos

requisitos estipulados previamente para este trabalho, e em seguida é realizada a análise de retorno do investimento para o fabrico e implementação dos projetos.

Os resultados apresentados neste capítulo são enquadrados na etapa 5 da metodologia DSR, que pretende analisar o desempenho da solução desenvolvida e o cumprimento dos objetivos estipulados.

3.8.1. Análise de resultados

- **Validação do cumprimento dos objetivos e requisitos**

O desenvolvimento da nova solução construtiva de sistemas *transfer* permitiu obter um novo conceito capaz reduzir a massa de cada conjunto de sobrebarra, reduzindo à carga que um colaborador da GAV necessita suportar no manuseamento dos sistemas *transfer*, e resultou ainda no desenvolvimento de juntas fabricadas por impressão 3D que possibilitam o ajuste em graus de liberdade isolados dos componentes de contacto com a peça do sistema *transfer*. Com a realização dos testes de resistência ao suporte da garra, foi demonstrado que este componente é capaz de suportar os esforços impostos durante o funcionamento de um sistema *transfer*, e assim garantir o funcionamento da solução desenvolvida. É expectável que os outros componentes desenvolvidos para fabricação por impressão 3D sejam capazes de suportar estes esforços, tendo em consideração as análises MEF realizadas e o facto de os esforços aplicados terem sido majorados. Desta forma, os objetivos definidos para esta solução foram garantidos no seu projeto.

A estrutura desenvolvida para a verificação de posição dos sistemas *transfer*, teve como requisito na sua elaboração a utilização do perfil tubular 50x50x3 mm³ para o corpo soldado da estrutura, a baixa complexidade mecânica e eletrónica da estrutura e a facilidade de posicionamento e fixação dos sistemas *transfer* na estrutura, que deve ser semelhante com as fixações presentes na barra *transfer* da prensa. Todos estes requisitos foram cumpridos durante o projeto desta solução, tendo-se utilizado o perfil tubular definido pela empresa sempre que possível. Optou-se por soluções comerciais de fácil implementação e utilização, nomeadamente para a seleção das guias e patins que realizam as medições ao sistema *transfer*, de forma a manter uma baixa complexidade tanto mecânica como eletrónica, e ainda foram projetados componentes para a fixação dos conjuntos de sobrebarra dos sistemas *transfer* à estrutura que se assemelham ao utilizados na barra *transfer* da prensa e se situam de forma a permitir o seu acesso sem constrangimentos pelo operador da estrutura para a realização do posicionamento e fixação dos conjuntos de sobrebarra.

No entanto, o objetivo final deste trabalho é a melhoria de produtividade dos sistemas *transfer*, objetivo para o qual os projetos desenvolvidos atuam sobre. A produtividade dos sistemas *transfer* ou o efeito que estes têm no OEE das prensas, pode ser dividido em 2 fatores principais, como realçado no capítulo 3.2.2, o seu ajuste e as avarias ocorridas. Sendo que o ajuste é o fator mais relevante, sendo este o que tem o maior impacto no OEE, e devido ao facto das avarias mais comuns ocorrerem no início da produção e serem derivadas do desajuste do sistema *transfer* antes da produção. A nova solução construtiva atua sobre estes fatores e contribui para a redução do tempo consumido para realizar os ajustes, devido a estes poderem

ser realizados de forma isolada por graus de liberdade, assim como reduz a carga suportada pelos operadores na montagem do sistema na barra *transfer* e evita desajustes na sua montagem por impactos ou mau manuseamento do sistema. Esta solução atua sobre o tempo consumido em avarias, contribuindo para a sua redução, através da facilitação da montagem do sistema *transfer*, que previne desajustes causados nesta fase e que poderiam implicar impactos com a ferramenta ou peça, de forma indevida, e resultar em falhas do sistema *transfer* e paragens por avaria deste. A estrutura de verificação de posição atua diretamente sobre o ajuste dos sistemas *transfer*, criando a possibilidade de os efetuar fora da prensa, e permitir desta forma para que os sistemas possam ser ajustados antes de uma produção ou no momento da sua manutenção e contribuir assim para a redução do tempo de ajustes no início da produção. Este projeto também contribui para a redução do tempo consumido por avarias do sistema *transfer* por evitar impactos indevidos no início da produção devido a desajustes, à semelhança do projeto anteriormente abordado.

3.8.2. Análise de retorno do investimento

A elevada competitividade da indústria automóvel impõe a necessidade de um elevado rendimento nos processos produção praticados pelas empresas que operam nesta indústria. O rendimento elevado é o fator que torna possível a produção de componentes a preços competitivos e, desta forma, qualquer investimento no desenvolvimento ou implementação de equipamentos ou sistemas que pretendam melhorar o rendimento ou OEE relacionado à produção, apenas é viável se conseguir obter um retorno através da melhoria do OEE ao longo de um prazo temporal satisfatório. Assim, é relevante a realização de uma análise de retorno do investimento necessário para a total implementação dos projetos.

De forma a calcular o prazo de retorno do investimento ou *payback* simples, é necessário saber o valor do investimento e ganho monetário que este investimento adquire por uma unidade de tempo:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento (€)}}{\text{Ganho monetário (€/s)}} \quad (3)$$

O investimento realizado para a construção da estrutura de verificação de posição é de 12500 €, contabilizando todos os componentes e custo de mão de obra contratada. O investimento necessário para a implementação da nova solução construtiva é consideravelmente inferior, sendo que um número elevado de constituintes dos sistemas *transfer* atuais são reaproveitados na nova solução construtiva, como as sobrebarras, que apenas necessitam de ser redimensionadas, e os componentes de contacto com a peça e componentes que conferem rotação da peça que são reutilizados na totalidade. Ainda, as alterações necessárias à barra *transfer* da prensa são realizadas internamente, não constituindo um valor contabilizável nesta análise. Desta forma, é apenas necessário o investimento para a fabricação das juntas e a aquisição dos perfis tubulares quadrados, o qual se traduz, para o caso da ferramenta 519 que se estudou em projeto da solução, no valor de 335 €. O custo do fabrico de cada junta encontra-se na Tabela 15.

O custo por hora da prensa de 1250 t, valor fornecido pela GAV, é de 280 €. Devido à maior relevância desta prensa, o seu custo por hora ser o mais elevado entre as prensas em funcionamento na GAV, e primariamente devido ao facto de as melhorias implementadas serem inicialmente apenas aplicadas exclusivamente a esta prensa, este valor de custo por hora será o utilizado primeiramente nesta análise de retorno. Não se contabilizando inicialmente o retorno que será possível obter após a implementação das soluções nas 2 prensas de 800 t e na prensa de 710 t.

Analisando a Tabela 7, apresentada no capítulo 3.2.2, pode-se observar que o valor médio percentual de tempo em produção consumido por ajustes e avarias do sistema *transfer* é respetivamente de 1,86 % e 0,40 %. Tendo em consideração o valor de 280 € por hora de operação da prensa de 1250 t, o tempo consumido em ajustes e avarias equivalem a 5,20 € e 1,12 €. Se estes valores forem somados e os utilizarmos na equação 3, juntamente com os investimentos por cada projeto desenvolvido, obtém-se 1977,8 h para a estrutura de verificação de posição e 53,0 h para o sistema *transfer* da ferramenta 519. Sendo que a GAV trabalha a 3 turnos de 8h, pode-se estipular o número de dias de trabalho necessários para se obter o retorno dos investimentos efetuados. Utilizou-se no entanto apenas 7,75 h por turno, de forma a contabilizar 15 minutos de mudanças de turno e as possíveis paragens na produção que estas possam provocar. Assim, 1977,8 h traduzem-se em aproximadamente 85,0 dias e 53,0 h traduzem-se em aproximadamente 2,3 dias. O *payback* teórico possível de obter com a prensa de 1250 t é assim de 85,0 dias para a estrutura de verificação de posição e de 2,3 dias para o sistema *transfer* da ferramenta 519.

Após uma industrialização completa dos projetos, o tempo em produção das prensas consumido em ajustes e avarias do sistema *transfer* não será 0 %, como assumido na análise de retorno efetuada previamente. Isto deve-se da existência inevitável do erro humano, que é observável através da análise da Tabela 7. Quando comparado os valores da média de ajustes e avarias entre as duas prensas de 800 t, pode-se notar que os resultados da prensa 800 (1) são consideravelmente superiores, apesar de ambas as prensas serem simétricas e funcionarem com os mesmos equipamentos. A empresa de acolhimento estima assim um valor de média de tempo de produção em ajustes de 0,5 % e em avarias de 0,1 % após melhorias. No entanto, após a aplicação das soluções a todas as prensas, o potencial de retorno é bastante superior, sendo que o valor por hora das 2 prensas de 800 t e da prensa de 710 t são respetivamente 390 € e 170 €. Assumindo a industrialização e aplicação das soluções numa fase inicial de 1 mês apenas na prensa de 1250 t, sendo de seguida aplicada as soluções desenvolvidas às restantes prensas, pode-se calcular um *payback* de 45,6 dias para a estrutura de verificação de posição. Uma redução de 39,4 dias em relação à análise anterior. É de notar que um sistema *transfer* e ferramenta de estampagem apenas trabalham com uma prensa específica. Assim, a aplicação da nova solução construtiva a um sistema *transfer* e a respetiva melhoria, apenas é aplicável à prensa de trabalho dessa ferramenta, não se podendo contabilizar desta forma o total das prensas no retorno de investimento do sistema *transfer* da ferramenta 519. O *payback* do sistema *transfer* da ferramenta 519 é assim de 3 dias. O valor de *payback* calculado para ambos os projetos desenvolvidos foi analisado em conjunto com o grupo de trabalho Wtbc-ST e mostrou-se satisfatório da perspectiva da GAV.

4. Conclusão

Neste capítulo será concluído este trabalho, através da comparação das soluções desenvolvidas e o seu efeito nos sistemas *transfer* da GAV e a sua produtividade e os sistemas *transfer* como se encontravam à priori do desenvolvimento desta dissertação. É ainda realizada, neste capítulo uma breve enumeração das limitações e dificuldades encontradas, assim como sugestões para trabalhos futuros, dando seguimento ao trabalho realizado. Assim, este capítulo corresponde à etapa 6 da metodologia DSR.

4.1. Conclusões finais

No início deste trabalho foi exposto ao autor da dissertação o problema relacionado à baixa disponibilidade dos sistemas *transfer*, e como estes estavam a afetar o OEE das prensas em funcionamento com estampagem *transfer*.

De forma a iniciar o trabalho, foi realizada uma análise e caracterização dos sistemas *transfer* da GAV, incluindo o seu modo de operação, a sua construção e a forma como estes seriam transportados, montados e sujeitos a manutenção. Em sequência desta análise, e após as diversas abordagens de aprendizagem e recolha de informação acerca do processo de estampagem e o funcionamento dos sistemas *transfer*, elaborou-se uma lista de ocorrências e incidências comuns no processo de estampagem e no modo de manuseamento dos sistemas *transfer*. As ocorrências analisadas influenciam os sistemas *transfer* e seriam causadoras da baixa de OEE notada. Para cada uma destas ocorrências descreveu-se pelo menos uma hipótese de solução que a pudesse mitigar (Tabela 8). Em conjunto com um grupo de trabalho criado dentro da empresa de acolhimento foi atribuído um grau de prioridade na intervenção a cada uma das ocorrências detetadas (Tabela 9), em seguida foram definidos os projetos de melhoria a se desenvolver de entre as hipóteses de soluções reunidas previamente pelo autor. As hipóteses de melhoria escolhidas foram a redução do tamanho das sobrebarras, a estrutura de verificação da posição e uma nova solução construtiva de sistemas *transfer*, que inclui a utilização de perfis tubulares quadrados que podem ser soldados entre si e ligados aos restantes perfis e componentes através de juntas fabricadas por impressão 3D. Em fase de projeto destas soluções, a redução do tamanho das sobrebarras e a nova solução construtiva de sistemas *transfer* foram reunidas num só projeto e foram implementadas num mesmo sistema *transfer*.

Do trabalho realizado foi possível obter dois projetos que mitigam a ocorrências de avarias e a necessidade de ajustes dos sistemas. Durante uma fase de implementação estes projetos não influenciam significativamente a capacidade de trabalho das prensas e conseguiram um

Conclusão

retorno, que após análise em conjunto com o grupo de trabalho Wtbc-ST, se mostrou satisfatório.

Realizando uma comparação entre os processos de manuseamento e funcionamento dos sistemas *transfer* antes e após a realização deste trabalho, registam-se as seguintes diferenças:

- A possibilidade de ajuste dos sistemas *transfer* fora das prensas e sem influenciar a produção, conseguindo assim um melhor posicionamento dos sistemas *transfer* no início das produções, e a capacidade de ajuste dos sistemas *transfer* durante a manutenção;
- A redução dos graus de liberdade em cada braço dos sistemas *transfer* e a possibilidade de ajuste deste em graus de liberdade isolados, o que contribui para a redução do tempo em ajustes e para a diminuição de pontos de desajuste;
- O maior número de conjuntos de sobrebarra por sistema *transfer*, com a redução da sua dimensão, que juntamente com a nova solução construtiva destes sistemas, consegue uma redução de 4 kg na massa total do sistema *transfer* da ferramenta 519. Em perspetiva de montagem do sistema, esta redução de massa juntamente com a divisão da sobrebarras, corresponde a um mínimo de 4,8 kg de carga a menos comparativamente à carga suportada pelo montador na montagem do sistema *transfer* anterior.
- A produtividade das prensas é melhorada, consistindo num aumento do OEE de 1,36 % derivados do ajuste de sistemas *transfer* na prensa de 1250 t, situação de menor aumento do OEE, e 3,62 % na prensa de 710 t, situação de maior aumento do OEE. Esta melhoria de produtividade consegue um payback do investimento de 45,6 dias para a estrutura de verificação de posição e 3,0 dias para o sistema *transfer* da ferramenta 519.

4.2. Limitações e trabalhos futuros

Durante a realização deste trabalho, foram encontradas limitações que impactaram o desenvolvimento deste. Apesar de as limitações terem impactado a dissertação de diferentes modos e em diversas situações, estas podem ser resumidas a apenas duas limitações:

1. Ocupação dos recursos: Como é intrínseco à indústria automóvel e à GAV, existe um constante esforço em melhorar o OEE dos diferentes processos e, neste sentido, a ocupação dos recursos internos é a mais elevada possível. Este fenómeno traduziu-se numa ocupação constante da prensa 1250 t em produção, manutenção ou ensaios de novas ferramentas, que dificultou a realização dos testes e industrialização dos projetos desenvolvidos. A ocupação dos recursos humanos foi também notória, influenciando o tempo que os membros do grupo de trabalho Wtbc-ST puderam dispor nas atividades deste grupo, e por consequência, atrasando a tomada de decisão, a aprovação dos projetos e disponibilidade para o fabrico e montagem interna destes. A ocupação

destes recursos levou ainda a que a limitação temporal em que se desenvolveu o trabalho se mostrasse impactante na fase final deste.

2. Inexperiência do autor: Devido à falta de conhecimentos práticos de trabalho na área em questão, situações como as reuniões *Kaizen*, durante as quais foi necessária a constante interação com o meio de produção e os colaboradores da GAV que operam nesse meio, não apresentaram resultados de forma tão expedita como seria expectável. Mostrou-se assim necessário que o autor aprimorasse o seu conhecimento nas máquinas e ferramentas de estampagem da GAV, nomeadamente na identificação expedita das diversas peças produzidas e respetivos processos de conformação plásticos, conhecimento este que foi desenvolvido ao longo do trabalho realizado.

Tendo em consideração a perspetiva de melhoria contínua, que serviu como impulso para este projeto, é lógica a continuação da análise ao processo de estampagem e aos sistemas *transfer*. Desta forma, são apresentadas de seguida ideias de trabalhos futuros que seguem como possível continuação do trabalho realizado nesta dissertação:

- Término da implementação das soluções a todas as prensas a operar com estampagem *transfer*, aproveitando assim a maior possibilidade de retorno do investimento realizado e conseguindo um melhor rendimento de todas as prensas;
- Análise das juntas desenvolvidas através de análises MEF mais complexas e de testes práticos, para confirmação do seu efeito de fusível, tanto através de fadiga como em impactos;
- Desenvolvimento de juntas para fabrico por impressão 3D que não utilizem um preenchimento de 100%, conseguindo uma maior redução da massa do sistema *transfer* e um menor consumo de material no seu fabrico, o que se traduziria ainda num menor investimento;
- A realização de uma maior eletrificação da estrutura de verificação de posição para sistemas *transfer*, de forma a ser possível a gravação da posição correta dos componentes em relação ao referencial e a realização de uma verificação mais rápida destes durante as medições, alertando o operador quando o desvio entre ambos fosse superior ao que se considera aceitável.

Conclusão

Referências

1. Venable, J.R.P.-H., Jan; and Baskerville, Richard L., *Choosing a Design Science Research Methodology*. ACIS 2017 Proceedings., 2017.
2. Ramalho, P.M.S., R.D.S.G. Campilho, F.J.G. Silva, A.F.V. Pedroso, e R.C.M. Sales-Contini, *Productivity improvement of control cable manufacturing machine for the automotive industry*. Mechanics Based Design of Structures and Machines: p. 1-24.
3. Ray, J., *The First Motor Cars*. Chest, 1973. **63**(6): p. 908.
4. Nieuwenhuis, P. e P. Wells, *The automotive industry and the environment*. 2003: Woodhead Publishing.
5. Wells, C.W., *Car country: An environmental history*. 2013: University of Washington Press.
6. OICA. *Production Statistics*. 2023 [citado 2023 17/10]; Disponível em: <https://www.oica.net/category/production-statistics/>.
7. Bank, T.W. *Crescimento populacional a nível mundial*. 2023 [citado 2023 17/10]; Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?end=2022&start=1999>.
8. Team, I.E. *What Is an Original Equipment Manufacturer (OEM)?* 2022 [citado 2023 20/10]; Disponível em: <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/what-is-oem>.
9. AMATECH. *OEMs, Tier 1, 2 & 3 - The Automotive Industry Supply Chain Explained* [citado 2023 20/10]; Disponível em: <https://www.amatechinc.com/resources/blog/returnable-packaging/tier-1-2-3-automotive-industry-supply-chain-explained>.
10. Mota, S. e J. Crispim, *The response of an OEM to supply chain disruptions: application of Chaos Theory*. IFAC-PapersOnLine, 2022. **55**(10): p. 1699-1704.
11. TESLARATI. *NIO Production Welding Line*. [citado 2023 24/10]; Disponível em: <https://www.teslarati.com/nio-electric-car-market-tesla-german-rivals/nio-production-welding-line/>.
12. Jordão, M. e F. Fernandes, *a indústria automóvel em Portugal*, D.d.S.p.a.P. Empresarial and D.d.P. Setorial, Editors. 2022.
13. D. , B., M. Flickenschild, C. Mazzi, A. Gasparotti, Z. Panagiotidou, J. Dingemanse, e S. Bratzel, *O futuro do setor automóvel da UE*. 2021, Direção-Geral das Políticas Internas.
14. Pinto, S.S.S., João, A. de Mello, e N. Castel-Branco. *Evolução da indústria automóvel em 2023*. 2023 [citado 2023 25/10]; Disponível em: <https://cnnportugal.iol.pt/estilo-de-vida/automovel/evolucao-da-industria-automovel-em-2023/20230515/64620568d34ea91b0aac81bc>.
15. Ghassemieh, E., *Materials in automotive application, state of the art and prospects*. New trends and developments in automotive industry, 2011. **20**: p. 365-394.
16. Alami, A.H., A. Ghani Olabi, A. Alashkar, S. Alasad, H. Aljaghoub, H. Rezk, e M.A. Abdelkareem, *Additive manufacturing in the aerospace and automotive industries: Recent trends and role in achieving sustainable development goals*. Ain Shams Engineering Journal, 2023. **14**(11): p. 102516.
17. Parlament, E. *strengthening the CO2 emission performance standards for new passenger cars and new light commercial vehicles*. 2023 [citado 2023 09/11]; Disponível em: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0039_EN.html#title1.

Referências

18. Liu, L., L. Li, Z. Liang, M. Huang, Z. Peng, J. Gao, e Z. Luo, *Towards ultra-high strength dual-phase steel with excellent damage tolerance: The effect of martensite volume fraction*. International Journal of Plasticity, 2023. **170**: p. 103778.
19. WorldAutoSteel. *Dual-Phase*. [citado 2023 09/11]; Disponível em: <https://ahssinsights.org/metallurgy/steel-grades/ahss/dual-phase/>.
20. Baluch, N., Z.M. Udin, e C.S. Abdullah, *Advanced High Strength Steel in Auto Industry: an Overview*. Engineering, Technology & Applied Science Research, 2014. **4**(4): p. 686-689.
21. Matulka, R. *The History of the Electric Car*. [citado 2023 13/11]; Disponível em: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>.
22. Staff, C. *A Brief History Of Hybrid Cars*. 2022 [citado 2023 13/11]; Disponível em: <https://www.carsdirect.com/green-cars/a-brief-history-of-hybrid-cars>.
23. EPA. *The Clean Air Act - Highlights of the 1990 Amendments* [citado 2023 13/11]; Disponível em: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-highlights-1990-amendments>.
24. Swift, E. *First Car on the Moon*. 2021 [citado 2023 13/11]; Disponível em: <https://www.smithsonianmag.com/air-space-magazine/first-car-moon-180977805/>.
25. Mohammadi, M., J. Thornburg, e J. Mohammadi, *Towards an energy future with ubiquitous electric vehicles: Barriers and opportunities*. Energies, 2023. **16**(17): p. 6379.
26. Pramuanjaroenkij, A. e S. Kakaç, *The fuel cell electric vehicles: The highlight review*. International Journal of Hydrogen Energy, 2023. **48**(25): p. 9401-9425.
27. Andújar, J.M. e F. Segura, *Fuel cells: History and updating. A walk along two centuries*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009. **13**(9): p. 2309-2322.
28. Perry, T. *History of Hydrogen Cars and Technology, from 1802 to present!* 2022.
29. Hannan, M.A., F.A. Azidin, e A. Mohamed, *Hybrid electric vehicles and their challenges: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014. **29**: p. 135-150.
30. Kala, R., *4 - Advanced Driver Assistance Systems*, in *On-Road Intelligent Vehicles*, R. Kala, Editor. 2016, Butterworth-Heinemann. p. 59-82.
31. Greenwood, P.M., J.K. Lenneman, e C.L. Baldwin, *Advanced driver assistance systems (ADAS): Demographics, preferred sources of information, and accuracy of ADAS knowledge*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2022. **86**: p. 131-150.
32. De Locht, C. e H. Van Den Broeck, *8 - Complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) image sensors for automotive applications*, in *High Performance Silicon Imaging*, D. Durini, Editor. 2014, Woodhead Publishing. p. 235-249.
33. *Road Traffic Injuries*. 2022 [citado 2023 28/11]; Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>.
34. Wishart, D., S. Weaver, e A. Apuli, *Autonomous vehicles: What are your intentions?* Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2023. **99**: p. 450-459.
35. Meyer-Waarden, L. e J. Cloarec, *"Baby, you can drive my car": Psychological antecedents that drive consumers' adoption of AI-powered autonomous vehicles*. Technovation, 2022. **109**: p. 102348.
36. Kumar, G., A.T. James, K. Choudhary, R. Sahai, e W.K. Song, *Investigation and analysis of implementation challenges for autonomous vehicles in developing countries using hybrid structural modeling*. Technological Forecasting and Social Change, 2022. **185**: p. 122080.
37. Biba, J. *What Is Vehicle-to-Everything (V2X) Technology?* 2023 [citado 2023 21/11]; Disponível em: <https://builtin.com/transportation-tech/v2x-vehicle-to-everything>.

38. Rehman, M.A., M. Numan, H. Tahir, U. Rahman, M.W. Khan, e M.Z. Iftikhar, *A comprehensive overview of vehicle to everything (V2X) technology for sustainable EV adoption*. Journal of Energy Storage, 2023. **74**: p. 109304.
39. Ko, S.W., H. Chae, K. Han, S. Lee, D.W. Seo, e K. Huang, *V2X-Based Vehicular Positioning: Opportunities, Challenges, and Future Directions*. IEEE Wireless Communications, 2021. **28**(2): p. 144-151.
40. Fonseca, L.M. e J.P. Domingues, *Reliable and Flexible Quality Management Systems in the Automotive Industry: Monitor the Context and Change Effectively*. Procedia Manufacturing, 2017. **11**: p. 1200-1206.
41. Das, H.S., M.M. Rahman, S. Li, e C.W. Tan, *Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020. **120**: p. 109618.
42. He, X., W. Huang, e C. Lv, *Toward Trustworthy Decision-Making for Autonomous Vehicles: A Robust Reinforcement Learning Approach with Safety Guarantees*. Engineering, 2023.
43. Zhao, X., Y. Fang, H. Min, X. Wu, W. Wang, e R. Teixeira, *Potential sources of sensor data anomalies for autonomous vehicles: An overview from road vehicle safety perspective*. Expert Systems with Applications, 2024. **236**: p. 121358.
44. Wolf, M., M. Kleindienst, C. Ramsauer, C. Zierler, e E. Winter, *Current and future industrial challenges: demographic change and measures for elderly workers in industry 4.0*. Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara, 2018. **16**(1): p. 67-76.
45. Shahbazi, S., A. Delkhosh, P. Ghassemi, e M. Wiktorsson. *Supply chain risks: an automotive case study*. in *Proceedings of the 11th International Conference on Manufacturing Research (ICMR2013)*. 2013. Cranfield University UK.
46. Elkins, D.A., N. Huang, e J.M. Alden, *Agile manufacturing systems in the automotive industry*. International Journal of Production Economics, 2004. **91**(3): p. 201-214.
47. SicNoticias. *Que chips estão a fazer parar a produção automóvel?* 2021 [citado 2023 03/12]; Disponível em: <https://sicnoticias.pt/economia/2021-09-06-Que-chips-estao-a-fazer-parar-a-producao-automovel--54eb65b4>.
48. Rodrigues, A. *Quais são as novas regras nos apoios à compra de carros elétricos?* 2023 [citado 2023 03/12]; Disponível em: <https://rr.sapo.pt/artigo/explicador-renascenca/2023/10/13/quais-sao-as-novas-regras-nos-apoios-a-compra-de-carros-eletricos/350648/>.
49. Altan, T. e A.E. Tekkaya, *Sheet metal forming: processes and applications*. 2012: ASM international.
50. Suchy, I., *Handbook of Die Design*. 2006: McGraw-Hill.
51. Niemietz, P., J. Pennekamp, I. Kunze, D. Trauth, K. Wehrle, e T. Bergs, *Stamping Process Modelling in an Internet of Production*. Procedia Manufacturing, 2020. **49**: p. 61-68.
52. Silveira, F.D. e L. Schaeffer, *Diretrizes para projeto de ferramenta de estampagem-Parte I*. 2008.
53. Lal, R.K., V.K. Choubey, J.P. Dwivedi, e S. Kumar, *Study of factors affecting Springback in Sheet Metal Forming and Deep Drawing Process*. Materials Today: Proceedings, 2018. **5**(2, Part 1): p. 4353-4358.
54. Nick, M., A. Feuerhack, T. Bergs, e T. Clausmeyer, *Numerical Investigation of Damage in Single-step, Two-step, and Reverse Deep Drawing of Rotationally Symmetric Cups from DP800 Dual Phase Steel*. Procedia Manufacturing, 2020. **47**: p. 636-642.
55. Swapna, D., C.S. Rao, e S. Radhika, *A review on deep drawing process*. International Journal of Emerging Research in Management and Technology, 2018. **6**(6): p. 146-149.
56. AutoForm. *AutoForm_StampingAdviser Engineer Manufacturable Sheet Metal Parts*. 2023 [citado 2023 28/12]; Disponível em:

- <https://www.autoform.com/en/products/autoform-forming/autoform-stampingadviser/>.
57. FEIYA. *High Quality Progressive Terminal Stamping Die Mould* 2023 [citado 2023 28/12]; Disponível em: <https://www.feiyamold.com/product/high-quality-progressive-terminal-stamping-die-mould.html>.
 58. Stouten, E.A. *Transfer die design considerations*. 2001.
 59. Soda, S., *Cross-bar cup feed transfer press for automotive application*. Journal of Materials Processing Technology, 1994. **46**(3): p. 401-407.
 60. Yang, M.-C., H.-C. Tsai, e T.-C. Tsai, *The Dynamic Problems in High Speed Transfer Stamping System*. Metal Industries Research and Development Centre.
 61. Hansen, M. *3 best practices metal stampers can follow for transfer die success*. 2022.
 62. Karbasian, H. e A.E. Tekkaya, *A review on hot stamping*. Journal of Materials Processing Technology, 2010. **210**(15): p. 2103-2118.
 63. Dan, I. e R. Cioară, *A STUDY ON THE PRE-STRESSED C-FRAMES OF THE PRESSES*. Recent, 2013.
 64. Altan, T., *Metal Forming Handbook*. 1998: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
 65. Kawamoto, K., H. Ando, e K. Yamamichi, *Application of servo presses to metal forming processes*. Procedia Manufacturing, 2018. **15**: p. 31-38.
 66. Bobade, S.S. e T.Y. Badgujar, *A state of art in a sheet metal stamping forming technology-an overview*. Int. J. Adv. Res. Innov. Ideas Educ, 2017: p. 3760-3770.
 67. Gronostajski, Z., Z. Pater, L. Madej, A. Gontarz, L. Lisiecki, A. Łukaszek-Sołek, J. Łuksza, S. Mróz, Z. Muskalski, W. Muzykiewicz, M. Pietrzyk, R.E. Śliwa, J. Tomczak, S. Wiewiórowska, G. Winiarski, J. Zasadziński, e S. Ziółkiewicz, *Recent development trends in metal forming*. Archives of Civil and Mechanical Engineering, 2019. **19**(3): p. 898-941.
 68. Mendes Monteiro, J., D. Torres, A.L. Ramos, e C. Pimentel, *The use of virtual reality as e-training tool for dies' changeover in stamping presses: a case study on automotive industry*. International Journal of Lean Six Sigma, 2023. **ahead-of-print**(ahead-of-print).
 69. Chantzis, D., M. Tracy, H. Liu, D.J. Politis, M.W. Fu, e L. Wang, *Design optimization of hot stamping tooling produced by additive manufacturing*. Additive Manufacturing, 2023. **74**: p. 103728.
 70. Sun, W., W. Liu, e S. Yuan, *Suppressing wrinkles in thin-walled dome parts: A novel deep drawing method with active stress control*. Journal of Materials Processing Technology, 2024. **324**: p. 118249.
 71. Brun, M., A. Ghiotti, E. Simonetto, S. Bruschi, e S. Filippi, *Variable blank holder pressure by magneto-rheological actuators in deep drawing*. Procedia CIRP, 2023. **119**: p. 932-937.
 72. Huang, H., Q. Lv, L. Li, Y. Xu, C. Liu, T. Zhang, e Z. Liu, *Individually segmented blank holding system driven by electromagnetics for stamping: Modeling, validation, and prototype*. Journal of Materials Processing Technology, 2023. **313**: p. 117883.
 73. Hoffmann, H. e M. Kohnhäuser, *Strategies to Optimize the Part Transport in Crossbar Transfer Presses*. CIRP Annals, 2002. **51**(1): p. 27-32.
 74. ARISA. *Presses for transfer dies*. 2023 [citado 2023 31/12]; Disponível em: <https://www.arisa.com/en/presses-and-servo-presses/presses-for-transfer-dies/>.
 75. Yogeet, A.T. e U. Puspendrau, *Study On Robotic Manufacturing For Automobile*. International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology, 2018: p. 1-3.
 76. Taylor, T. e A. Clough, *Critical review of automotive hot-stamped sheet steel from an industrial perspective*. Materials Science and Technology, 2018. **34**(7): p. 809-861.
 77. Kumjing, S., *Transfer Die Technology Application for Efficiency Auto Part Production*. Key Engineering Materials, 2018. **789**: p. 201-207.

78. Mruthyunjaya, T.S., *Kinematic structure of mechanisms revisited*. Mechanism and Machine Theory, 2003. **38**(4): p. 279-320.
79. Yan, H.-S. e Y.-T. Chiu, *On the number synthesis of kinematic chains*. Mechanism and Machine Theory, 2015. **89**: p. 128-144.
80. Siciliano, B., L. Sciavicco, L. Villano, e G. Oriolo, *Robotics*. 2010: Springer.
81. Surati, S., S. Hedao, T. Rotti, V. Ahuja, e N. Patel, *Pick and place robotic arm: a review paper*. Int. Res. J. Eng. Technol, 2021. **8**(2): p. 2121-2129.
82. Kurekova, E., M. Halaj, M. Omachelová, e I. Martišovič, *Theoretical Positioning Accuracy for Serial and Parallel Kinematic Structure*. Measurement Science Review, 2014. **14**(5): p. 243-251.
83. Ceglarek, D., H. Li, e Y. Tang, *Modeling and optimization of end effector layout for handling compliant sheet metal parts*. J. Manuf. Sci. Eng., 2001. **123**(3): p. 473-480.
84. *Workpiece and stock feed systems*, in *Metal Forming Practise: Processes — Machines — Tools*, H. Tschaetsch, Editor. 2006, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 345-349.
85. DESTACO, *84N1 Series*. 2024, DESTACO.
86. SENSTRONIC. *Selector*. 2024 [citado 2024 02/01]; Disponível em: <https://www.senstronic.com/the-ranges/selector/>.
87. DESTACO, *vacuum Solutions*. 2024, DESTACO.
88. DESTACO. 2024 [citado 2024 02/01]; Disponível em: <https://www.destaco.com/solutions/by-applications-and-topics/stamping.html>.
89. DESTACO. *MODULAR, CAM-STYLE PRESSROOM GRIPPER FOR METAL SHEETS – 84N1*. 2024 [citado 2024 02/01]; Disponível em: <https://www.destaco.com/gripping/sheet-metal-grippers/sheet-metal-grippers-84n1.html>.
90. DESTACO, *84N QUICK START GUIDE*. 2024, DESTACO.
91. Destaco, *cp, sgm series*. 2024.
92. Destaco, *World Tool Composite Boom*. 2024.
93. Misati. *Automation of Transfer Presses*. 2024 [citado 2024 30/03]; Disponível em: <https://misati.com/en/lightweight-transfers/>.
94. Destaco, *Cross Bar Tooling - SGM Series*. 2024.
95. Misati. *Turning Units*. 2024 [citado 2024 30/03]; Disponível em: <https://misati.com/en/lightweight-transfers/catalogue/linear-and-turning-units/turning-units/>.
96. Rao, Y.S., R. Srinivasulu, S. Vempati, e U.H. Babu, *Designing of Pick and Place Application using Simulation Software*.
97. Chen, C.L. e C. Sun. *Strategies and Techniques for Improving Production Efficiency of Hot Stamping*. in *Proceedings of the 6th International Conference on Advanced High Strength Steel and Press Hardening (ICHSU 2022)*. 2023. Atlantis Press.
98. Schorr, L., B. Johnson, J. McFall, D. Shepherd, e R.L. Hadimani, *High-temperature gripper for collaborative robots in additive manufacturing*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2023. **128**(3): p. 1291-1303.
99. Glorieux, E., P. Franciosa, e D. Ceglarek, *Quality and productivity driven trajectory optimisation for robotic handling of compliant sheet metal parts in multi-press stamping lines*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2019. **56**: p. 264-275.
100. Gestamp. *Products*. 2024 [citado 2024 06/04]; Disponível em: <https://www.gestamp.com/What-we-do/Products>.
101. Gestamp. *About Us*. 2024 [citado 2024 06/04]; Disponível em: <https://www.gestamp.com/About-Us/Gestamp-group>.
102. Gestamp, *ANNUAL REPORT*. 2023.
103. Gestamp, *CÓDIGO DE CONDUTA*, Gestamp, Editor. 2024.

Referências

104. Gestamp. *Technologies*. 2024 [citado 2024 07/04]; Disponível em: <https://www.gestamp.com/What-we-do/Technologies>.
105. Gestamp, A. *Gestamp Aveiro*. 2024 [citado 2024 07/04]; Disponível em: <https://www.gestampaveiro.com/history.php?page=2>.
106. Gestamp. *Gestamp in the world*. 2024 [citado 2024 07/04]; Disponível em: <https://www.gestamp.com/About-Us/Gestamp-in-the-world>.
107. Gestamp, A., *Declaração ambiental 2022*. 2023.
108. Quality, A.S.f. *What is the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle?* 2024 [citado 2024 01/05]; Disponível em: <https://asq.org/quality-resources/pdca-cycle#Resources>.
109. Agência Nacional de Inovação, S.A. *SIFIDE*. 2024 [citado 2024 17/05]; Disponível em: <https://sifide.ani.pt/>.
110. Destaco, *84A3-3 Series (FIXED lower jaw)*, in *Cam Type Sheet Metal Grippers | Ordering Information*. 2024, Destaco.
111. Rexroth, *IMScompact integrated measuring system*. 2024, Rexroth.
112. Aluminium, Y.S. *Overview Of Materials For 6000 Series Aluminum Alloy*. 2023 [citado 2024 21/06]; Disponível em: <https://aluminumstock.com/6000-series-aluminum-alloy/>.
113. OnlineMetals. *30mm x 3mm Aluminum Square Tube 6060 Metric 60" Length [+/- 2"] -*. 2024 [citado 2024 13/06]; Disponível em: <https://www.onlinemetals.com/en/buy/aluminum/30mm-x-3mm-aluminum-square-tube-6060-metric-60-length/pid/22472>.
114. Matweb, *Ultimaker TPU 95A Filament* 2024.
115. Matweb, *Mitsubishi ABS 3D Printing Filament* 2024.
116. Matweb, *Mitsubishi PET-G 3D Printing Filament* 2024.
117. Matweb, *Mitsubishi HIPS 3D Printing Filament* 2024.
118. Matweb, *Stratasys® PLA 3D Printing Polymer* 2024.
119. Matweb, *Markforged Onyx 3D Printed Nylon Carbon Composite* 2024.
120. Matweb, *Mitsubishi ASA-X 3D Printing Filament* 2024.
121. Matweb, *Ultimaker PP Filament* 2024.
122. Matweb, *Markforged Nylon 3D Printed Polymer* 2024.
123. Matweb, *Stratasys® PC Polycarbonate for 3D Printing* 2024.
124. Carderelli, F., *Materials Handbook: A concise Desktop Reference*. 2nd ed.: Springer.
125. MatMake, *Properties of Polycarbonate (PC)*. 2024.
126. Budynas, R. e K. Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Design*. 2010: McGraw-Hill Education.
127. Abbot, D.W., D.V.V. Kallon, C. Anghel, e P. Dube, *Finite Element Analysis of 3D Printed Model via Compression Tests*. *Procedia Manufacturing*, 2019. **35**: p. 164-173.
128. Holstein, W.K. e M. Tanenbaum *mass production*. 2023.
129. Onion, A., M. Sullivan, M. Mullen, e C. Zapata *Ford's assembly line starts rolling*. 2009.
130. *Celebrating the Moving Assembly Line in Pictures*. [citado 2023 04/12]; Disponível em: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/features/celebrating-the-moving-assembly-line-in-pictures.html>.
131. Institute, L.E. *a brief history of lean*. 2023 [citado 2023 06/11]; Disponível em: <https://www.lean.org/explore-lean/a-brief-history-of-lean/>.
132. Reke, E., D. Powell, e M.F. Mogos, *Applying the fundamentals of TPS to realize a resilient and responsive manufacturing system*. *Procedia CIRP*, 2022. **107**: p. 1221-1225.
133. Prajapati, M.R. e V. Deshpande, *Cycle time reduction using lean principles and techniques: A review*. *International Journal of Advance Industrial Engineering*, 2015. **3**(4): p. 208-213.

134. Romero, D., P. Gaiardelli, D. Powell, T. Wuest, e M. Thürer, *Rethinking Jidoka Systems under Automation & Learning Perspectives in the Digital Lean Manufacturing World*. IFAC-PapersOnLine, 2019. **52**(13): p. 899-903.
135. Chlebus, E., J. Helman, M. Olejarczyk, e M. Rosienkiewicz, *A new approach on implementing TPM in a mine – A case study*. Archives of Civil and Mechanical Engineering, 2015. **15**(4): p. 873-884.
136. Krafcik, J.F., *Triumph of the lean production system*. Sloan management review, 1988. **30**(1): p. 41-52.
137. Womack, J.P., D.T. Jones, e D. Roos, *The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. 2007: Simon and Schuster.
138. Womack, J.P. e D.T. Jones, *Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Journal of the Operational Research Society, 1997. **48**(11).
139. Institute, L.E. *Lean Thinking and Practice*. [citado 2023 06/11]; Disponível em: <https://www.lean.org/lexicon-terms/lean-thinking-and-practice/>.
140. Kagermann, H., R. Anderl, J. Gausemeier, G. Schuh, e W. Wahlster, *Industrie 4.0 in a Global Context: strategies for cooperating with international partners*. 2016: Herbert Utz Verlag.
141. Cuellar, S., S. Grisales, e D.I. Castaneda, *Constructing tomorrow: A multifaceted exploration of Industry 4.0 scientific, patents, and market trend*. Automation in Construction, 2023. **156**: p. 105113.
142. Santos, B.P., A. Alberto, T.D.F.M. Lima, e F.M.B. Charrua-Santos, *Indústria 4.0: desafios e oportunidades*. Revista Produção e Desenvolvimento, 2018. **4**(1): p. 111-124.
143. Pourrahmani, H., A. Yavarinasab, R. Zahedi, A. Gharehghani, M.H. Mohammadi, P. Bastani, e J. Van herle, *The applications of Internet of Things in the automotive industry: A review of the batteries, fuel cells, and engines*. Internet of Things, 2022. **19**: p. 100579.
144. Locke, J. *5G IoT and the Future of Connected Vehicle*. 2022 [citado 2023 07/11]; Disponível em: <https://www.digi.com/blog/post/5g-iot-and-the-future-of-connected-vehicle>.
145. Ashby, M., H. Shercliff, e D. Cebon, *Materials Engineering, Science, Processing and Design*. 2007: University of Cambridge. 527.
146. Altan, T., G. Ngaile, e G. Shen, *Cold and hot forging: fundamentals and applications*. Vol. 1. 2004: ASM international.
147. Sai, T.V., T. Vinod, e G. Sowmya, *A critical review on casting types and defects*. Engineering and Technology, 2017. **3**(2): p. 463-468.
148. Morais Simão, J., *Desenho técnico básico volume 3*. 2019: Porto Editora, Lda. 312.
149. *Permanent Mold Castings*. [citado 2023 06/12]; Disponível em: <https://mechieedu.blogspot.com/2020/02/permanent-mold-castings.html>.
150. Yadav, R.R., Y. Dewang, e J. Raghuvanshi, *A study on metal extrusion process*. International Journal of LNCT, 2018. **2**(6): p. 124-230.
151. Lafleur, P.G. e B. Vergnes, *Polymer extrusion*. 2014: John Wiley & Sons.
152. Bhaduri, A., *Extrusion*, in *Mechanical Properties and Working of Metals and Alloys*, A. Bhaduri, Editor. 2018, Springer Singapore: Singapore. p. 599-646.
153. Valberg, H.S., *Applied Metal Forming*. 2010: Cambridge University Press.
154. Silva, F., *Tecnologia da Soldadura - Uma Abordagem Técnico-Didática*. 2014: Publindústria, Edições Técnicas, Lda.
155. Weman, K., *Welding processes handbook*. 2011: Elsevier.
156. Riomar, A.W.C., E.S.S. Barbosa, e L. Benini, *CONCEITOS BÁSICOS DE MICROUSINAGEM: UMA REVISÃO*.

Referências

157. Kopac, J. e P. Krajnik, *High-performance grinding—A review*. Journal of Materials Processing Technology, 2006. **175**(1): p. 278-284.
158. Jain, V.K., *Advanced machining processes*. 2009: Allied publishers.
159. Kumar, A. e K. Kumar, *Recent advancements in tailor welded blanks*. Materials Today: Proceedings, 2022. **69**: p. 556-559.
160. Yu, L., X. Gu, L. Qian, P. Jiang, W. Wang, e M. Yu, *Application of tailor rolled blanks in optimum design of pure electric vehicle crashworthiness and lightweight*. Thin-Walled Structures, 2021. **161**: p. 107410.

Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

Filipe Sousa Couto

ISEP, Porto, 03 de Setembro de 2024

Declaração de Integridade

Apêndice A

A indústria automóvel mostrou ser, desde a sua criação, uma indústria promotora do desenvolvimento na gestão industrial e nas técnicas de melhoria de produtividade, de forma a reduzir os custos de produção e aumentar o valor produzido. Neste capítulo aborda-se os tópicos produção em série, *Toyota Production Systems* e metodologia *Lean*, e por fim a indústria 4.0. Os tópicos foram escolhidos por serem de relevância considerável dentro da indústria automóvel e são abordados por ordem cronológica.

- **Produção em série**

A produção em série consiste nos princípios de divisão da produção e dos trabalhadores em partes especializadas, em conjunto com uma uniformização no fabrico das partes. A utilização destes princípios data desde a Grécia antiga. No entanto, as primeiras utilizações dos princípios de produção em série de forma pensada para redução de custos e aplicação de maquinaria especializada tiveram lugar no século XVIII, durante a revolução industrial em Inglaterra [128].

A produção em série aplicada à indústria automóvel data de 1913 com Henry Ford e a marca Ford. Henry conseguiu reduzir o tempo de construção de um veículo, anteriormente de cerca de 12 horas, para 1 hora e 33 minutos, o que permitiu reduzir o custo dos veículos. A aplicação dos métodos de produção em série consistiu na movimentação em fila de veículos a serem construídos, puxados por uma corda, enquanto os trabalhadores ficariam estacionários e com uma tarefa específica na linha de montagem [129], como se apresenta na Figura 124. O sucesso dos resultados obtidos pela Ford foram um dos principais impulsionadores na adoção dos princípios da produção em série nas indústrias Europeias e Americanas [128].



Figura 124 - Linha de montagem do model T da marca Ford [130]

- ***Toyota Production Systems (TPS)* e metodologia *Lean***

O TPS surgiu na década de 1950 no Japão, após a segunda guerra mundial, associado à empresa automóvel Toyota. Ao contrário da mentalidade associada à produção em massa, no TPS o foco está na fluidez do produto por toda a produção ao invés da produtividade de máquinas ou tarefas individuais [131].

O objetivo do TPS é a redução dos custos, redução de desperdícios e otimização dos processos. Desta forma, o TPS não é um conjunto de práticas, mas um conjunto de conceitos ou ferramentas que proporcionam práticas mais otimizadas e a processos adaptáveis a novos produtos ou métodos [132]. As ferramentas do TPS são muitas vezes representadas em conjunto na forma de uma casa como se apresenta na Figura 125.

Os desafios constantes podem ser descritos como os problemas contínuos no funcionamento de uma empresa ou processo. Desta forma, as diferentes ferramentas TPS pretendem precisamente apresentar soluções para mitigar estes problemas.

Algumas das ferramentas mais relevantes são explicadas em seguida:

1. *Just-In-Time* (JIT): Este conceito tem como propósito garantir que a produção tem no momento certo, a quantidade certa do produto correto. O JIT aborda, portanto, o controlo da quantidade, de forma a se ajustar a variações na procura do produto num determinado processo, o controlo de qualidade, de forma a garantir que o processo recebe o produtos sem defeitos, e o respeito pelos trabalhadores, de forma atingir a produtividade necessária pelos recursos humanos associados [133]. Este conceito é considerado um dos pilares da casa do TPS.
2. *Jidoka*: Este termo significa uma automação com intervenção humana e pode ser aplicado como uma técnica ou um sistema. Como técnica, este explica a utilização da automação e do controlo dos ciclos de funcionamento das máquinas de forma a separar o operador das mesmas e permitir que este opere várias máquinas. Como sistema, este é uma parte da máquina que permite detetar uma falha ou má utilização e alertar o operador. Um exemplo comum de *jidoka* como sistema são os *poka-yokes* (anti-erros) que funcionam como bloqueadores mecânicos do funcionamento incorreto da máquina na eventualidade do posicionamento incorreto do produto, entre outras aplicações [134]. Juntamente com o conceito anterior, o *jidoka* é também considerado um dos pilares da casa TPS.
3. 5S: Representam um conjunto de conceitos que pretendem aumentar a produtividade, mantendo o local de trabalho limpo e organizado [133]. Os 5 conceitos apresentam-se em seguida:
 - *Seiri* (organizar), isolar e eliminar todos os materiais e objetos que não são úteis;
 - *Seiton* (alinhar), identificar e arrumar todos os objetos importantes de forma a serem facilmente obtidos quando necessário;
 - *Seiso* (brilho), limpar o ambiente de trabalho de forma a permitir e encorajar a produção;
 - *Seiketsu* (sistematizar), manter uma limpeza constante do ambiente de trabalho;

- *Shitsuke* (sustentar), envolver todos os recursos humanos de forma a garantir que a limpeza constante é garantida.

4. *Total Productive Maintenance* (TPM): Esta ferramenta é direcionada à eficiência de uma máquina através da realização de manutenção da mesma. Segundo o TPM, a manutenção deverá ser de prevenção, estar incluída nos horários dos operadores e deverá envolver a participação dos funcionários na manutenção [135].
5. *Kaizen* (melhoria contínua): Este conceito tem como objetivo a adoção da criatividade e inovação de forma a detetar e mitigar todas as práticas que não trazem valor ao processo. Ao realizar uma melhoria contínua, deve-se manter o foco em criar e sustentar as mudanças continuamente até haver uma melhoria considerável [133].

Atualmente é mais comum designar-se o TPS como metodologia *Lean* [132]. A adoção deste termo deriva em grande parte do trabalho de Krafcik em 1988 [136], que compara os diferentes sistemas de produção de automóveis, e do trabalho de Womack em 1990 [137] através do livro “*the machine that changed the world*”, onde se comparam os sistemas de produção em massa com a produção segundo o *lean* e se mostram as vantagens deste ultimo conceito.

Posteriormente, Womack e Jones [138, 139], com base nos conceitos base do *lean*, criaram os 5 princípios do *lean*. Estes princípios tem como objetivo guiar os líderes de uma organização ou processo na implementação da metodologia *lean*. Como visível na Figura 126, os princípios são constituídos por:

1. Identificação do valor: identificar o que traz valor para o cliente e satisfaz as suas necessidades para cada família de produtos;
2. Mapeamento do fluxo do valor: identificar os passos necessários na criação do produto, realçando os que criam valor, e eliminar sempre que possível os que não acrescentam valor;
3. Criação do fluxo: organização dos passos para a criação do produto de forma a permitir que a entrega do valor ao cliente ocorra de forma fluida e otimizada;
4. Estabelecer o “puxar” (*pull*): concretizar a produção do valor mediante os pedidos do cliente. O cliente “puxa” pelo valor;
5. Procura pela perfeição: repetição do ciclo, promovendo uma melhoria contínua e com vista a um processo perfeito, que permite a criação do valor total sem desperdícios.

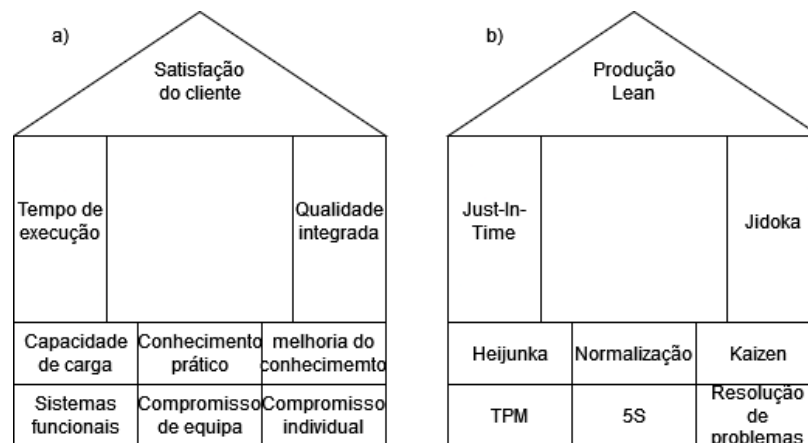


Figura 125 – Casa do TPS: a) desafios constantes; b) ferramentas TPS (Adaptado de [132]).

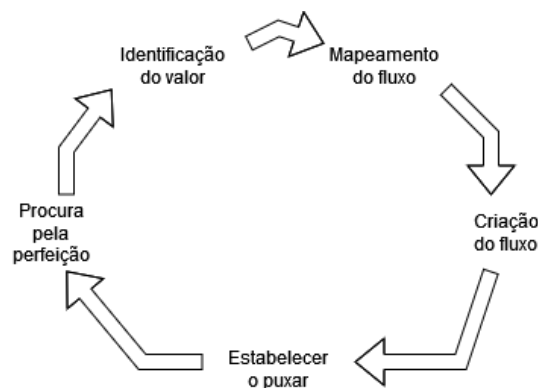


Figura 126 - 5 princípios do Lean (adaptado de [139]).

Foi ainda proposto, pelos mesmos autores dos 5 princípios, uma simplificação destes. Assim, o ciclo fica constituído apenas pelos princípios propósito, processo e pessoas. De uma forma simplificada, estes podem-se descrever da seguinte forma: O propósito é o reconhecimento do valor para o cliente; O processo é o fluxo do valor até se atingir o propósito; O princípio pessoas é a atribuição de responsáveis aos diversos passos do processo [139].

• Indústria 4.0

A indústria 4.0 pode ser definida como um novo estado de organização e gestão de toda a cadeia de produção até ao fim de vida útil do produto [140]. Esta abordagem à indústria surgiu na economia alemã em 2011 para dar resposta a uma crescente concorrência à indústria alemã, vinda da Ásia [141].

A indústria 4.0 é desta forma a quarta revolução industrial que se baseia na utilização de sistemas *cyber*-físicos na produção, na recolha de dados em diferentes formatos e na aplicação do conhecimento obtido da recolha de dados. É possível assim que após a recolha dos dados, as diversas máquinas realizem uma auto otimização, auto configuração e utilizem sistemas de inteligência artificial para melhorar a eficiência ao realizar tarefas complexas [142]. O objetivo da indústria 4.0 é a obtenção de níveis de eficiência superiores através da automação e integração de sistemas [141].

Atualmente, várias tecnologias de indústria 4.0 estão a ser desenvolvidas e implementadas. A *Internet of Things* (IoT) é uma destas tecnologias e que afeta diretamente a indústria automóvel. A IoT consiste na integração do mundo físico com o mundo virtual da *internet*, aproveitando as suas capacidades da recolha e partilha de dados. Assim, na IoT, os sistemas ou equipamentos estão sempre conectados e disponíveis para receber ou enviar dados. Esta tecnologia é aplicada na indústria automóvel em tópicos como a condução autónoma dos veículos [143] e nas aplicações *vehicle to everything* (V2X), conceito representado na Figura 127.

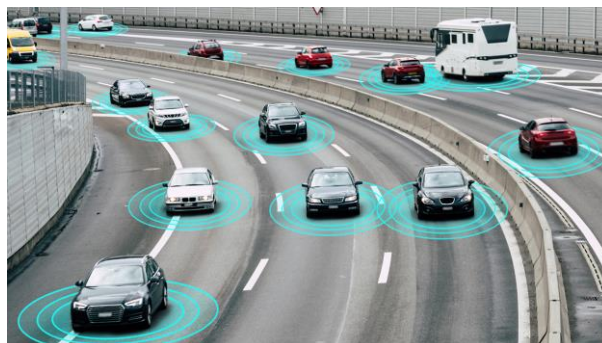


Figura 127 - IoT aplicado a veículos [144].

A indústria 4.0 traz consigo um grande desenvolvimento tecnológico, que é promissor em aumentar a eficiência da indústria durante esta revolução industrial. No entanto, existem desafios na sua implementação que deverão ser abordados e discutidos numa adoção à indústria 4.0 [142]. Alguns dos principais desafios são descritos brevemente em seguida:

1. Segurança e proteção digital: Com o aumento da comunicação e partilha de dados entre máquinas e dispositivos, cria-se uma exposição acrescida desses dados. A exposição dos dados é ainda aumentada com tecnologias com a IoT, que torna acessíveis pela *internet*. Neste sentido, a segurança e a proteção digital é um desafio notório na implementação da indústria 4.0 e algumas das suas tecnologias [142];
2. Padronização: As faltas de normalização sobre as tecnologias mais recentes provocam uma disparidade elevada entre aplicações da mesma tecnologia. Este efeito leva a acontecimentos como a recolha de dados em diferentes formatos e diferentes protocolos de comunicação entre máquinas, tornando difícil a integração de novos dispositivos na rede e a cooperação entre os mesmos [142].
3. Organização do trabalho: As novas tecnologias da indústria 4.0 podem necessitar de alterações no ambiente de trabalho ou na organização do mesmo para permitir a sua correta implementação. É necessário também adaptar os operadores a trabalhar com máquinas mais autónomas, limitações diferentes de espaço e formas diferentes de interação com as máquinas [142];
4. Especificação de habilidades: A indústria 4.0 traz tecnologias sofisticadas e que exigem conhecimentos específicos por parte de quem as opera. Por este motivo, torna-se necessário às empresas investir em formações aos funcionários o que conduz a despesas extra. Este é um dos principais desafios que a indústria 4.0 enfrenta [142].

Apêndice B

Os processos podem-se dividir em 3 categorias mediante o objetivo do processo em si. As categorias são atribuição de formato, ligação e tratamento de superfície. Cada categoria divide-se ainda em classes e depois, por fim, em processos. Cada processo tem especificações, limitações e características atribuídas ao produto diferentes, pelo que a seleção de um processo de fabrico é de extrema importância para a concretização com sucesso da produção de uma peça nas condições definidas em projeto [145, 146]. Na Figura 128 seguinte pode-se observar a taxonomia das categorias dos processos.

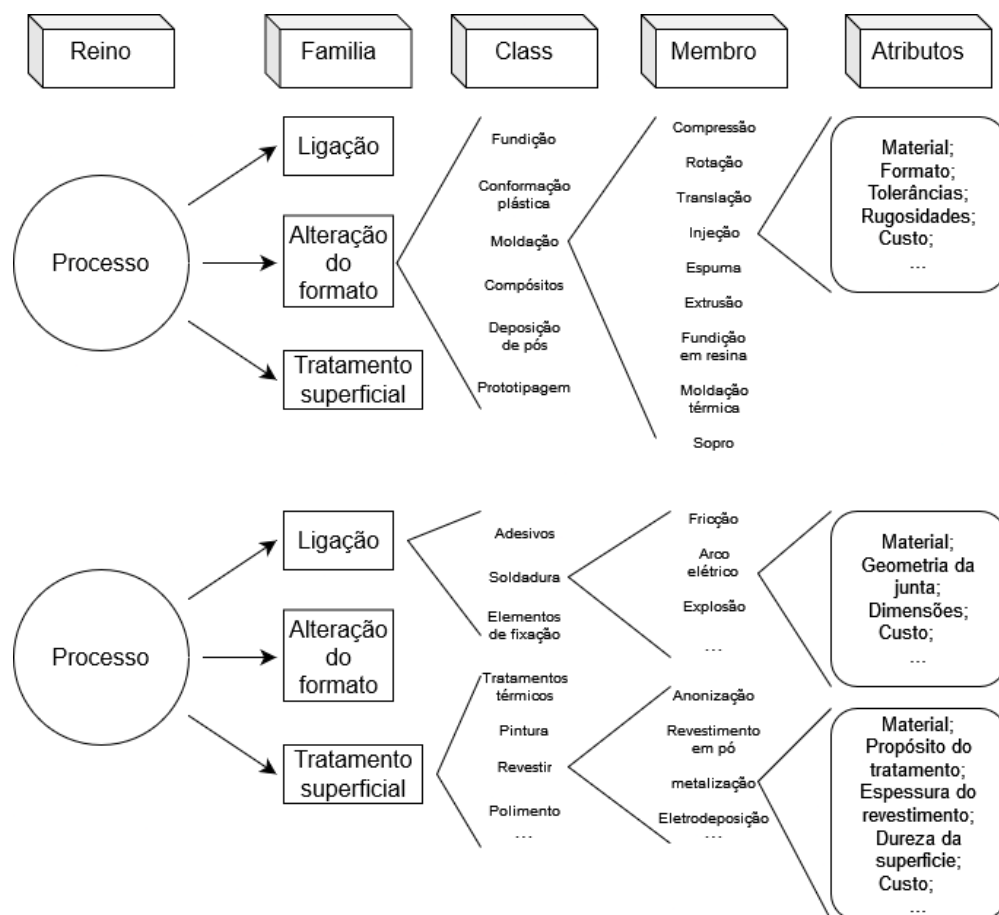


Figura 128 - Taxonomia dos processos de fabrico (adaptado de [145]).

- **Fundição**

A fundição é um dos processos de fabrico mais antigos e avançados a trabalhar o metal. O princípio da fundição consiste, de uma forma sintetizada, no verter de metal líquido para um molde resistente ao calor por uma entrada, chamada de copo de vazamento, por onde fluirá pelas cavidades e preencherá o volume interior do molde, que atribuirá forma ao metal líquido durante a solidificação. Os moldes podem ser obtidos de diversas formas, mediante os seus materiais e processo de fundição para que se destinam, mas de uma forma geral, o princípio de obtenção de um molde consiste no revestimento de um formato, normalmente em cera, por um material resistente ao calor [147].

Existem vários processos de fundição que permitem obter peças de diferentes complexidades geométricas, tolerâncias, rugosidades, entre outras características diferenciadoras. Em seguida explica-se brevemente os tipos de processos de fundição existentes de maior relevância na indústria:

1. Fundição em areia: Nestes processos o molde é formado por areia comprimida em torno de um modelo, que é depois retirado, formando a cavidade do molde. Este tipo de fundição tem baixo controlo dimensional, sendo de entre todos o que menor rigor geométrico consegue atribuir às peças [148]. Este processo é de baixo custo, pelo que é utilizado em várias indústrias, entre as quais a indústria automóvel [147].
2. Fundição sob pressão: A fundição sob pressão caracteriza-se pelo injetar de metal sobre alta pressão na cavidade do molde. O molde é formado por aço temperado maquinado para o formato correto [147]. O custo da utilização deste processo é elevado, pelo que este é mais utilizado para produções de elevado volume [147].
3. Fundição de precisão ou de cera perdida: Este processo de fundição baseia-se no revestimento de modelos em cera por uma cerâmica refratária que, após endurecer, ganha a forma do modelo. Quando se deposita o metal líquido no molde de cerâmica, a cera é derretida e o metal ocupa esse volume. Após solidificação do metal, o molde é partido para extração da peça [147].
4. Fundição permanente: O processo de fundição permanente detém esta nomenclatura devido aos moldes que se utiliza, já que estes são fabricados a partir de metal e são reutilizáveis. A forma mais comum de preenchimento do molde com o metal derretido é por gravidade, mas também se utiliza o vácuo e a pressão de gás [147]. Na Figura 129 encontra-se representado um esquema deste processo utilizando a pressão de um gás.
5. Fundição centrífuga: A fundição centrífuga é um processo onde o molde, com o metal fundido no interior, gira sobre um eixo central, até a solidificação do metal. O eixo de rotação pode ser vertical ou horizontal mediante o tamanho da peça e a configuração desejada para o *design* do molde. Este processo destaca-se pela qualidade das peças obtidas e pelo controlo preciso da metalurgia e estrutura cristalina [147].

- **Forjamento**

O forjamento é um processo de fabrico que consiste na deformação plástica de uma peça inicialmente de formato simples, como um cilindro, entre duas ferramentas ou matrizes que

contem o formato desejado da peça final e induzem a deformação na peça. Ao deformar a peça plasticamente, este processo atribui propriedades mecânicas melhoradas às peças produzidas, que sofrem encruamento. O processo de forjamento produz uma quantidade de sucata ou resíduos muito reduzidos e consegue obter as peças em tempos curtos, conseguindo menos gastos energéticos comparativamente a outros processos de fabrico. No entanto, este processo é de uso mais comum em produções de médio a alto volume, devido ao preço elevado de construção das ferramentas [146].

Este processo pode ser realizado a frio ou a quente. No forjamento a quente, a peça é aquecida para promover uma melhor deformação desta, mas sem se atingir a temperatura de fusão. Existem uma grande variedade de processos de forjamento que variam nas suas aplicabilidades, propriedades atribuídas à peça, equipamentos que utilizam e materiais possíveis de trabalhar. O forjamento pode ainda ser realizado em vários passos, como é possível observar na Figura 130.

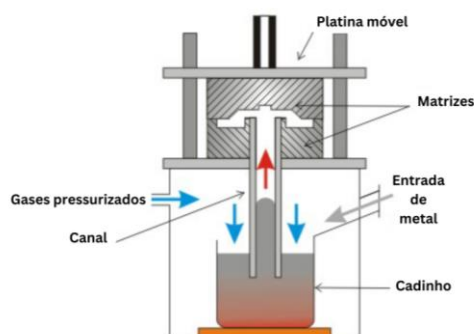


Figura 129 - Esquema de fundição em molde permanente por pressão a gás (adaptado de [149]).

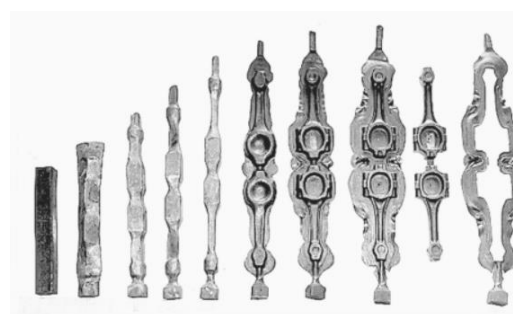


Figura 130 - Passos de forjamento de uma biela [146].

• Extrusão

A extrusão é um processo de fabrico no qual um material é comprimido contra uma matriz que impõe uma secção no material, ao atravessar esta, formando peças esbeltas e de secção constante. Este processo pode ser realizado a quente e a frio e é intensivamente utilizado em várias indústrias devido à versatilidade dos produtos produzidos. Pode-se obter peças de variada secção, como perfis estruturais e caixilharia de janelas e numa variedade de materiais como metais e polímeros [150, 151]. A extrusão pode-se dividir em cinco tipos conforme se mostra em seguida:

1. Extrusão direta: Neste processo de extrusão, um embolo impulsiona o material através de uma matriz estacionária. Neste processo, toda a energia necessária para o material ultrapassar o atrito na passagem pela matriz e na câmara anterior é fornecido pelo embolo. Na Figura 131 é possível observar um esquema deste tipo de extrusão [150].
2. Extrusão indireta: Na extrusão indireta o material é colocado numa câmara para ser sujeito a compressão por um embolo oco, este empurrando a matriz. Neste processo o material extrudido é expelido pelo interior do embolo e a força necessária é menor,

comparativamente à extrusão direta, devido a não existir força de atrito entre o material base e a câmara [150].

3. Extrusão por pressão hidrostática: Neste processo, semelhante à extrusão direta, um fluido em alta pressão situa-se entre o material base e a câmara. O fluido elimina o atrito entre o material e a câmara e atua como lubrificante entre o material e a matriz, reduzindo a força necessária para a operação de extrusão [150].
4. Extrusão por impacto: A extrusão por impacto é um processo realizado a frio e que permite formar peças de parede fina e menos esbeltas comparativamente com os outros processos de extrusão, através do impacto de um punção no material. Um exemplo de peças obtidas por este processo são latas de alumínio. A extrusão por impacto pode ser direta ou indireta. Na extrusão por impacto direta, o material é extrudido através da matriz. No caso da indireta, o material é empurrado contra a matriz, o que garante as dimensões da peça, mas a extrusão é realizada em redor do punção, em sentido oposto ao movimento deste [152];
5. Extrusão contínua: O processo de extrusão contínuo é um processo utilizado em polímeros. Neste processo o material é alimentado num depósito onde é derretido e onde ocorre uma homogeneização, no caso de o material base da extrusão ser produto de uma mistura de materiais. De seguida, este vai ser empurrado utilizando o conceito de parafuso sem fim de Arquimedes através de uma matriz [151].

- **Laminagem**

O processo de laminagem consiste na passagem do material base entre dois rolos que o comprimem na sua direção transversal. Como consequência desta compressão, o material dilata na direção do seu comprimento e largura. A laminação pode ser dividida em dois tipos, mediante o tipo de produto que é produzido. A laminação plana trabalha chapas ou elementos planos ao reduzir a sua espessura Figura 132. A laminação de perfis ou secções permite obter elementos de secção transversal mais complexos. Um produto comum resultado de laminação de perfis são as vigas com secção em I, H e L [153].

Um processo de laminação pode conter vários passos que promovem a alteração gradual da sessão transversal do perfil até à secção pretendida. Um exemplo de utilização de uma sequencia de laminagem é na produção de perfis redondos, caso em que o material passa por perfis de diâmetro gradualmente mais pequenos e perfis ovais até se atingir o diâmetro pretendido [153].

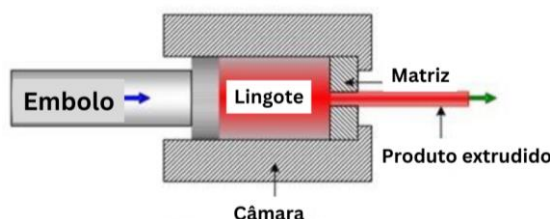


Figura 131 - Esquema de extrusão direta (adaptado de [150]).

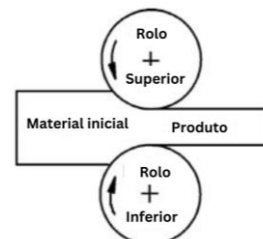


Figura 132 - Esquema de laminação plana (adaptado de [153]).

• Soldadura

A soldadura é um processo de união de materiais, iguais ou dissimilares, de forma permanente, com boa relação custo/benefício e com grande versatilidade de aplicações [154]. Existe uma grande variedade de processos de soldadura, que variam em muitas características como a existência de gás de proteção e o tipo de gás, a adição de material e a forma de adição, a fonte de calor, a obtenção de fusão, entre outras [154, 155].

Pela grande quantidade de processos existentes, surge a necessidade de normalização dos mesmos. Neste sentido, a norma ISO 857 atribui definições concretas aos diferentes processos enquanto a norma ISO 4063 atribui referências aos diferentes processos, que serão utilizadas nas normas ISO 2553 para desenhos de preparação e ISO 15614-1 para especificações de procedimentos [155].

Na Figura 133 encontra-se representado um esquema dos diversos processos de soldadura existentes, divididos entre soldaduras de pressão, sem a fusão do material, e soldaduras de fusão.

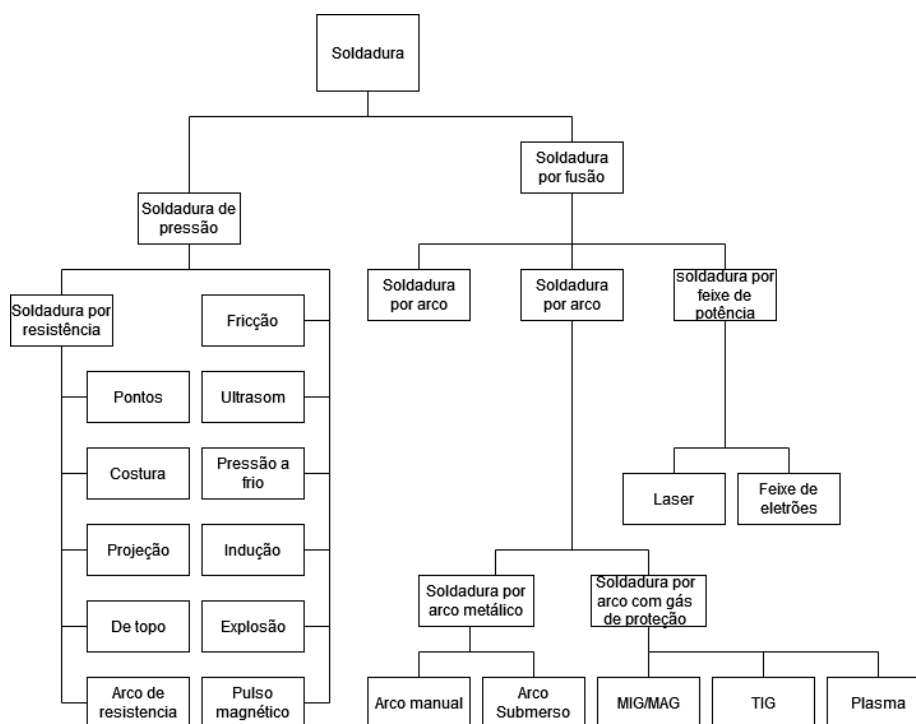


Figura 133 - Esquema de processos de fundição (adaptado de [155]).

• Maquinação

A maquinação é um processo de fabrico que consistem na alteração geométrica de uma peça através da remoção de material. Existem uma grande quantidade destes processos, mas descrevem-se em seguida os mais usuais:

1. Furação: este processo pode ser descrito como um processo de corte em padrão circular, no qual a ferramenta de corte, chamada de broca, apresenta avanço apenas na direção do seu eixo de rotação, permitindo criar furos na peça. Este processo é amplamente utilizado e é um dos principais processos na metalomecânica [156].

2. Fresagem: A fresagem consiste no desbaste de material de uma peça através de uma ferramenta de corte, chamada de fresa, que tem movimento de rotação e que apresenta movimento relativo entre a peça e a fresa segundo praticamente todas as direções, havendo limitações mediante o tipo das fresas [156].
3. Torneamento: O torneamento baseia-se no debaste da peça, que se encontra em rotação sobre um eixo da máquina, através de uma ferramenta de corte, o que permite a obtenção de peças de revolução [156].
4. Retificação: O processo de retificação é um processo de maquinação que utiliza uma roda de retificação, com uma superfície com grãos dispostos aleatoriamente, que desgastam a peça sem o uso de uma aresta de corte e proporcionam a esta um acabamento superficial fino. Este processo é usualmente um dos últimos processos a ser realizado numa cadeia de processos de fabrico [157].

Existem ainda vários processos considerados de maquinação avançada, que foram desenvolvidos para permitirem manter a produtividade e a velocidade de corte, mesmo em materiais de alta dureza ou baixa maquinabilidade. Estes processos podem ser divididos em mecânicos, como a maquinação por jato de água, que consiste no corte de um material através de um jato de água a alta velocidade, termoelétricos, como o corte a *laser*, e eletroquímicos ou químicos, como a maquinação química, na qual o material é dissolvido de forma controlada [158].

- ***Tailored welded blank (TWB) e tailored rolled blank (TRB)***

No seguimento da tendência das últimas décadas em aumentar a segurança e a performance dos veículos, assim como reduzir o consumo energético destes, a indústria automóvel tem procurado aumentar a capacidade de absorção de energia pela estrutura do veículo e diminuir o peso deste. Deste forma, foi introduzido na década de 1980 as TWB [159]. As TWB são uma abordagem diferente da tradicional para obtenção de chapa para futura conformação plástica, esta tipicamente obtida diretamente de processos de laminagem. No processo de TWB várias chapas, que podem variar no seu material, espessura e no revestimento, são ligadas através de um processo de soldadura laser, para assim sofrerem a conformação plástica pretendida, através de processos como a estampagem. Com a utilização deste processo, as peças para a indústria automóvel não estão limitadas a uma só chapa contínua, tendo-se uma maior flexibilidade no desenvolvimento destas e pode-se obter ainda uma maior crashworthiness, devido à maior rigidez e resistência específica nas peças. Este processo é aplicado a zonas estruturais importantes dos veículos, como o pilar B nos veículos de passageiros ligeiros [159]. Na Figura 134 pode-se observar uma peça de um automóvel e a chapa que a irá originar, esta última derivada um processo de TWB e assim constituída por diferentes materiais.

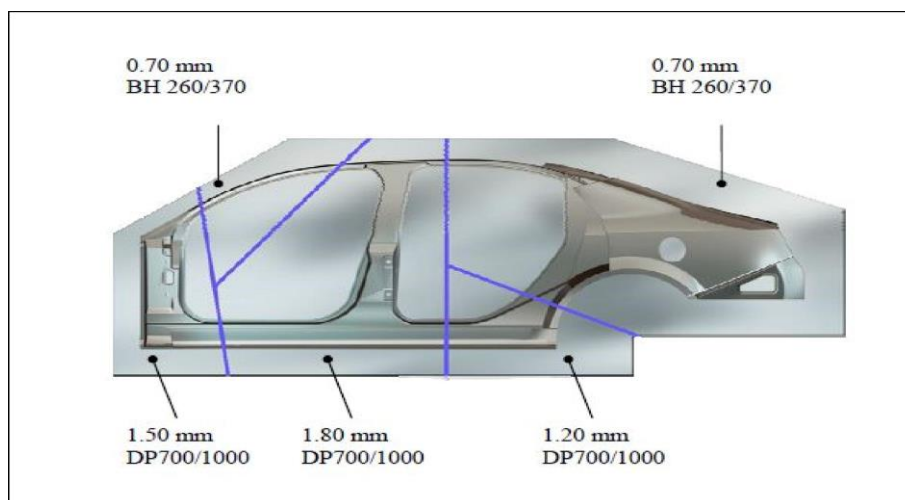
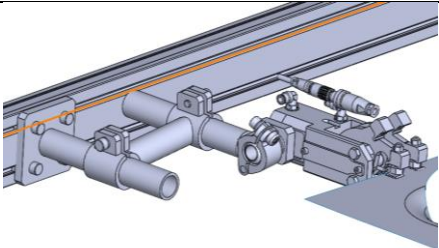
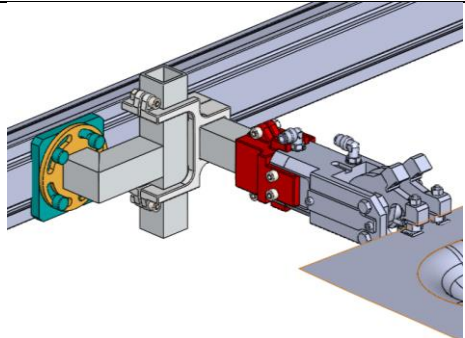
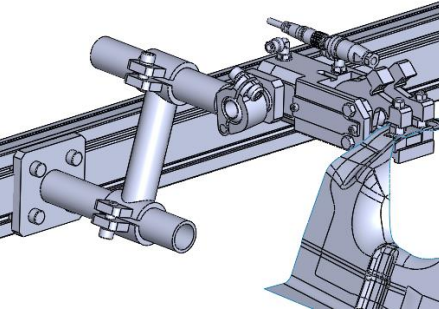
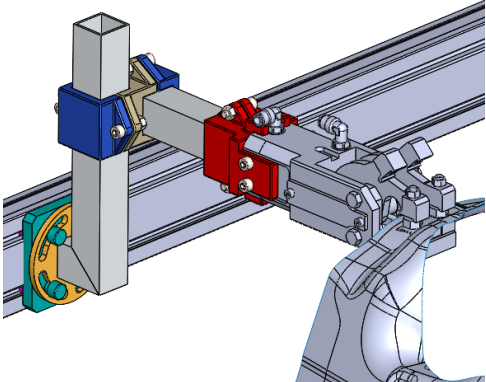


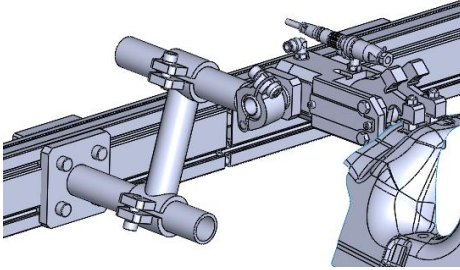
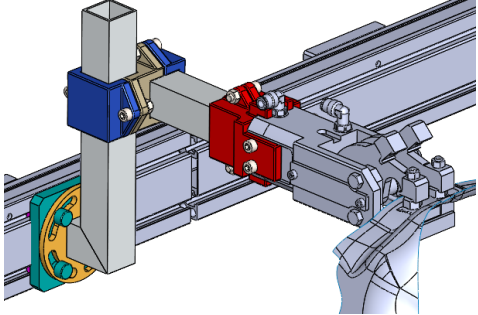
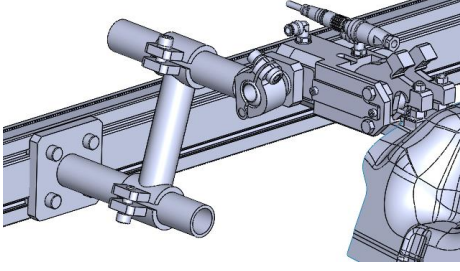
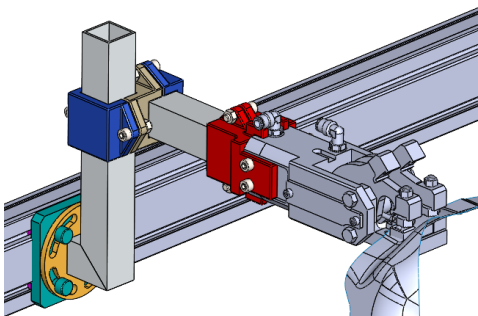
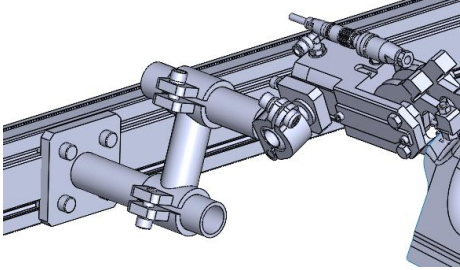
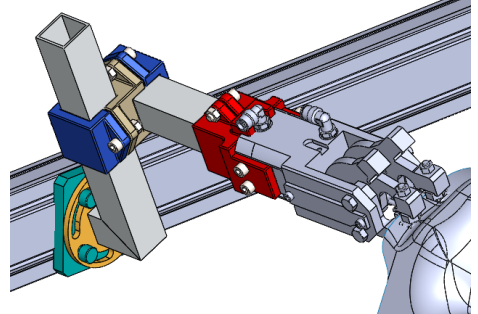
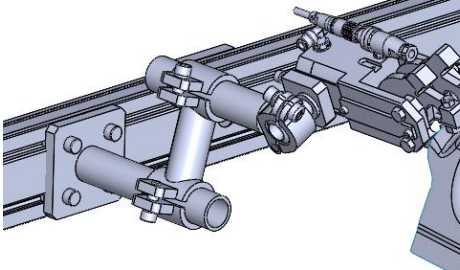
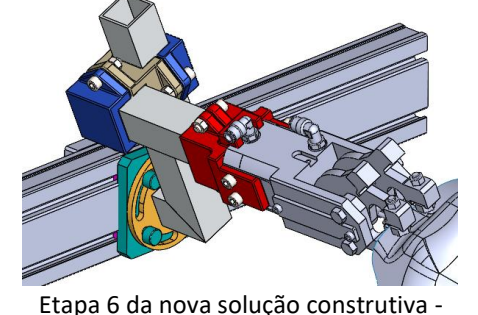
Figura 134 - Divisão de uma peça automóvel em diferentes materiais[159].

A semelhança dos TWB, o processo TRB também tem uma representação elevada na indústria automóvel e permite obter peças de maior resistência e rigidez específica, conseguindo-se uma maior *crashworthiness* e uma diminuição do consumo energético, quando aplicado também em peças automóveis [160]. Este processo baseia-se num processo de laminagem flexível, em que os rolos da laminagem movem-se um em relação ao outro, resultando numa chapa que varia a sua espessura ao longo do seu comprimento. A chapa resultante deste processo, é também à semelhança das chapas resultantes do TWB, sujeita posteriormente a processos de conformação plástica, mais usualmente o processo de estampagem. Devido a não sofrer um processo de soldadura laser como o TWB, o TRB permite obter maior formabilidade e qualidade de superfície nas zonas de transição, evitando ainda concentrações de tensões nestas zonas [160].

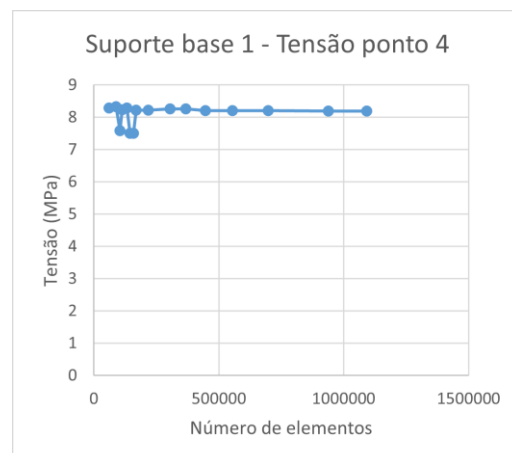
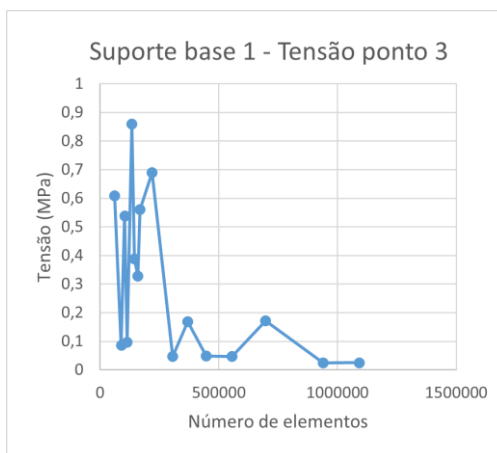
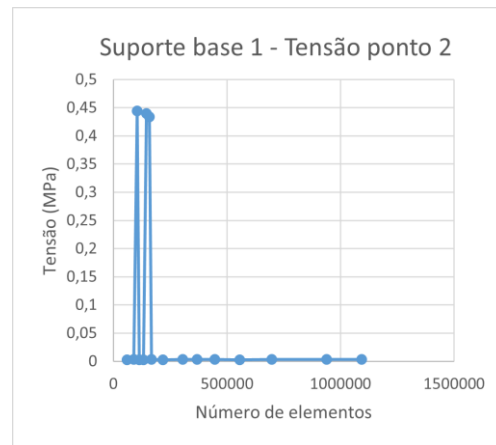
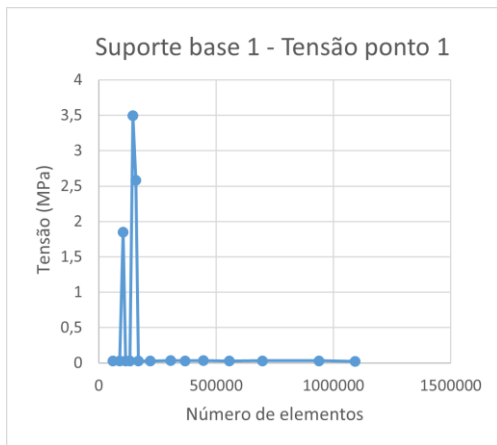
Apêndice C

Comparação entre a solução atual e a nova solução construtiva de sistemas *transfer*.

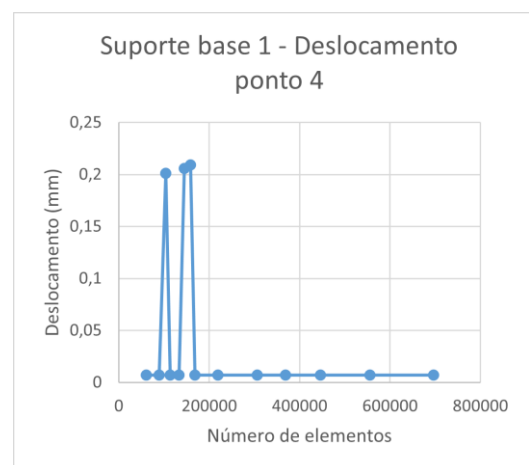
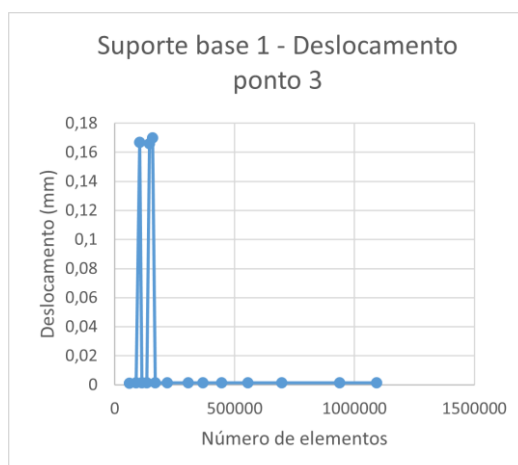
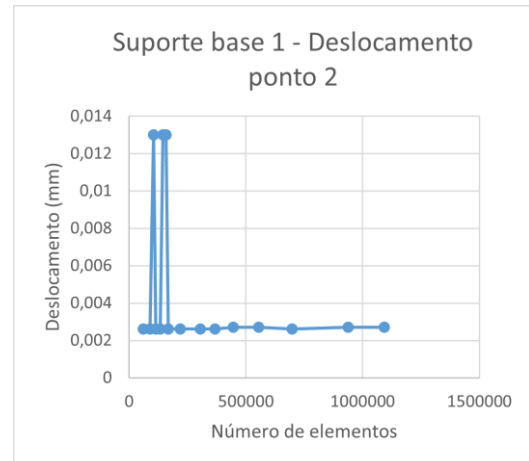
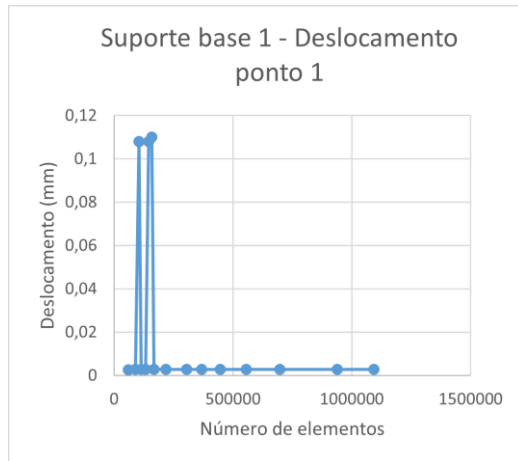
Etapa	Solução atual	Nova solução
1	 Etapa 1 da solução construtiva atual - ferramenta 694.	 Etapa 1 da nova solução construtiva - ferramenta 694.
2	 Etapa 2 da solução construtiva atual - ferramenta 694.	 Etapa 2 da nova solução construtiva - ferramenta 694

3	 Etapa 3 da solução construtiva atual - ferramenta 694.	 Etapa 3 da nova solução construtiva - ferramenta 694
4	 Etapa 4 da solução construtiva atual - ferramenta 694.	 Etapa 4 da nova solução construtiva - ferramenta 694
5	 Etapa 5 da solução construtiva atual - ferramenta 694.	 Etapa 5 da nova solução construtiva - ferramenta 694
6	 Etapa 6 da solução construtiva atual - ferramenta 694.	 Etapa 6 da nova solução construtiva - ferramenta 694

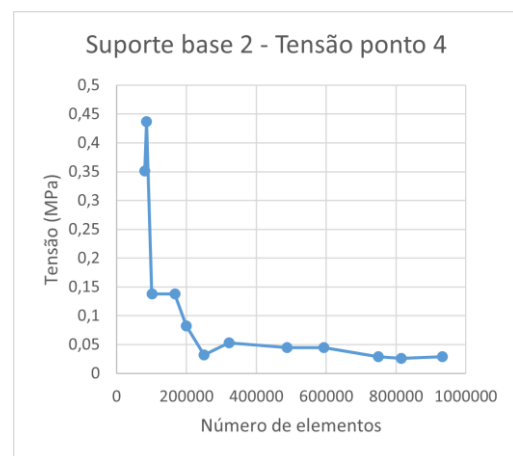
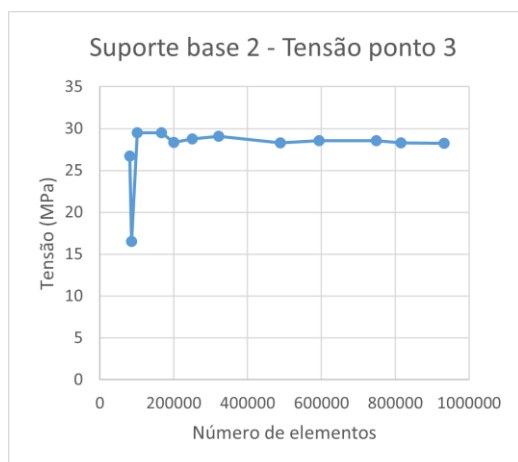
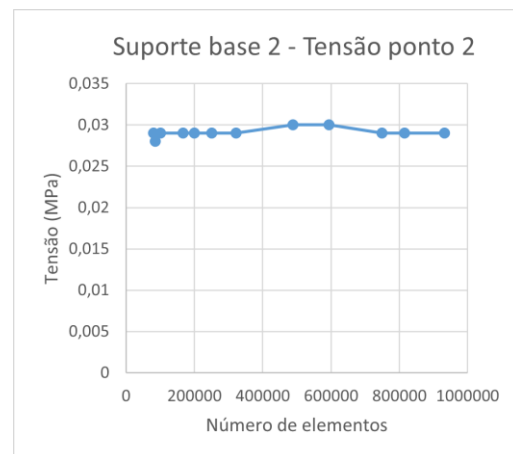
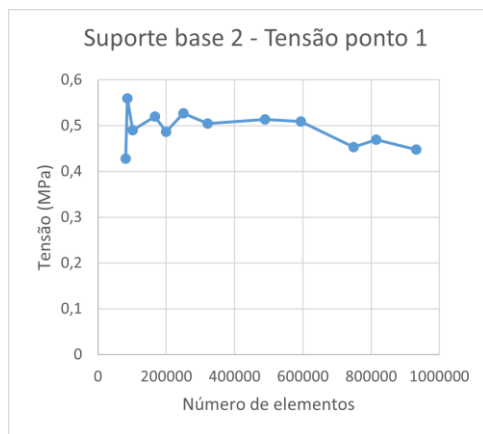
Apêndice D



Gráficos de convergência para as tensões de Von Mises no suporte base 1.

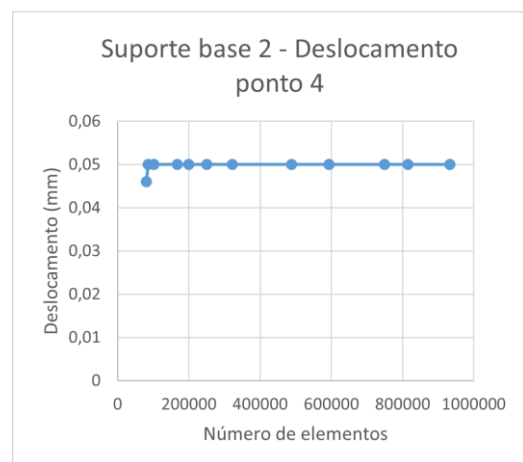
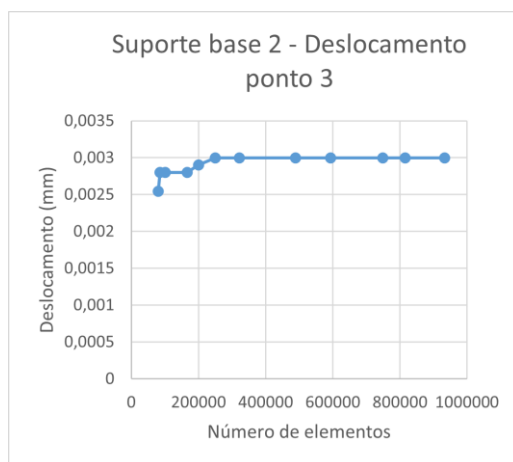
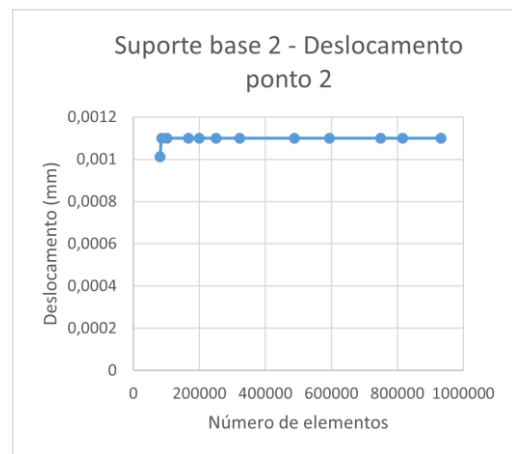
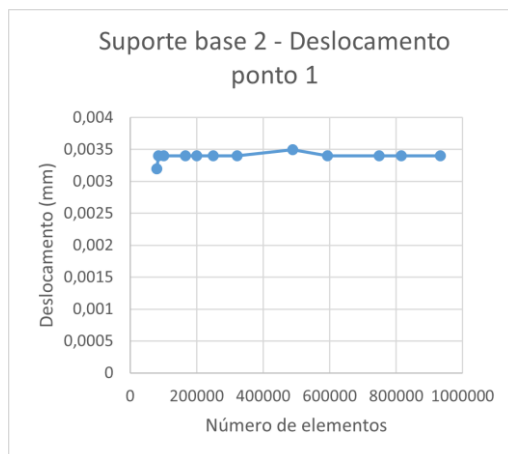


Gráficos de convergência para o deslocamento no suporte base 1

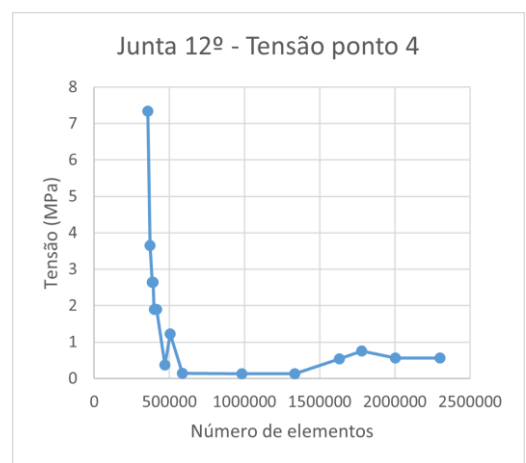
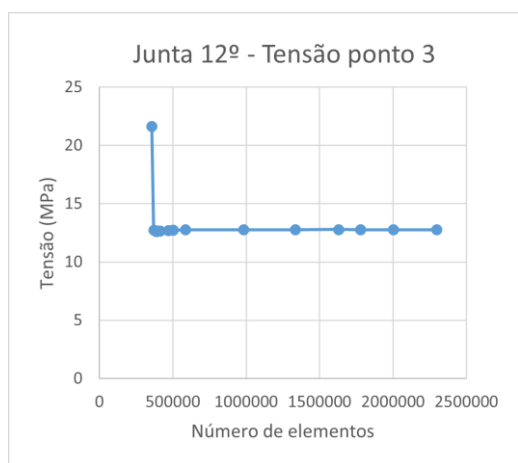
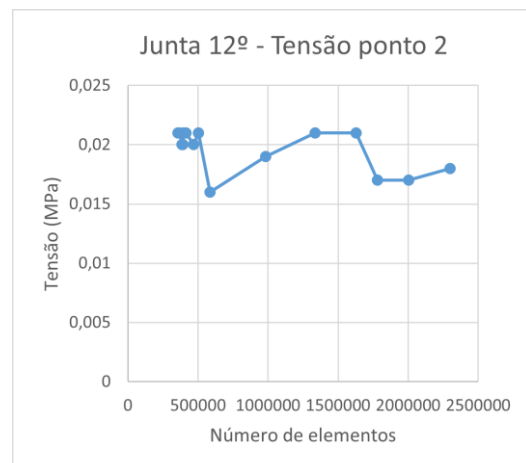
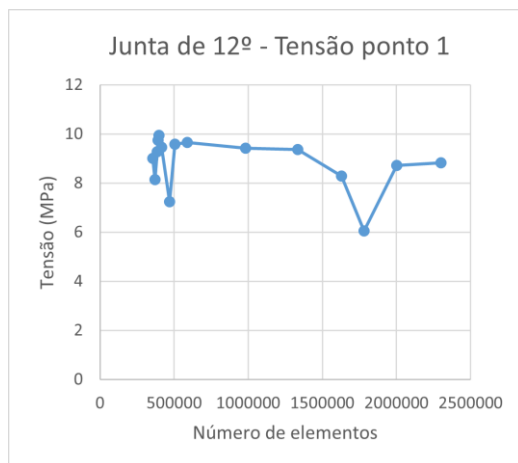


Gráficos de convergência para as tensões de Von Mises no suporte base 2.

Apêndice D

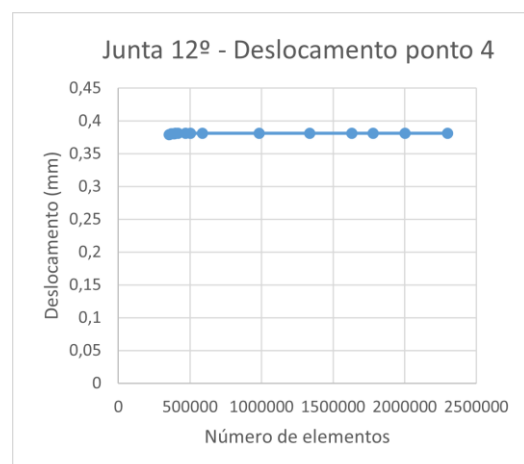
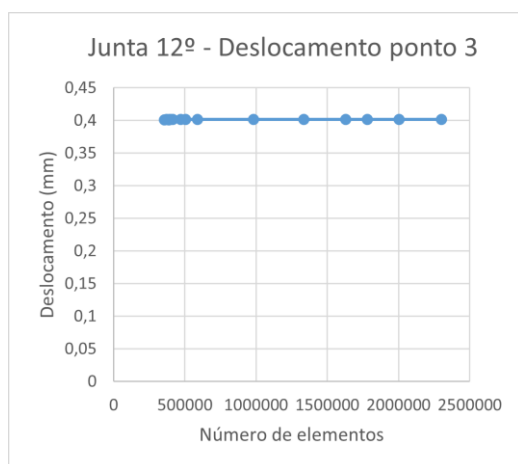
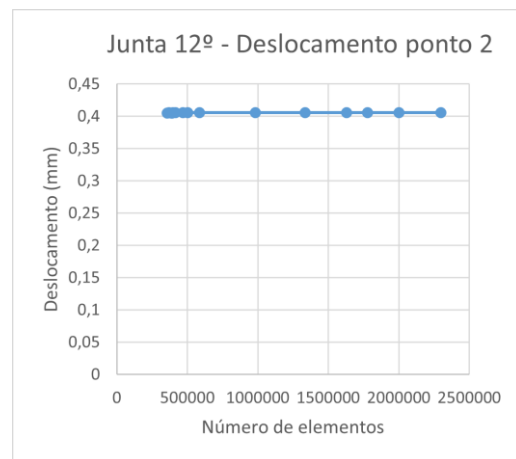
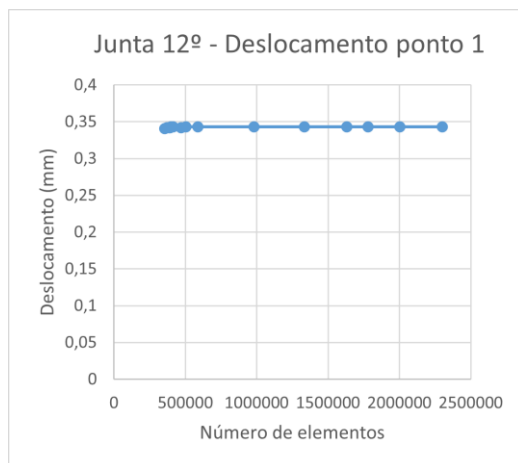


Gráficos de convergência para o deslocamento no suporte base 2.

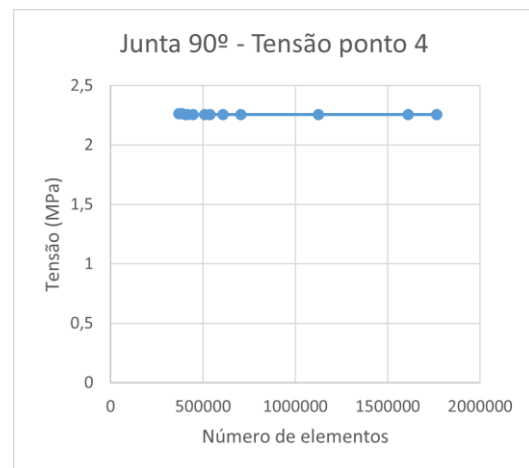
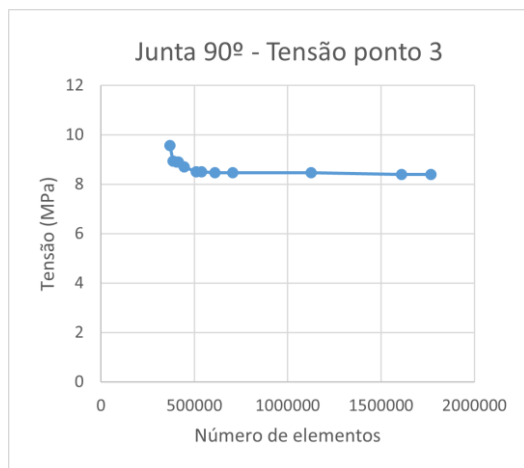
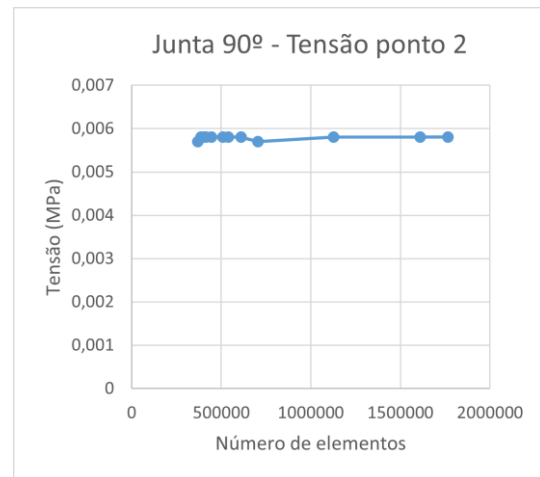
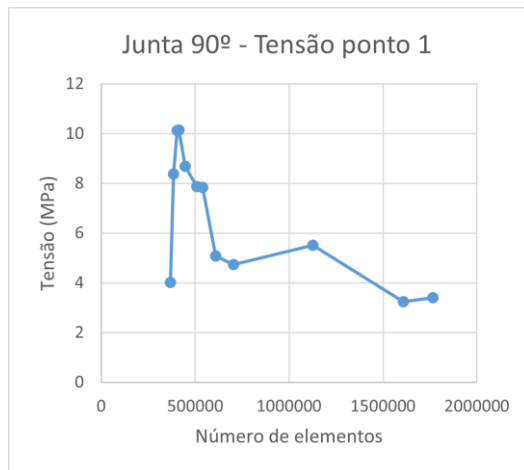


Gráficos de convergência para as tensões de Von Mises na junta de 12º.

Apêndice D

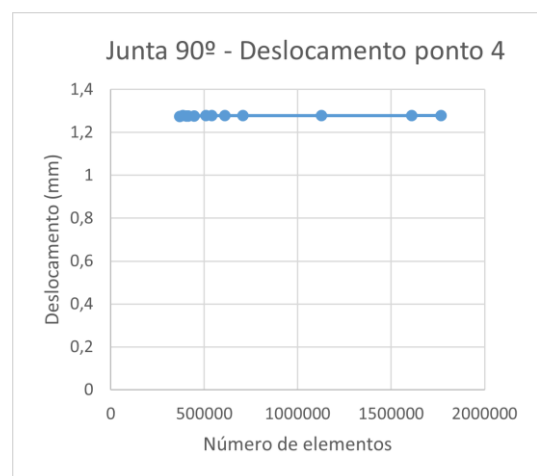
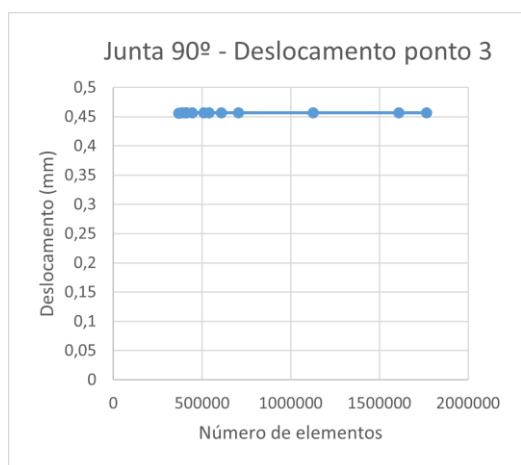
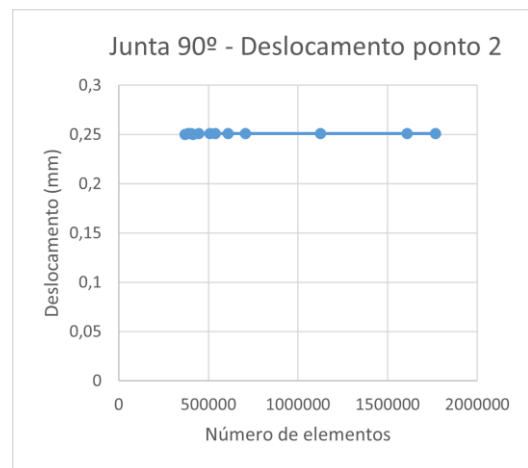
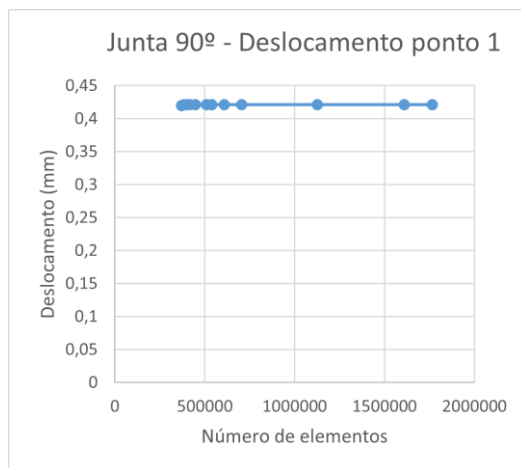


Gráficos de convergência para o deslocamento na junta de 12º.

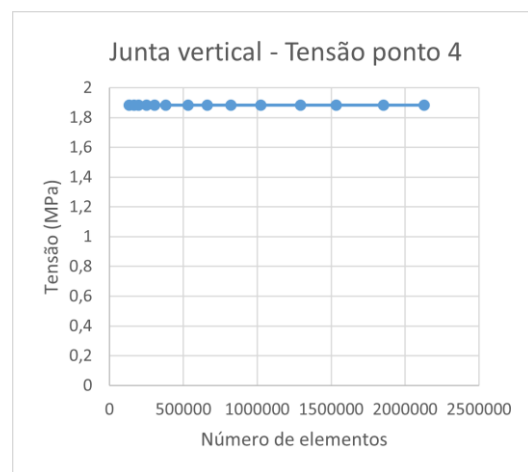
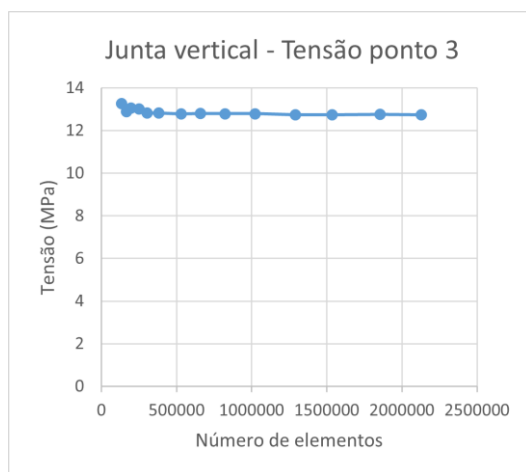
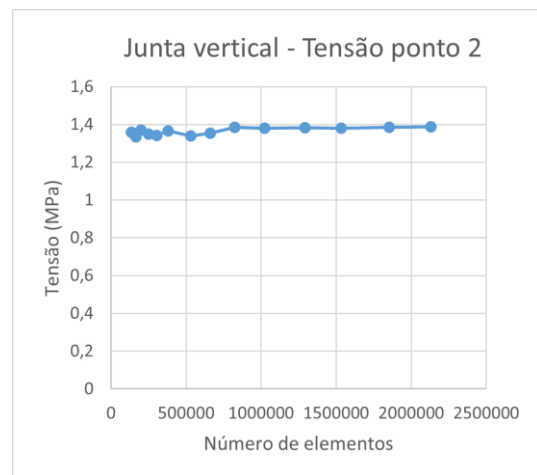
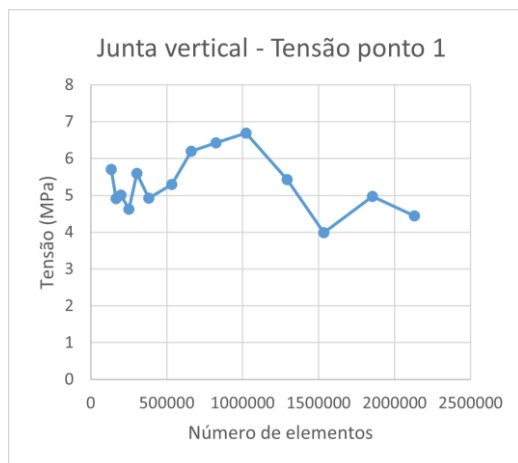


Gráficos de convergência para as tensões de Von Mises na junta de 90°.

Apêndice D

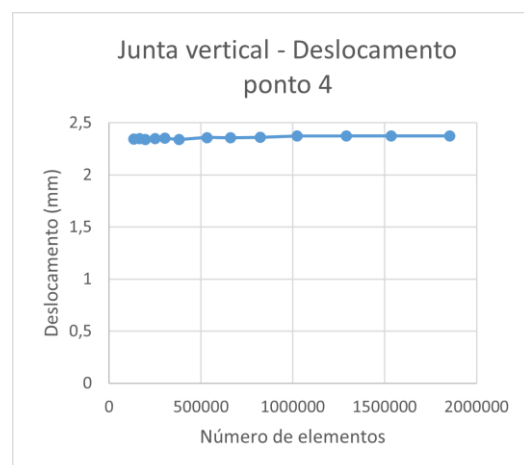
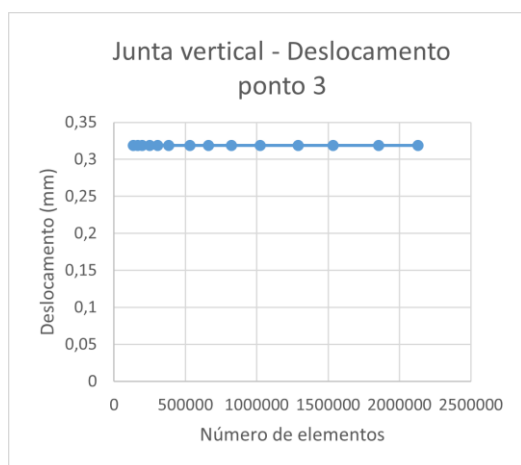
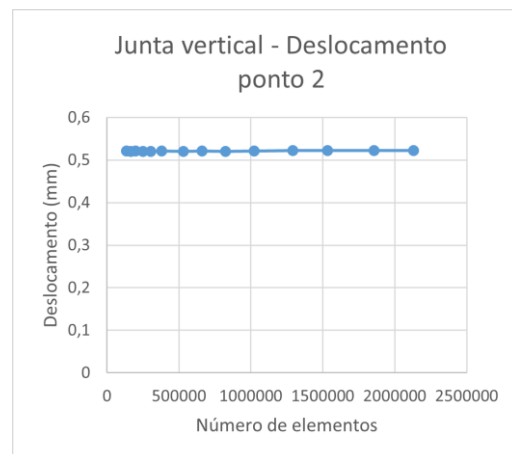
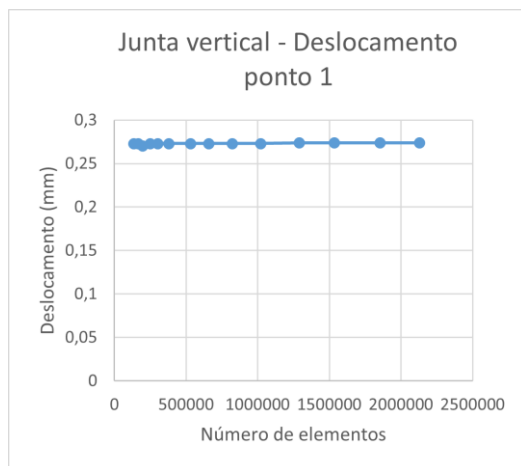


Gráficos de convergência para o deslocamento na junta de 90°.

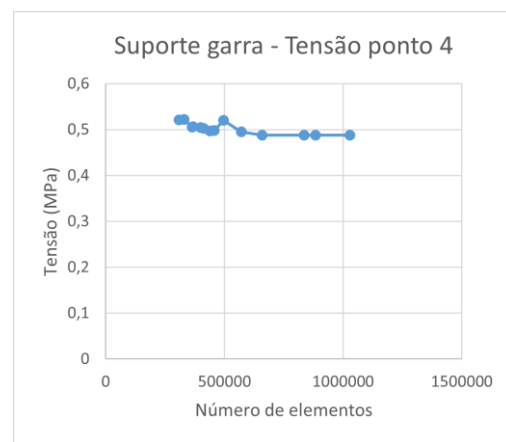
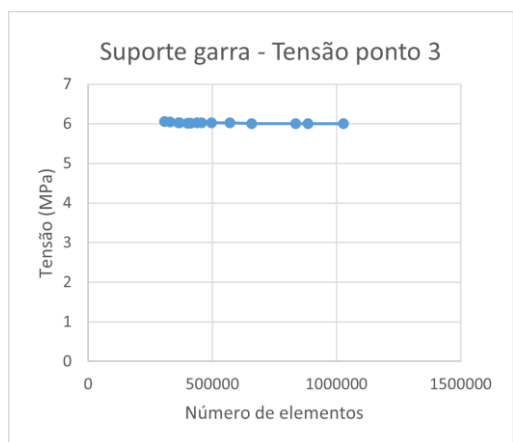
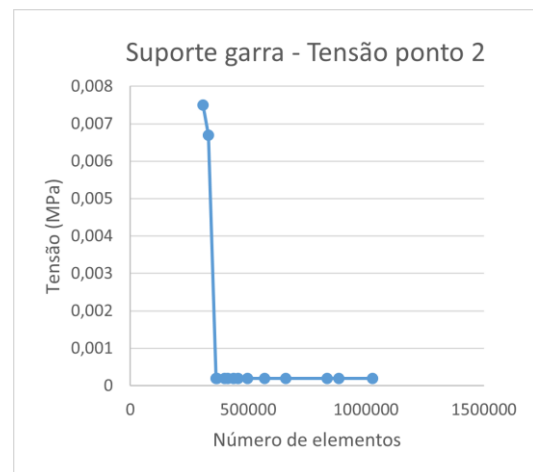
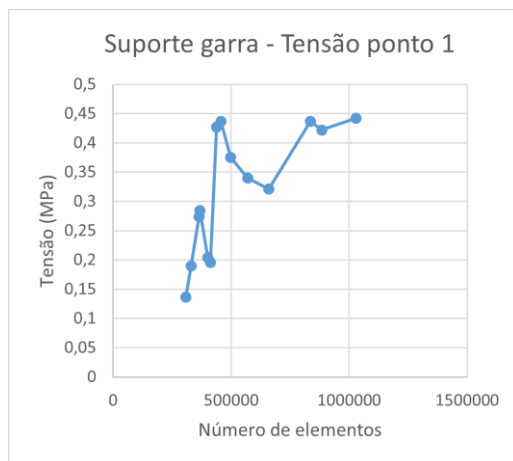


Gráficos de convergência para as tensões de Von Mises na junta vertical.

Apêndice D

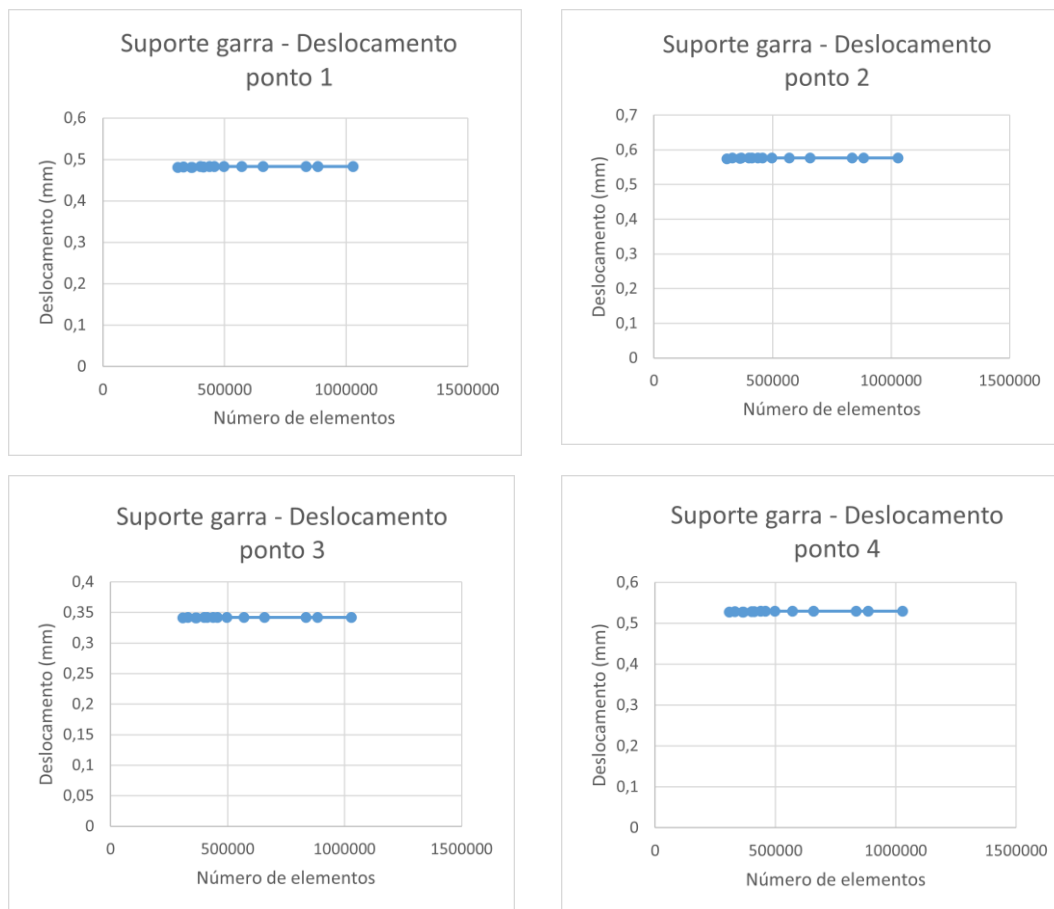


Gráficos de convergência para o deslocamento na junta vertical.



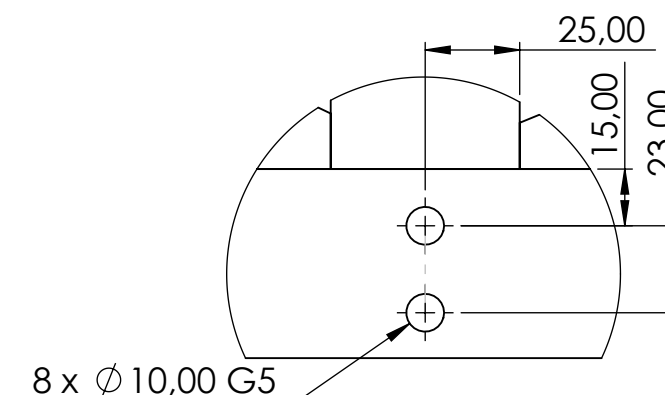
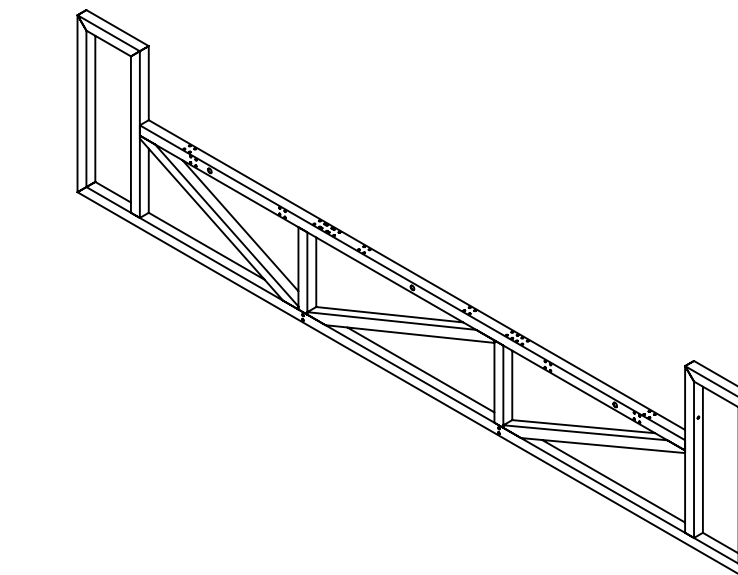
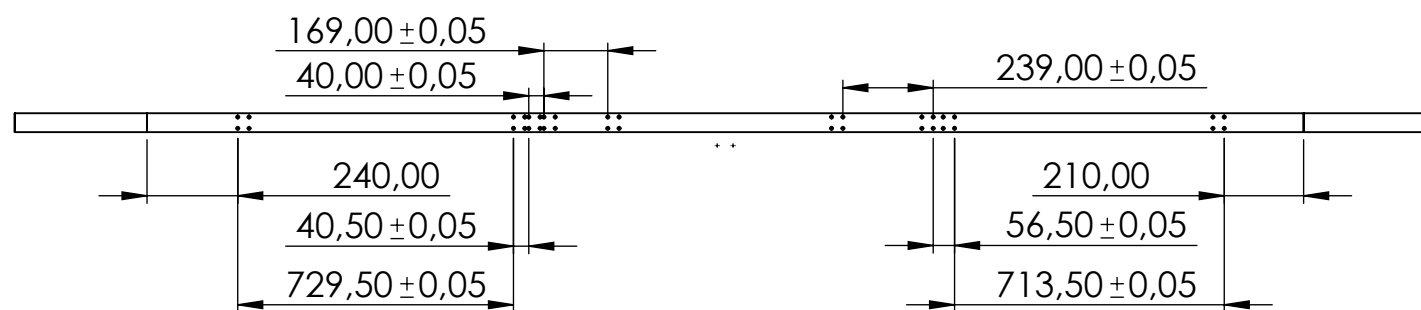
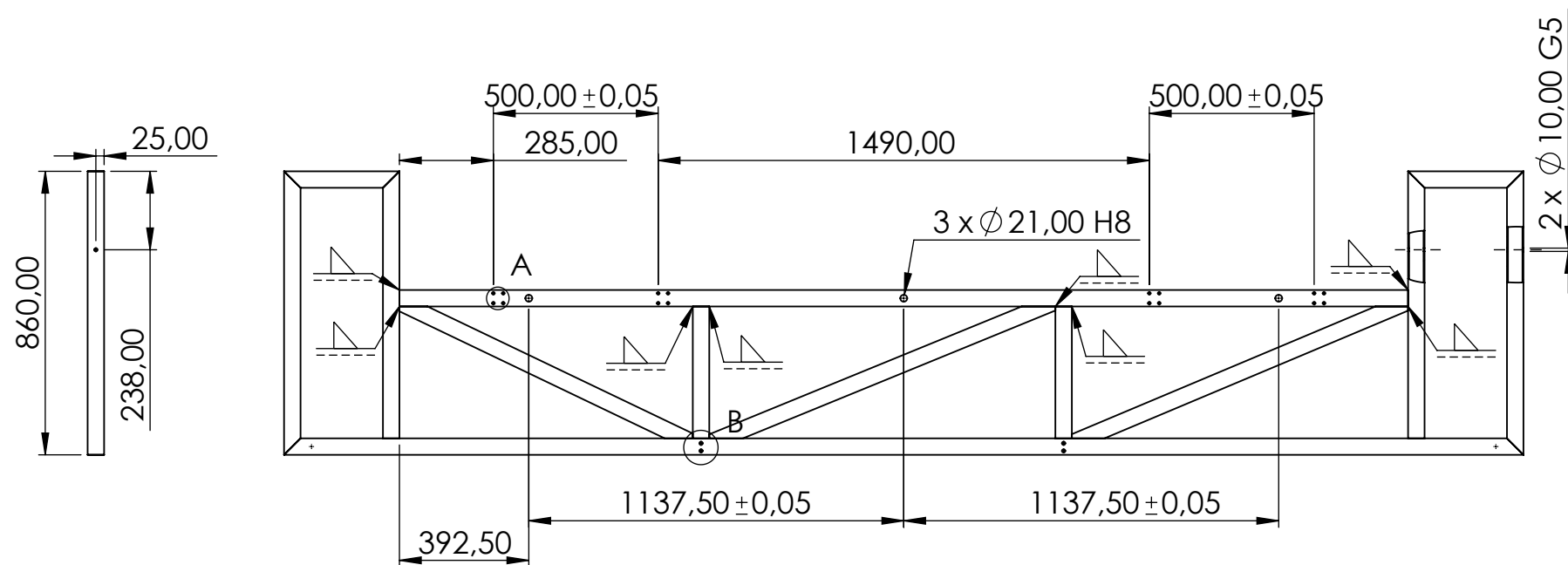
Gráficos de convergência para as tensões de Von Mises no suporte da garra.

Apêndice D

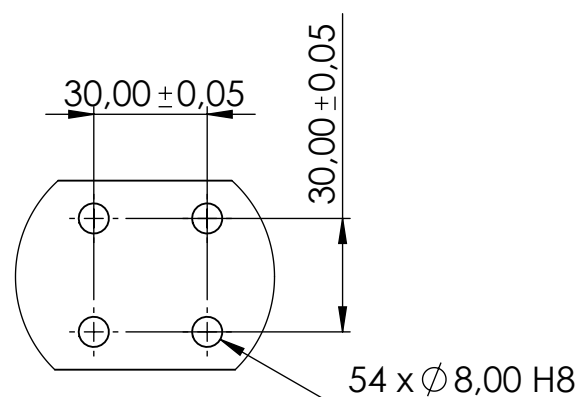


Gráficos de convergência para o deslocamento no suporte da garra.

Apêndice E



DETALHE B
ESCALA 1 : 2



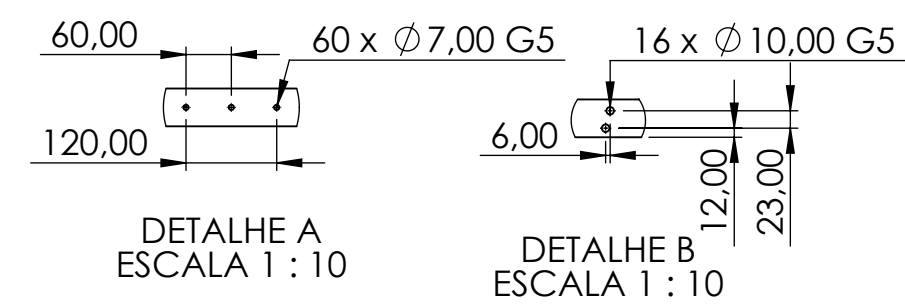
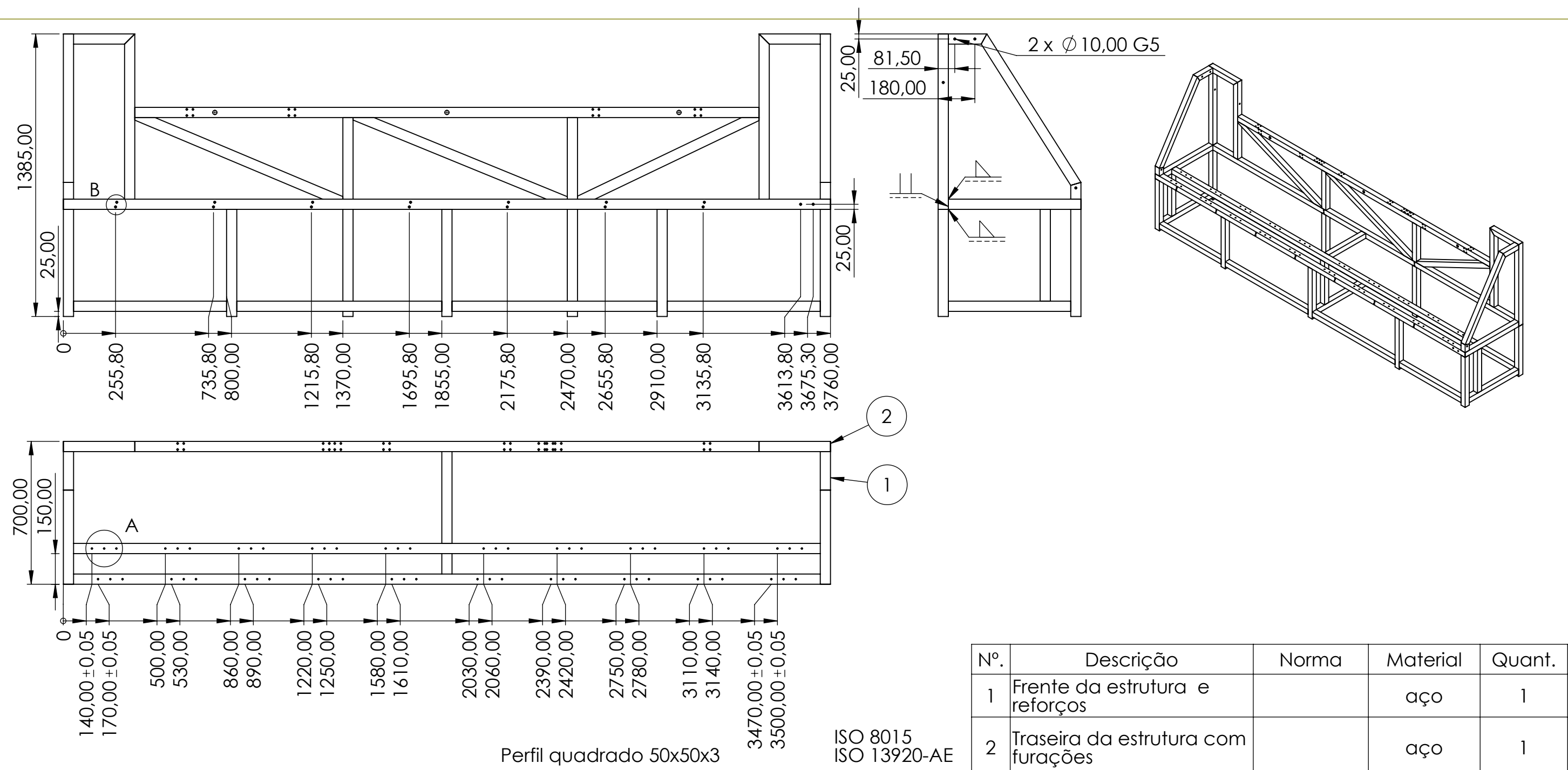
DETALHE A
ESCALA 1 : 2

Todas as furações atravessam a totalidade do perfil

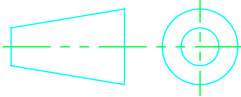
TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

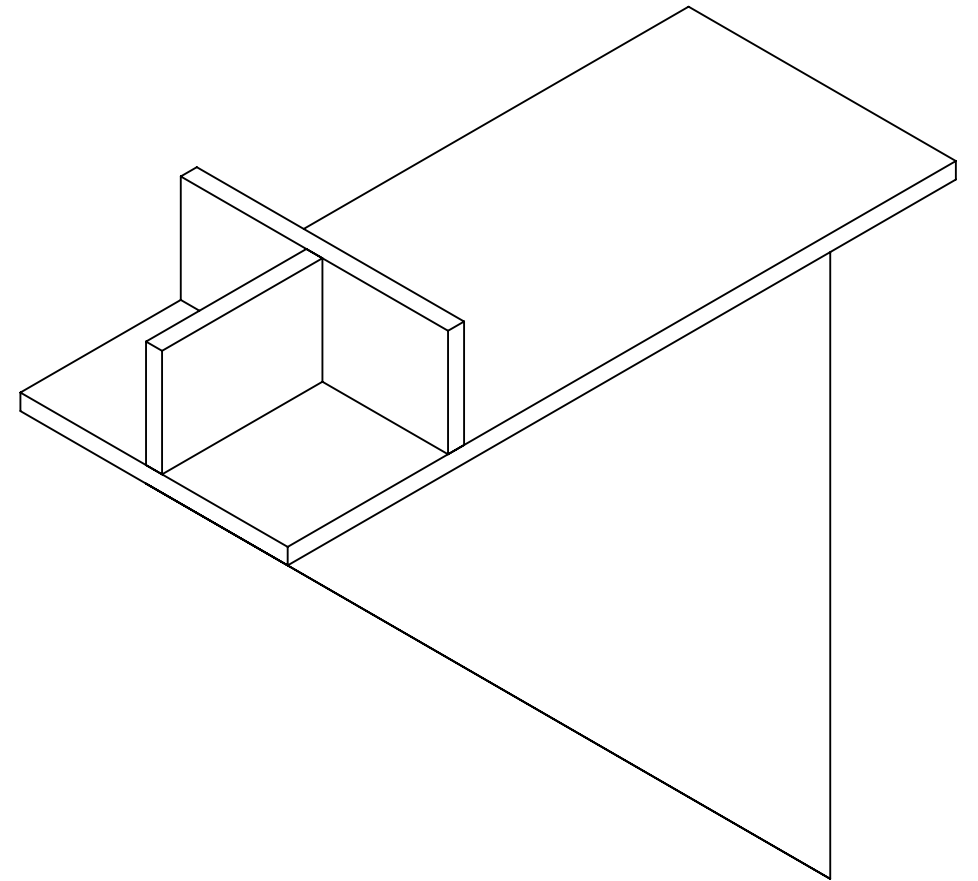
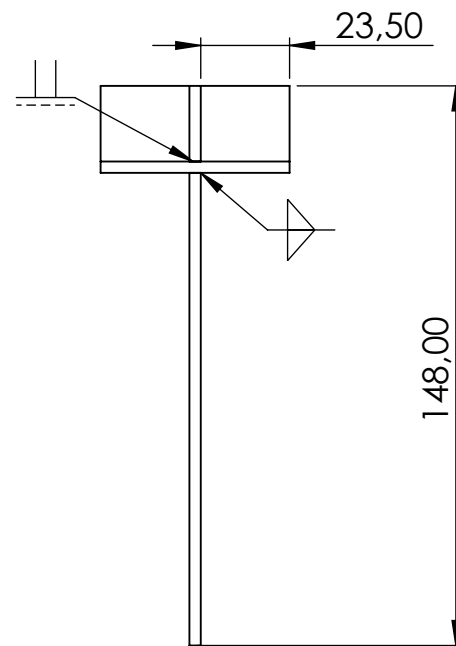
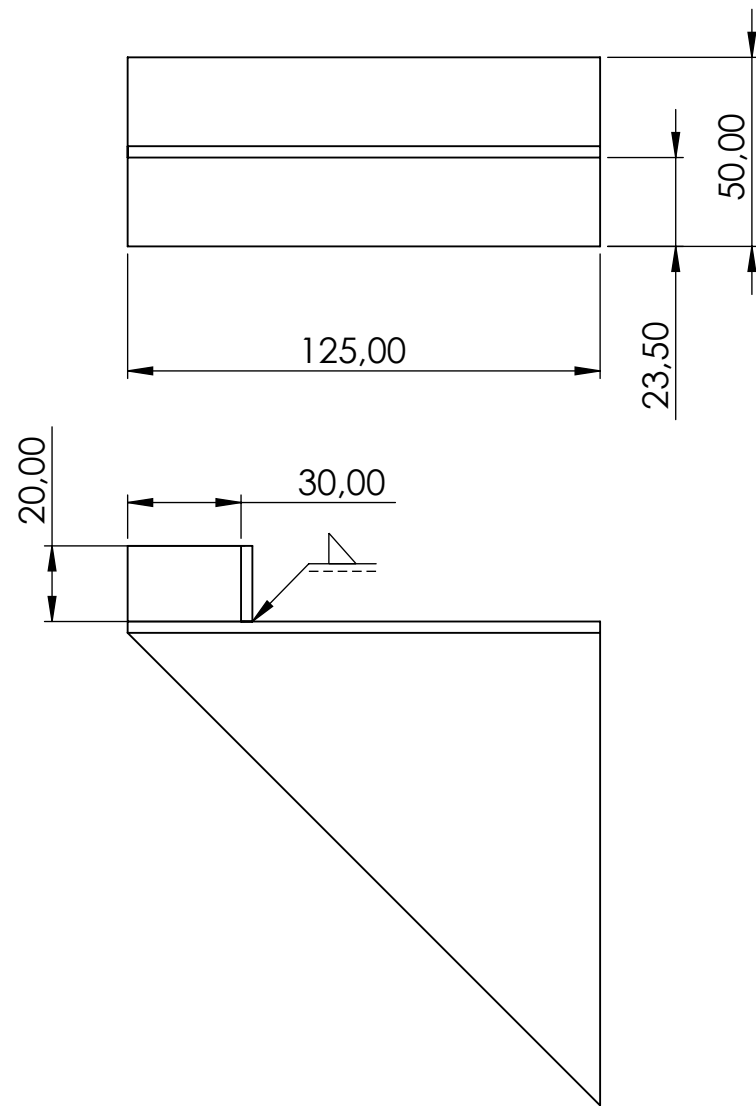
ISO 8015
ISO 13920-AE

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-fH		50x860x3760					
Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
		1	NA	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
Rev1	03/05/2024 Filipe Couto						
CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT				
NA	NA		Est.Ver.Pos				
ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION					A3	
1:20	Traseira da estrutura com furações						
				CODIGO DES. DRW CODE			
				1			



Todas as furações atravessam a totalidade do perfil
Soldadura em todo o contorno da junta, repetida em todas as juntas

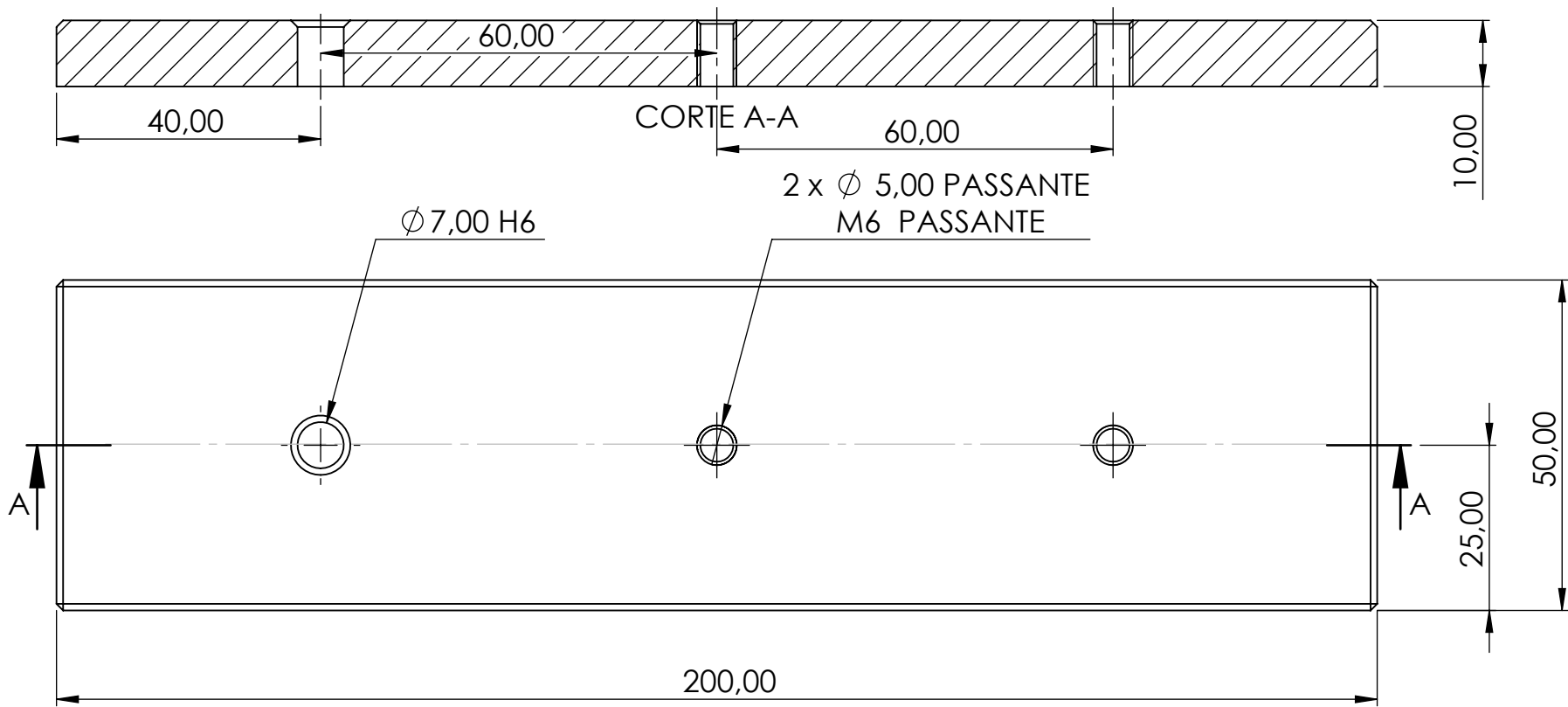
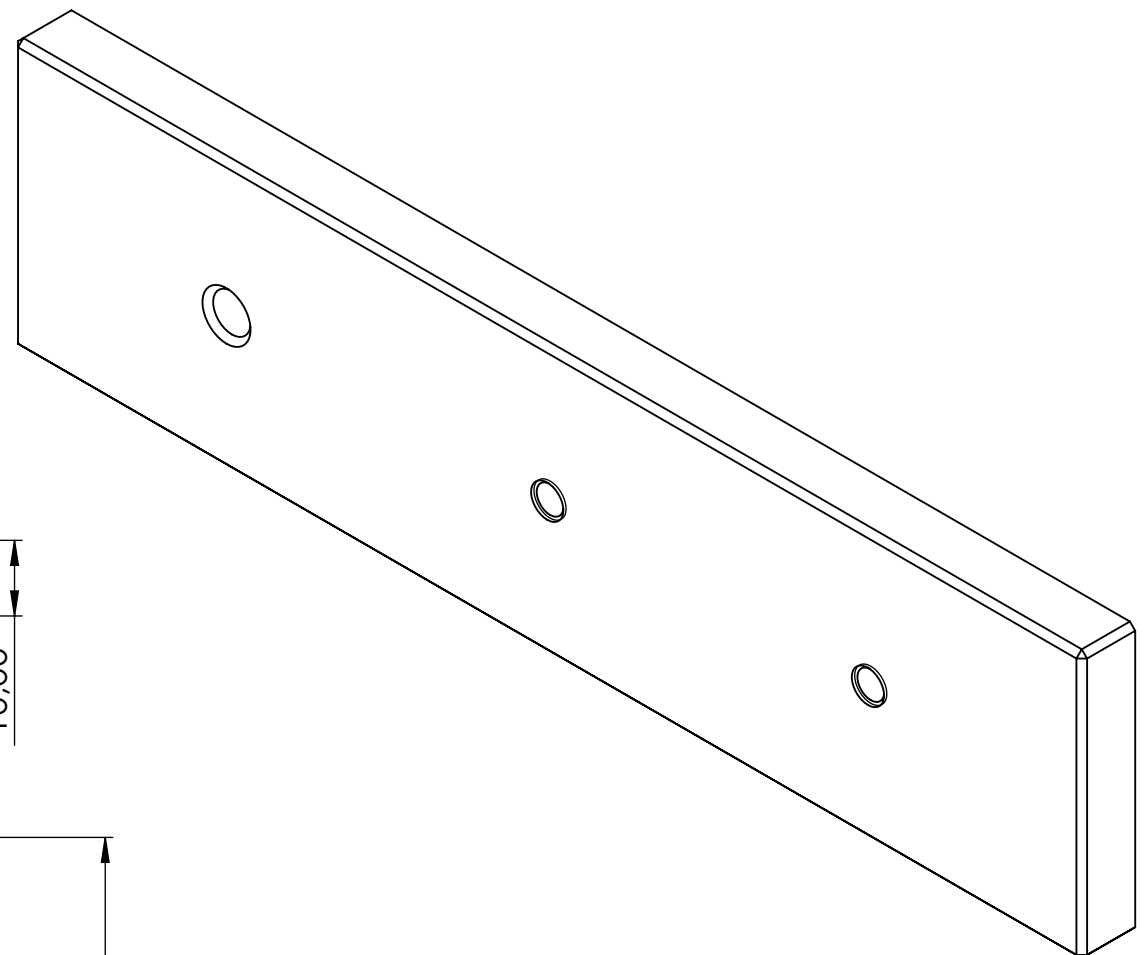
TABELA AUTO CONTROLO			Dimensões Máximas		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES				
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	700x1385x3760					
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
C									
D									
E									
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
G			Rev1	2024/02/28 Filipe Couto					
H			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT				
I			NA	NA		Est.Ver.Pos.			
J			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION					A3
K			1:20	Estrutura soldada			CODIGO DES. DRW CODE		
							2		



Chapa t=3 mm

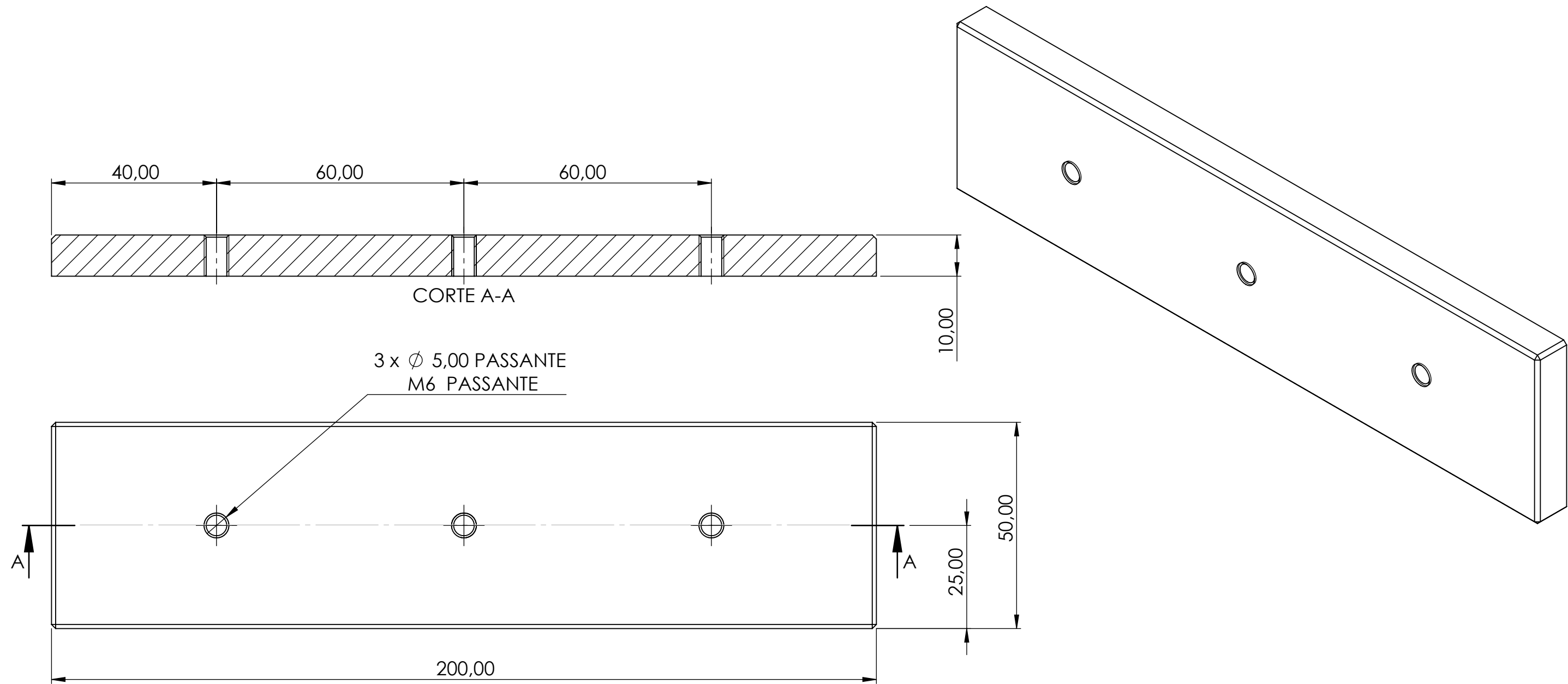
ISO 8015
ISO 13920-AE

TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA : NOTE : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH		50x125x148					
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
B					1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
C										
D										
E										
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
G			Rev1	2024/03/04 Filipe Couto						
H			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT		Est.Ver.Pos.		
I			NA	NA						
J			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION						A3
K			1:2	Zero Máquina						
								CODIGO DES. DRW CODE		
								3		



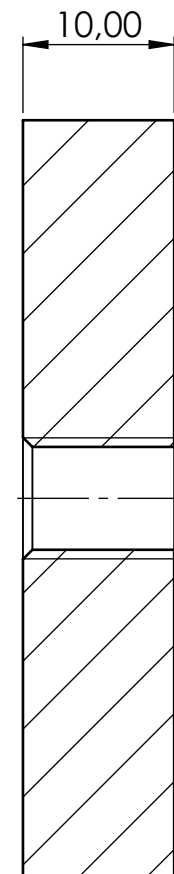
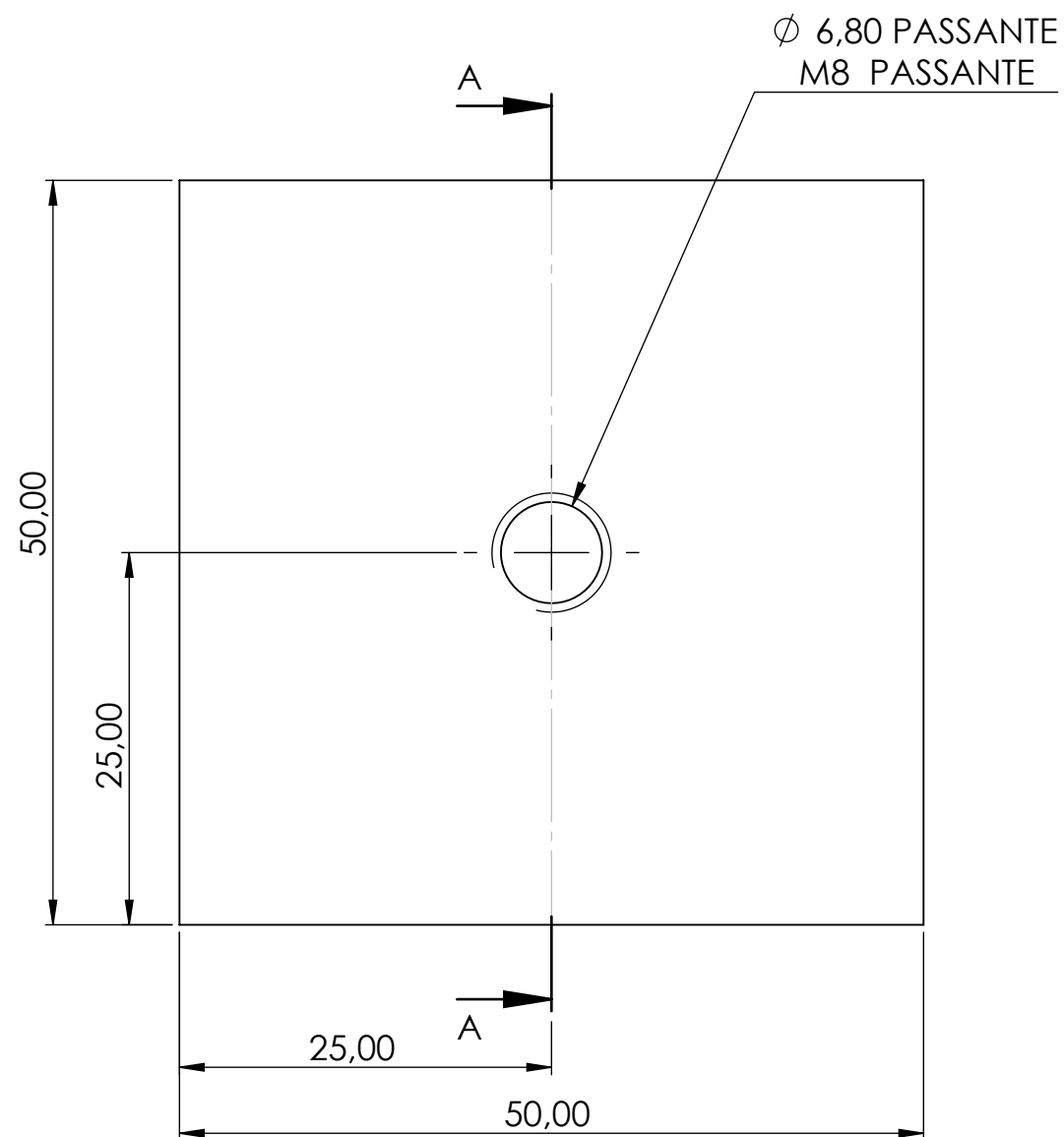
Chamfros 1x45°

TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES				
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	10x50x200							
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.		
B				4	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA		
C											
D											
E											
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro			
G			Rev1	19/05/2024 Filipe Couto							
H			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT		A3			
I			NA	NA		Est.Ver.Pos					
J			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION				CODIGO DES. DRW CODE 4			
K			1:1	Patela							



Chamfros 1 x 45°

TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE			Dimensões Máximas		NOTA : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH		10x50x200						
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.	
B					16	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA	
C											
D											
E			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro			
F			Rev1	19/05/2024 Filipe Couto							
G			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT					
H			NA	NA		EstVerPos					
I			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION	Patela interior						A3
J											
K									1:1		
							5				



Corte A-A

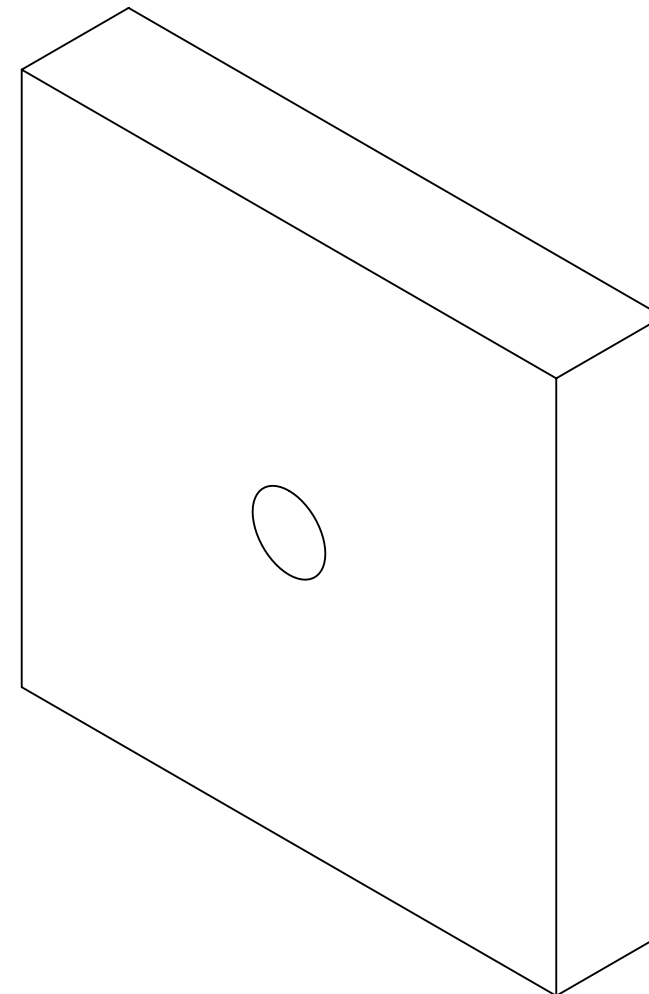
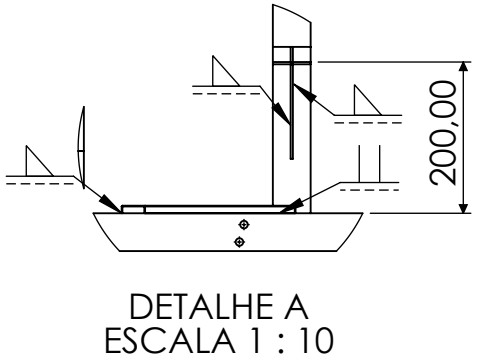
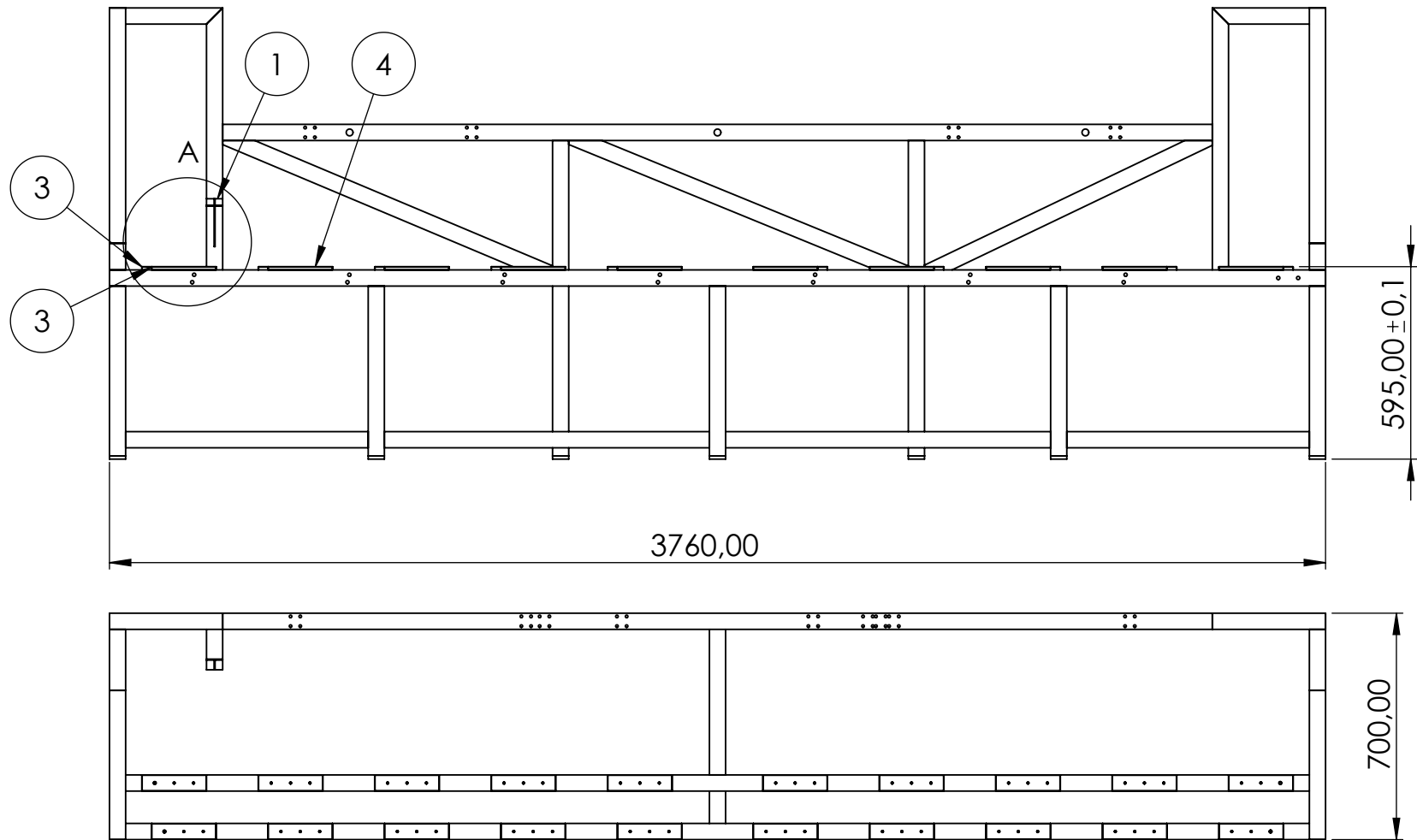


TABELA AUTO CONTROLO			Dimensões Máximas			NOTA : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES						
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	10x50x50								
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.			
B				9	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA			
C												
D												
E												
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 2024/03/04 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro				
G			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT							
H			NA	NA	Est.Ver.Pos.							
I			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION					A3			
J										2:1	Placa pés	
K												
							6					



Nº.	Descrição	Norma	Material	Quant.
1	Zero maquina		aço	1
2	Estrutura soldada		aço	1
3	patela		aço	4
4	patela_interior		aço	16
5	Placa pés		aço	9

ISO 8015
ISO 13920-AE

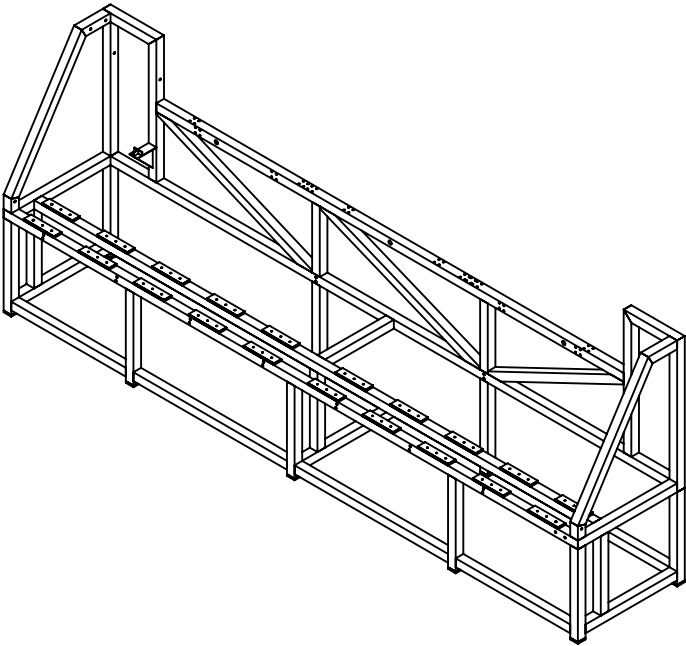
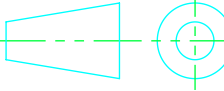
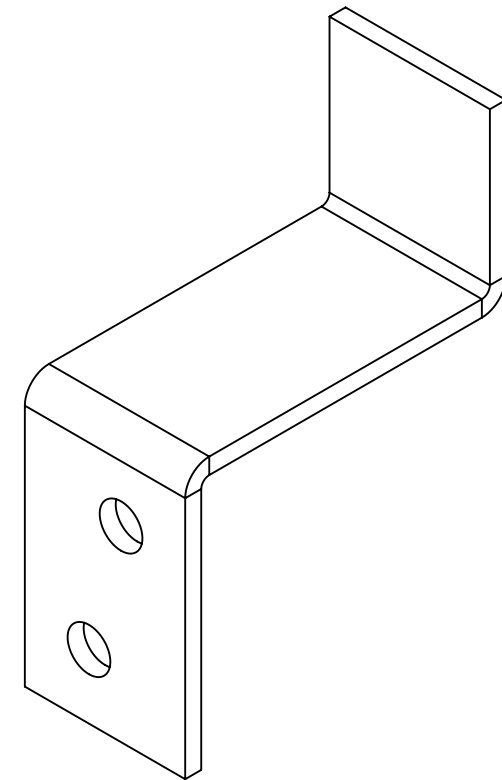
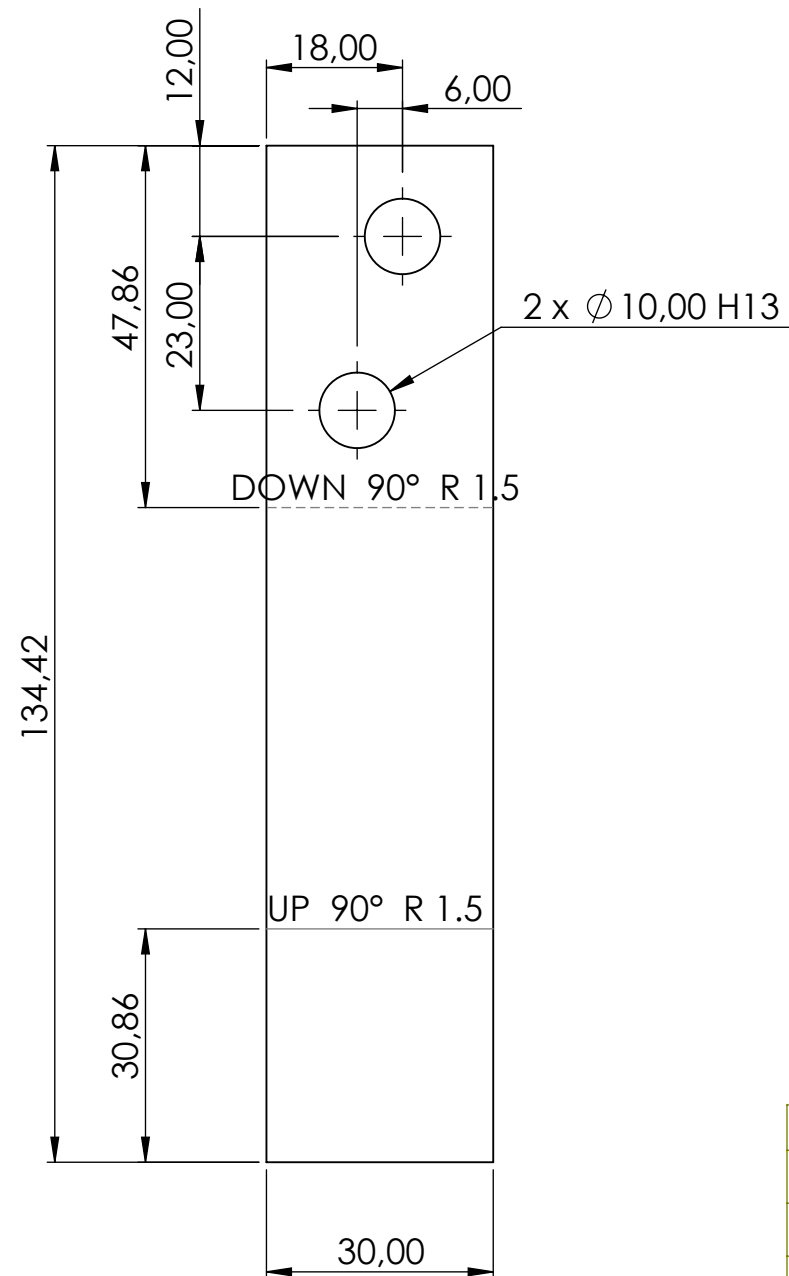


TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-FH		Dimensões Máximas 700x1395x3760		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY 1	MATERIAL MATERIAL NA	TRAT. TERMICO HEAT TREAT. NA	FOLGA CORTE REST CUT / SIDE / LADO	SOBRE-ESP. ALLOWANCE NA	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr. NA
REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 2024/03/01 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY				
CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA	PROJECTO PROJECT Est.Ver.Pos.					
ESCALA SCALE 1:20	DESIGNACAO DESIGNATION Estrutura soldada total					A3	
				CODIGO DES. DRW CODE 7			



Chapa t=3mm

TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE			Dimensões Máximas			NOTA : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM NOTE: SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	3x30x134.42								
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.		FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.		
B				7	aço	NA		/ SIDE / LADO	NA	NA		
C												
D												
E												
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro				
G			Rev1	2024/04/03 Filipe Couto								
H			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT						
I			NA	NA		Est.Ver.Pos.						
J			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION						A3		
K			1:1	Suporte calha X								
								CODIGO DES. DRW CODE		8		

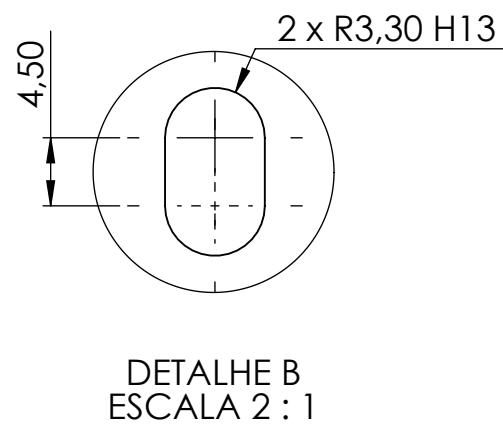
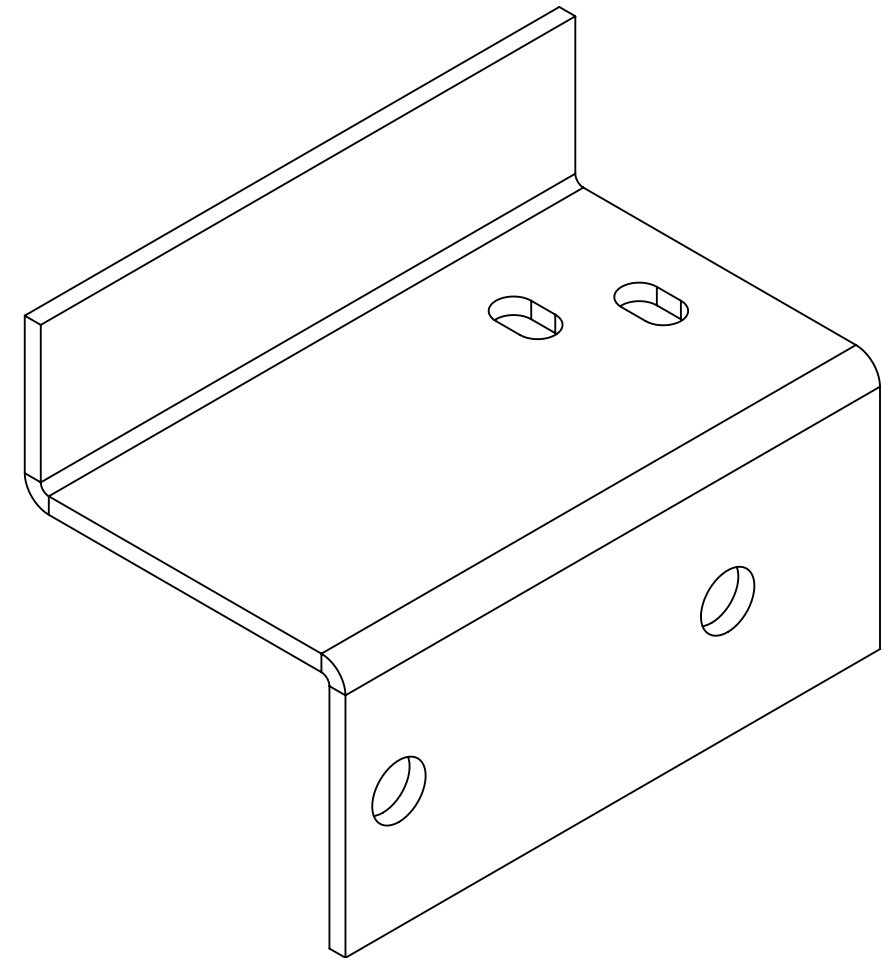
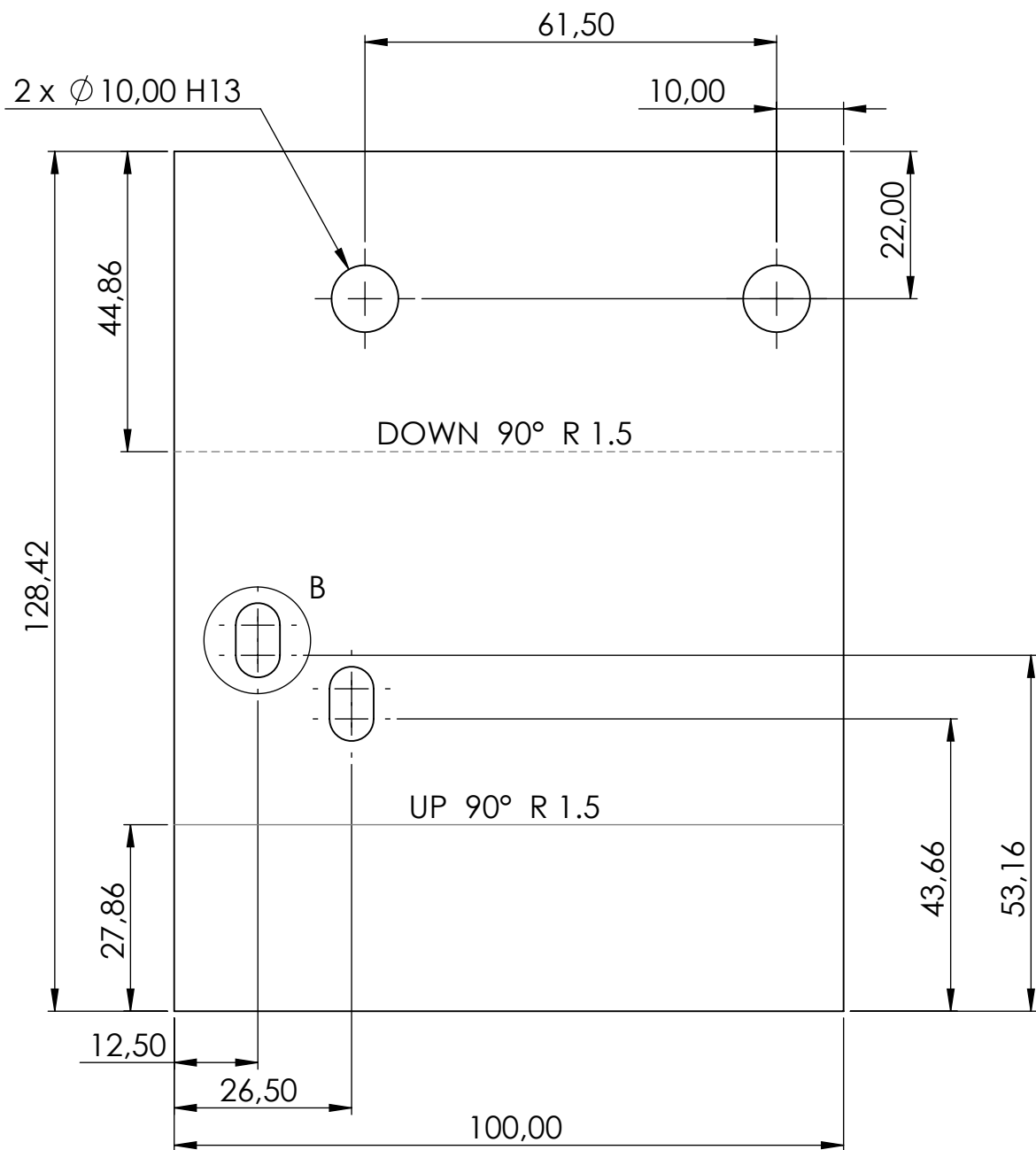
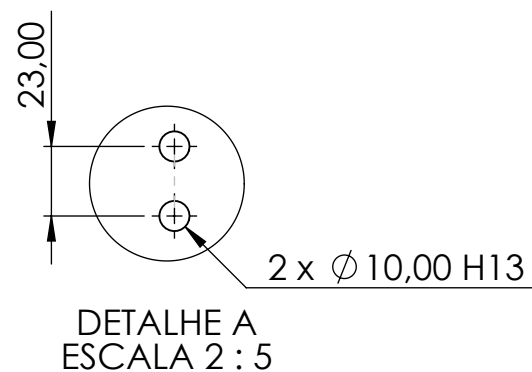
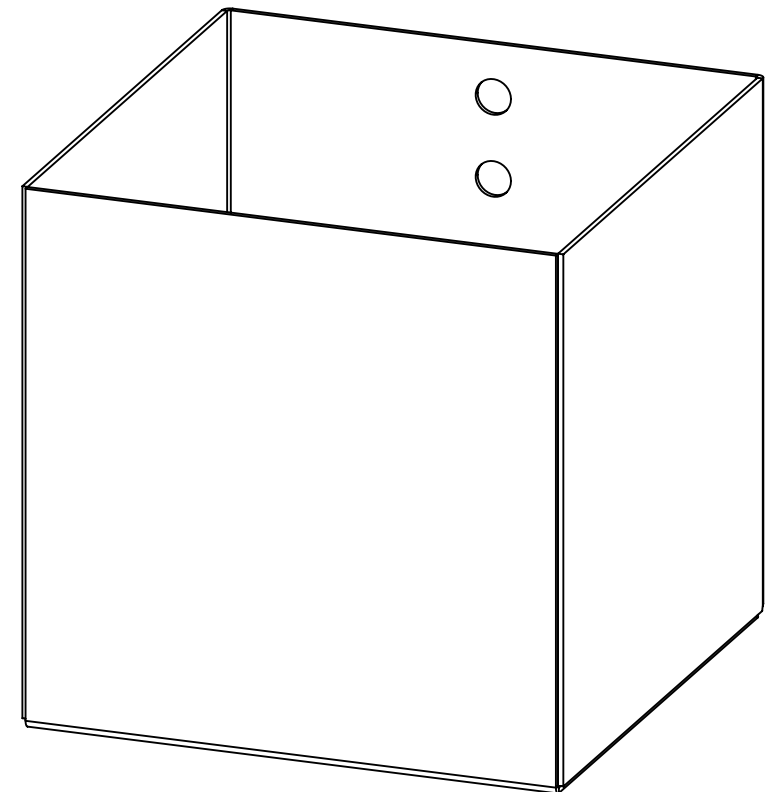
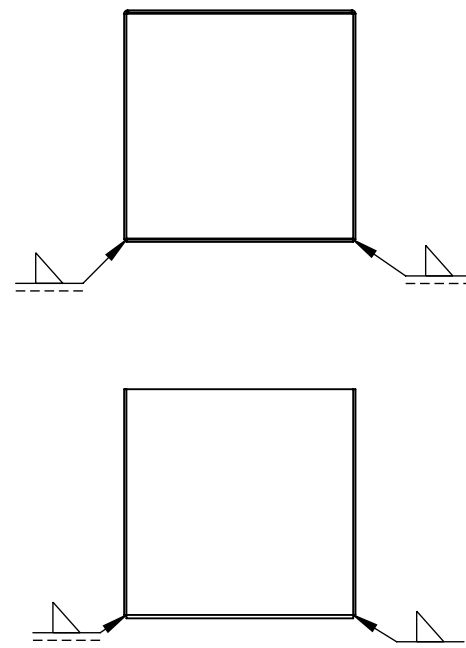
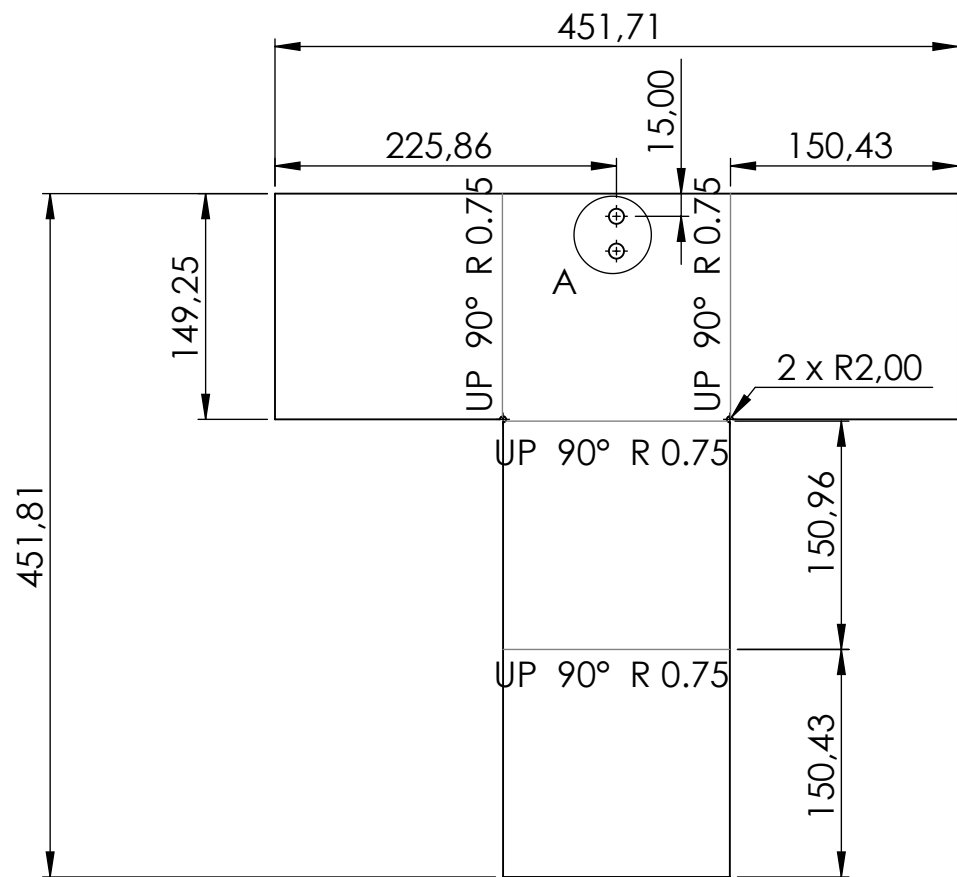


TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

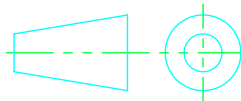
TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-fH		3x100x128.42					
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
		1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 2024/03/04 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
Rev1							
CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT		Est.Ver.Pos.			
NA	NA						
ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION						A3
1:1	Suporte com fixação calha X						
				CODIGO DES. DRW CODE			
				9			

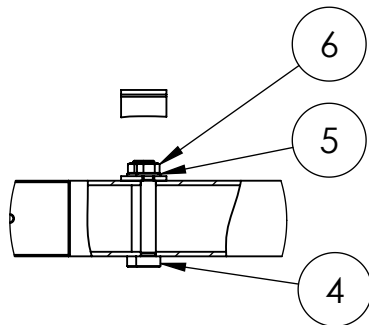
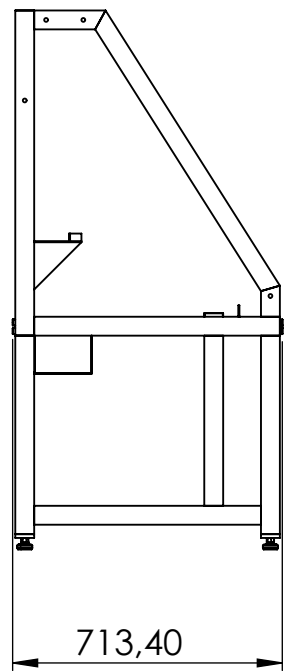
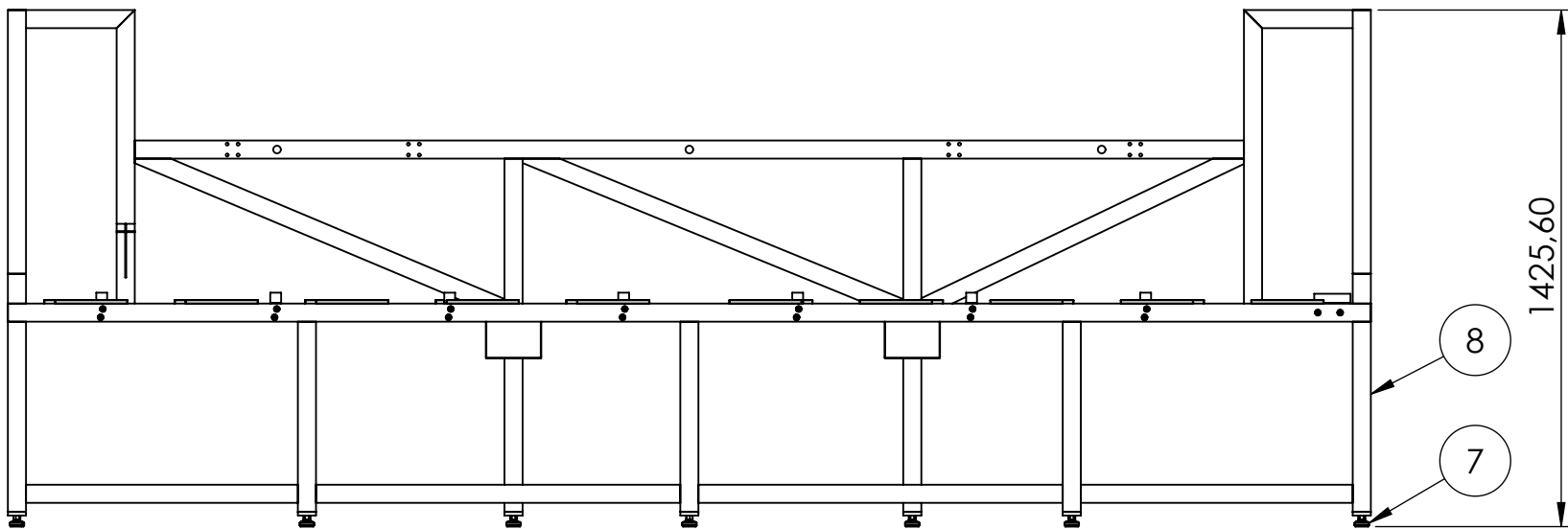


Chapa t=1.5mm

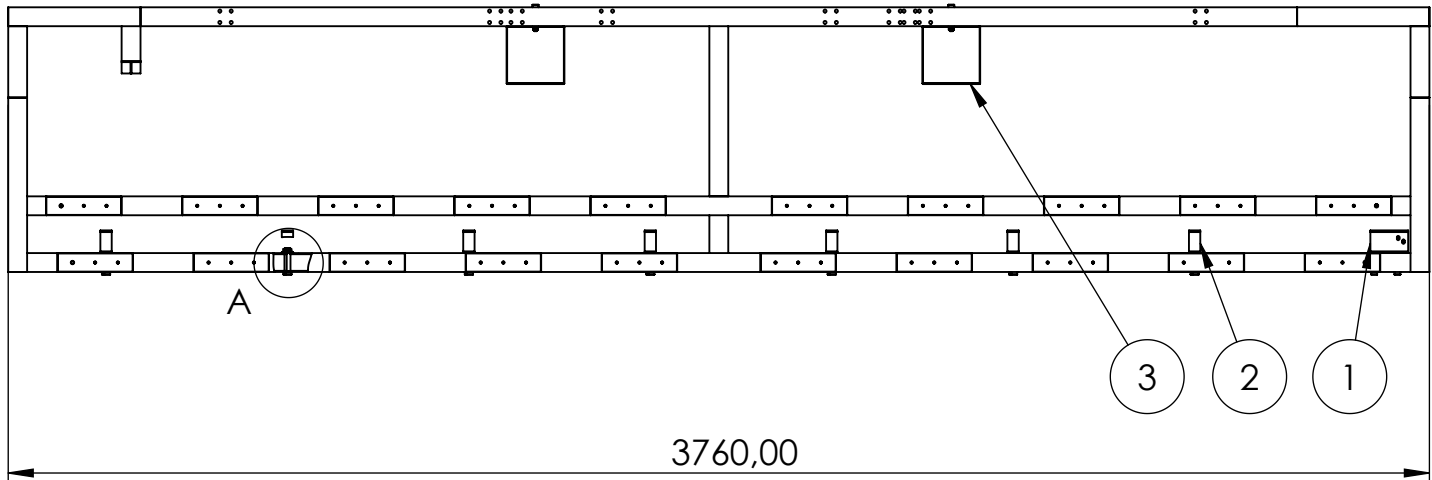
ISO 8015
ISO 13920-AE

TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA : NOTE : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-fH		1.5x451.71x451.81					
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
		2	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro 	
Rev1	2024/04/03 Filipe Couto						
CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT		Est.Ver.Pos.		
NA	NA						
ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION					A3	
1:5	Caixa acessórios						
				CODIGO DES. DRW CODE			
				10			



DETALHE A
ESCALA 1 : 5



Nº.	Designação	Norma	Material	Quant.
1	Suporte com fixação calha X		aço	1
2	Suporte calha X		aço	7
3	Caixa acessórios		aço	2
4	Parafuso CHC com liso 10 x 50 - M8	ISO 7379	aço	20
5	Anilha plana M8	ISO 7089	aço	20
6	Porca hexagonal M8	ISO 7032	aço	20
7	Pés niveladores - SFE40			9
8	Estrutura soldada total			1

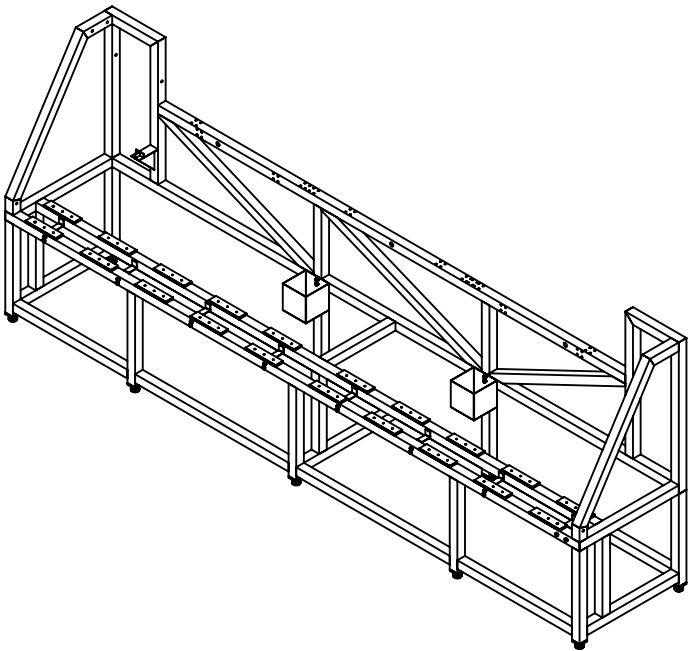
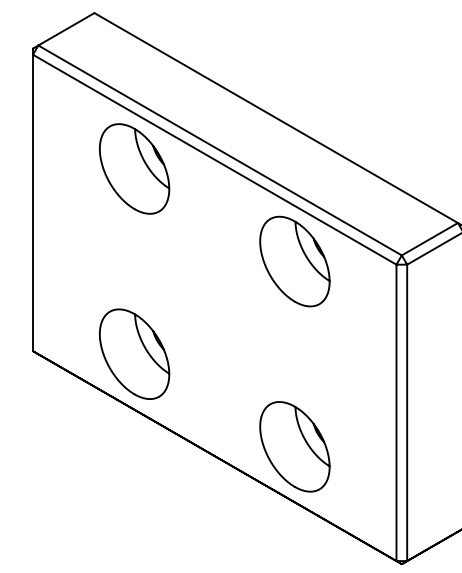
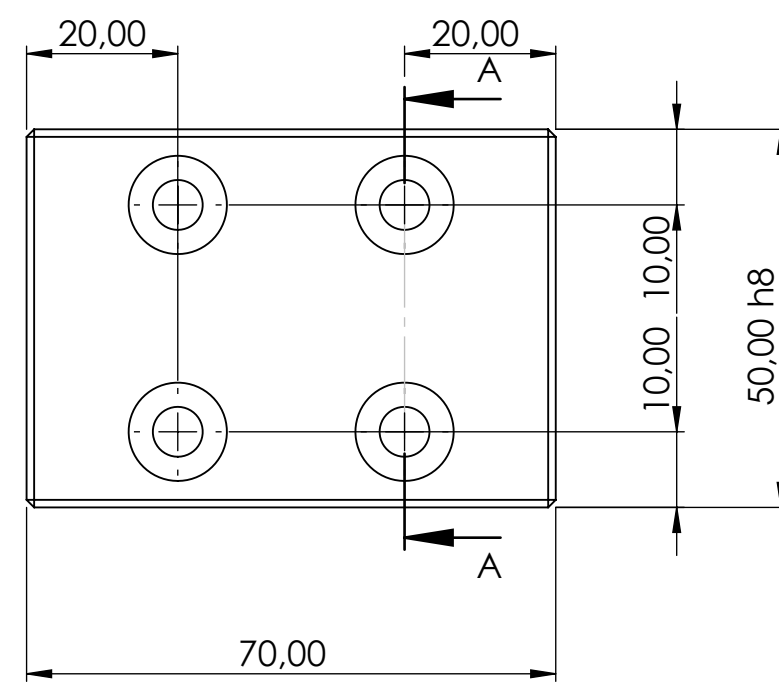
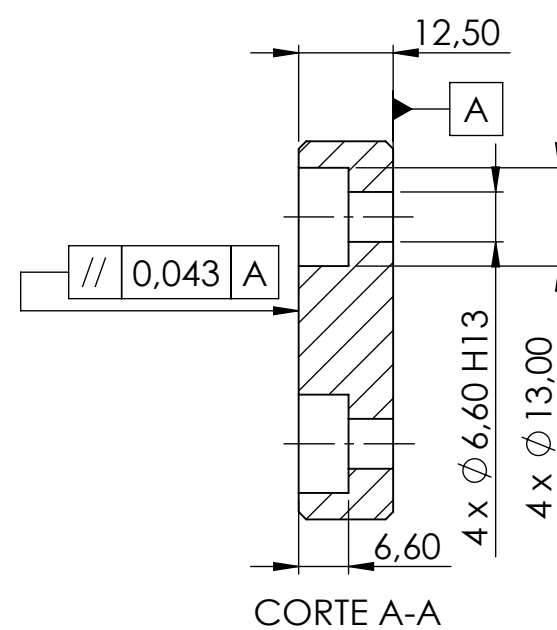


TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas 713,4x1425,60x3760		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-FH							
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY 1	MATERIAL MATERIAL NA	TRAT. TERMICO HEAT TREAT. NA	FOLGA CORTE REST CUT / SIDE / LADO	SOBRE-ESP. ALLOWANCE NA	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr. NA
REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 2024/03/04 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA	PROJECTO PROJECT Est.Ver.Pos.					
ESCALA SCALE 1:20	DESIGNACAO DESIGNATION Estrutura soldada com pés, caixa de acessórios e suporte de calha de alimentação						A3
				CODIGO DES. DRW CODE 11			

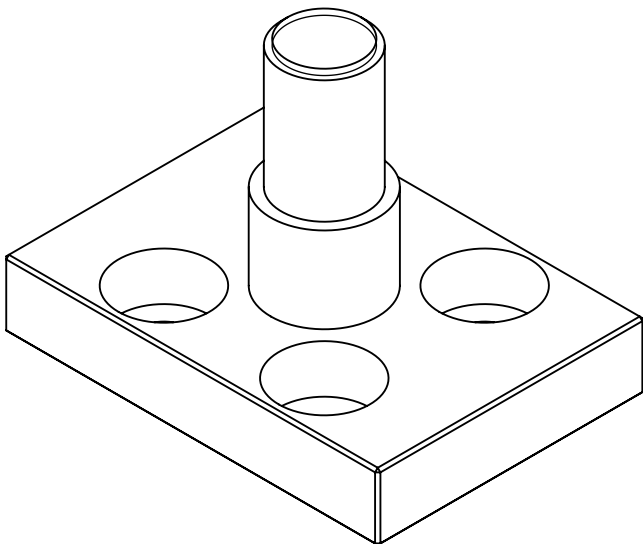
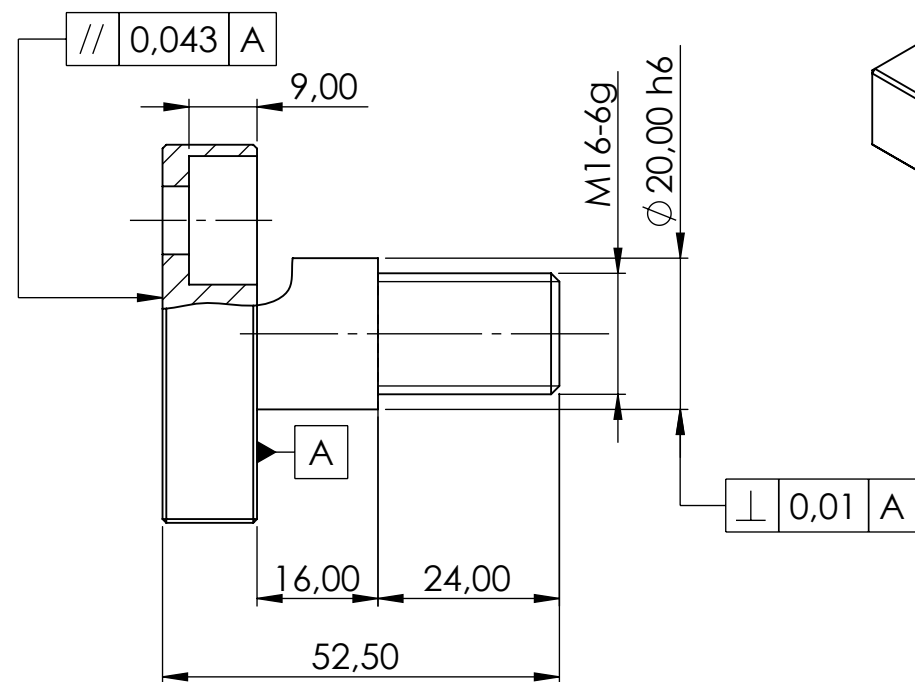


Chamfros 1x45°

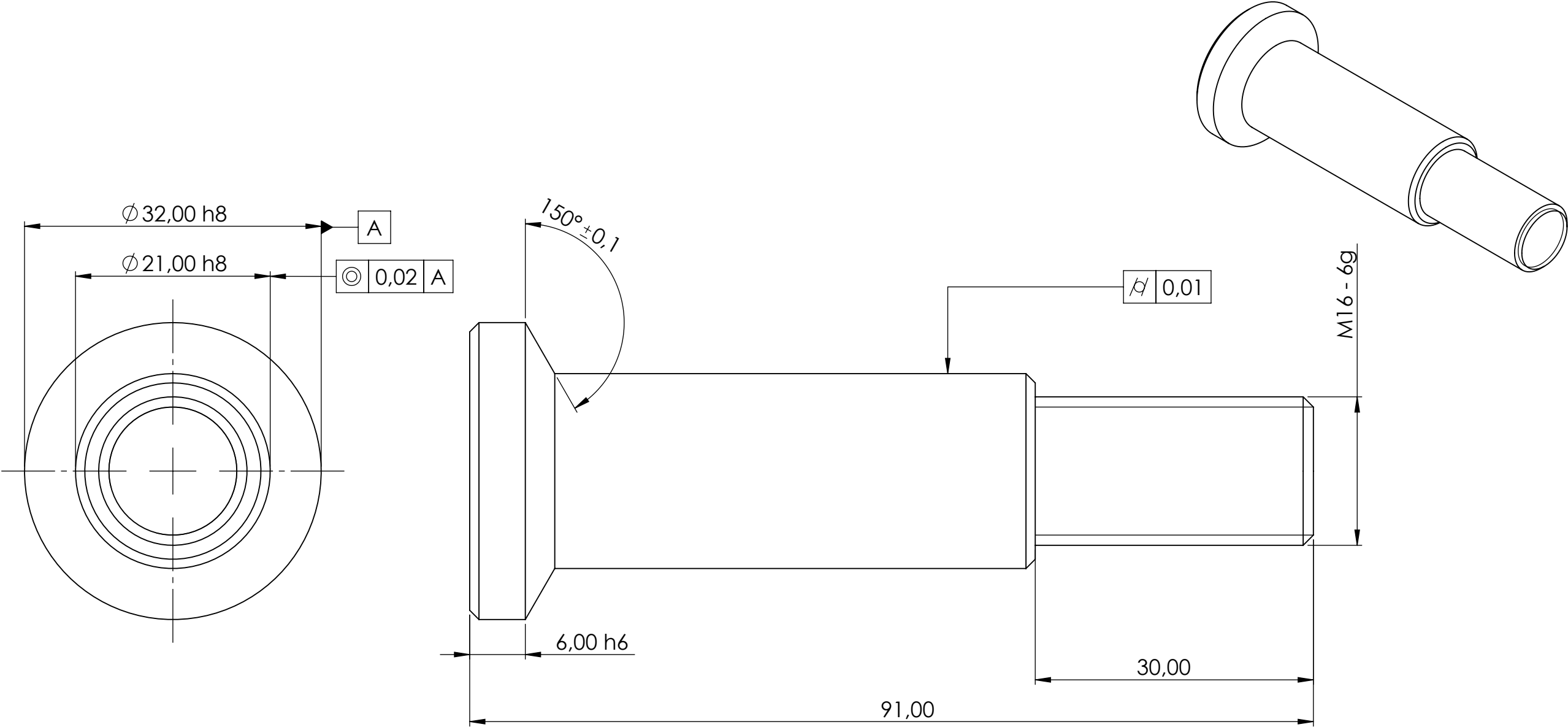
ISO 8015

TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas 12.5x50x70		NOTA : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM NOTE : SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-fH							
Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
		2	Aluminio	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
Rev1	2024/03/05 Filipe Couto						
CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT		Est.Ver.Pos.			
NA	NA						
ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION					A3	
1:1	Calço						
				CODIGO DES. DRW CODE			
				13			



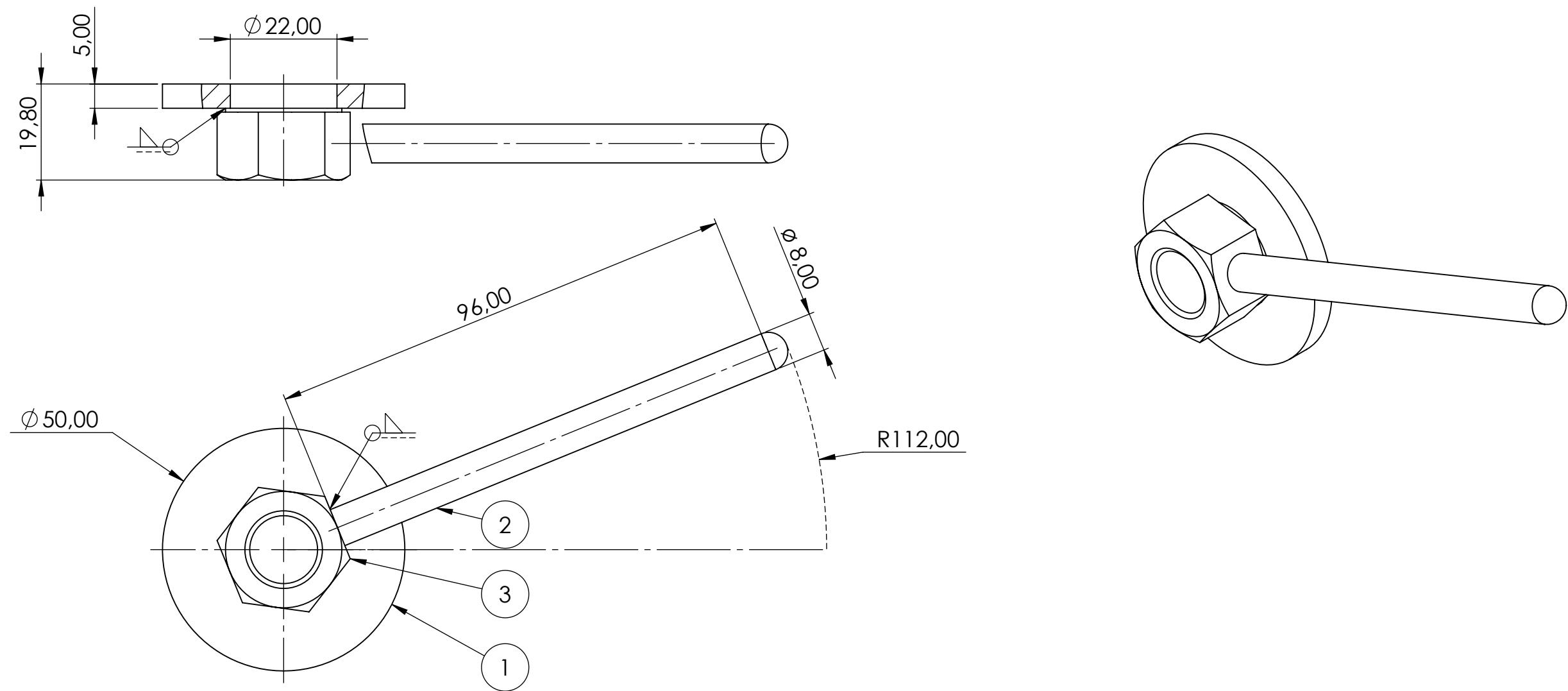
ISO 8015



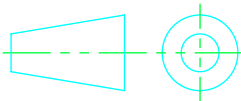
Chamfros 1x45°

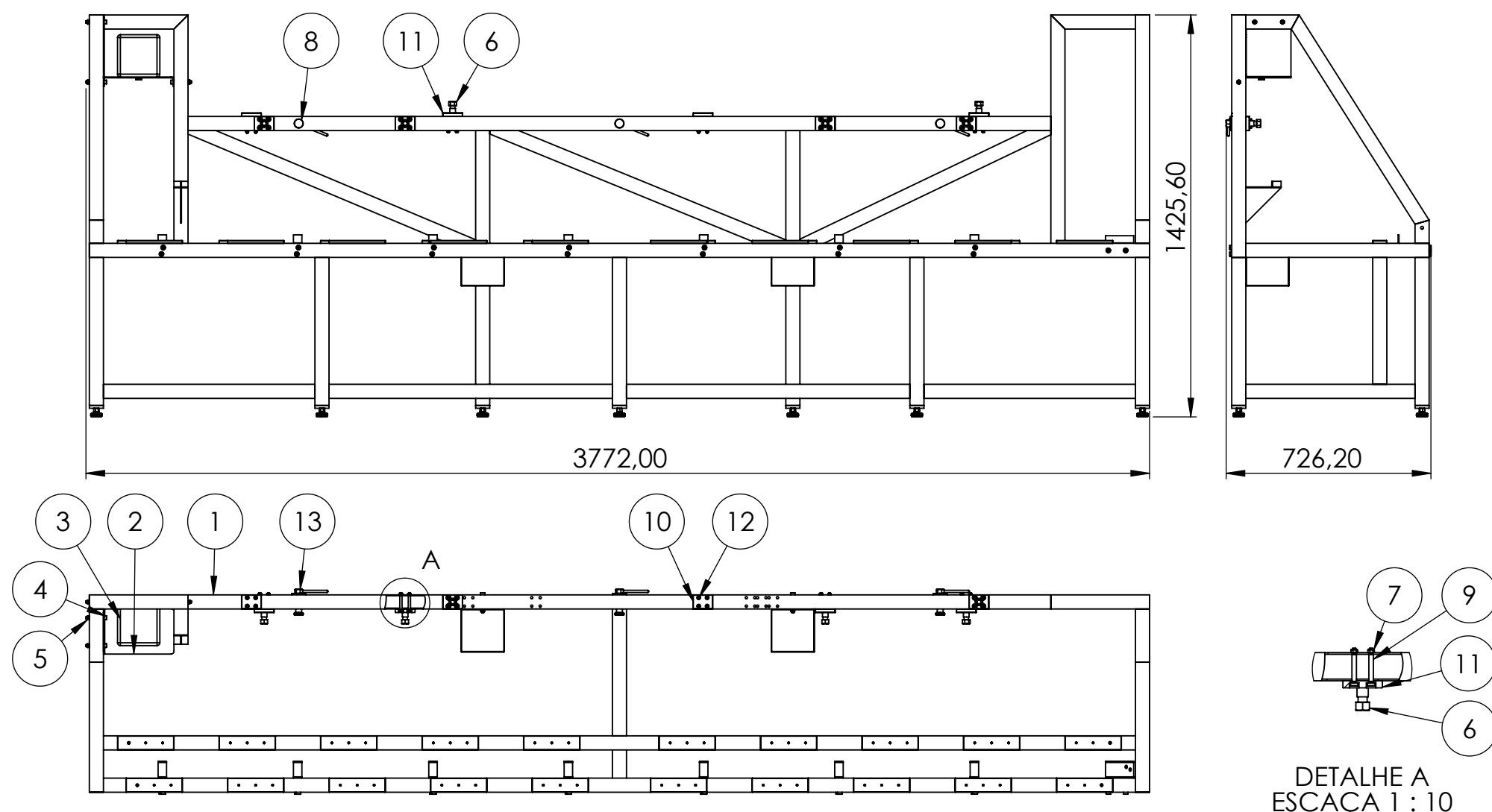
ISO 8015

TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	ø32x91						
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.	
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA	
C										
D										
E										
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
G			Rev1	2024/03/05 Filipe Couto						
H			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT	Est.Ver.Pos.				
I			NA	NA						
J			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION				A3		
K			2:1	Centrador para aperto rápido						
							CODIGO DES. DRW CODE			
							15			



Nº.	Designação	Norma	Material	Quant.
1	Chapa de encosto		aço	1
2	Manipulo		aço	1
3	Porca hexagonal M16	ISO 4032	aço	1

TABELA AUTO CONTROLO			Dimensões Máximas			NOTA : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	Ø224x19,80					
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
B				3	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
C									
D									
E			REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 03/05/2024 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
F			CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA	PROJECTO PROJECT EstVerPos				
G									
H			ESCALA SCALE 1:1	DESIGNACAO DESIGNATION Aperto rápido					A3
I									
J							CODIGO DES. DRW CODE		
K							16		



Nº.	Descrição	Norma	Material	Quant.
1	Estrutura soldada com pés, caixa de acessórios e suporte de calha de alimentação			1
2	Suporte caixa LED's		aço	1
3	caixa LED's			1
4	Parafuso CHC M8 x 65	ISO 4768	aço	4
5	Porca hexagonal M8	ISO 4032	aço	4
6	Porca hexagonal M16	ISO 4032	aço	6
7	Porca hexagonal M6	ISO 4032	aço	32
8	Centrador para aperto rápido		aço	3
9	Parafuso CHC com liso 8 x 50 - M6	ISO 7379	aço	24
10	Calço		aluminio	2
11	Posicionadores		aço	6
12	Parafuso CHC M6 x 65	ISO 4768	aço	8
13	aperto_rápido			3

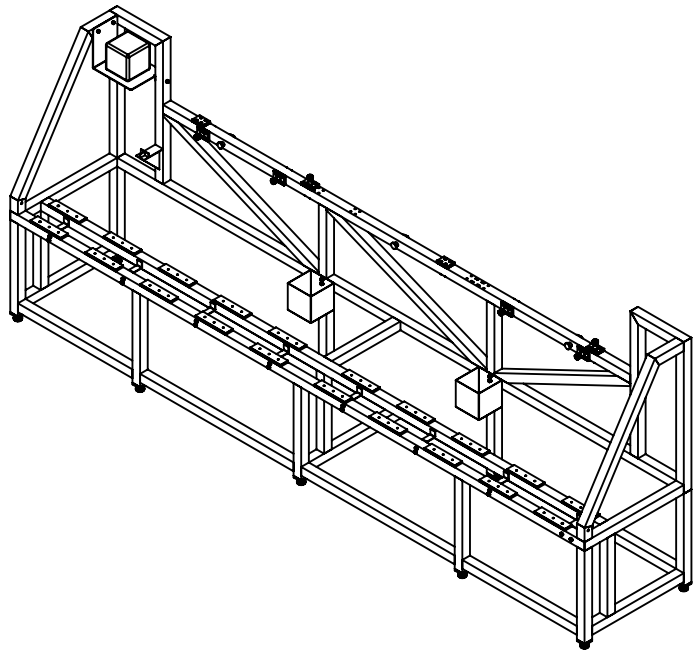
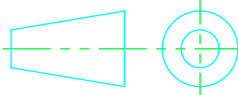
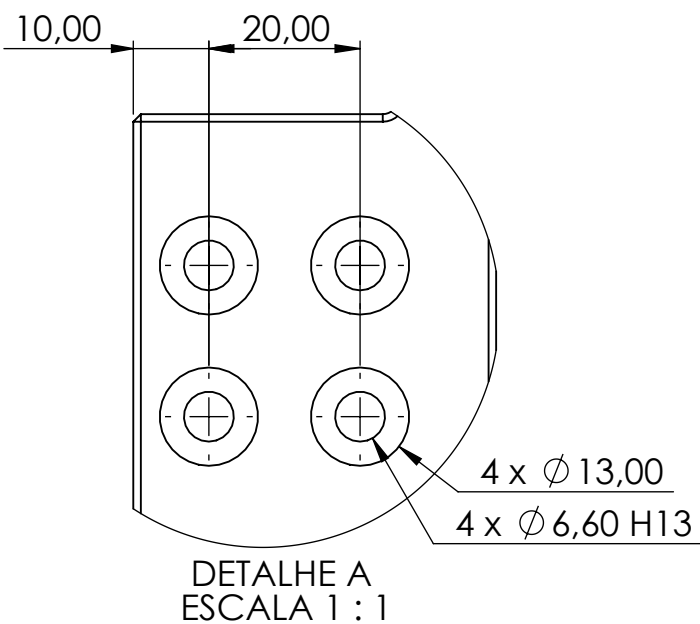
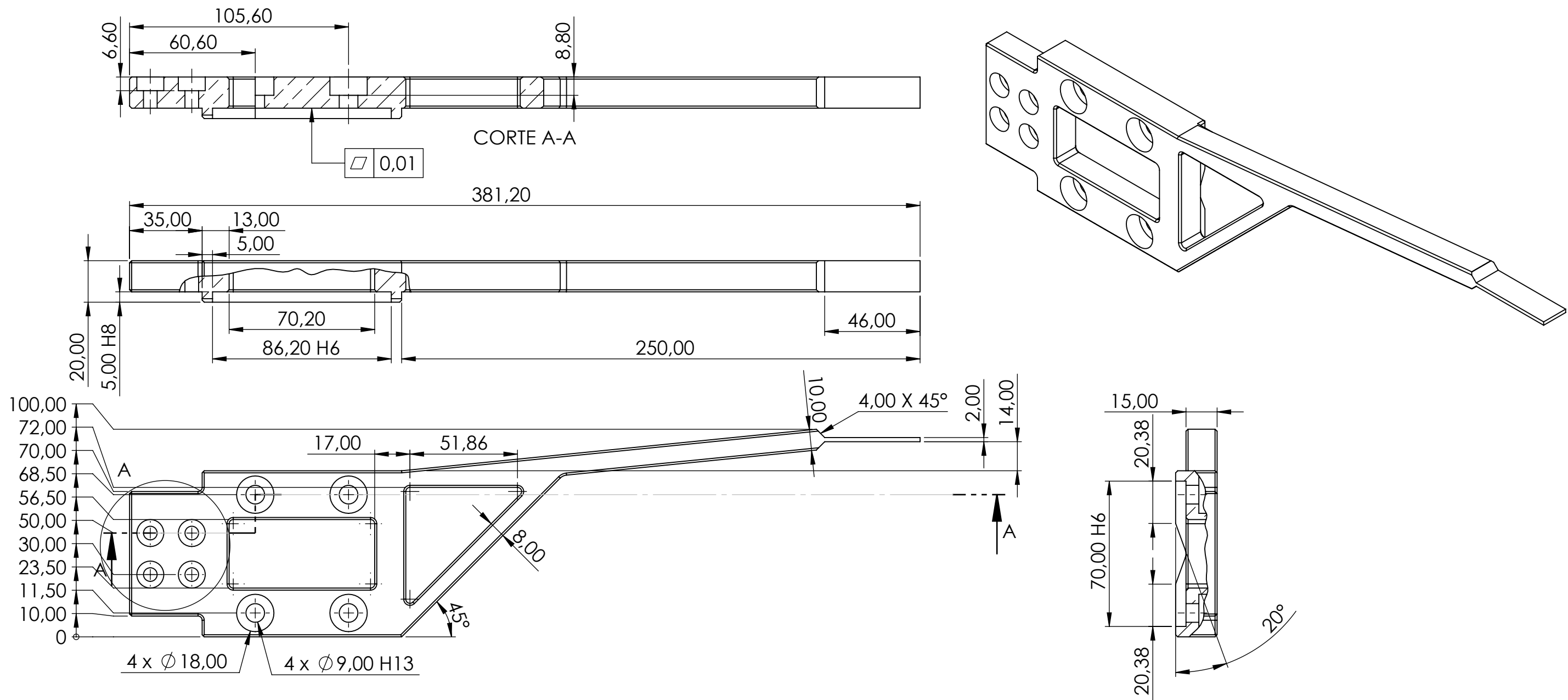


TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

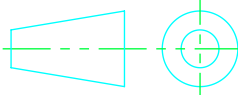
TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-fH		Dimensões Máximas 726,2x1425,60x3772		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY 1	MATERIAL MATERIAL NA	TRAT. TERMICO HEAT TREAT. NA	FOLGA CORTE REST CUT / SIDE / LADO	SOBRE-ESP. ALLOWANCE NA	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr. NA
REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 2024/03/05 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA	PROJECTO PROJECT Est.Ver.Pos.					
ESCALA SCALE 1:20	DESIGNAÇAO DESIGNATION Estrutura com fixações e caixa LED's				 CODIGO DES. DRW CODE 17		A3

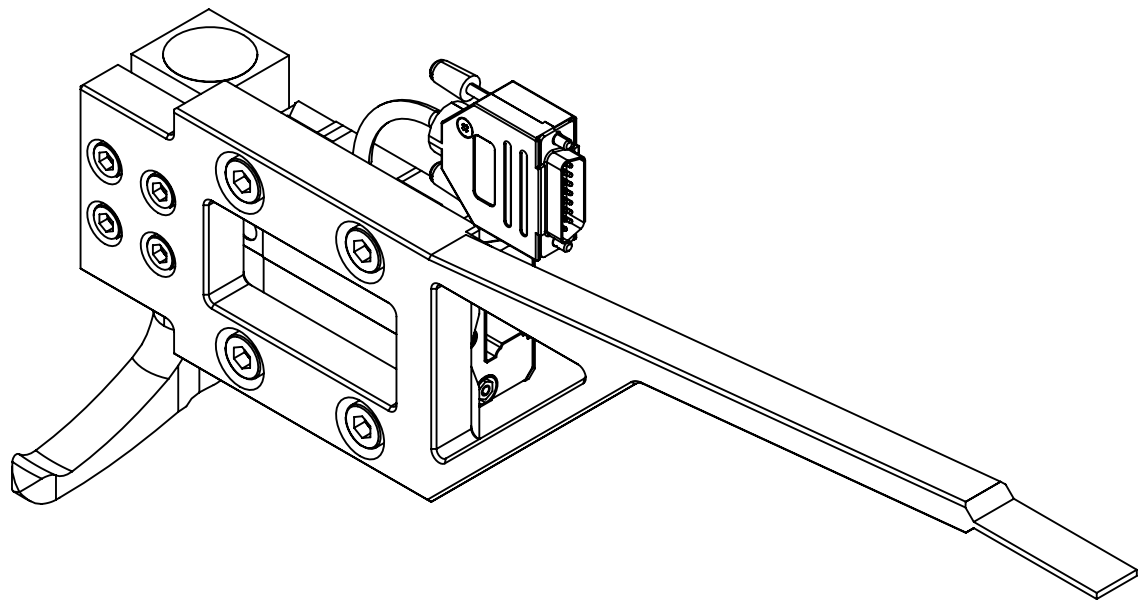
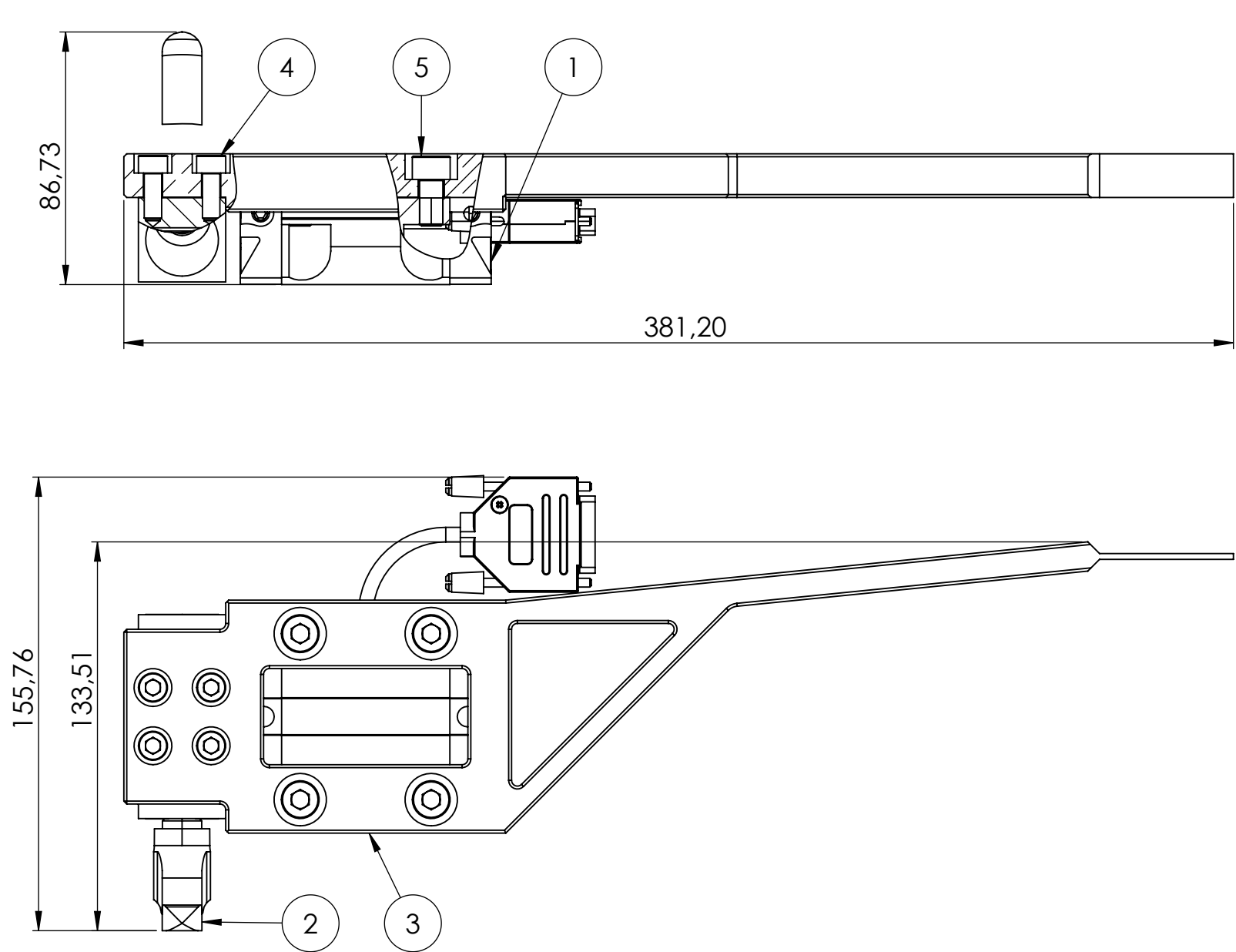


ISO 8015

Chamfros 1x45°
Boleados r=2mm

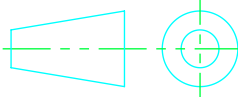
TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas 20x100x381,2		NOTA : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-fH		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		1	aluminio	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
Rev1	2024/03/06 Filipe Couto						
CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT		Est.Ver.Pos.			
NA	NA						
ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION	Ponteira					A3
1:2							
				CODIGO DES. DRW CODE			
				18			

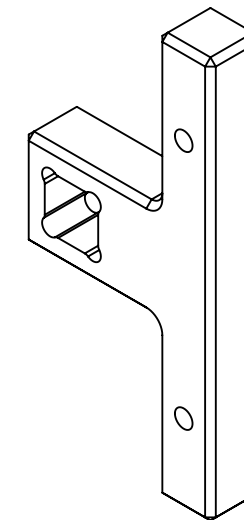
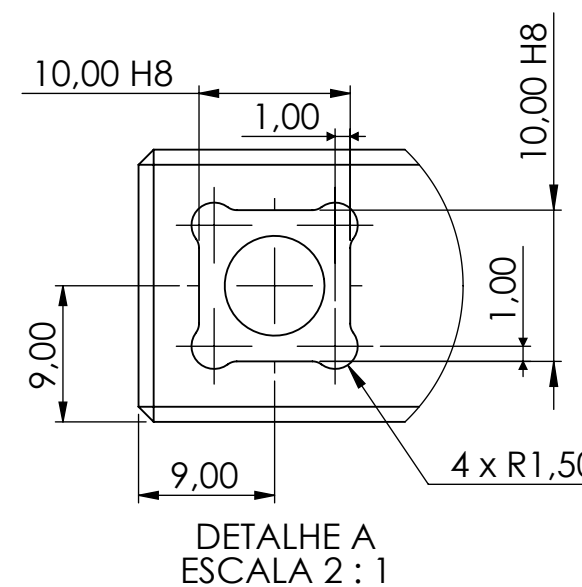
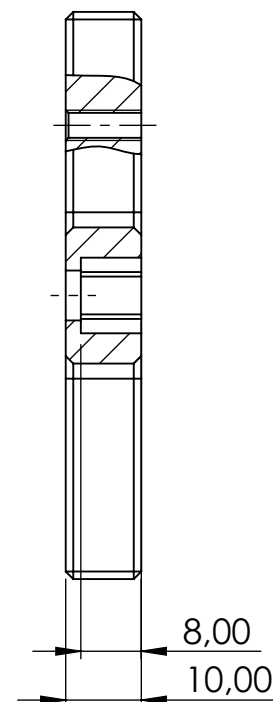
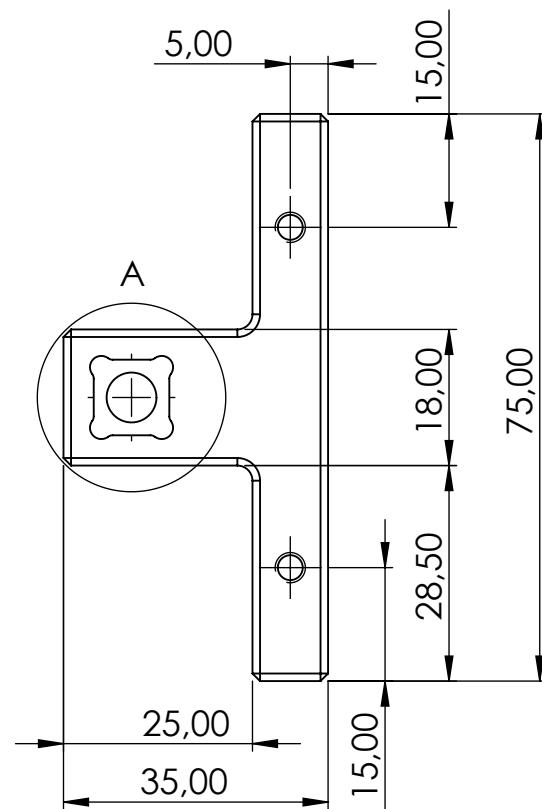


Nº.	Descrição	Norma	Material	Quant.
1	Patim_IMSC-KWD-025-FNS			1
2	Travão - R1619 242 82			1
3	Ponteira		aluminio	1
4	Parafuso CHC M6 x 16	ISO 4762	aço	4
5	Parafuso CHC M8 x 16	ISO 4762	aço	4

TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

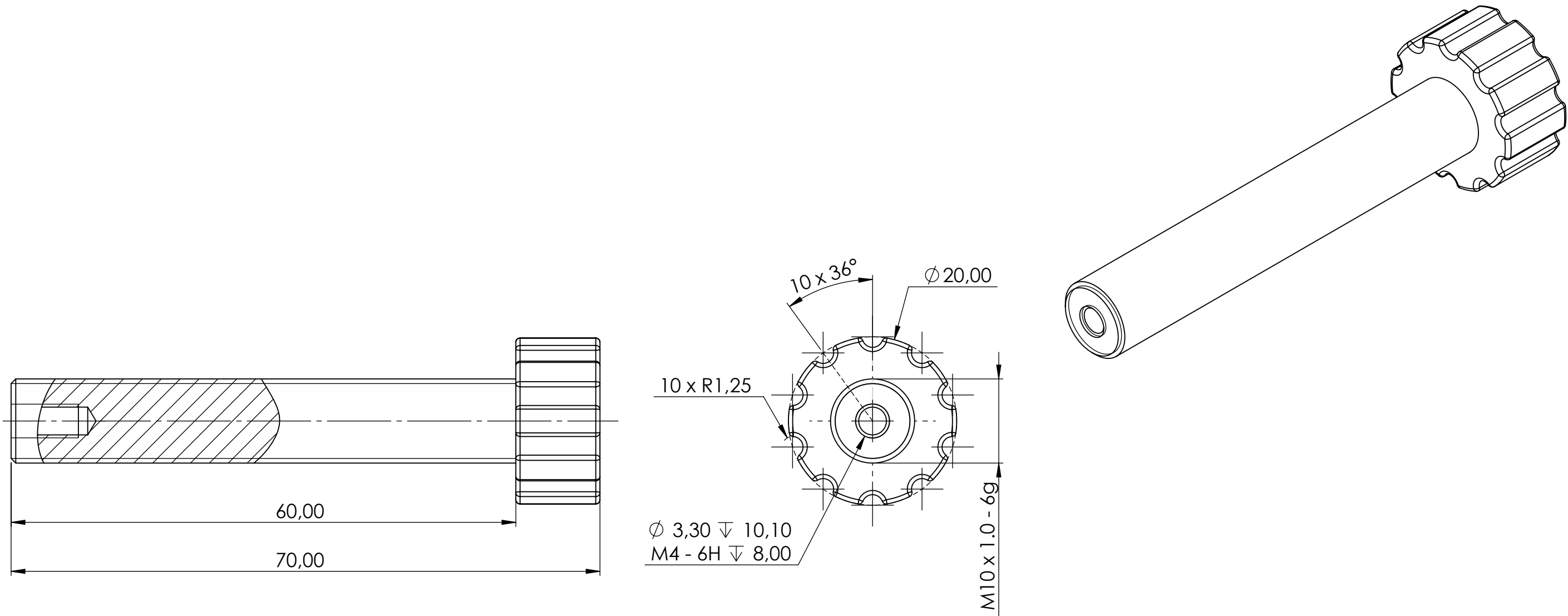
TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas 133,51x155,76x181,20		NOTA : NOTE : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-fH							
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY 1	MATERIAL MATERIAL NA	TRAT. TERMICO HEAT TREAT. NA	FOLGA CORTE REST CUT / SIDE / LADO	SOBRE-ESP. ALLOWANCE NA	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr. NA
REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 2024/03/06 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro 		
CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA	PROJECTO PROJECT Est.Ver.Pos.					
ESCALA SCALE 1:2	DESIGNACAO DESIGNATION Conjunto Ponteira						A3
					CODIGO DES. DRW CODE 19		





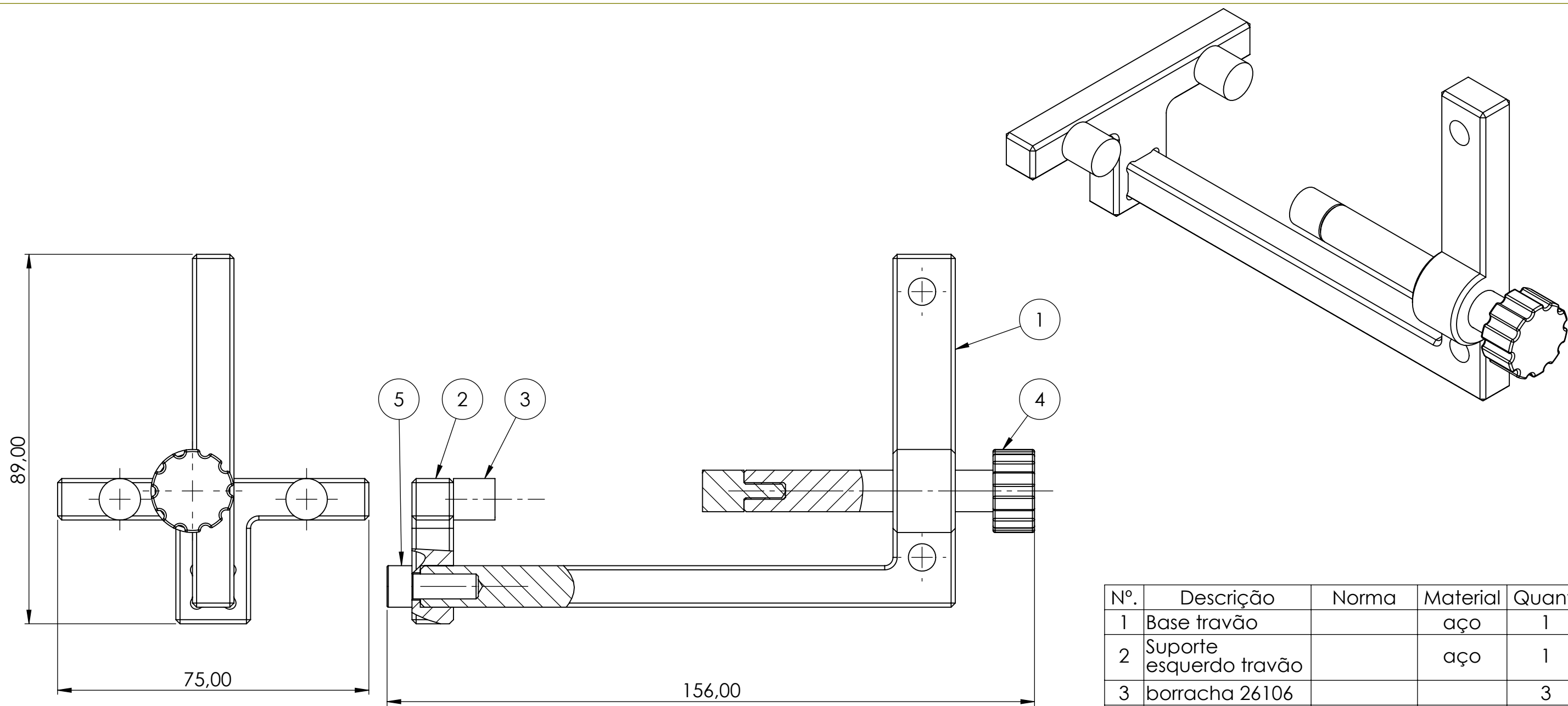
Chamfros 1x45°
Boleados r=2mm

TABELA AUTO CONTROLO			Dimensões Máximas				NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	10x35x75						
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.	
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA	
C										
D										
E			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
F			Rev1	2024/03/06 Filipe Couto						
G			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT	ProjectID1				
H			NA	NA				A3		
I			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION						
J			1:1	Suporte esquerdo travão						
K							CODIGO DES. DRW CODE			
							21			



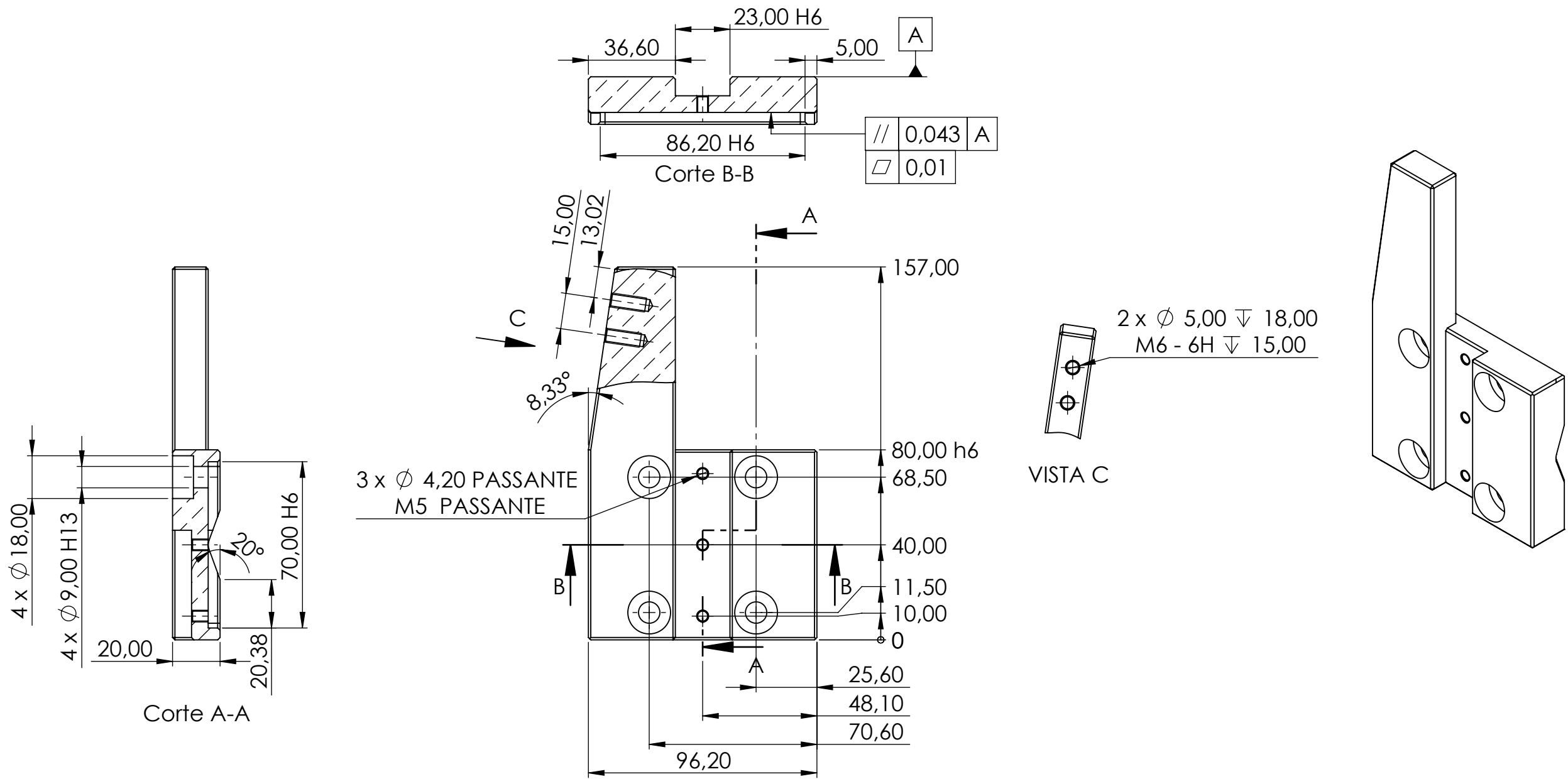
Boleados r=0,5mm

TABELA AUTO CONTROLO			Dimensões Máximas				NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	ø20x60						
A			Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.	
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA	
C										
D										
E			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
F			Rev1	2024/03/06 Filipe Couto						
G			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT				
H			NA	NA		Est.Ver.Pos.				
I			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION		Veio travão				A3
J										
K										
							CODIGO DES. DRW CODE			
							22			



Nº.	Descrição	Norma	Material	Quant.
1	Base travão		aço	1
2	Suporte esquerdo travão		aço	1
3	borracha 26106			3
4	Veio travão		aço	1
5	Parafuso CHC M6 x 16	ISO 4762	aço	1

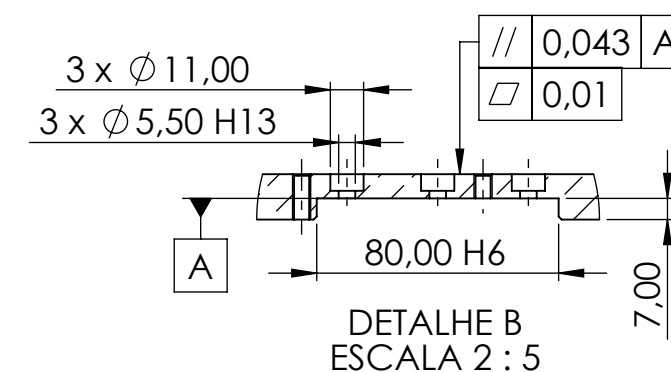
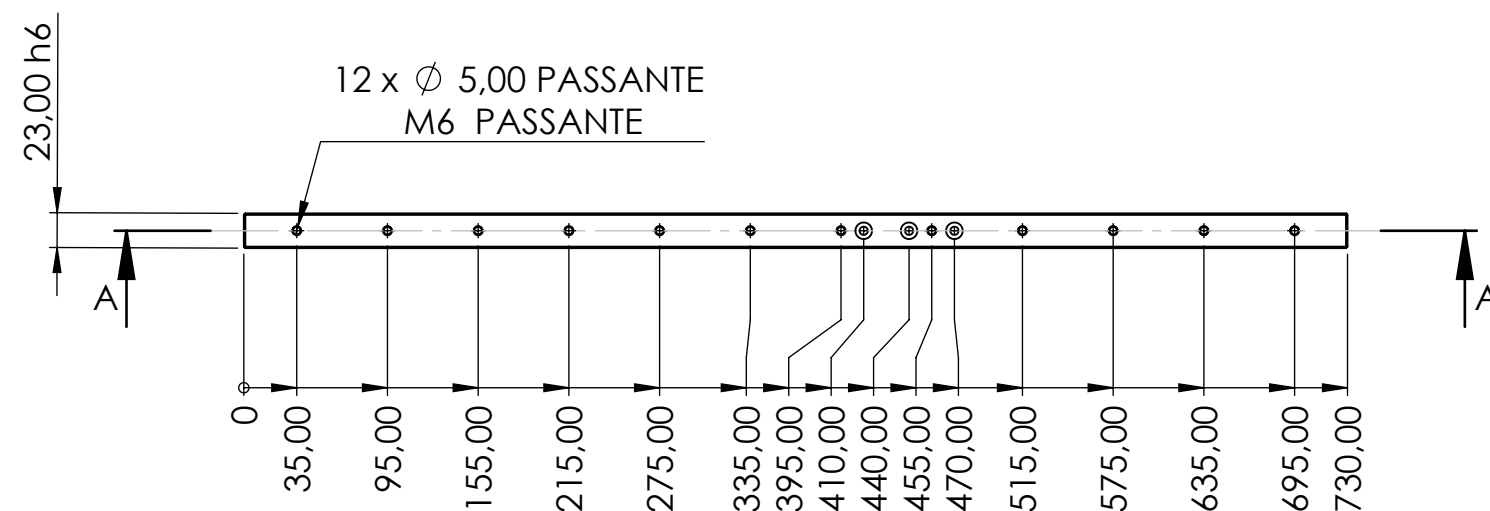
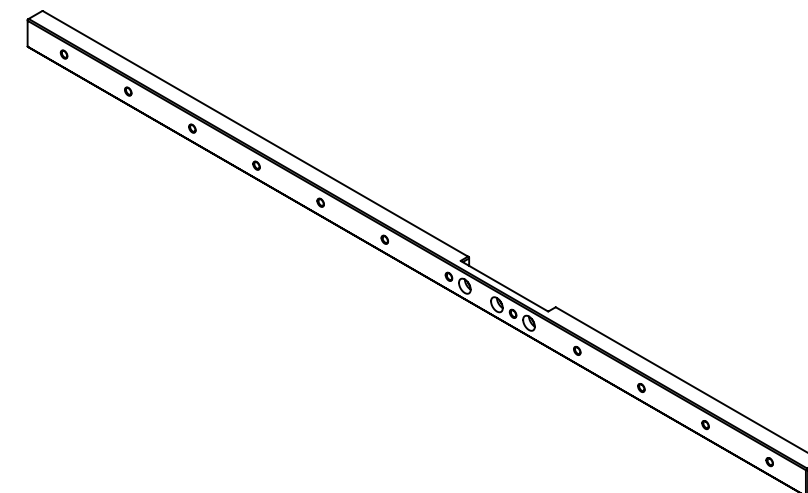
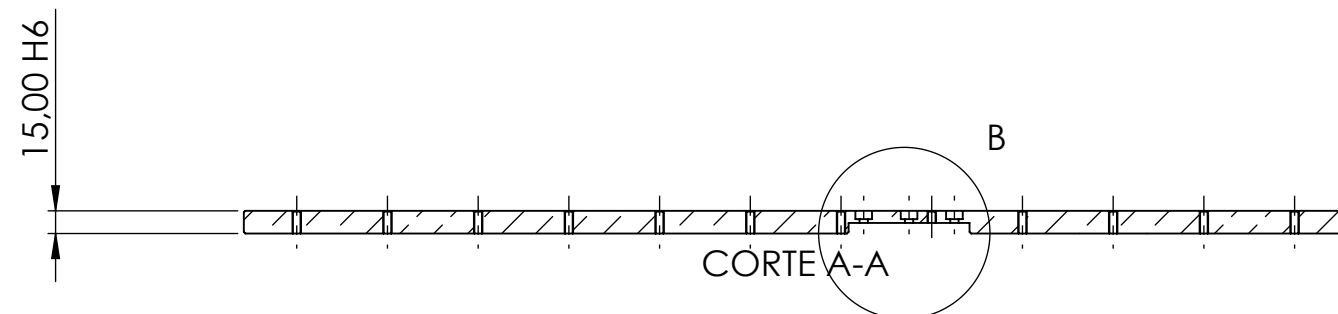
TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA : NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	75x89x156					
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
B				1	NA	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
C									
D									
E									
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
G			Rev1	2024/03/06 Filipe Couto					
H			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT				
I			NA	NA		ProjectID1			
J			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION				A3	
K			1:1	Travão					
							CODIGO DES. DRW CODE		
							23		



Chamfros 1x45°
Boleado r=2mm

ISO 8015

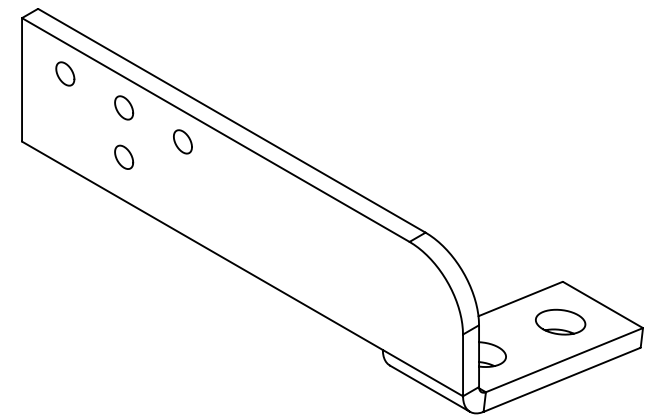
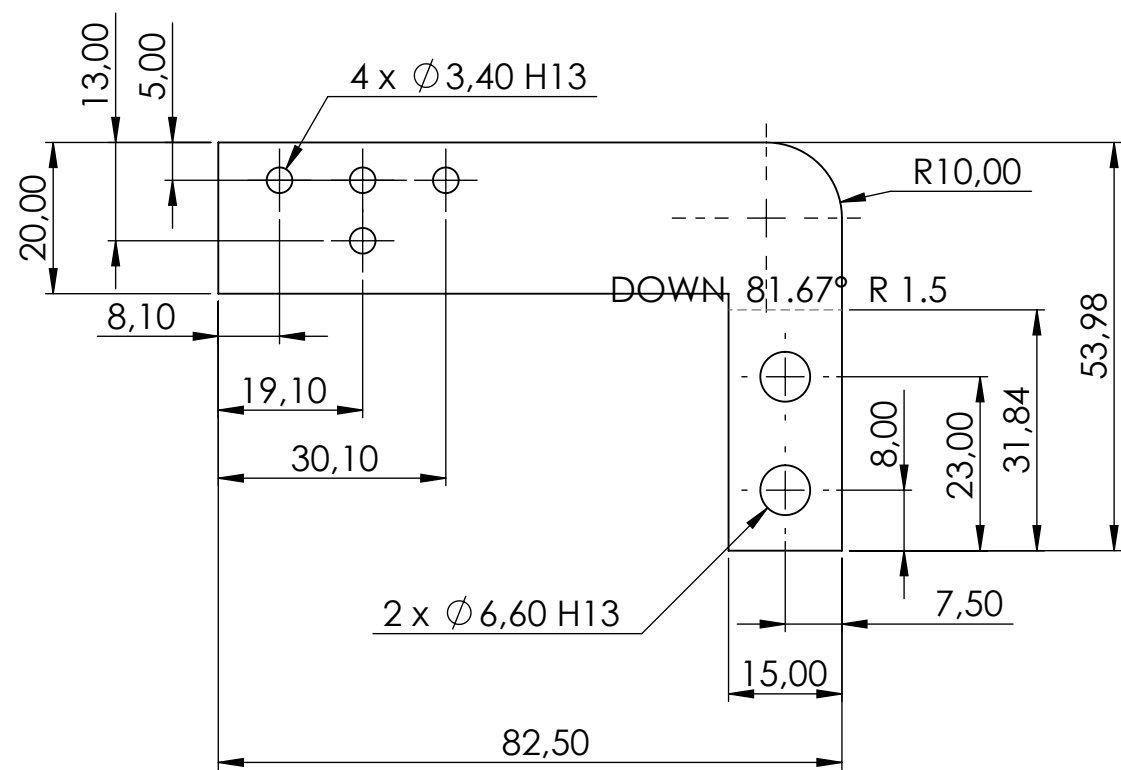
TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE			Dimensões Máximas			NOTA : NOTE : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES				
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	20x96,2x157									
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL		TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.			
B				1	aluminio		NA	/ SIDE / LADO	NA	NA			
C													
D				REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY		VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
E				Rev1	2024/03/07 Filipe Couto								
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT							
G			NA	NA		Est.Ver.Pos.							
H			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION			Base guia Z					A3	
I													
J										CODIGO DES. DRW CODE			
K										24			



Chamfros 1x45°

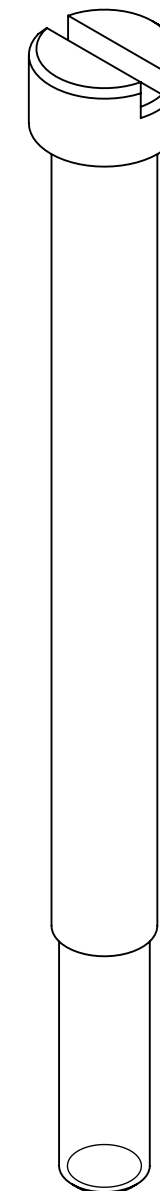
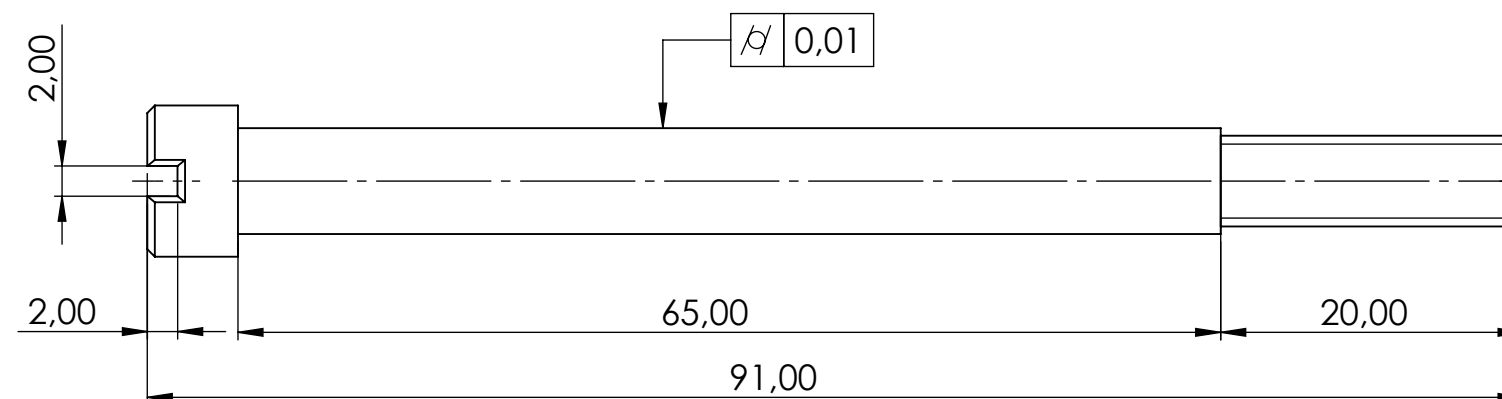
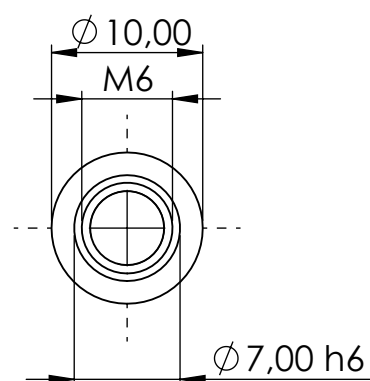
ISO 8015

TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES					
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	15x23x730								
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.		
B					1	aluminio	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA		
C												
D												
E												
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro				
G			Rev1	03/05/2024 Filipe Couto								
H			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT							
I			NA	NA		EstVerPos						
J			1:5	ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION	Suporte Guia Z				A3		
K											CODIGO DES. DRW CODE	
								25				



Chapa t=3mm

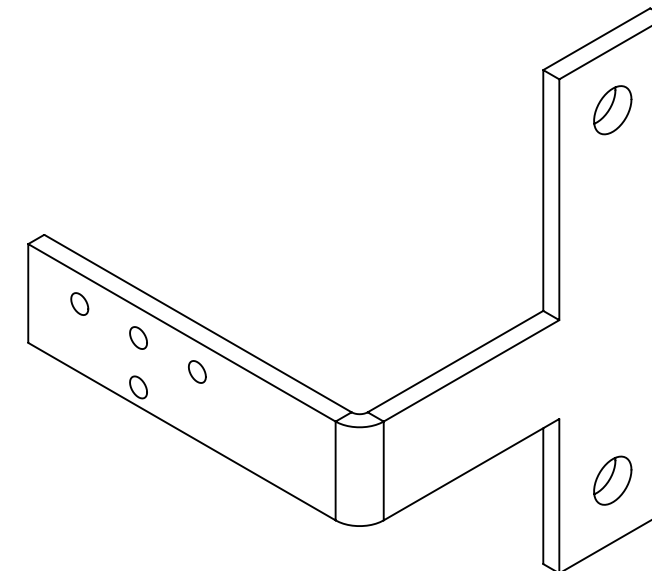
TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE			Dimensões Máximas			NOTA : NOTE : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES				
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	3x53,98x82,50									
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.				
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA				
C													
D			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro					
E			Rev1	2024/03/07 Filipe Couto									
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT		A3					
G			NA	NA		Est.Ver.Pos.							
H			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION						CODIGO DES. DRW CODE 26			
I			1:1	Suporte calha YZ									
J													
K													

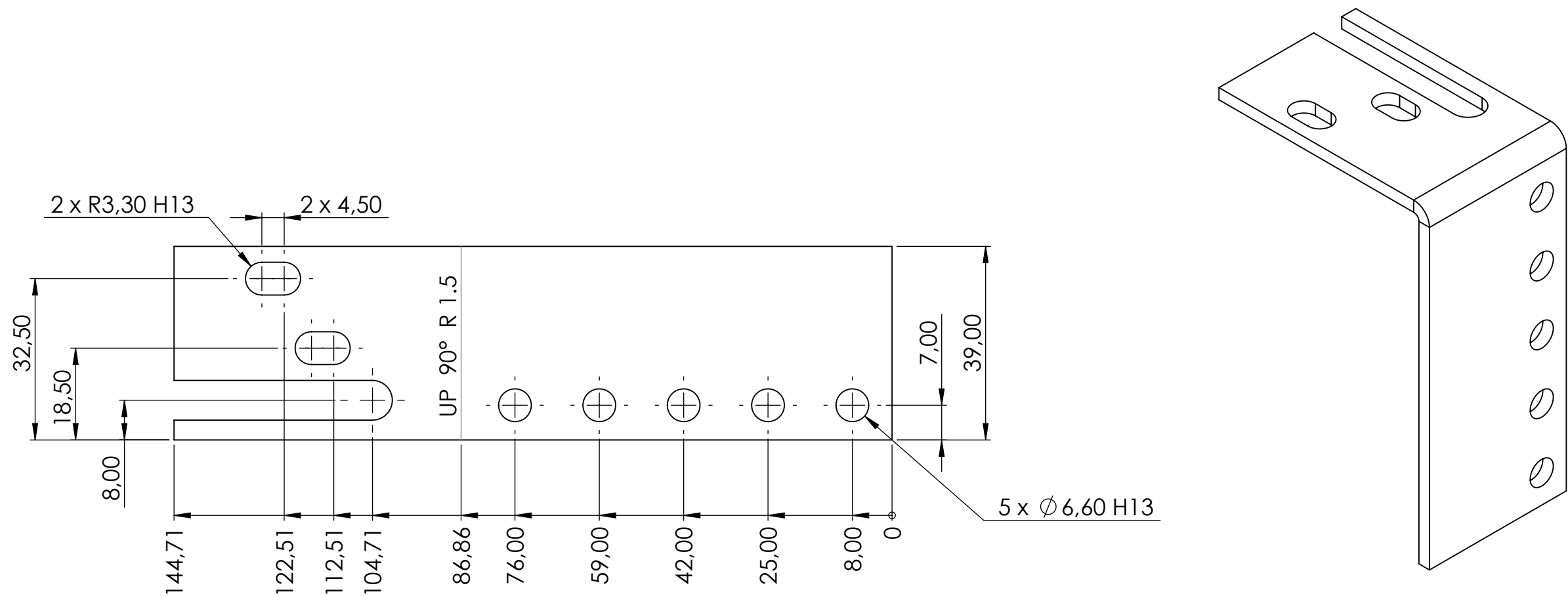


Chamfros 0,5x45°

ISO 8015

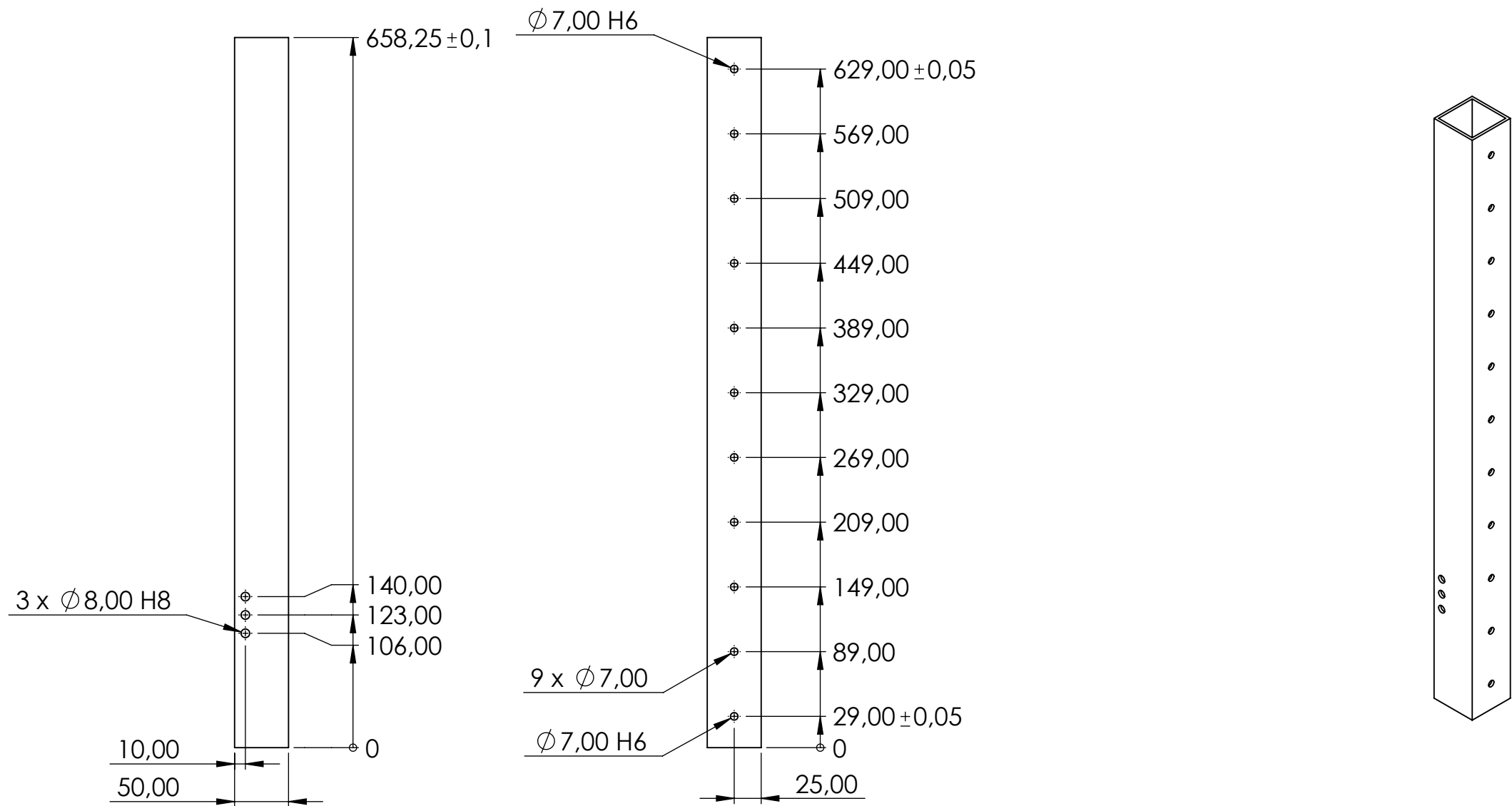
TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	Ø10x81					
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
B				6	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
C									
D									
E			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY	Gestamp Gestamp Aveiro		
F			Rev1	2024/03/07 Filipe Couto					
G			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT	Est.Ver.Pos.			
H			NA	NA					
I			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION	Pino fixação guias				A3
J			2:1						
K									
								CODIGO DES. DRW CODE	
								27	





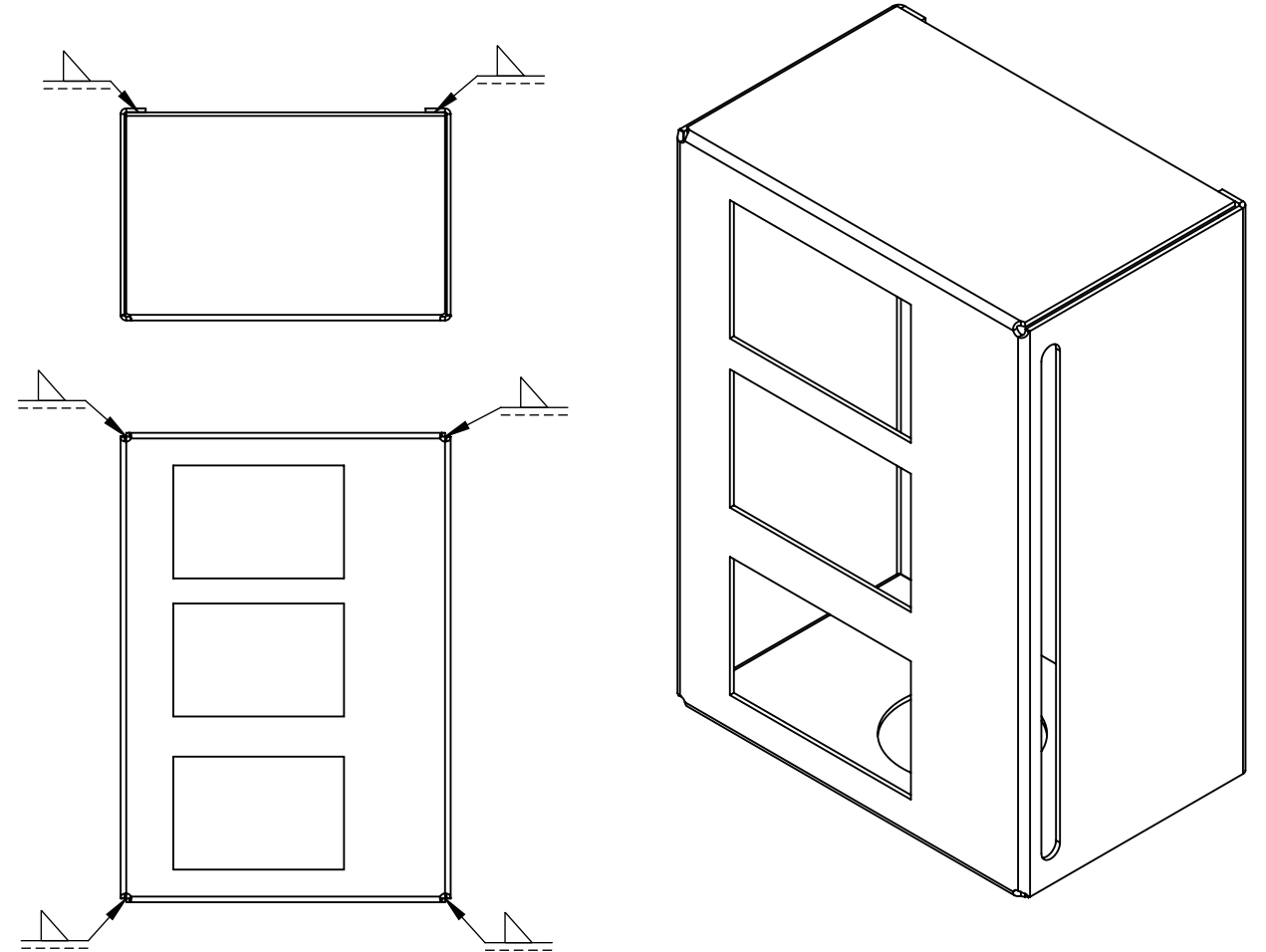
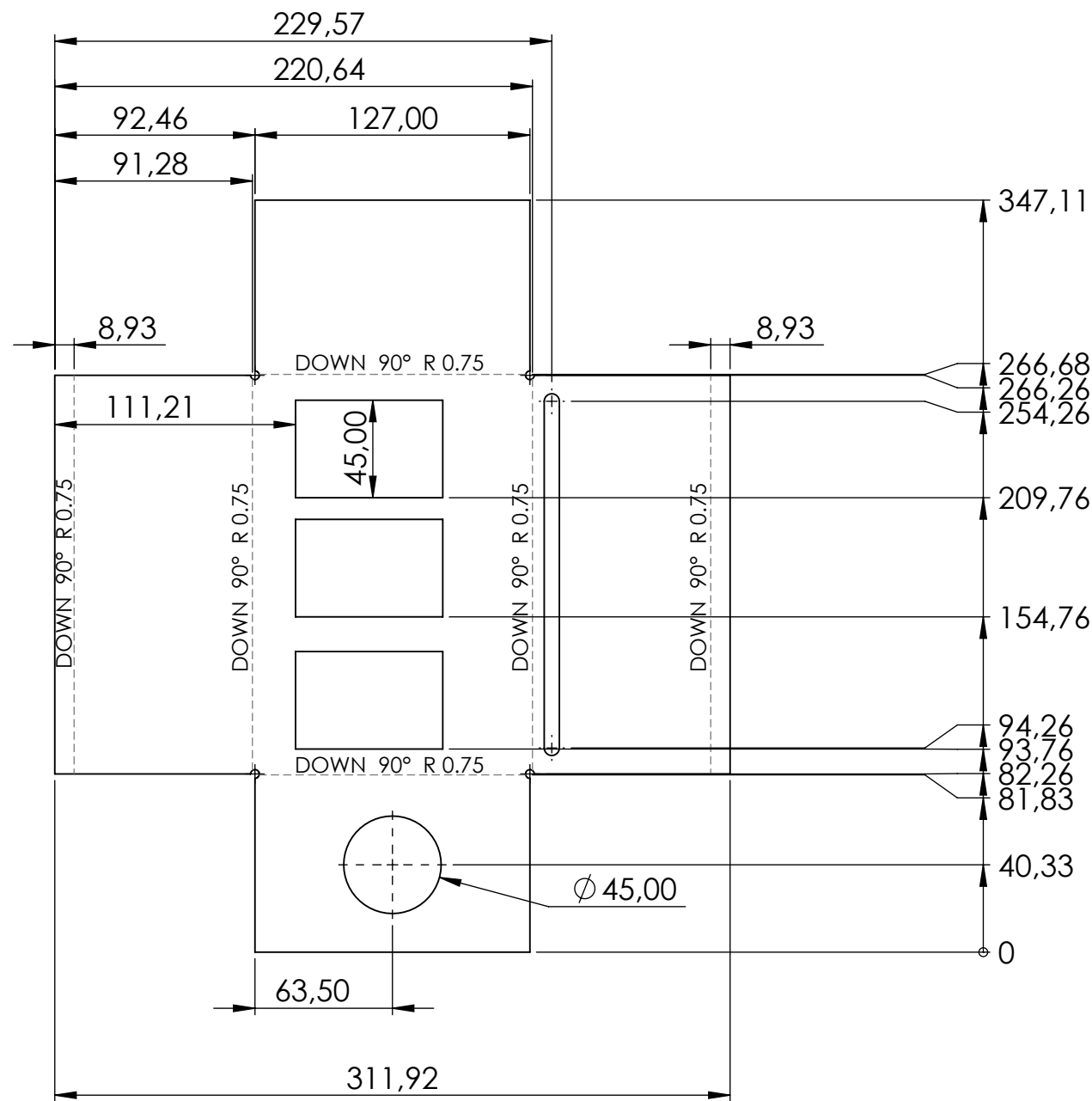
Chapa t=3mm

TABELA AUTO CONTROLO			Dimensões Máximas			NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-fH	3x39x144,71					
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, não pode ser copiado ou divulgado sem autorização. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
C									
D			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
E			Rev1	2024/03/07 Filipe Couto					
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT	Est.Ver.Pos.			
G			NA	NA					
H			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION					A3
I			1:1	Suporte calha X na barra Y					
J									
K							CODIGO DES. DRW CODE		
							29		



Perfil quadrado 50x50x3
Furações atravessam a totalidade do perfil

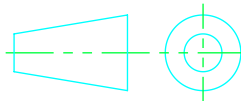
TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM NOTE : SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	50x50x658,25					
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
C									
D			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
E			Rev1	2024/03/07 Filipe Couto					
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT	Est.Ver.Pos.			
G			NA	NA					
H			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION	Barra vertical				A3
I			1:5						
J									
K								CODIGO DES. DRW CODE	
								30	

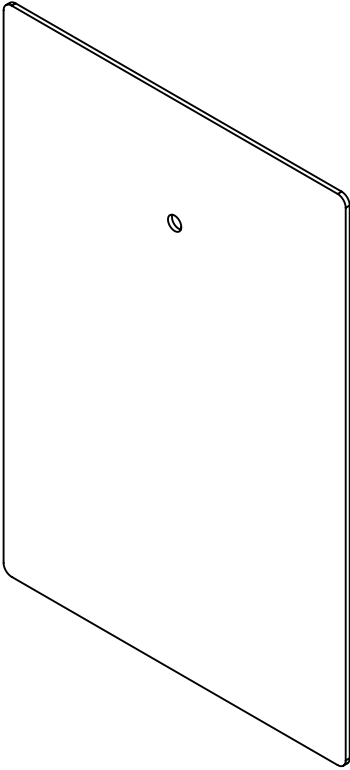
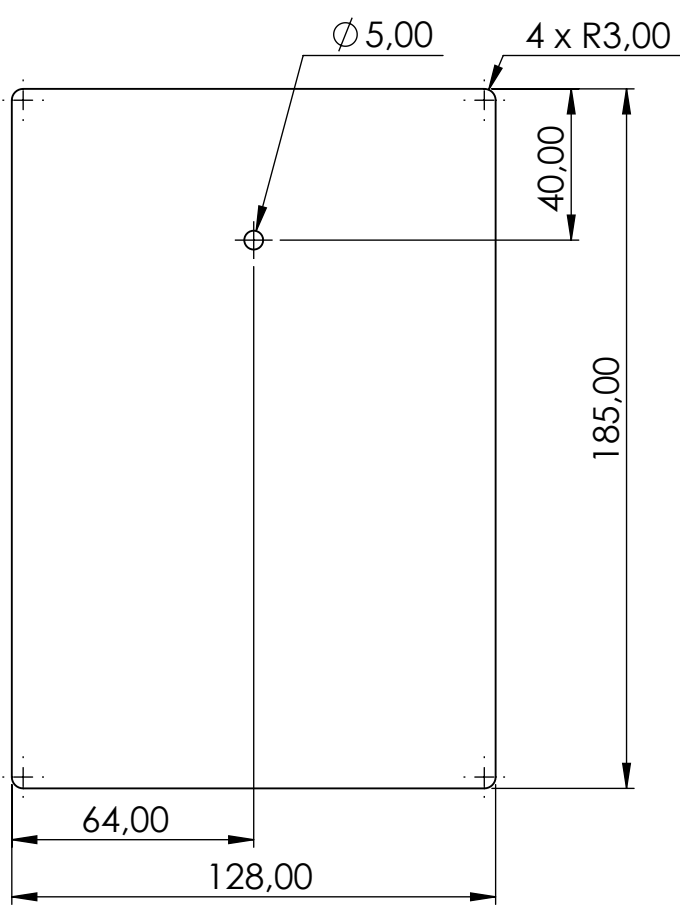


Chapa t=1,5mm

ISO 8015
ISO 13920-AE

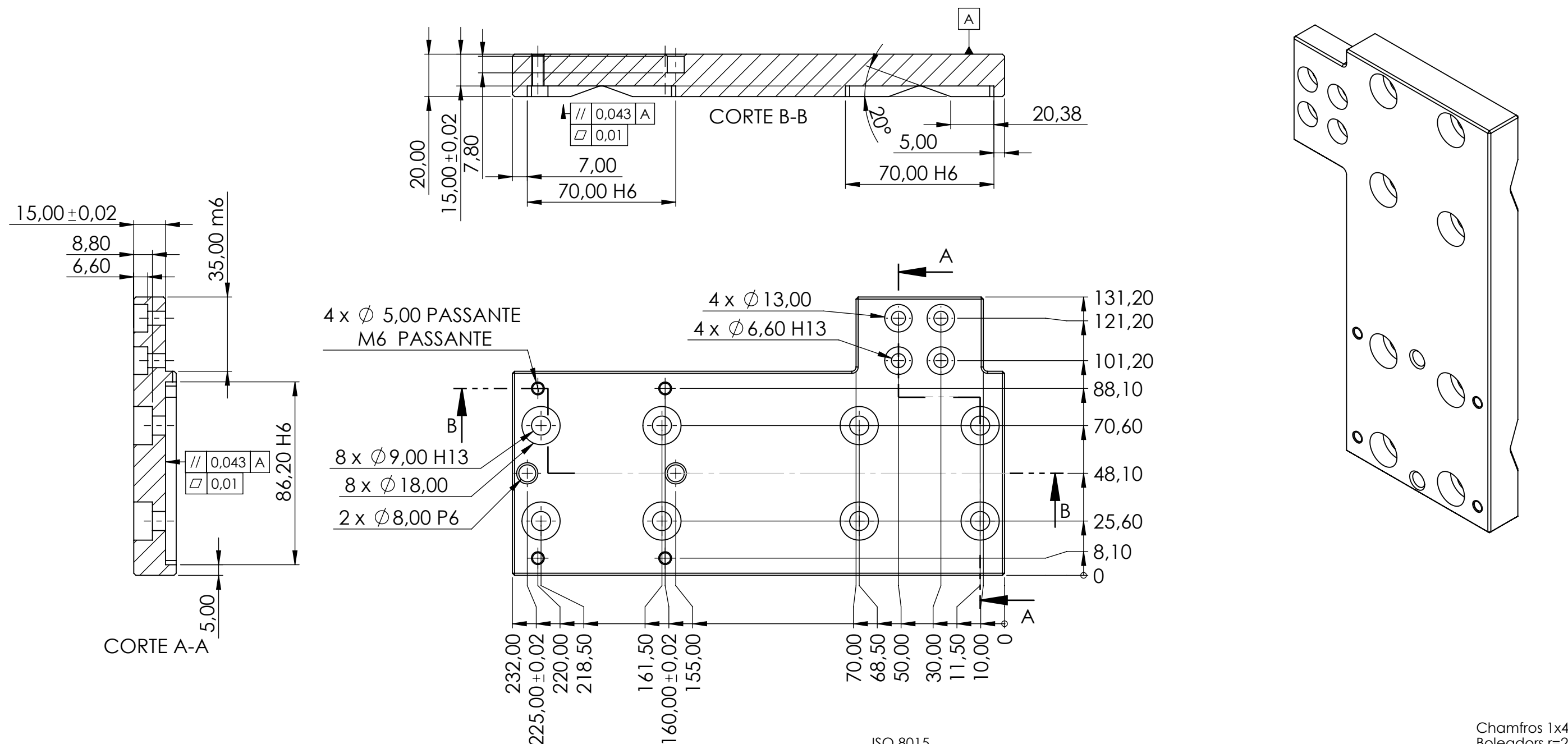
TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-FH		Dimensões Máximas 1,5x310,64x346,47		NOTA : NOTE : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY 1	MATERIAL MATERIAL aço	TRAT. TERMICO HEAT TREAT. NA	FOLGA CORTE REST CUT / SIDE / LADO	SOBRE-ESP. ALLOWANCE NA	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr. NA
REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 2024/03/07 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro 	
CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA		PROJECTO PROJECT Est.Ver.Pos.				
ESCALA SCALE 1:3	DESIGNACAO DESIGNATION Caixa ecrãs					A3	
				CODIGO DES. DRW CODE 31			



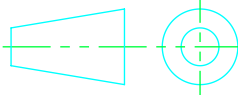
Chapa t=1,5mm

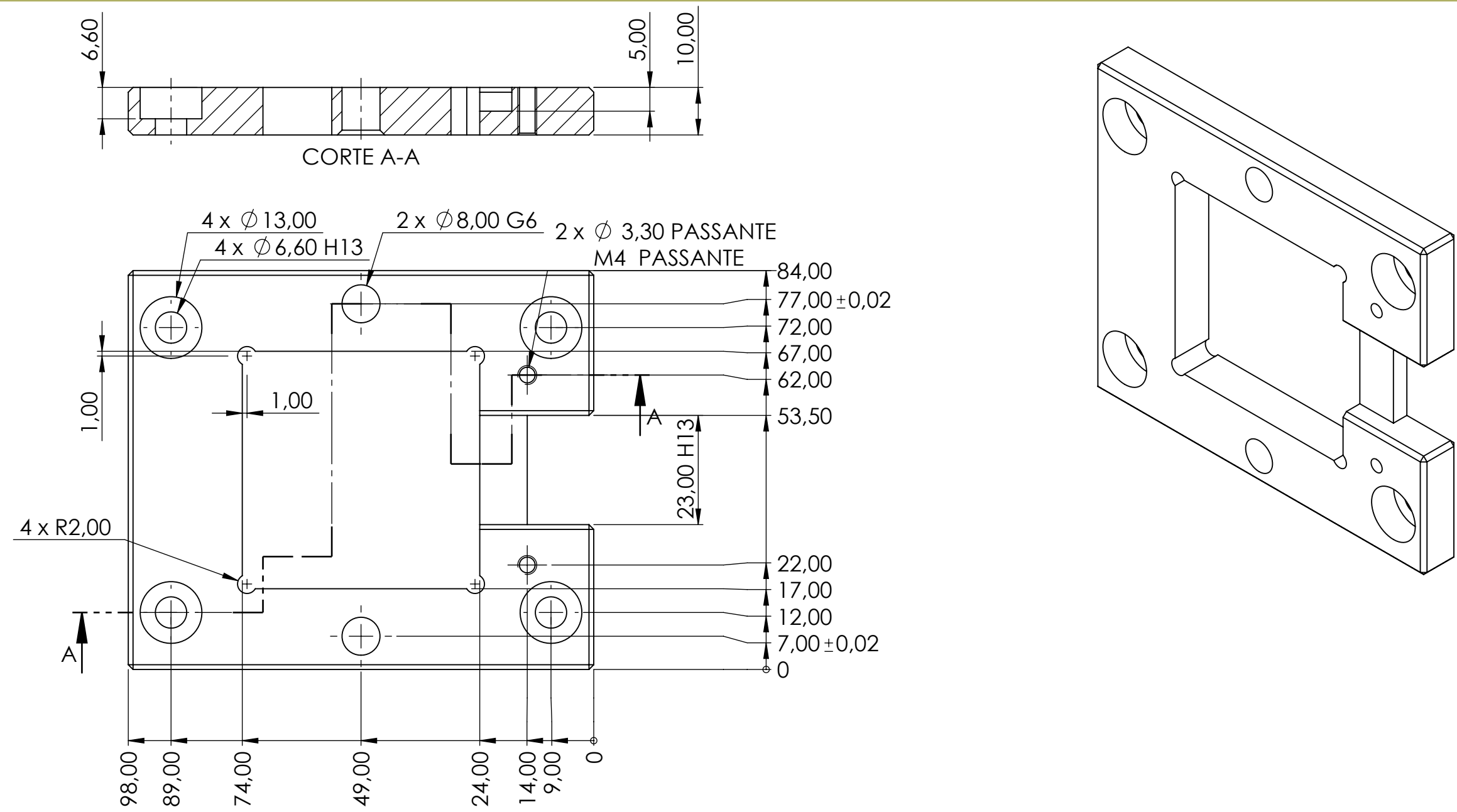
TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA : NOTE : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES									
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	1,5x128x185											
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.						
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA						
C															
D			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro							
E			Rev1	2024/03/07 Filipe Couto											
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT	Est.Ver.Pos.									
G			NA	NA											
H			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION	Tampa caixa ecrãs				A3						
I															
J								1:2							
K															
						CODIGO DES. DRW CODE									
						32									



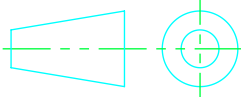
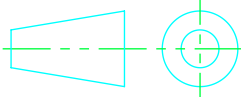
Chamfros 1x45°
Boleadores r=2mm

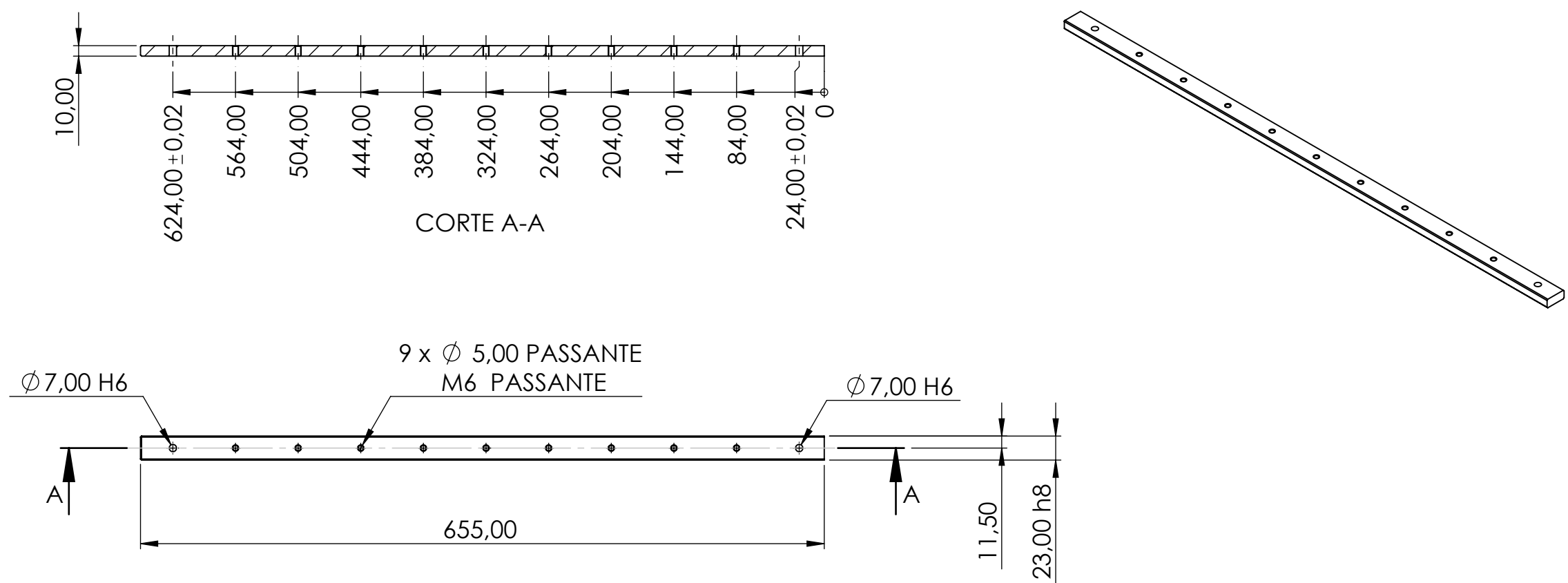
TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

ISO 8015						Boleadores r=2mm	
TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-FH		Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
		20x131,2x232					
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
		1	aluminio	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro 	
Rev1	2024/03/07 Filipe Couto						
CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT		Est.Ver.Pos.			
NA	NA						
ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION	Base barra vertical					
1:1						CODIGO DES. DRW CODE	
				33			

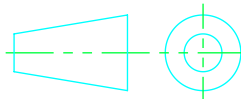


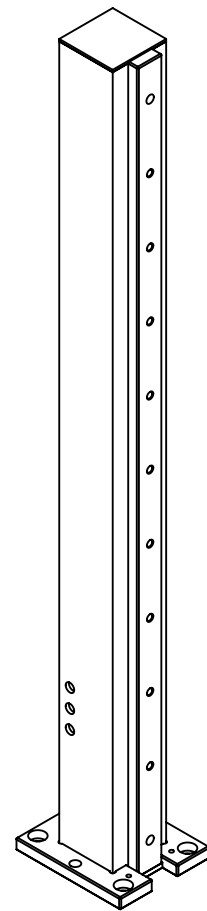
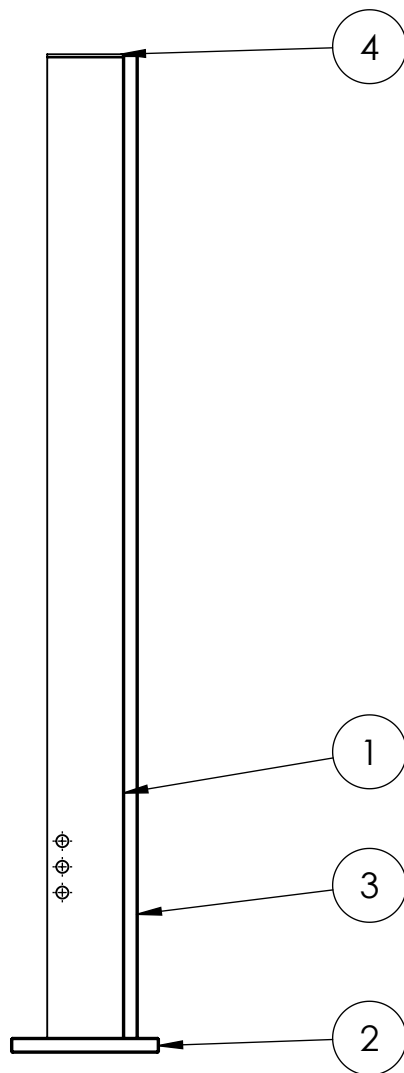
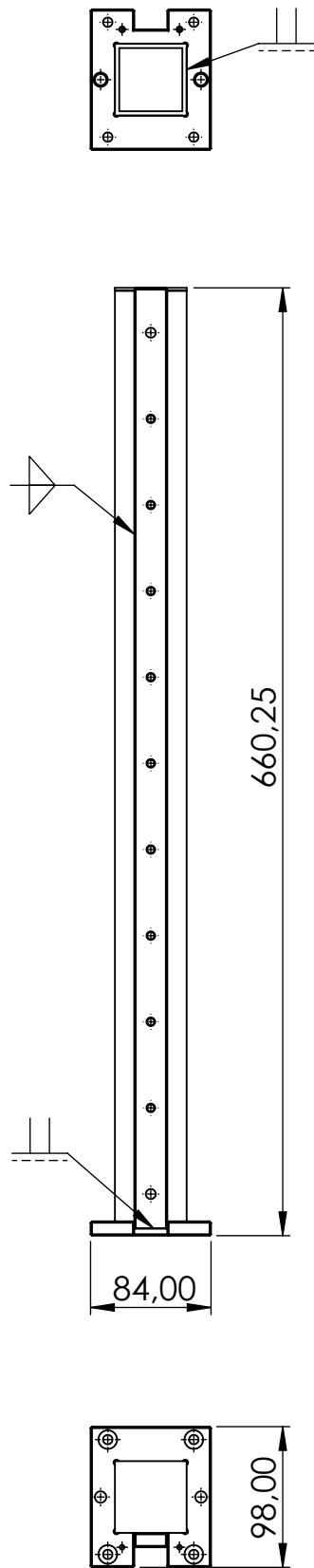
Chamfros 1 x 45°

TABELA AUTO CONTROLO			Dimensões Máximas			NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	10x88x94					
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
C									
D									
E									
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro 	
G			Rev1	20/05/2024 Filipe Couto					
H									
I			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT		 CODIGO DES. DRW CODE	
J			NA	NA		Est.Ver.Pos			
K									
			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION					A3
			1:1	Sapata					
							34		



Chamfros 1 x 45°

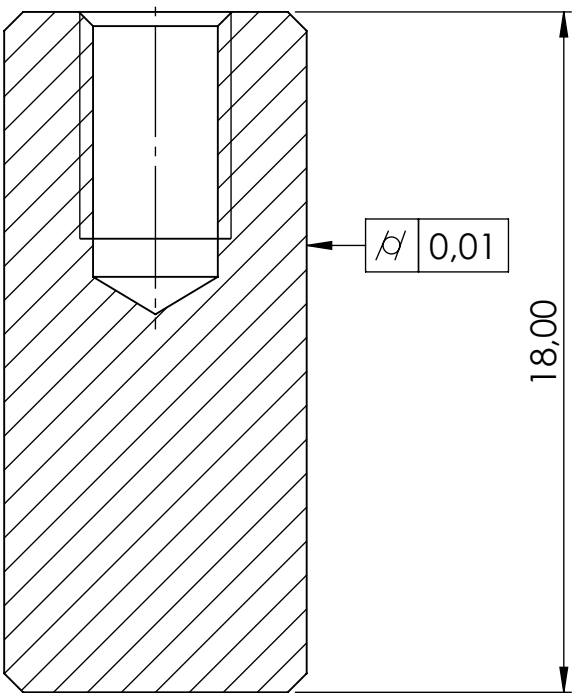
TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE			Dimensões Máximas			NOTA : NOTE : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH		10x23x655							
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.			QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.	
B						1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA	
C												
D			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro			
E			Rev1	20/05/2024 Filipe Couto								
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.			PROJECTO PROJECT					
G			NA	NA			Est.Ver.Pos					
H			ESCALA SCALE 1:5	DESIGNACAO DESIGNATION Patela vertical							A3	
I												
J									CODIGO DES. DRW CODE			
K									35			



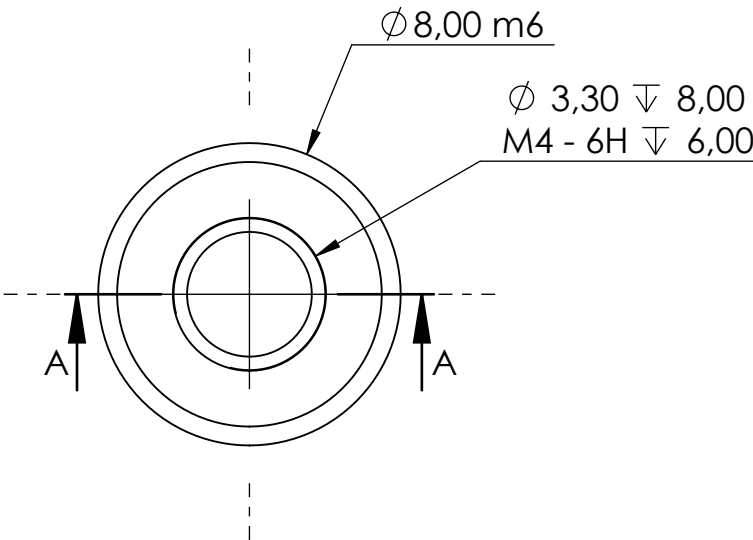
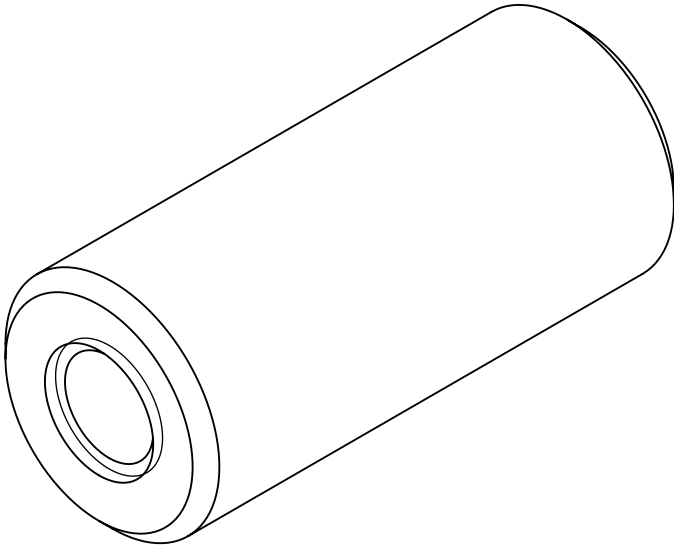
Nº.	Descrição	Norma	Material	Quant.
1	Barra vertical		aço	1
2	Sapata		aço	1
3	Patela vertical		aço	1
4	Tampa barra vertical		aço	1

ISO 8015
ISO 13920-AE

TABELA AUTO CONTROLO			Dimensões Máximas			NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-FH	84x98x660,25					
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
B				1	NA	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
C									
D									
E									
F			REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 20/05/2024 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
G			CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA	PROJECTO PROJECT Est.Ver.Pos.				
H			ESCALA SCALE 1:5	DESIGNACAO DESIGNATION Barra vertical soldada			CODIGO DES. DRW CODE 36		
I									
J									
K								A3	



CORTE A-A



ISO 8015

Chamfros 1 x 45°

TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE			Dimensões Máximas			NOTA : NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	Ø8 x 18								
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.			
B				2	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA			
C												
D												
E												
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro				
G			Rev1	20/05/2024 Filipe Couto								
H			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT						
I			NA	NA		Est.Ver.Pos.						
J			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION						A3		
K			5:1	Cavilha bases								
							CODIGO DES. DRW CODE					
							37					

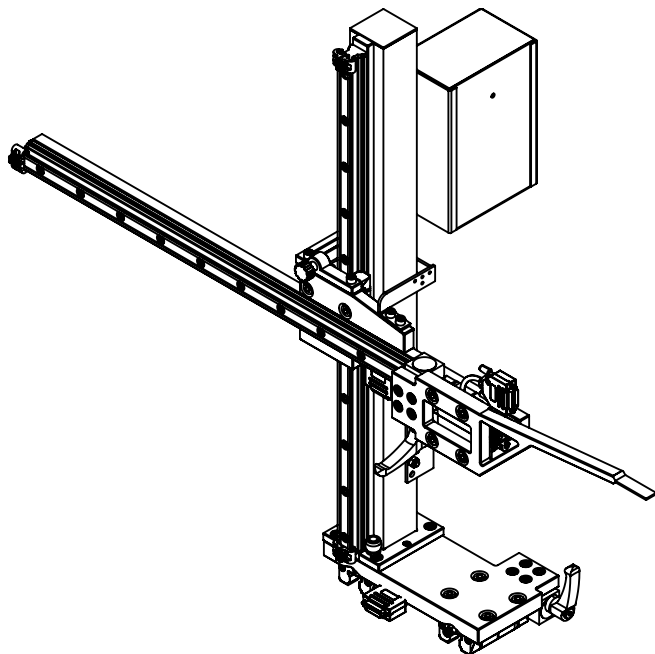
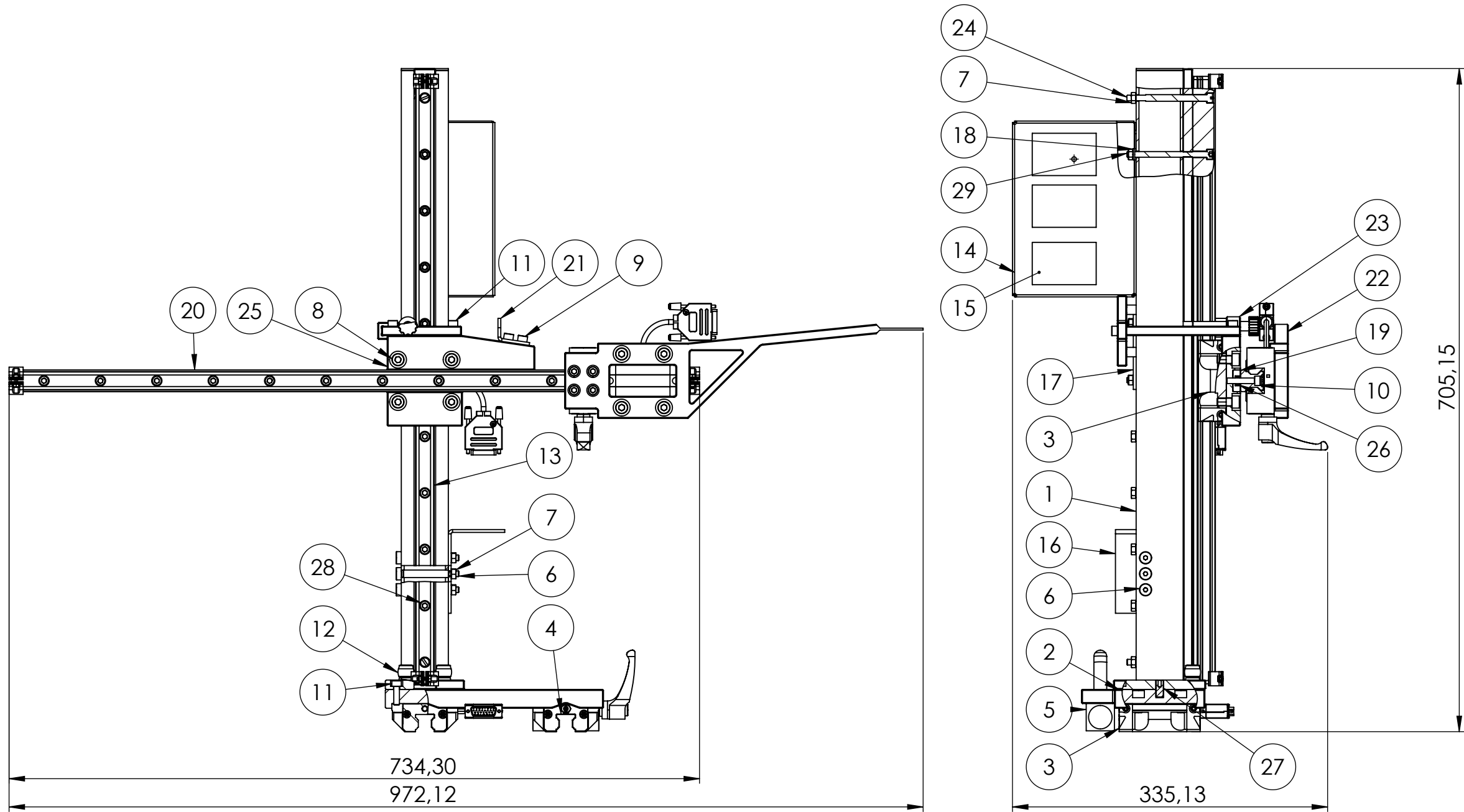
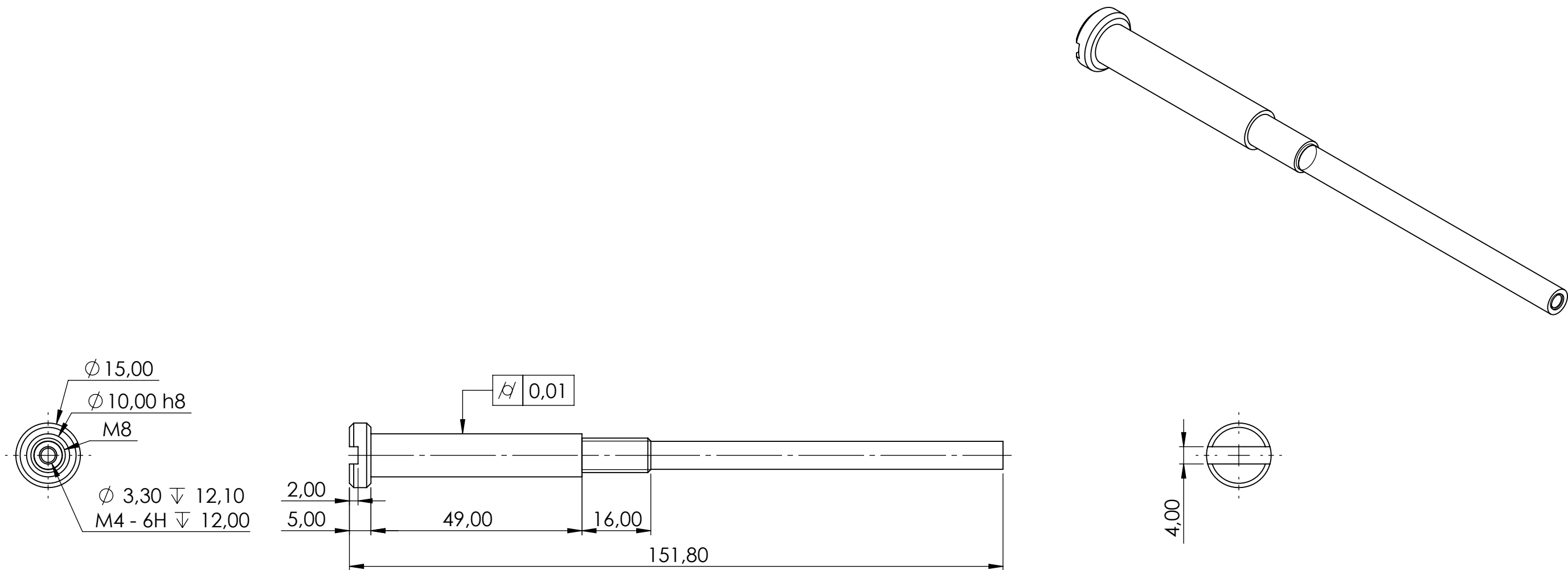


TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM NOTE: SOBRE CÓDIGO DE CORES						
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	335,13x705,15x972,12									
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.				
B				1	NA	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA				
C													
D													
E													
F			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro					
G			Rev1	2024/03/07 Filipe Couto									
H													
I			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT							
J			NA	NA		Est.Ver.Pos.							
K			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION						A3			
			1:5	Conjunto guias Y e Z				CODIGO DES. DRW CODE					
								38					

Nº.	Descrição	Norma	Quantidade	Quant.
1	Barra vertical soldada		aço	1
2	Base barra vertical		aluminio	1
3	Patim_IMSC-KWD-025-FNS			2
4	Patim_KWD-025-FNS			1
5	Travão - R1619 242 82			1
6	Parafuso CHC com liso 8 x 50 - M6	ISO 7379	aço	3
7	Porca hexagonal M6	ISO 4032	aço	14
8	Parafuso CHC M8 x 16	ISO 4762	aço	12
9	Parafuso CHC M6 x 16	ISO 4762	aço	6
10	Parafuso CHC M6 x 30	ISO 4762	aço	12
11	Parafuso CHC M6 x 20	ISO 4762	aço	6
12	Amortecedor 26180			2
13	Guia_Y_IMSC_KSA_025_SNS			1
14	Caixa ecrãs		aço	1
15	Tampa caixa ecrãs		aço	1
16	Suporte calha X		aço	1
17	Suporte fixo calha YZ		aço	1
18	Anilha plana M6	ISO 7089	aço	3
19	Base guia Z		aluminio	1
20	Guia_Z_IMSC_KSA_025_SNS			1
21	Suporte calha YZ		aço	1
22	ponteira		aluminio	1
23	Travão			1
24	Pino fixação guias		aço	2
25	Suporte guia Z			1
26	Parafuso CHC M5 x 8	ISO 4762	aço	3
27	cavilha bases		aço	2
28	Parafuso CHC M6 x 25	ISO 4762	aço	4
29	Parafuso CHC M6 x 85	ISO 4762	aço	5

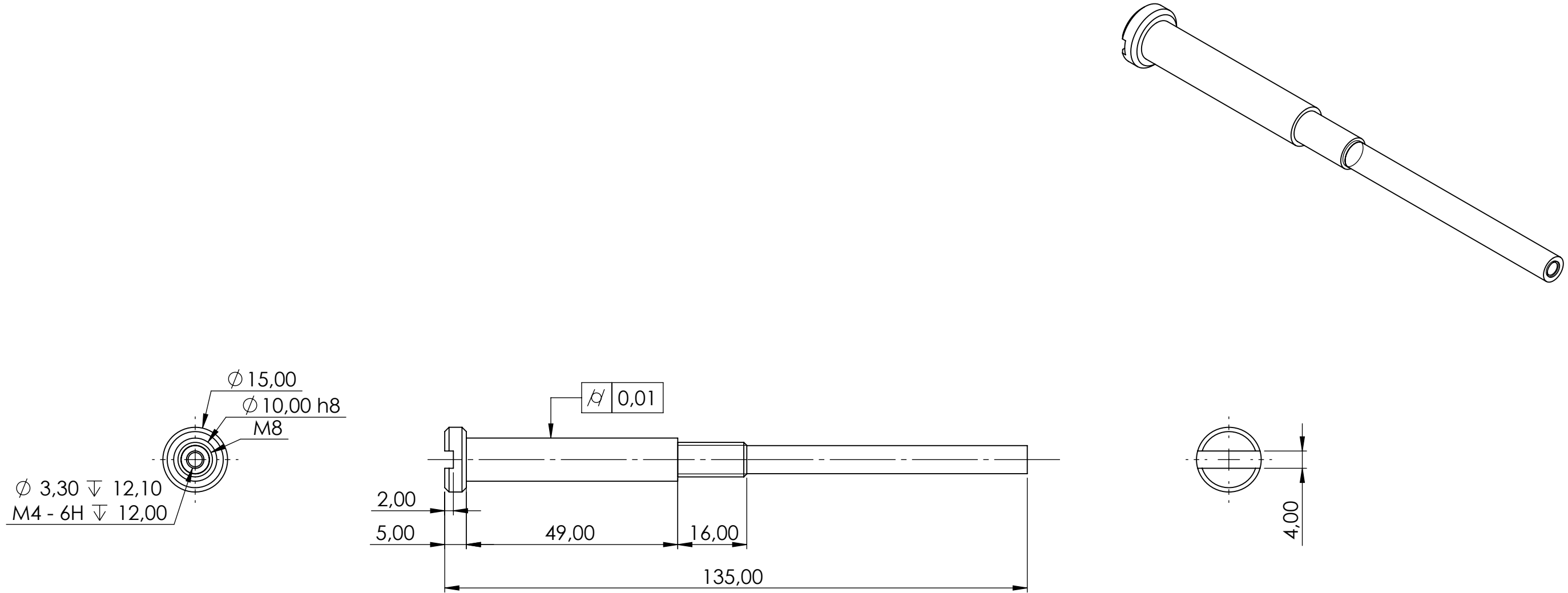
TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA : NOTE : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	335,13x705,15x972,12						
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.	
B				1	NA	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA	
C										
D										
E			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
F			Rev1	2024/03/07 Filipe Couto						
G										
H			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.		PROJECTO PROJECT		A3		
I			NA	NA		Est.Ver.Pos.				
J			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION			CODIGO DES. DRW CODE			
K			1:5	Conjunto guias Y e Z			38			



Chamfros 1x45°

ISO 8015

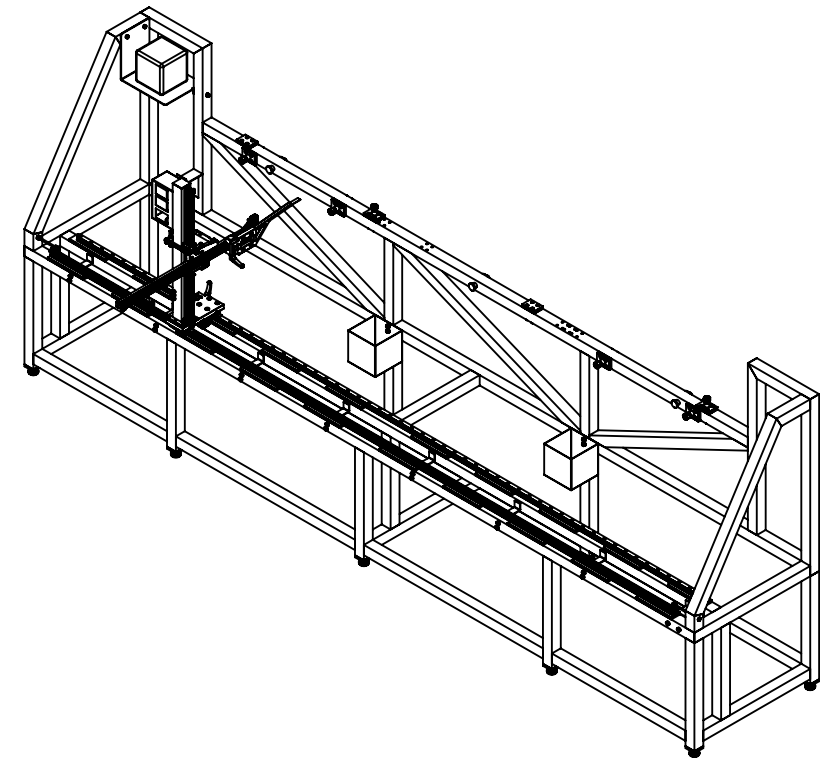
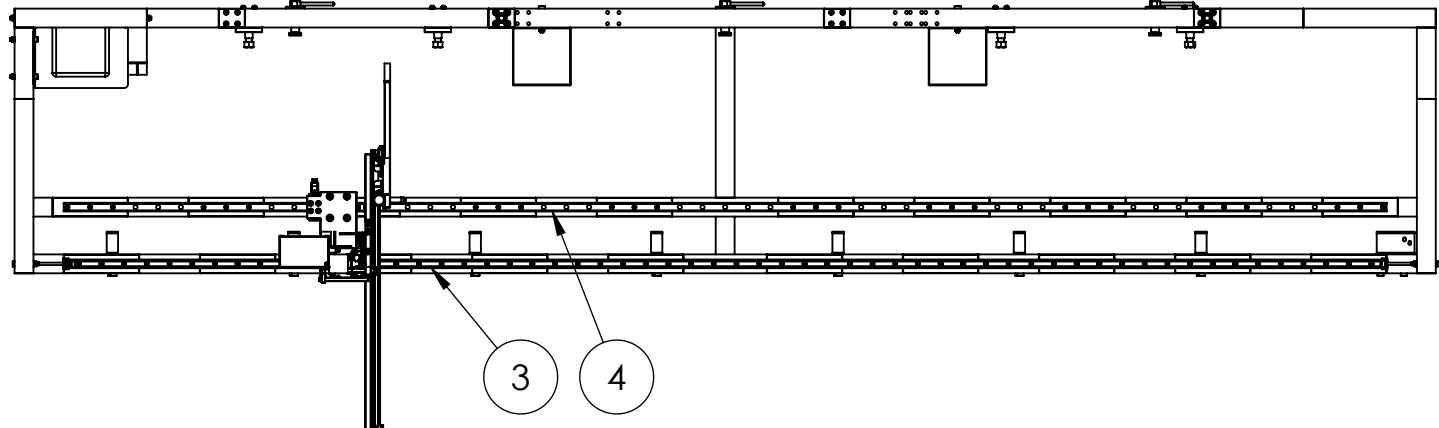
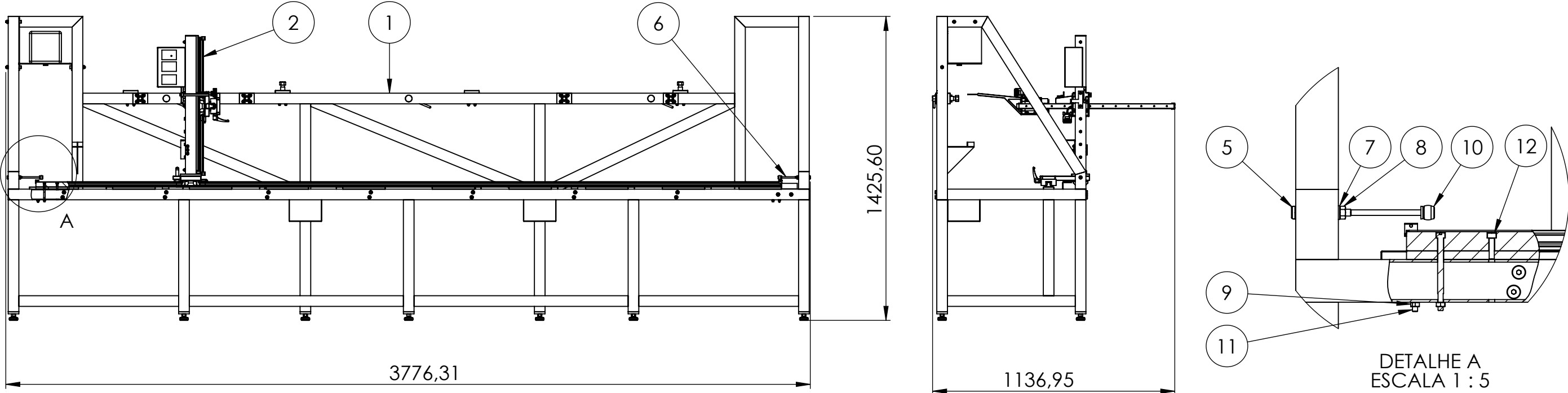
TABELA AUTO CONTROLO			Dimensões Máximas				NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	Ø15x151,80						
A			Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.	
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA	
C										
D			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
E			Rev1	2024/03/08 Filipe Couto						
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT	Est.Ver.Pos.				
G			NA	NA				A3		
H			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION	Limitador esquerdo					
I			1:1							
J										
K					CODIGO DES. DRW CODE				39	



Chamfros 1x45°

ISO 8015

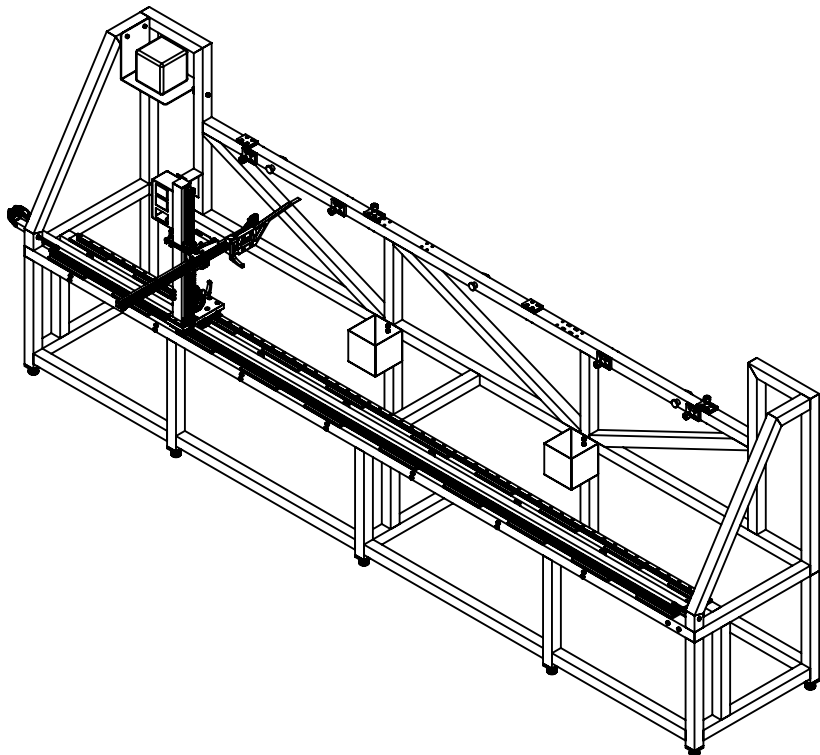
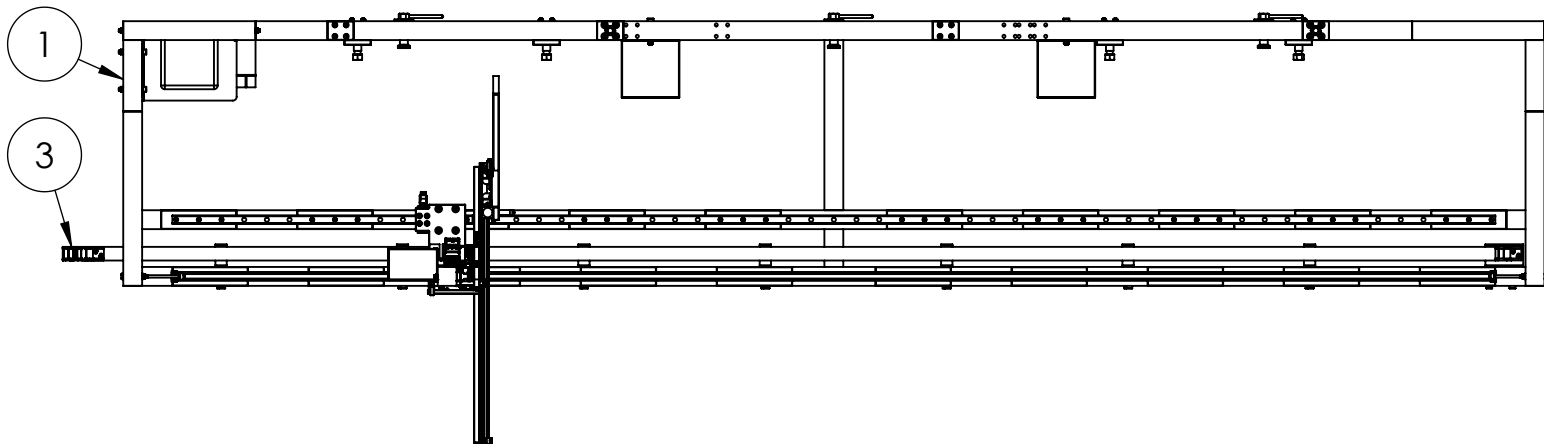
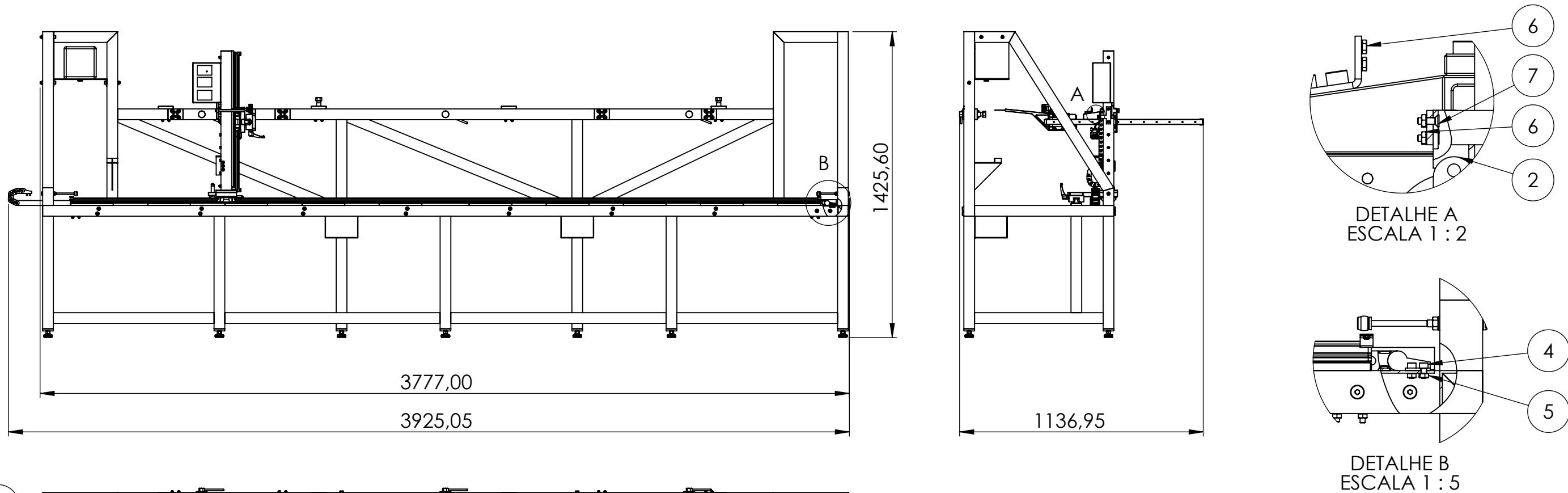
TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-fH	ø15x135					
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
B				1	aço	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
C									
D			REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
E			Rev1	2024/03/08 Filipe Couto					
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT	Est.Ver.Pos.			
G			NA	NA					
H			ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION	Limitador direito				A3
I									
J									
K									
						CODIGO DES. DRW CODE			
						40			



Nº.	Descrição	Norma	Material	Quant.
1	Estrutura com fixação e caixa LED's			1
2	Conjunto guias Y e Z			1
3	Guia_X_IMSC_KSA_025_SNS			1
4	Guia_X_KUGELSCHIENE_CS_KSE_025_SNS			1
5	Limitador esquerdo inferior		aço	1
6	Limitador direito		aço	1
7	Anilha plana M8	ISO 7089	aço	2
8	Porca hexagonal M8	ISO 4032	aço	2
9	Porca hexagonal M6	ISO 4032	aço	60
10	Amortecedor 26180			2
11	Pino fixação guias		aço	4
12	Parafuso CHC M6 x 25	ISO 4762	aço	56

TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

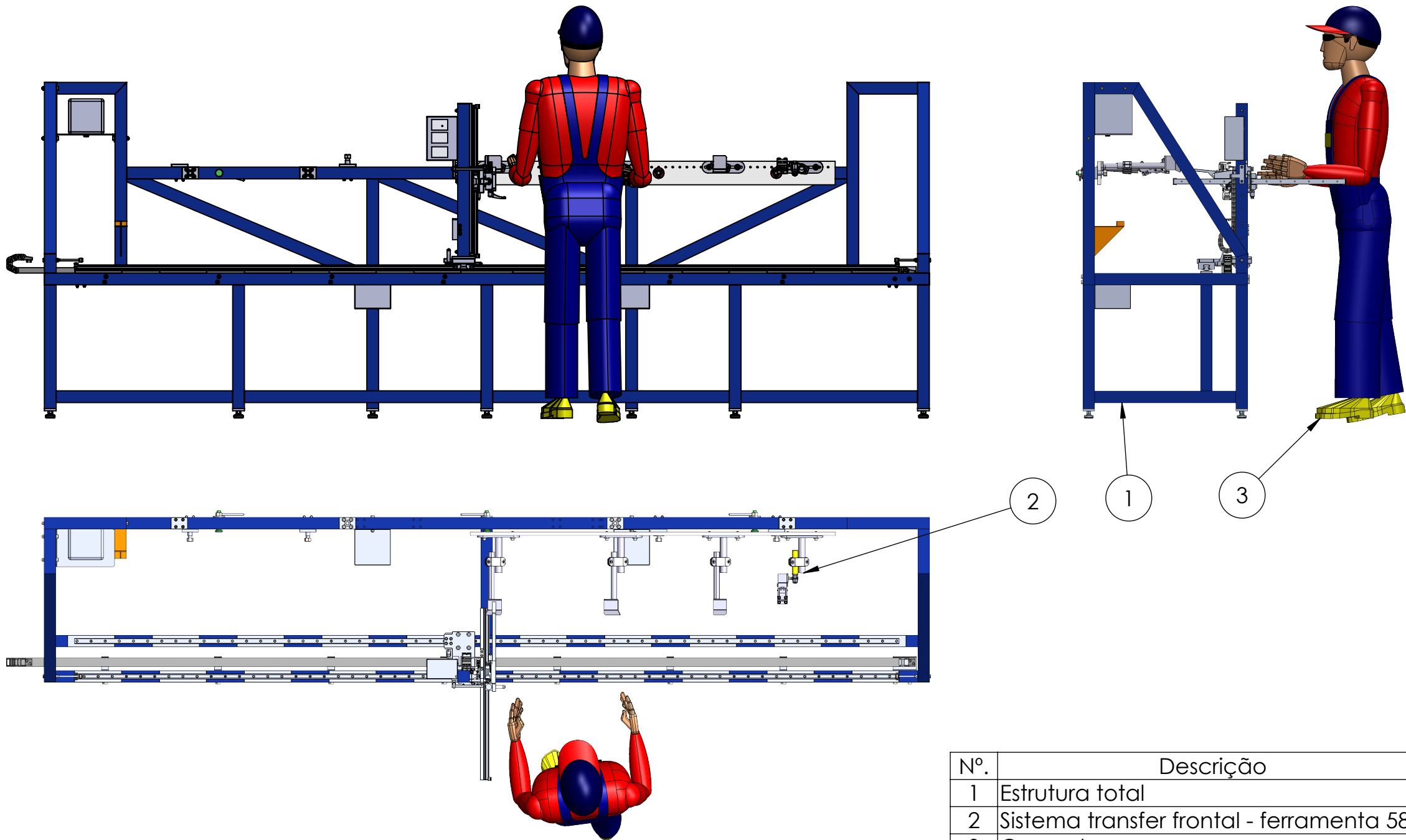
TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-FH		1136,95x1425,60x3776,31					
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
		1	NA	NA	/ SIDE / LADO	NA	NA
REVISAO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro		
Rev1	2024/03/08 Filipe Couto						
CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT		Est.Ver.Pos.			
NA	NA						
ESCALA SCALE	DESIGNACAO DESIGNATION	Estrutura com guias X, Y, Z e limitadores					A3
1:20							
		CODIGO DES. DRW CODE			41		



Nº.	Descrição	Norma	Material	Quant.
1	Estrutura com guias X, Y, Z e limitadores			1
2	Calha 0_38m_E08_30_028			1
3	Calha 3_904m_E2_17_025_028			1
4	Parafuso CHC M6 x 12	ISO 4762	aço	4
5	Porca hexagonal M6	ISO 4032	aço	4
6	Porca hexagonal M3	ISO 4032	aço	8
7	Parafuso FHC M3 x 10	ISO 10642	aço	8

TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas 1136,95x1425,60x3925,05		NOTA : NOTE : TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY 1	MATERIAL MATERIAL NA	TRAT. TERMICO HEAT TREAT. NA	FOLGA CORTE REST CUT / SIDE / LADO	SOBRE-ESP. ALLOWANCE NA	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr. NA
REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 2024/03/08 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA	PROJECTO PROJECT Est.Ver.Pos.					
ESCALA SCALE 1:20	DESIGNACAO DESIGNATION Estrutura total						A3
					CODIGO DES. DRW CODE 42		



Nº.	Descrição	Norma	Material	Quant.
1	Estrutura total			1
2	Sistema transfer frontal - ferramenta 581			1
3	Operador			1

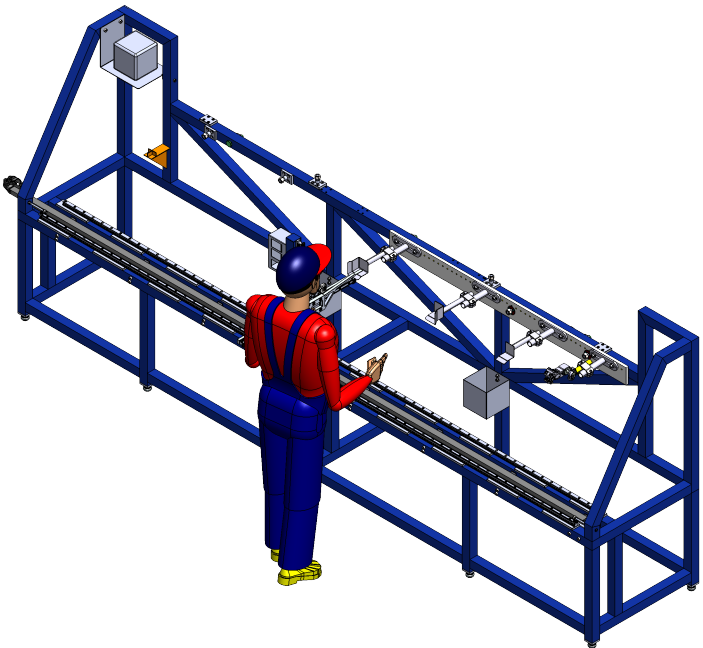
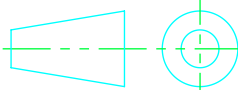
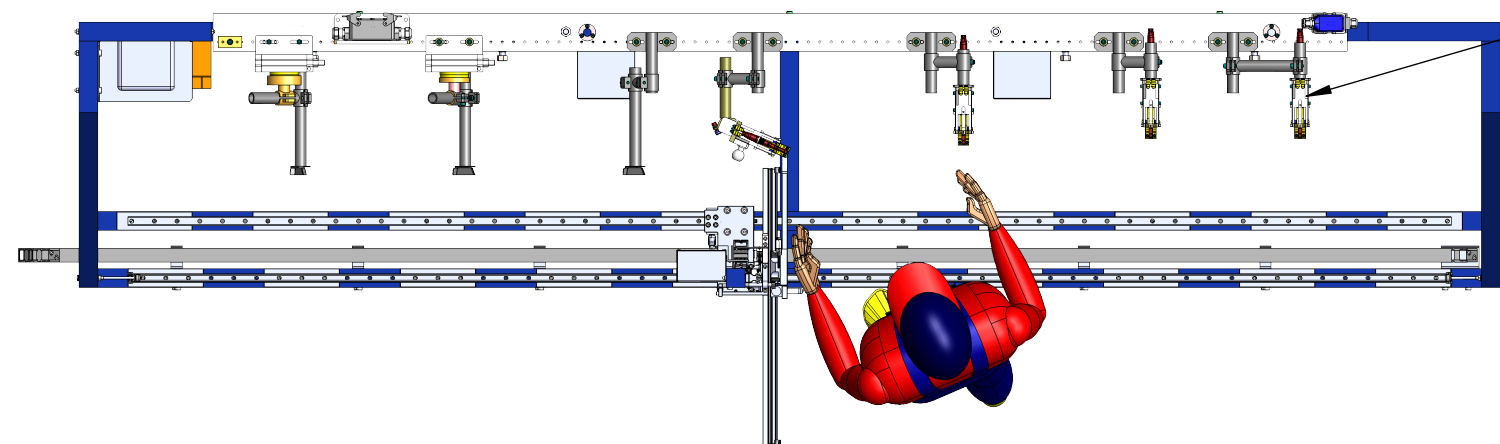
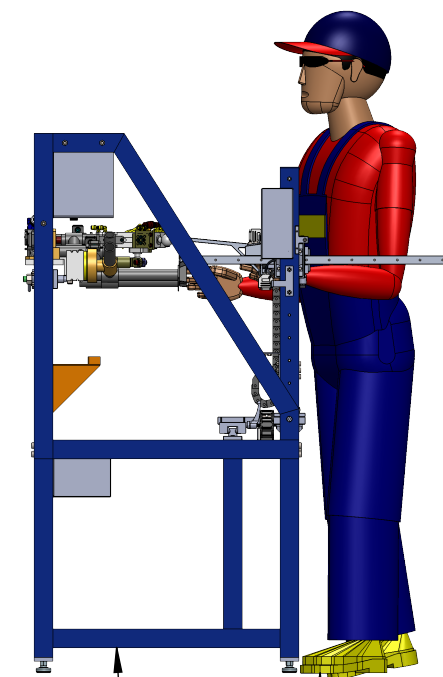
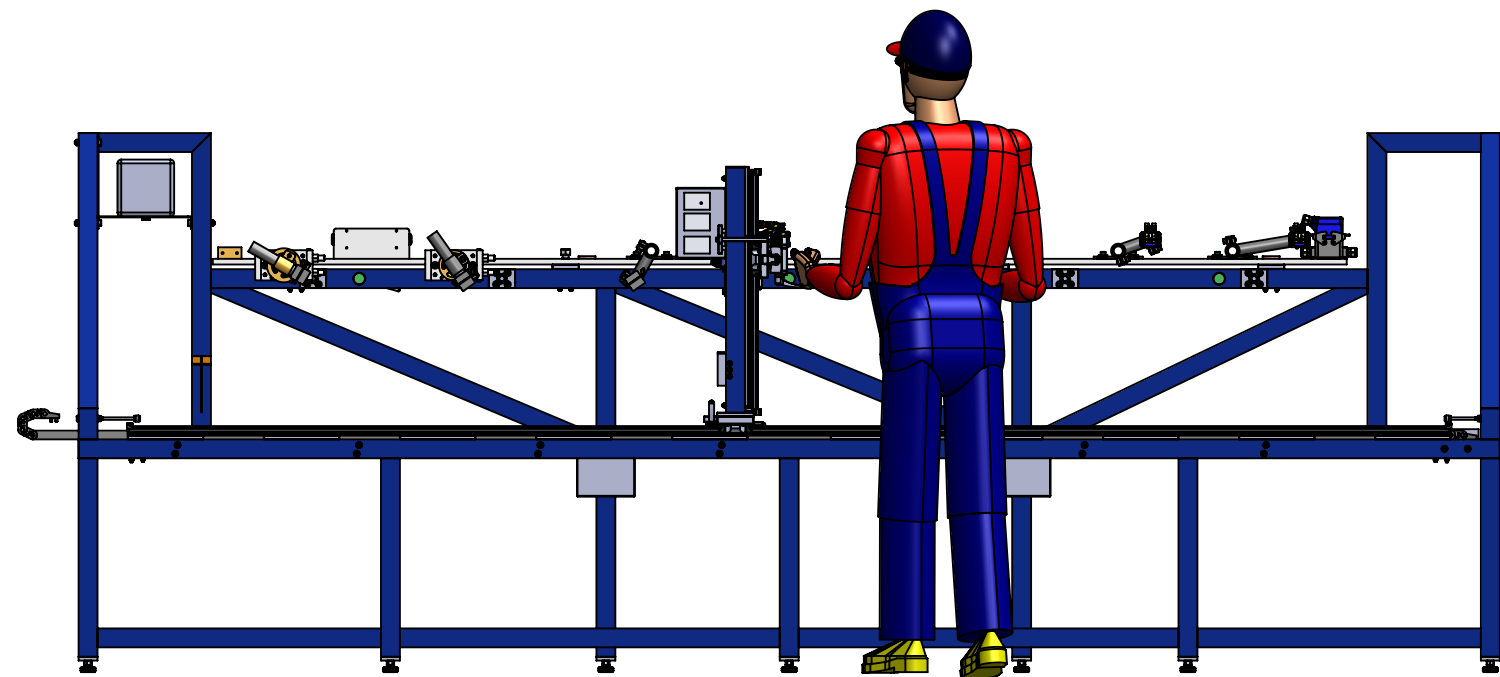


TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-fH		NA					
Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY 1	MATERIAL MATERIAL NA	TRAT. TERMICO HEAT TREAT. NA	FOLGA CORTE REST CUT / SIDE / LADO	SOBRE-ESP. ALLOWANCE NA	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr. NA
REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 20/05/2024 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA		PROJECTO PROJECT Est.Ver.Pos.				
ESCALA SCALE 1:20	DESIGNACAO DESIGNATION Estrutura total com sistema transfer de aperto frontal roscado						A3
					CODIGO DES. DRW CODE 43		



Nº.	Descrição	Norma	Material	Quant.
1	Estrutura total			1
2	Sistema transfer - ferramenta 877			1
3	Operador			1

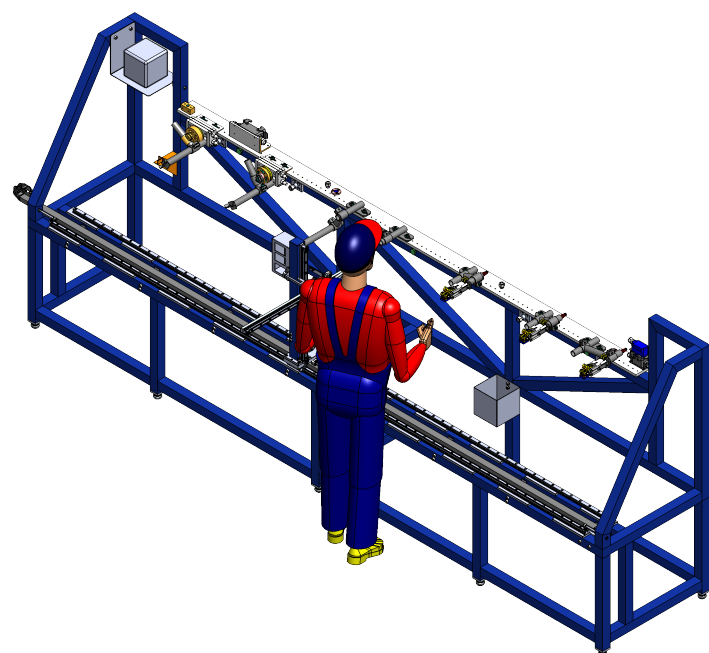
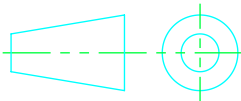
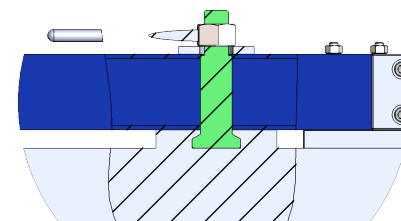
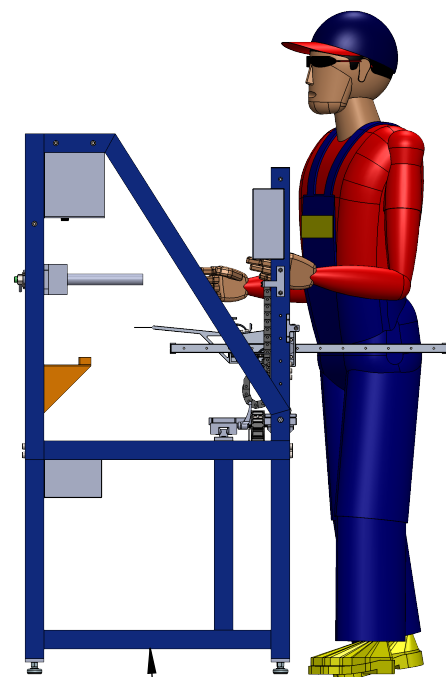
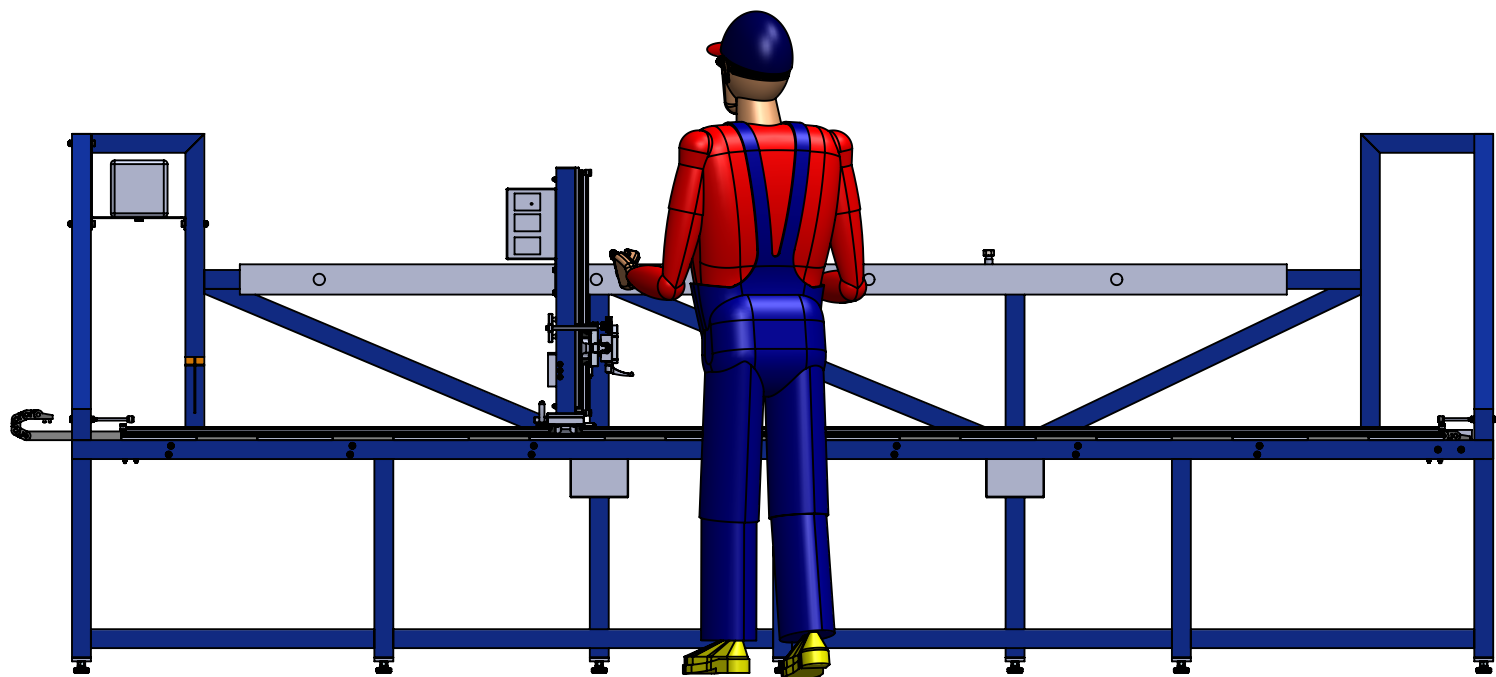
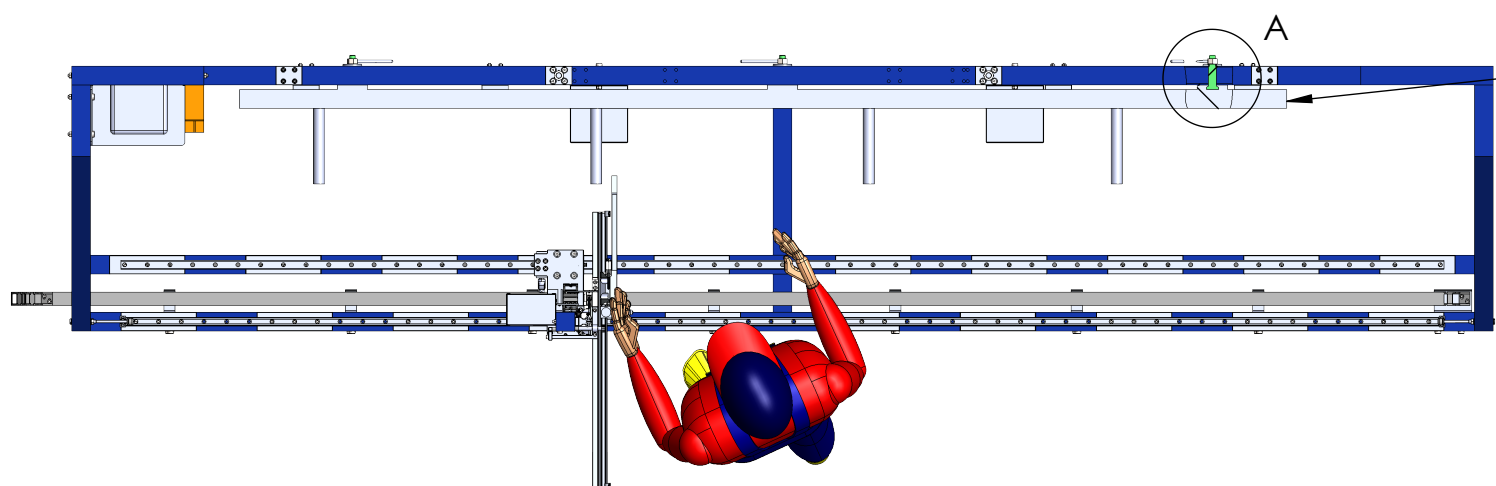


TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-fH		NA					
Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY 1	MATERIAL MATERIAL NA	TRAT. TERMICO HEAT TREAT. NA	FOLGA CORTE REST CUT / SIDE / LADO	SOBRE-ESP. ALLOWANCE NA	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr. NA
REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 20/05/2024 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro 	
CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA	PROJECTO PROJECT Est.Ver.Pos.					
ESCALA SCALE 1:20	DESIGNACAO DESIGNATION Estrutura total com sistema transfer de aperto roscado superior			 CODIGO DES. DRW CODE 44		A3	



DETALHE A
ESCALA 1 : 5



Nº.	Descrição	Norma	Material	Quant.
1	Estrutura total			1
2	Sistema transfer de aperto rápido - representação			1
3	Operador			1

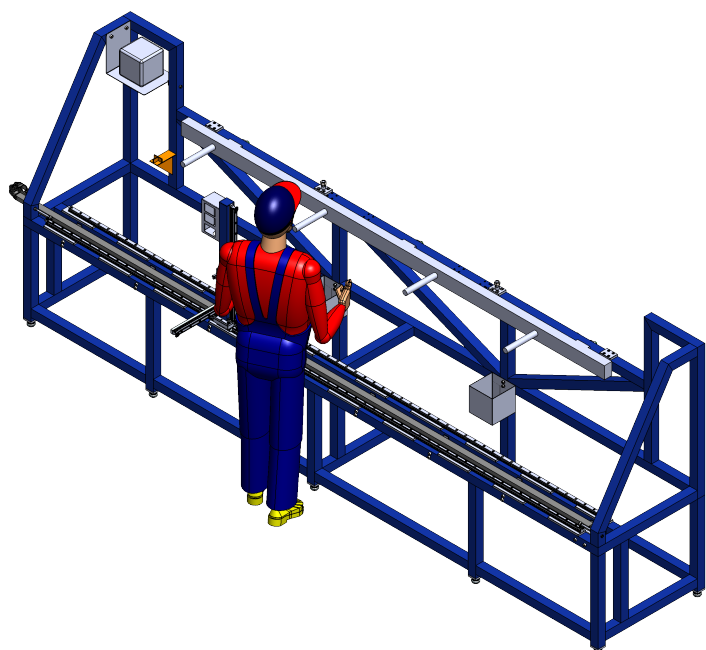
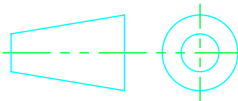


TABELA AUTO CONTROLO		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GERAL GEN. TOLERANCE		Dimensões Máximas		NOTA : NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
ISO 2768-fH		NA					
Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY 1	MATERIAL MATERIAL NA	TRAT. TERMICO HEAT TREAT. NA	FOLGA CORTE REST CUT / SIDE / LADO	SOBRE-ESP. ALLOWANCE NA	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr. NA
REVISAO Nº REVISION Nr. Rev1	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 20/05/2024 Filipe Couto	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY		APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		Gestamp Gestamp Aveiro	
CLIENTE CLIENT NA	REF. CLIENTE CLIENT REF. NA	PROJECTO PROJECT Est.Ver.Pos.					
ESCALA SCALE 1:20	DESIGNACAO DESIGNATION Estrutura total com sistema transfer de aperto rápido				 CODIGO DES. DRW CODE 45		A3

Apêndice F

Lista de materiais da estrutura de verificação de posição de sistemas *transfer*.

Nº Desenho	Componente	Quantidade	Material	Dimensões	Custo (€)
1	Estrutura base - retaguarda da estrutura	1	aço	14,855 m perfil 50x50x3	
2	Estrutura base - frente e reforços	1	aço	26,831 m perfil 50x50x3	
30	Barra vertical	1	aço	0,65825 m perfil 50x50x3	
3	Zero máquina - base	1	aço	chapa 3x50x125	
3	Zero máquina - encosto	1	aço	chapa 3x20x50	
3	Zero máquina - encosto lateral	1	aço	chapa 3x20x30	
3	Zero máquina - reforço	1	aço	chapa 3x125x125	
8	Suporte calha X	7	aço	chapa 3x50x134,42	
9	Suporte com fixação calha X	1	aço	chapa 3x100x128,42	
10	Caixa acessórios	2	aço	chapa 1,5x451,71x451,81	
12	Suporte caixa LED's	1	aço	chapa 3x210x497,42	
26	Suporte calha YZ	1	aço	chapa 3x53,98x82,50	
28	Suporte fixo calha YZ	1	aço	chapa 3x80x115,06	
29	Suporte calha X na barra Y	1	aço	chapa 3x39x144,71	
31	Caixa ecrãs	1	aço	chapa 1,5x310,64x346,47	
32	Tampa caixa ecrãs	1	aço	chapa 1,5x128x185	
4	Patela	4	aço	10x50x200	
5	Patela interior	16	aço	10x50x200	
6	Placa pés	9	aço	10x50x50	
14	Posicionadores	6	aço	50x52,5x70	
15	Centrador para aperto rápido	3	aço	Ø32x91	
20	Travão - base travão	1	aço	20x85x118,9	
21	Travão - suporte esquerdo travão	1	aço	10x35x75	
22	Travão - veio travão	1	aço	Ø20x60	
27	Pino fixação guias	6	aço	Ø10x81	

Apêndice F

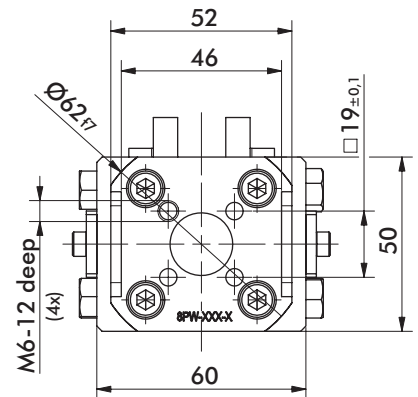
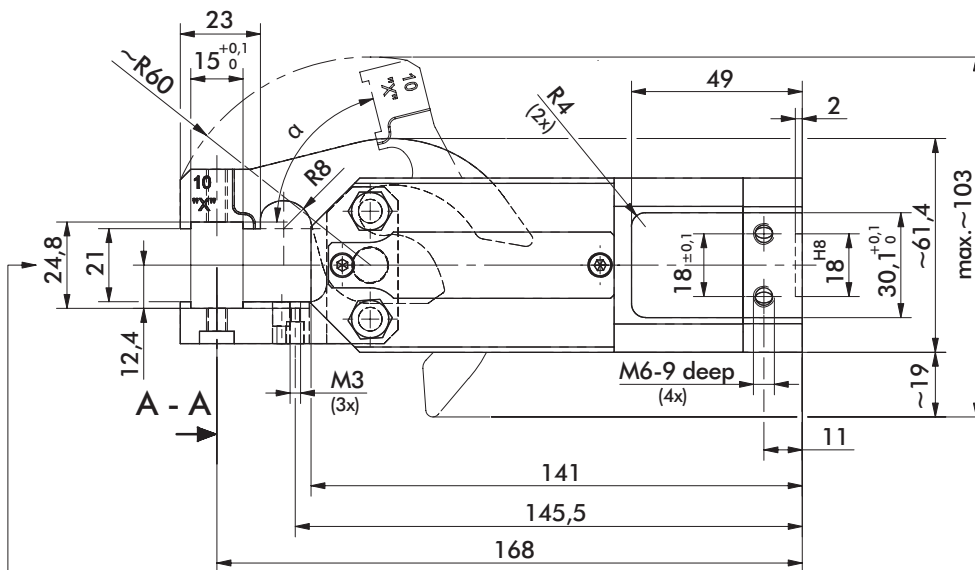
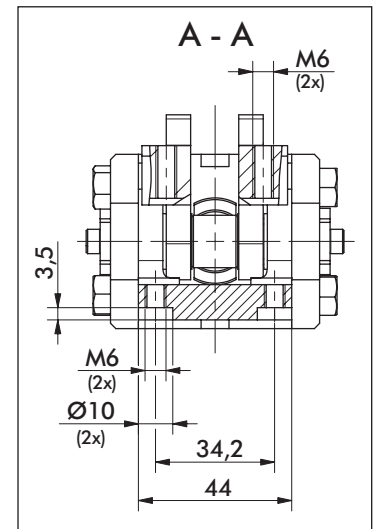
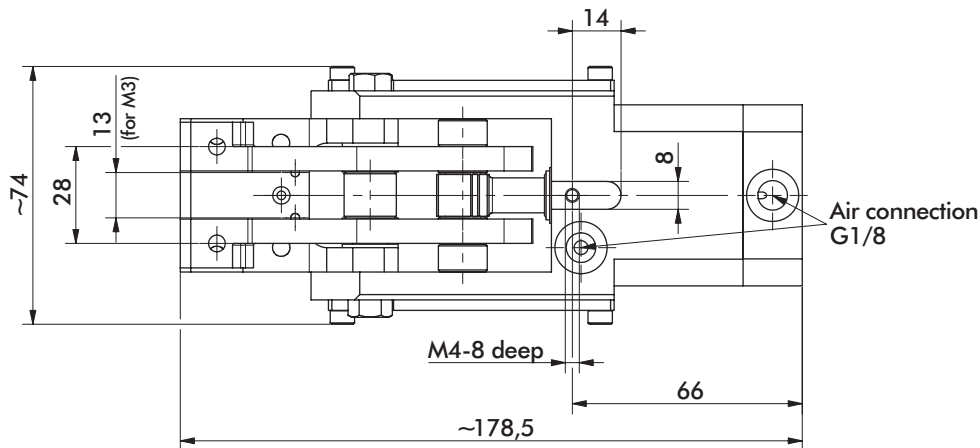
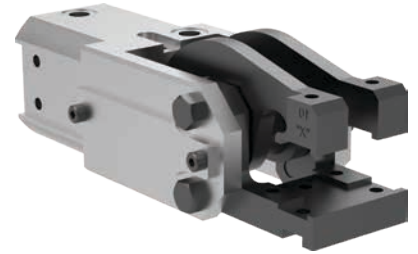
34	Sapata	1	aço	10x88x94	
35	Patela vertical	1	aço	10x23x655	
37	Cavilha para bases	2	aço	ø8x18	
39	Limitador esquerdo	1	aço	ø15x151,80	
40	Limitador direito	1	aço	ø15x135	
13	Calços	2	alumínio	12,5x50x70	
18	Ponteira	1	alumínio	20x100x381,20	
24	Base guia Z	1	alumínio	20x96,20x157	
25	Suporte guia Z	1	alumínio	15x23x730	
33	Base barra vertical	1	alumínio	20x131,2x232	
-	Pé nivelador Schwaderer - SFE40	9	-	-	59,8
-	Amortecedor Norelem - 26180-01707	4	-	-	36,4
-	Topos de borracha Norelem - 26106-01001055	3	-	-	3,4
-	Ecrã Rexroth - R320103179/2019-12	3	-	-	3000,0
-	Travão Rexroth - R1619 242 82	2	-	-	483,2
-	Patim Rexroth - IMSC-KWD-025-FNS-C1-P-SS-0-01-I4-F-200-D	1	-	-	828,9
-	Patim Rexroth - IMSC-KWD-025-FNS-C1-P-SS-0-01-I4-F-100-D	2	-	-	939,7
-	Patim Rexroth - KWD-025-FNS-AL-C0-N-SS-R-01-S1-S4-BX-LS-000-RS-000-01	1	-	-	88,1
-	Guia Rexroth - IMSC-KSA-025-SNS-P-MA-MT-1-RD-20-D-00646	1	-	-	401,1
-	Guia Rexroth - IMSC-KSA-025-SNS-P-MA-MT-1-RD-20-D-00730	1	-	-	442,3
-	Guia Rexroth - IMSC-KSA-025-SNS-P-MA-MT-1-RD-20-D-03500	1	-	-	1413,1
-	Guia Rexroth - KUGELSCHIENE CS KSA-025-SNS-P-MA-AK (3500 mm)	1	-	-	320,6
-	Calha Igus - 0.38m E08-30-028-0 + 080-30-12-A4	1	-	-	18,0
-	Calha Igus - 3.904m E2-17-025-028-0 + 1025-34P-A2	1	-	-	149,5
-	Parafuso FHC ISO 10642 M3x10	8	aço	-	
	Parafuso CHC ISO 4762 M5x8	3	aço		

-	Parafuso CHC ISO 4762 M8x16	12	aço	-	
-	Parafuso CHC ISO 4762 M6x30	12	aço	-	
	Parafuso CHC ISO 4762 M6x25	60	aço		
-	Parafuso CHC ISO 4762 M6x20	6	aço	-	
-	Parafuso CHC ISO 4762 M6x16	6	aço	-	
-	Parafuso CHC ISO 4762 M6x12	4	aço	-	
-	Parafuso CHC ISO 4762 M6x65	8	aço	-	
	Parafuso CHC ISO 4762 M6x85	5	aço		
-	Parafuso CHC ISO 4762 M8x65	4	aço	-	
-	Parafuso CHC ISO 7379 com liso 8x50 - M6	27	aço	-	
-	Parafuso CHC ISO 7379 com liso 10x50 - M8	20	aço	-	
-	Anilha plana ISO 7089 M6	3	aço	-	
-	Anilha plana ISO 7089 M8	22	aço	-	
-	Porca hexagonal ISO 4032 M16	6	aço	-	
-	Porca hexagonal ISO 4032 M6	110	aço	-	
-	Porca hexagonal ISO 4032 M3	8	aço	-	
-	Porca hexagonal ISO 4032 M8	26	aço	-	

Anexo A

84A3.31 SERIES (FIXED LOWER JAW)

Cam Type Sheet Metal Grippers | Dimensions and Technical Specifications



Addition of gripper teeth height and thickness of the clamped plate must be 24,8 mm. It might be necessary to use shim plates or to grind off the gripper teeth.

Medium air, max. 6 bar. Operation with oil-free air is permissible.

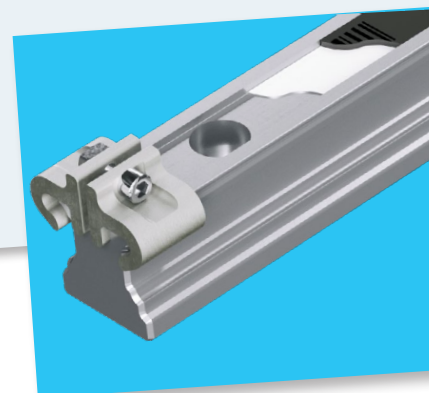
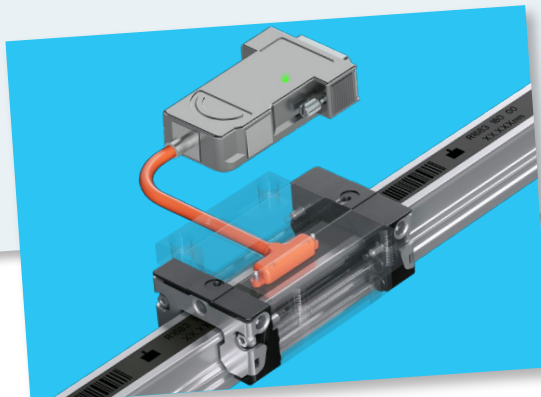
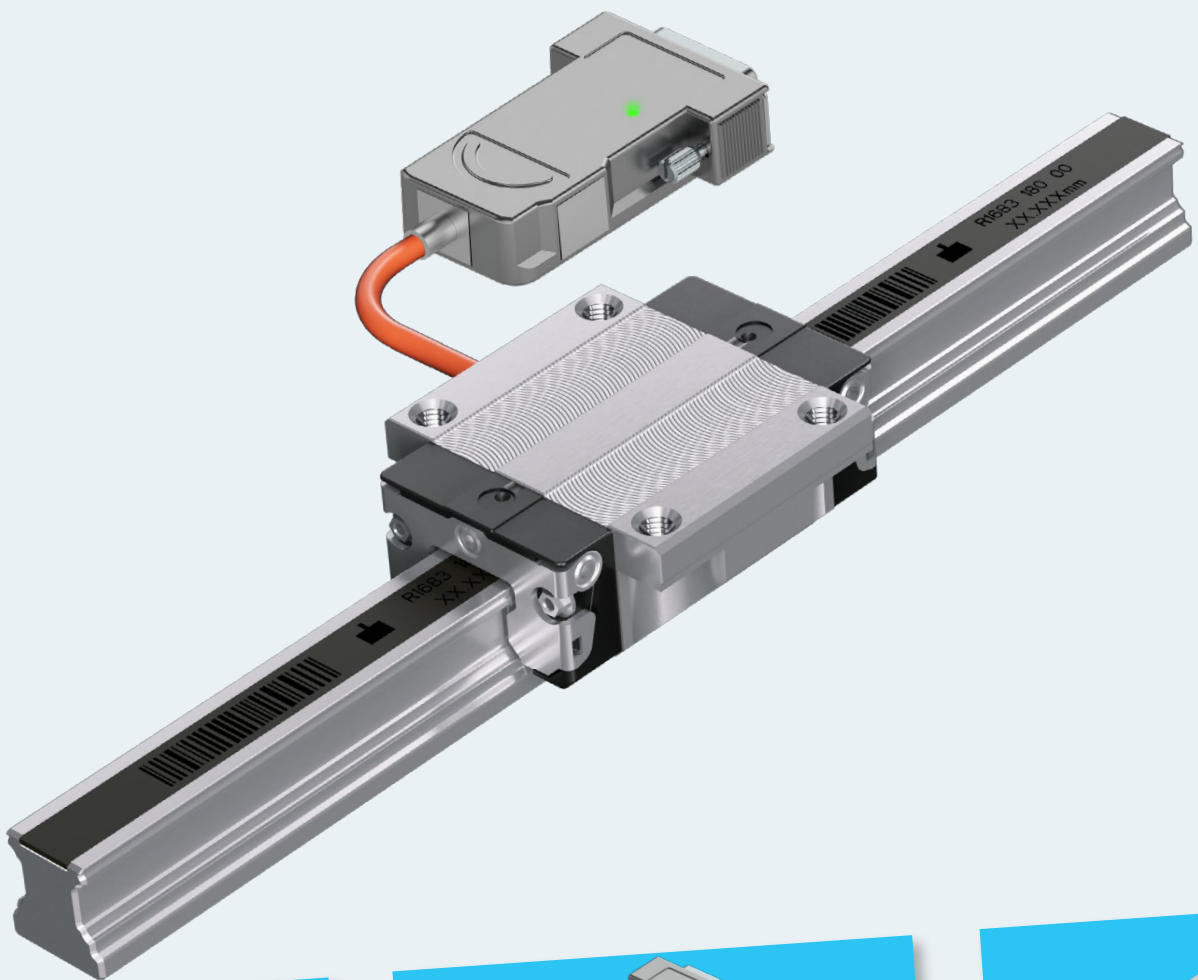
NOTE! Any extension of the moveable or fixed gripper jaws as well as the additional attachment of weights will void warranty.

Model 84A3.31	Opening Angle α	Clamping force at 5 bar ~N [lbf]	Weight Kg [lbs]
-	76°	1500 [337]	1,3 [2.87]
X	30°		
Y	45°		
Z	60°		

Anexo B

IMScompact integrated measuring system

for ball rail systems BSHP

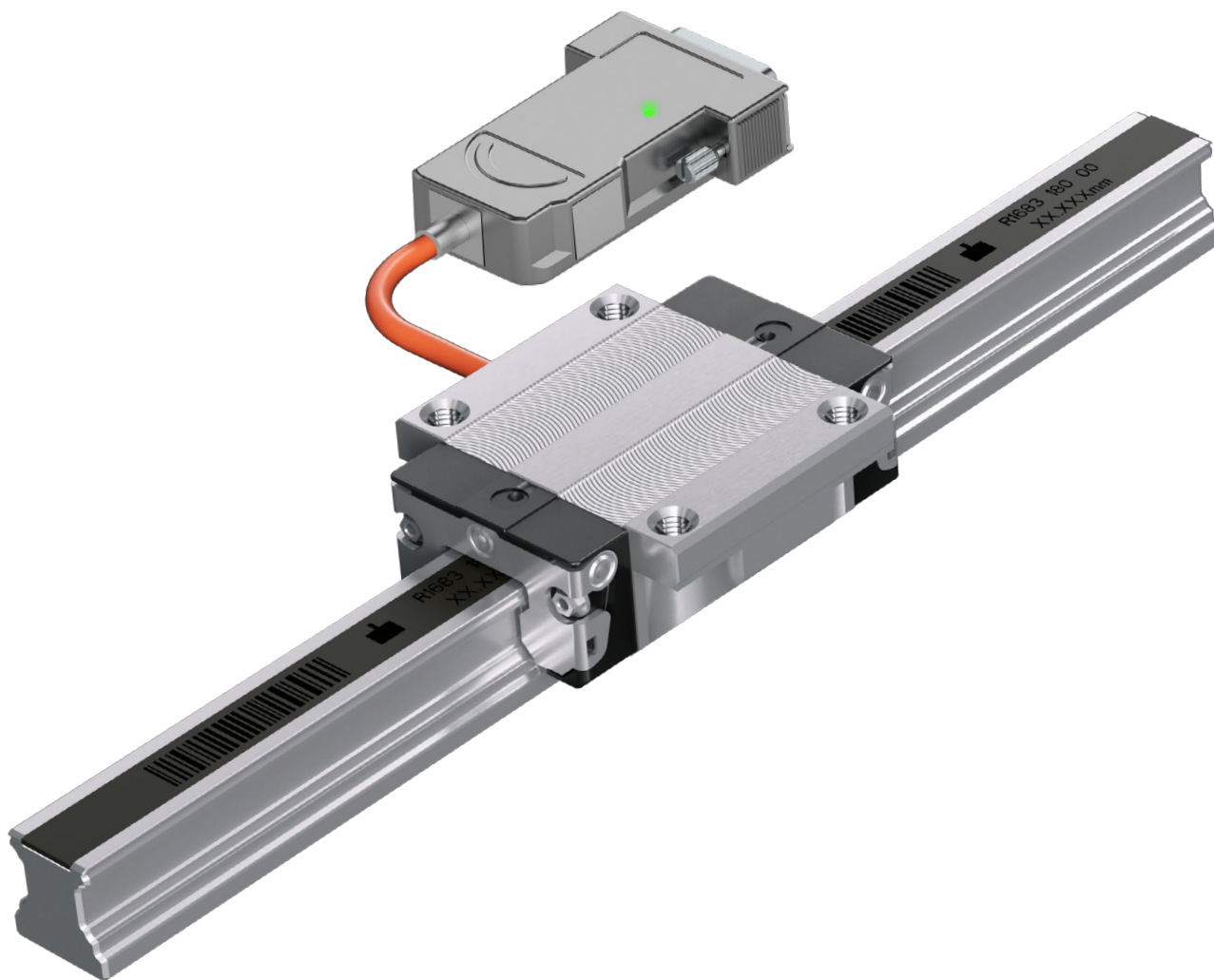


Product overview

With the new integrated, magnetic measuring system "IMScompact", Rexroth expands their product range of integrated measuring systems and thus opens up an extended area of application for linear position measurement systems.

With minimal spatial requirements, i.e. the new size 15, a maximum measuring length of up to 17.8 meters across rail joints, with incremental and absolute interfaces as well as with a simplified structural design, the new IMScompact series supplements the highly precise IMS inductive measuring system. It is applied in a wide variety of fields in automation technology, wood and plastics processing, sheet metal working, linear direct drive technology and general mechanical engineering.

The proven Rexroth quality characteristics of interchangeable design, modularity, robustness and easy assembly were consistently continued here. In connection with superior logistics, the global distribution and service, the customer will benefit from simplified work across the entire value adding chain from structural design, purchasing and logistics to assembly and maintenance.



At a glance

Compact	▶ Construction-space neutral, integrated scanner electronics ▶ Sizes 15, 20, and 25 in six runner block designs ▶ Runner block accessible from all sides (lubrication, cleaning)	
Flexible	▶ Magnetic strip can be installed across rail joints ▶ Length finishing with manual tools ▶ Any magnetic strip and rail size can be combined with any electrical interface ▶ Compatible with the full BSHP product range ▶ Compatible with the braking and clamping units, bellows, front seals and front lube units ▶ Lateral cable output in all directions	
Robust	▶ Protection class IP67 without buffer air and encapsulation ▶ Dirt-resistant magnetic measuring principle ▶ Recirculating seals for protection against dirt and media ▶ Sensors shielded by steel bodies, no interference from external magnetic fields (e.g. linear motor) ▶ Measurement close to and stiff at the tool center point ▶ Optional clip cover strip	
Cost-effective	▶ Mount & Guide & Measure: fully adjusted Plug & Play complete system ▶ Favorable component price ▶ No additional assembly or disposition required	
Future-proof	▶ Global service and spare parts from the BSHP building system ▶ Compatible with all established drive controllers and measuring displays ▶ Easy replacement	
Powerful	Repeatability:	±1 µm
	System accuracy:	±20 µm/m
	Voltage supply:	10 ... 30VDC
	Incremental:	1Vss (1 mm) and TTL (10 µm) reference track, pitch-coded
	Absolute:	SSI (10µm) with 1Vss (1mm), combination encoder interface
	Highly dynamic:	up to 5 m/s
	Measuring length:	up to 17.8 m
	Several scanners on one rail possible	

Encoders and other interfaces which are suitable for drive-integrated safety technology are currently being prepared.

Ball guide rail for IMScompact

Product overview and type key, ball guide rails

Measuring ball guide rails are available as one-piece (up to 6,000 mm) and multi-piece (butted) version (up to 17,800 mm).

Short type designation / ordering code for IMScompact ball guide rail:

I	M	S	C	-	K	S	A	-	0	2	0	-	S	N	S	-	P	-	M	A	-	M	T	-	1	-	R	D	-	2	0	-	D	-	1	7	8	0	0		
									1				2				3		4		5		6		7		8		9												

1 Size

Characteristic	Name
015	Size 15
020	Size 20
025	Size 25

3 Accuracy class

Characteristic	Name
P	Precision
H	High

5 Cover

Characteristic	Name
MT	Magnetic strip, strip clamp
00 ¹⁾	without

7 Coding

Characteristic	Name
RD	Distance-coded reference marks

9 Documentation

Characteristic	Name
D	Standard

¹⁾ The magnetic strip may also be ordered separately – see accessories

2 Format

Characteristic	Name
SNS	Slimline, normal, standard height

4 Fastening

Characteristic	Name
MA	Bolting from above

6 Number of sections

Characteristic	Name
1	1-piece
2	2-piece
...	...
8	8-piece

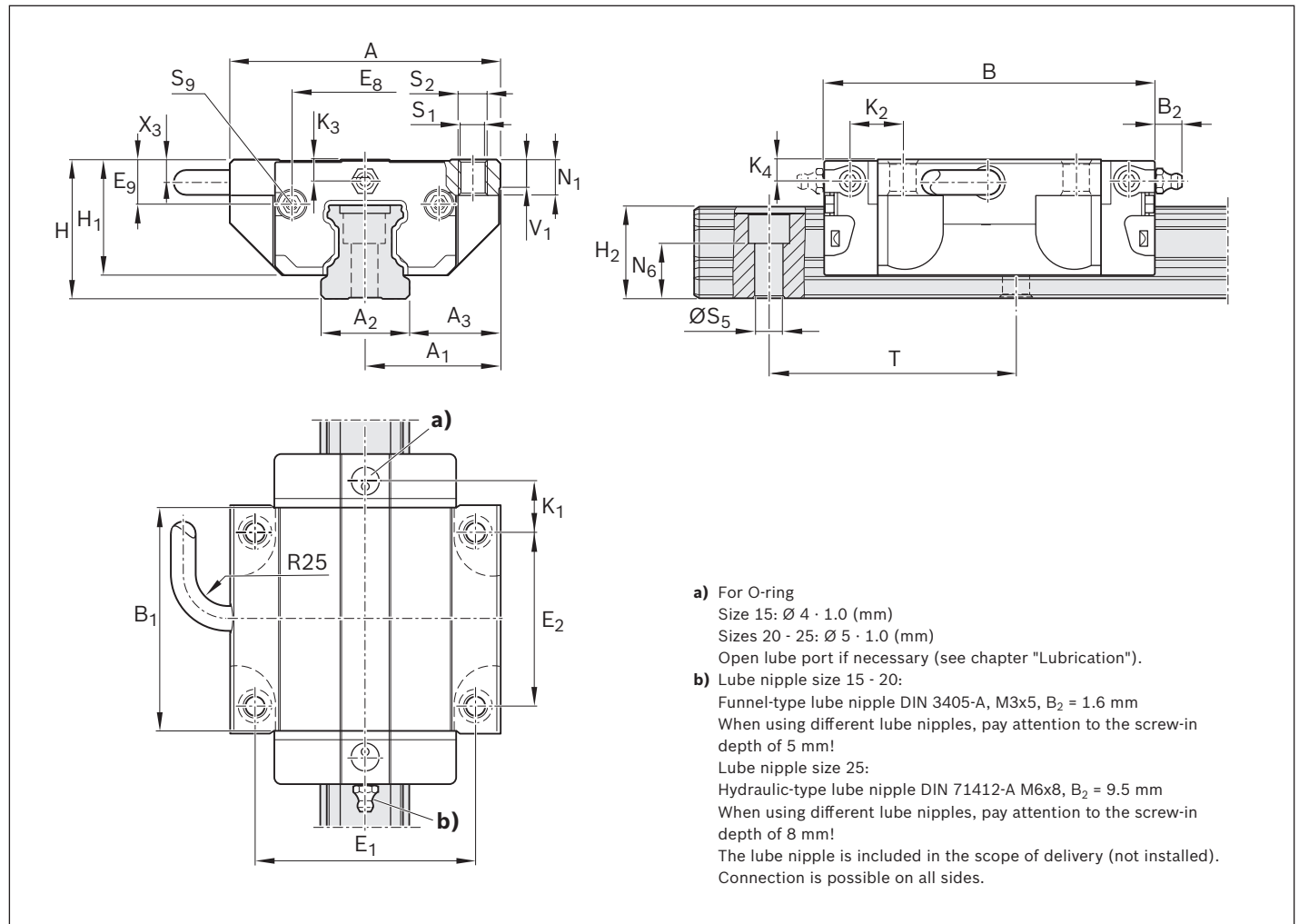
8 Accuracy scale

Characteristic	Name
20	±20 µm/m

10 Overall length

Characteristic	Name
$L_{\min} \leq L \leq 17800$	mm

FNS (Flanged, normal, standard height)



Size	Dimensions (mm)																			
	A	A ₁	A ₂	A ₃	B ^{+0,5}	B ₁	E ₁	E ₂	E ₃	X ₃	E ₈	E ₉	H	H ₁	H ₂ ¹⁾	H ₂ ²⁾	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
15	47	23.5	15	16.0	58.2	39.2	38	30	26	4.25	24.55	6.70	24	19.90	16.30	16.20	8.00	9.6	3.20	3.20
20	63	31.5	20	21.5	75.0	49.6	53	40	35	5.90	32.50	7.30	30	25.35	20.75	20.55	11.80	11.8	3.35	3.35
25	70	35.0	23	23.5	86.2	57.8	57	45	40	8.25	38.30	11.50	36	29.90	24.45	24.25	12.45	13.6	5.50	5.50

Size	Dimensions (mm)										Mass (kg)	Load ratings (N)		Load moments (Nm)			
	N ₁	N ₂	N ₆ ^{±0,5}	S ₁	S ₂	S ₅	S ₉	T	V ₁	m		C	F _{max}	M _t	M _{t,max}	M _L	M _{L,max}
15	5.2	4.40	10.3	4.3	M5	4.5	M2,5x3,5	60	5.0	0.20	9 860	3 290	95	30	68	20	
20	7.7	5.20	13.2	5.3	M6	6.0	M3x5	60	6.0	0.45	23 400	7 800	300	100	200	70	
25	9.3	7.00	15.2	6.7	M8	7.0	M3x5	60	7.5	0.65	28 600	9 530	410	140	290	100	

¹⁾ Dimension H₂ with cover strip

²⁾ Dimension H₂ without cover strip

Ball guide rail for IMScompact

Product overview and type key, ball guide rails

Measuring ball guide rails are available as one-piece (up to 6,000 mm) and multi-piece (butted) version (up to 17,800 mm).

Short type designation / ordering code for IMScompact ball guide rail:

I	M	S	C	-	K	S	A	-	0	2	0	-	S	N	S	-	P	-	M	A	-	M	T	-	1	-	R	D	-	2	0	-	D	-	1	7	8	0	0
									1		2			3	4	5		6	7	8	9	10																	

1 Size

Characteristic	Name
015	Size 15
020	Size 20
025	Size 25

3 Accuracy class

Characteristic	Name
P	Precision
H	High

5 Cover

Characteristic	Name
MT	Magnetic strip, strip clamp
00 ¹⁾	without

7 Coding

Characteristic	Name
RD	Distance-coded reference marks

9 Documentation

Characteristic	Name
D	Standard

¹⁾ The magnetic strip may also be ordered separately – see accessories

Bosch Rexroth AG, R999001485/2022-03

1	Size	2	Format
---	------	---	--------

Characteristic	Name	Characteristic	Name
015	Size 15	SNS	Slimline, normal, standard height

3 Accuracy class **4 Fastening**

Characteristic	Name	Characteristic	Name
P	Precision	MA	Bolting from above

5 Cover **6 Number of sections**

Characteristic	Name
MT	Magnetic strip, strip clamp
00 ¹⁾	without

Characteristic	Name
1	1-piece
2	2-piece
...	...
8	8-piece

7 Coding 8 Accuracy scale

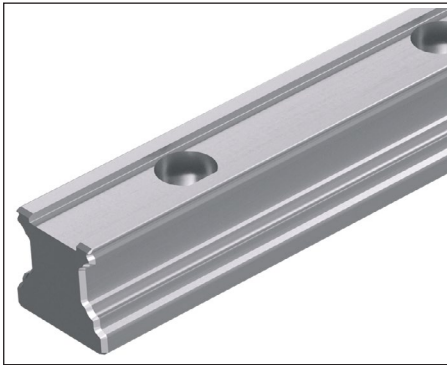
Characteristic	Name	Characteristic	Name
RD	Distance-coded reference marks	20	±20 μm/m

9 Documentation 10 Overall length

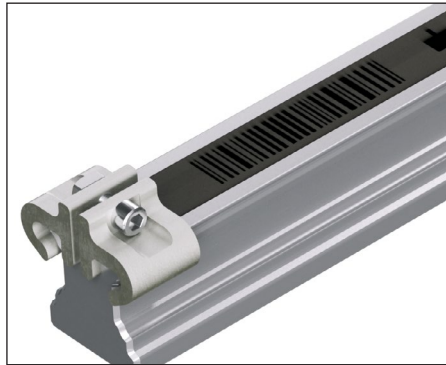
Characteristic	Name
D	Standard

Characteristic	Name
$L_{\min} \leq L \leq 17800$	mm

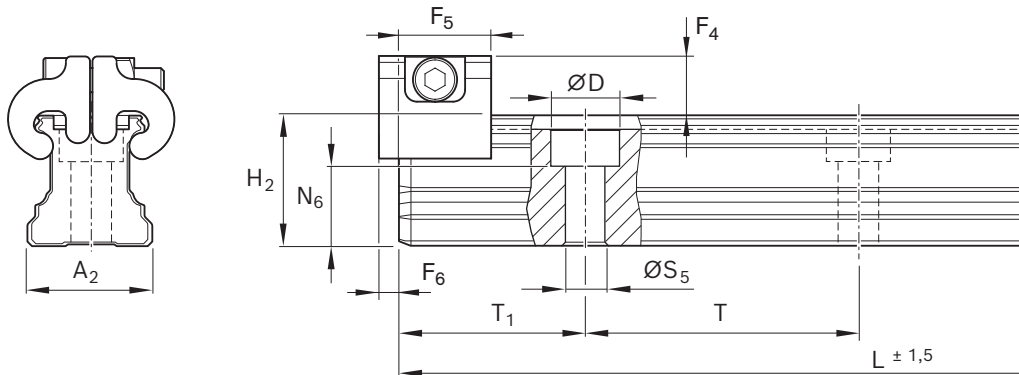
Ball guide rail for IMScompact



Without magnetic strip: Option 00



With magnetic strip and strip clamp Option MT



Size	Dimensions (mm)													Mass m (kg/m)
	A ₂	D	H ₂ ¹⁾	L _{max} ²⁾	N ₆ ^{±0,5}	S ₅	T	T _{1 min}	T _{1S} ³⁾	T _{1 max}	F ₄	F ₅	F ₆	
15	15	7.4	16.20	3 836	10.3	4.5	60	12	28.0	48	7.3	12.0	2.0	1.4
20	20	9.4	20.55	3 836	13.2	6.0	60	13	28.0	47	7.1	12.0	2.0	2.4
25	23	11.0	24.25	3 836	15.2	7.0	60	13	28.0	47	8.2	13.0	2.0	3.2

¹⁾ Dimension H₂ without cover strip

²⁾ For sizes 20 - 25, ball guide rails up to 5816 mm are available upon request.

³⁾ Preferred dimension T_{1S} with tolerances ± 0.75 recommended.

Model code IMSC-KSA-025-SNS-P-MA-MT-1-RD-20-D-03500

[Link to configuration](#)

Hint: Link to configuration valid until 2024-08-22

Description

Model	IMSC-KSA	Integrated measuring system
Mechanical system design	IMSC-KSA	Ball guide rail with integrated position measurement system IMScompact
Size	025	Size 25
Design	SNS	Slimline, normal, standard
Accuracy class	P	Precision
Mounting	MA	Bolting from above
Cover	MT	Magnetic strip and strip clamp
Order or part number	R168000000	
Length	3500 mm	Tolerance +/-1.5 mm
T1	40 mm	Tolerance +/-0.75 mm
Number of sections	1	
Coding	RD	With distance-coded reference marks
Accuracy class scale	20	20 µm
Documentation	D	Standard
Drill row	40 / 57 * 60 / 40	

To configure a matching runner block

Model code IMSC-KSA-025-SNS-P-MA-MT-1-RD-20-D-00646

[Link to configuration](#)

Hint: Link to configuration valid until 2024-08-22

Description

Model	IMSC-KSA	Integrated measuring system
Mechanical system design	IMSC-KSA	Ball guide rail with integrated position measurement system IMScompact
Size	025	Size 25
Design	SNS	Slimline, normal, standard
Accuracy class	P	Precision
Mounting	MA	Bolting from above
Cover	MT	Magnetic strip and strip clamp
Order or part number	R168000000	
Length	646 mm	Tolerance +/-1.5 mm
T1	23 mm	Tolerance +/-0.75 mm
Number of sections	1	
Coding	RD	With distance-coded reference marks
Accuracy class scale	20	20 µm
Documentation	D	Standard
Drill row	23 / 10 * 60 / 23	

To configure a matching runner block

Model code IMSC-KSA-025-SNS-P-MA-MT-1-RD-20-D-00730

[Link to configuration](#)

Hint: Link to configuration valid until 2024-08-16

Description

Model	IMSC-KSA	Integrated measuring system
Mechanical system design	IMSC-KSA	Ball guide rail with integrated position measurement system IMScompact
Size	025	Size 25
Design	SNS	Slimline, normal, standard
Accuracy class	P	Precision
Mounting	MA	Bolting from above
Cover	MT	Magnetic strip and strip clamp
Order or part number	R168000000	
Length	730 mm	Tolerance +/-1.5 mm
T1	35 mm	Tolerance +/-0.75 mm
Number of sections	1	
Coding	RD	With distance-coded reference marks
Accuracy class scale	20	20 µm
Documentation	D	Standard
Drill row	35 / 11 * 60 / 35	

To configure a matching runner block

Model code IMSC-KWD-025-FNS-C1-P-SS-0-01-I4-F-100-D
Material number R040109403

[Link to configuration](#)

Description

Type of construction	IMSC	
Mechanical format	KWD	
Size	025	Size 25
Design	FNS	Flanged, normal, standard height
Preload class	C1	low preload
Accuracy class	P	P - Precision
Seal	SS	Standard seal
Ball retainer	0	Without ball retainer
Lubrication	01	Prelubricated, preserved
Interface	I4	TTL, 10 µm
Connector	F	15-pin DSUB pins TTL/EC
Cable length	100	1,00 m
Documentation	D	Standard seal

To configure a matching guide rail

Model code IMSC-KWD-025-FNS-C1-P-SS-0-01-I4-F-200-D
Material number R040110586

[Link to configuration](#)

Description

Type of construction	IMSC	
Mechanical format	KWD	
Size	025	Size 25
Design	FNS	Flanged, normal, standard height
Preload class	C1	low preload
Accuracy class	P	P - Precision
Seal	SS	Standard seal
Ball retainer	0	Without ball retainer
Lubrication	01	Prelubricated, preserved
Interface	I4	TTL, 10 µm
Connector	F	15-pin DSUB pins TTL/EC
Cable length	200	2,00 m
Documentation	D	Standard seal

To configure a matching guide rail

Anexo C

IMScompact integrated measuring system

Position display (24 VDC)

R320103179/2019-12

EN

Instructions



- Position display with signal input for 1 axis
- Input for IMScompact TTL
- Adjustable reference value, tool offset and saw blade thickness
- 7-digit LCD display, including sign and measuring units
- 2 configurable digital control inputs
- Data memory in case of power failure

3 Product features

3.1 General information



Fig. 1: Position display

The compact position display has a 10 mm high LCD display which allows a comfortable and accurate reading of the actual position. It can be set to 0 or to an arbitrary reference value via the dust-proof front keypad or external signals.



NOTE!

In a de-energized state, movements or displacements of the measuring system or the encoder cannot be detected! With incremental measuring systems, a referencing procedure must be performed after activation of the supply voltage. Corresponding information can be found in the operating instructions of the respective measuring system.

3.2 Product features

The display unit has numerous useful functions and programmable features:

- Position display with signal input for 1 axis
- Input for conventional encoders and measuring systems
- Adjustable reference value, tool offset and saw blade thickness
- 7-digit LCD display, including sign and measuring units
- Encoder supply +24 V DC
- Easy assembly
- Switching between relative and absolute dimension on the front panel
- Data storage in case of power failure
- 1, 2 and 4-fold edge triggering

Further information on these functions can be found within these operating instructions.

4 Technical data

4.1 Identification

The name plate serves for accurate identification of the unit. It is located on the housing of the device and gives information about the exact order designation (see type designationl  11). Furthermore, the name plate contains a unique and traceable device number. When corresponding with Rexroth, please always indicate and use this information.

4.2 Dimensions

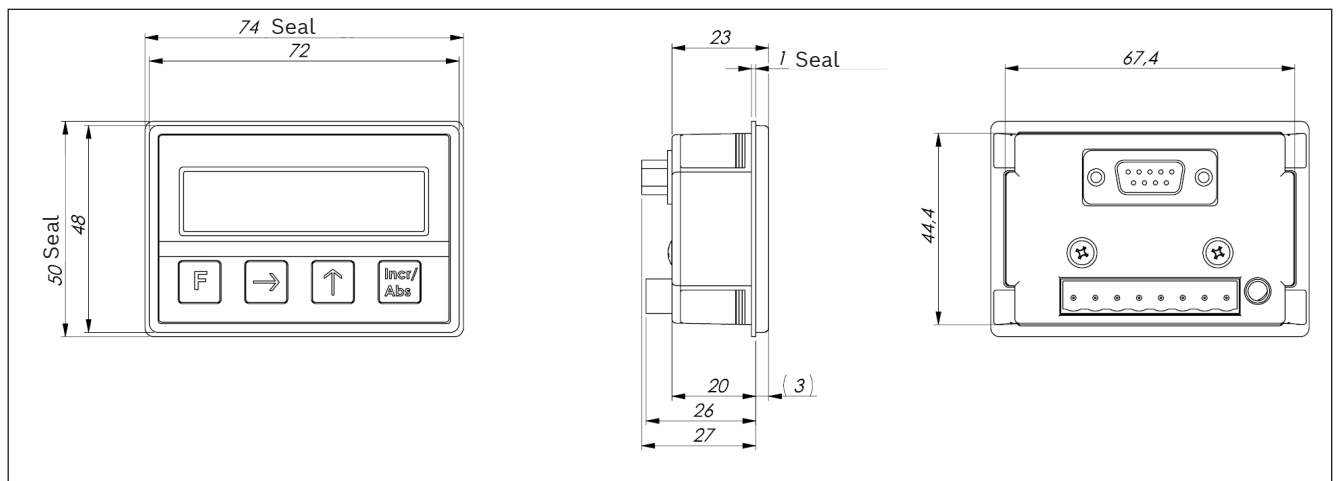


Fig. 2: Dimensions

4.3 Technical data

Table 1: Technical data

Power supply voltage	24 V DC +/- 20 %
Current consumption	25 mA (without measuring system)
Reverse polarity protection	yes
Encoder supply	24 V DC
Load-carrying capacity by measuring system	max. 300 mA
LCD display	7 decade counters, character height 10 mm, including sign and measuring units
Perspective	12 o'clock
Keyboard	Foil with short-stroke keys
Measuring units	mm, m, inch, rpm or degrees
System accuracy	+/- 1 digit
Operating temperature	0 ... +50 °C
Storage temperature	-20 ... +80 °C
Humidity	max. 80 %, non-condensing
Inputs	max. input current 10 mA, PNP (active high), switching voltage 24 V DC
Input frequency	max. 80 kHz
Power-down memory	FRAM
Housing	Standard panel housing, ABS plastic, black
Housing dimensions	W x H = 72 x 48 mm
Installation depth	27 mm (without connection plug)
Panel cutout	W x H = 68 x 45 mm
Protection type front side	IP54 (when installed with seal) IP43 (when installed without seal)
Protection type rear side	IP40