



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Pedro Rodrigues Martins

Projeto de uma Solução de Limpeza de Moldes
Cerâmicos

Junho de 2022



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Pedro Rodrigues Martins

Projeto de uma Solução de Limpeza de Moldes Cerâmicos

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica
Sistemas Mecatrónicos

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Mendes Machado

Junho de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

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

AGRADECIMENTOS

Agradecer a todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para que fosse possível realizar a dissertação que se apresenta.

Ao meu orientador, o professor doutor José Mendes Machado, por toda a disponibilidade e paciência que demonstrou para comigo durante todo o período de realização desta dissertação.

À empresa Grupo ESI, pela oportunidade que me deram em poder realizar um estágio curricular com eles, que tornou esta dissertação possível.

Um agradecimento extremamente especial aos meus pais, José Carlos Pereira Martins e Maria do Céu Rodrigues Monteiro, pelo seu apoio incondicional e por nunca me deixarem desistir. Sem o apoio deles nada disto seria possível.

Um agradecimento também muito especial ao meu grupo de amigos mais próximo, Pickle Rick, por todo apoio e pelos grandes momentos vividos durante estes cinco anos. São definitivamente aquilo que de melhor levo do meu período académico.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

RESUMO

Esta dissertação surge no âmbito de uma dissertação em empresa no Grupo ESI – Engenharia, Soluções e Inovação, situada em Esmeriz, Famalicão. Este trabalho aborda o desenvolvimento de uma solução para realizar a limpeza de moldes cerâmicos usados para a produção de luvas de latex descartáveis.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica focada nas metodologias de projeto mecânico, permitindo perceber melhor todo o processo que esta por detrás do desenvolvimento de um projeto como o presente nesta dissertação. Realizou-se também um estudo de mercado sobre o processo de produção de luvas de latex, assim como uma pesquisa por sistemas de limpeza automáticos já existentes, permitindo este retirar ideias e pontos relevantes para o desenvolvimento do trabalho.

De seguida, foram definidas as especificações, requisitos e funções do equipamento do projeto. Com base nestas foram desenvolvidas várias soluções conceptuais, sendo destas foi selecionada uma solução final. Selecionada esta solução, a mesma foi detalhada, tanto o seu processo de produção e justificação da sua configuração, como o seu processo de montagem. Foi também detalhada a lógica de funcionamento do equipamento desenvolvido.

Por fim, apresentam-se as principais conclusões e considerações a retirar do trabalho desenvolvido, assim como se referem possíveis trabalhos futuros.

PALAVRAS-CHAVE

Projeto mecânico; Luvas de latex; Limpeza de moldes cerâmicos

ABSTRACT

This dissertation arises as part of a thesis in a company at Grupo ESI – Engenharia, Soluções e Inovação, located in Esmeriz, Famalicão. This work addresses the development of a solution to clean ceramic molds used for the production of disposable latex gloves.

Initially, we started by carrying out bibliographic research focused on mechanical design methodologies, allowing a better understanding of the entire process behind the development of a project such as the one presented in this dissertation. A market study was also carried out on the production process of latex gloves, as well as a search for existing automatic cleaning systems, allowing this to extract ideas and relevant points for the development of the work.

Next, the specifications, requirements and functions of the project's equipment were defined. Based on these, several conceptual solutions were developed, from which a final solution was selected. Having selected this solution, it was detailed, both its production process and justification of its configuration, as well as its assembly process. The operating logic of the developed equipment was also detailed.

Finally, the main conclusions and considerations to be drawn from the work are presented, as well as possible future work.

KEYWORDS

Mechanical project; Latex gloves; Ceramic mold cleaning

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	ix
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do projeto.....	1
1.2. Definição dos objetivos.....	1
1.3. Estrutura da dissertação.....	2
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1. Projeto mecatrónico.....	3
2.1.1. Engenharia Mecatrónica.....	3
2.1.2. Engenharia de projeto.....	4
2.1.3. Metodologia de projeto.....	11
2.1.4. Desenvolvimento de produto.....	12
2.2. Estudo de Mercado.....	20
2.2.1. Luva de Látex.....	20
2.2.2. Processo de produção de luvas de Látex.....	20
2.2.3. Mecanismos de limpeza.....	23
3. Projeto conceptual.....	27
3.1. Definição do problema.....	27
3.2. Estabelecimento de objetivos.....	28
3.3. Especificações do projeto.....	30
3.4. Diagrama de funções do equipamento.....	31
3.5. Soluções desenvolvidas.....	32
3.6. Soluções selecionadas.....	34
4. Projeto detalhado.....	39
4.1. Estrutura para coleção de água de lavagem.....	39

4.1.1. Projeto da estrutura	42
4.1.2. Sequência de montagem.....	43
4.2. Suporte para bicos de jato de água	51
4.2.1. Processo de produção e montagem.....	51
4.3. Princípio de funcionamento da solução desenvolvida	55
5. Conclusões e Trabalhos futuros	56
5.1. Conclusão	56
5.2. Trabalhos futuros.....	57
Referências Bibliográficas	58
Anexo 1 – Desenhos técnicos	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Estrutura básica de um sistema mecatrónico. Adaptado de [3]	4
Figura 2.2 - Fluxograma do modelo de 4 etapas. Adaptado de (2).....	5
Figura 2.3 - Fluxograma definido por French (1985). Adaptado de (2).....	6
Figura 2.4 - Ciclo de resolução de problemas como um micro ciclo. Adaptado de [3].....	8
Figura 2.5 - Diagrama em "V" de acordo com a VDI 2206. Adaptado de [3].....	9
Figura 2.6 - Fluxo de projeto mais comumente utilizado. Adaptado de [2]	12
Figura 2.7 - Fluxo de projeto adotado. Adaptado de [1]	12
Figura 2.8 - Exemplo de aplicação do método da árvore de objetivos. Adaptado de [2].....	14
Figura 2.9 - Representação da aplicação da caixa negra. Adaptado de [2].....	15
Figura 2.10 - Diagrama de blocos de funções. Adaptado de [1]	16
Figura 2.11 - Exemplo de um mapa morfológico de um equipamento de extração de batatas. Adaptado de [1].....	17
Figura 2.12 - Diagrama de blocos de funções. Adaptado de (4)	18
Figura 2.13 - Sistema de operação automático em linha. Retirado de [9].....	21
Figura 2.14 - Sistema de operação automático em lote. Retirado de [10].....	21
Figura 2.15 - Pré-molho (esquerda) e aplicador de espuma (direita). Retirado de [13].....	24
Figura 2.16 - Processo de lavagem com escovas. Retirado de [13]	24
Figura 2.17 - Sistema de jatos rotativos. Retirado de [13]	25
Figura 2.18 - Arco de enxaguamento. Retirado de [13]	26
Figura 3.1 - Formato do molde cerâmico.....	28
Figura 3.2 - Árvore de objetivos para a máquina de limpeza de moldes cerâmicos	29
Figura 3.3 - Zona do componente a ser limpa.....	30
Figura 3.4 - Abordagem ao problema sob a forma de "caixa negra"	31
Figura 3.5 - Estrutura de funções do equipamento.....	31
Figura 3.6 - Máquina a ser adaptada.....	33
Figura 3.7 - Mancal.....	34
Figura 3.8 - Suporte para jatos de água 1.....	35
Figura 3.9 – Suporte 1 montado no mancal	35
Figura 3.10 - Suporte para jatos de água 2.....	36
Figura 3.11 - Suporte 2 montado no mancal	36

Figura 3.12 – Suporte para jatos de água 3	37
Figura 3.13 - Suporte 3 montado no mancal	37
Figura 4.1 - Largura da máquina a adaptar (3202 mm).....	39
Figura 4.2 - Comprimento da máquina a adaptar (3258 mm).....	40
Figura 4.3 - Altura máxima útil da máquina a adaptar (469 mm)	40
Figura 4.4 - Estrutura de coleta de água e proteção desenvolvida	41
Figura 4.5 - Vista explodida da estrutura em chapa.....	42
Figura 4.6 - Suporte das chapas centrais.....	43
Figura 4.7 - Vigas a remover para fazer a montagem da estrutura em chapa	43
Figura 4.8 - Montagem de suportes na máquina.....	44
Figura 4.9 - Montagem mecânica dos suportes à máquina	45
Figura 4.10 - Montagem das chapas centrais	45
Figura 4.11 - Montagem mecânica das chapas centrais aos suportes	46
Figura 4.12 - Componentes para fazer a ligação entre as extremidades das chapas centrais..	46
Figura 4.13 - Instalação das chapas laterais	47
Figura 4.14 - Montagem mecânica da chapa na máquina.....	47
Figura 4.15 - Montagem mecânica na zona de ligação	48
Figura 4.16 - Colocação das chapas frontais	48
Figura 4.17 - Montagem mecânica ao perfil da máquina	49
Figura 4.18 - Montagem mecânica às chapas laterais	49
Figura 4.19 - Última chapa a ser montada na estrutura.....	50
Figura 4.20 - Locais de assemblagem das últimas chapas a serem montadas	50
Figura 4.21 - Vista explodida do suporte.....	51
Figura 4.22 - Componente produzido por corte laser e quinagem	52
Figura 4.23 - Primeiro passo na montagem do suporte.....	52
Figura 4.24 – Suporte final montado com realce nos componentes de montagem mecânica .	53
Figura 4.25 - Montagem do suporte de jatos de água no mancal	53
Figura 4.26 - Montagem mecânica do suporte no mancal.....	54
Figura 4.27 - Posicionamento do molde antes de iniciar a limpeza.....	55

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do projeto

A presente dissertação encontra-se inserida no contexto do mestrado integrado em engenharia mecânica, com especialização em sistemas mecatrónicos, da Universidade do Minho, e apresenta o desenvolvimento de uma solução conceptual para a adaptação de uma máquina para fazer a lavagem de moldes cerâmicos.

O desenvolvimento desta dissertação foi feito em parceria com a empresa Grupo ESI – Engenharia, Soluções e Inovação, situada em Esmeriz, Vila Nova de Famalicão, por via de uma dissertação em empresa ao abrigo do mestrado integrado. O Grupo ESI é uma empresa de base tecnológica que foi criada com o objetivo de prestar apoio às empresas, tornando-as mais competitivas e rentáveis. Esta é composta por um departamento de I&D, responsável pela criação de conceitos inovadores e um corpo de engenharia, com valências nas várias áreas da mecânica, automação industrial e robótica. Aplica conceitos de indústria 4.0 e oferece um serviço “chave na mão” desde o projeto, passando pela produção, instalação e serviço pós-venda.

O projeto desenvolvido nesta dissertação insere-se no contexto de um pedido de um cliente da ESI na área da produção de luvas de latex e tem como objetivo o desenvolvimento de uma solução, a aplicar numa máquina já existe para outro processo produtivo das luvas, que seja capaz de realizar a lavagem dos moldes existentes no ambiente industrial.

1.2. Definição dos objetivos

O objetivo desta dissertação prende-se com o desenvolvimento de um conceito para realizar a limpeza de moldes cerâmicos usados na produção de luvas de latex descartáveis. Para que seja possível desenvolver o projeto anteriormente referido, pretende-se fazer um estudo relativo àquilo que é a engenharia de projeto e a sua lógica de pensamento e processos inerentes. Pretende-se também nesta primeira fase perceber o produto e a forma como este é produzido, assim como se pretende estudar outros processos que sejam semelhantes ou que possam trazer pormenores que possam ser aplicados neste projeto.

Numa segunda fase, é importante perceber quais são as necessidades e requisitos do projeto. Tendo os mesmos definidos, pretende-se desenvolver várias soluções e dessas selecionar uma solução final que deve ser capaz de dar resposta a essas mesmas exigências do projeto.

Por fim, é necessário detalhar e explicar a solução desenvolvida, seja por meio de esquemas e modelações ou, se possível, desenvolvendo-se protótipos para a mesma.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por cinco capítulos, nos quais se abordam os seguintes assuntos:

Capítulo 1: Introdução ao projeto de dissertação e descrição dos objetivos.

Capítulo 2: Revisão bibliográfica de projeto mecatrónico e das metodologias inerentes a este. É também feito um estado da arte sobre a produção de luvas de latex e estudo de mercado sobre outros tipos de soluções de limpeza.

Capítulo 3: Identifica-se os objetivos, funções e especificações do equipamento a desenvolver. São geradas várias soluções conceptuais e é selecionada uma solução final.

Capítulo 4: Detalha-se o projeto e a montagem da solução final desenvolvida e explica-se o princípio de funcionamento da mesma.

Capítulo 5: Apresentam-se as considerações finais do projeto e apresentam-se alguns trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No capítulo que se segue é apresentada uma revisão geral dos conceitos essenciais à elaboração da presente dissertação. No mesmo, irão ser abordadas as metodologias existentes para a realização de projeto, assim como as metodologias de aperfeiçoamento de detalhes de produtos já desenvolvidos. Apresenta-se também um estudo sobre as formas atuais de produção de luvas de latex e uma pesquisa de mercado sobre equipamentos alternativos de limpeza.

2.1. Projeto mecatrónico

Este subcapítulo tem como objetivo descrever as metodologias existentes para o desenvolvimento de projeto mecatrónico, servindo estas como uma base para a elaboração da presente dissertação. O capítulo inicia com uma breve introdução à engenharia mecatrónica e, de seguida, são apresentadas as metodologias para o desenvolvimento de um projeto e os modelos que são aplicados no mesmo.

2.1.1. Engenharia Mecatrónica

Cada vez mais a economia é caracterizada pela necessidade de inovação constante de certos produtos, fases de desenvolvimento e ciclo vida dos produtos relativamente curtas acompanhada por uma crescente exigência por parte do consumidor por produtos de melhor performance, preço e qualidade. A Engenharia Mecatrónica é uma das áreas que mais tem potencial de crescimento na economia, pela sua capacidade de integrar várias áreas da engenharia num só produto, o que o torna bastante atrativo [3]. A mesma apresenta na sua base a junção de três áreas distintas: Engenharia Mecânica, Engenharia Eletrónica e Tecnologias de informação.

Através da combinação das três áreas anteriormente referidas, é possível melhorar soluções previamente desenvolvidas, acrescentando-lhes sistemas de controlo de malha fechada, que permite monitorizar o processo desempenhado pelo equipamento através de sensores, por exemplo.

O controlo de malha fechada, referido anteriormente, pode ser observado na fig x. Neste tipo de controlo, temos que os sensores recebem sinais (*inputs*) e os mesmos são processados pelos controladores, que vão definir as ações necessárias para que o sistema desenvolva um comportamento pretendido. Estas ações são executadas pelos atuadores, que proporcionam o comportamento pretendido para o sistema. O sistema, ao entrar em funcionamento, irá mudar de estado, e essa mudança será detetada pelos sensores, repetindo-se o ciclo.

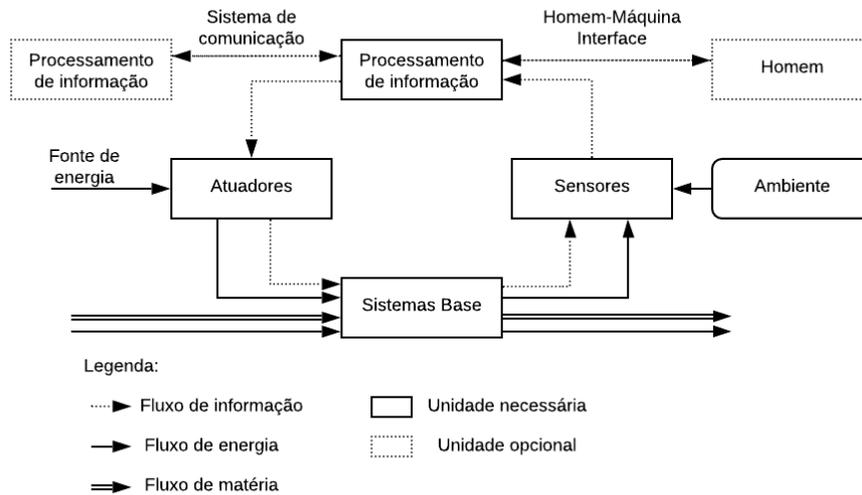


Figura 2.1 - Estrutura básica de um sistema mecatrónico. Adaptado de [3]

Por forma a ser mais visível a inter-relação entre sensores, controladores e atuadores, foi expressa a sua conexão em termos de fluxos. Estes fluxos podem ser divididos em três grupos:

- Fluxos materiais: exemplos de materiais em que fluem entre os componentes dos sistemas mecatrónicos como corpos sólidos, objetos sob teste, gases ou líquidos;
- Fluxos de energia: qualquer forma de energia presente no sistema como mecânica, térmica ou elétrica, mas também variáveis como força ou corrente;
- Fluxos de informação: informação trocada entre componentes do sistema mecatrónico como, por exemplo, variáveis medidas ou dados de controlo.

2.1.2. Engenharia de projeto

Com o avanço da tecnologia, que fomenta a criação de novos e cada vez mais complexos produtos, surge a necessidade de criar modelos e guias que permitam auxiliar o projetista na criação de novos equipamentos. Para que tal seja possível, foram desenvolvidos mapas ou modelos que permitissem conduzir o projetista às melhores soluções possíveis no projeto de um equipamento. Alguns destes modelos descrevem a sequência de atividades que ocorrem no decurso do projeto, chamados modelos descritivos, enquanto outros oferecem um procedimento mais sistemático, acentuando a necessidade de um trabalho mais analítico a preceder a geração da solução conceptual, denominados modelos prescritivos.

2.1.2.1. Modelos descritivos

Os modelos descritivos realçam, geralmente, a importância da geração de uma solução conceptual no início do projeto. Esta solução é, posteriormente, sujeita a análise, avaliação, refinamento e desenvolvimento da mesma. É necessário ter em conta que a fase de avaliação pode nem sempre levar diretamente à fase de comunicação da solução final, sendo que por vezes, é necessário encontrar uma nova solução. Para que tal aconteça, é imperativo haver um retorno iterativo entre as fases de avaliação e de geração da solução. Um modelo descritivo simples relativo ao projeto pode ser obtido com base nas atividades essenciais realizadas pelo projetista. O fim do processo é a comunicação da solução final, onde se têm o equipamento pronto para ser fabricado, contudo, existe, anteriormente, uma fase de procura de soluções, de conceção das mesmas e uma final onde o produto é avaliado segundo os critérios e especificações definidas inicialmente. Tendo tudo isto em conta, este modelo pode ser aplicado através de quatro etapas: exploração, conceção, avaliação e comunicação, que se encontram representadas no fluxograma da Figura 2.2.

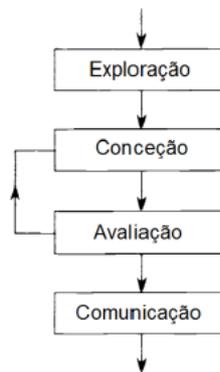


Figura 2.2 - Fluxograma do modelo de 4 etapas. Adaptado de (2)

Ao longo dos anos, vários autores publicaram modelos mais detalhados para o processo do projeto, como por exemplo *French* [2] que desenvolveu um modelo mais detalhado com base nas seguintes atividades: análise do problema, projeto concetual, criação de esquemas e detalhe. Na Figura 2.3 está representado o fluxograma criado por *French*, onde os círculos representam etapas nas quais há produção de resultados, enquanto nos retângulos representam atividades ou trabalho a realizar.

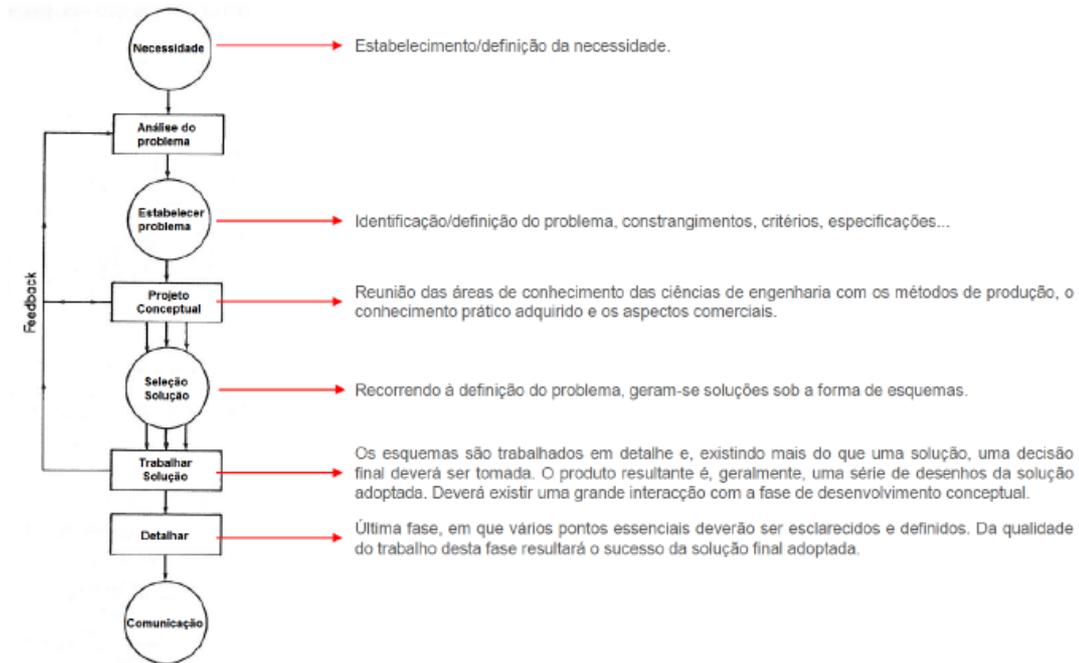


Figura 2.3 - Fluxograma definido por French (1985). Adaptado de (2)

2.1.2.2. Modelos prescritivos

Os modelos prescritivos oferecem um procedimento sistemático e são, muitas vezes, considerados como ferramentas que proporcionam uma metodologia de projeto, encorajando os projetistas a adotar formas de trabalho mais aperfeiçoadas. Estes modelos acentuam a necessidade de um trabalho mais analítico, a anteceder a geração da solução conceptual, garantindo que o problema que se pretende solucionar está completamente percebido e que nenhum elemento importante é descurado.

Este tipo de modelos tende a seguir uma estrutura básica do tipo Análise – Síntese – Avaliação. A análise contém a listagem de todos os requisitos de conceção e redução destes a uma série de especificações de desempenho. A síntese é a fase de determinação de possíveis soluções para cada uma das especificações individuais e construção, a partir destas de soluções completas. Por último, na avaliação verifica-se, com exatidão, se as soluções alternativas cumprem os requisitos de desempenho para operação, manufatura e vendas, antes mesmo da solução final ser selecionada [1].

Este modelo assemelha-se ao modelo convencional do processo de projeto, contudo aqui especifica-se que se deve gerar mais que uma solução, avaliando-se cada uma delas e escolhendo-se a solução final.

A sociedade profissional de engenheiros da Alemanha (VDI) realizou uma série de guias para o processo de projeto, onde se inclui a *VDI 2221: Systematic approach to the Design of Technical Systems*

and Products [1]. Este sugere que o processo de projeto está dividido em etapas, sugerindo uma aproximação sistemática, tornando o projeto mais transparente, racional e independente. É o guia mais utilizado no contexto do projeto mecânico, contudo nesta dissertação abordar-se-á o projeto mecatrónico, focando-se esta então na *VDI 2206 – Design methodology for mechatronic systems*.

2.1.2.3. *VDI 2206 – Metodologia de projeto para sistemas mecatrónicos*

O objetivo da VDI 2206 é fornecer uma metodologia de suporte para o desenvolvimento de sistemas mecatrónicos [3]. O objetivo deste modelo não é substituir outras metodologias existentes específicas para certos domínios, mas integrá-los na metodologia para o desenvolvimento de produtos mecânicos complexos. Pode-se então dizer que este modelo pretende descrever o processo genérico para a conceção sistemas mecatrónicos. O processo sugerido por esta norma divide-se em três partes:

- Micro ciclo;
- Macro ciclo;
- Módulo de processo.

Na Figura 2.4 á apresentada de forma esquemática o procedimento para a resolução de problemas recorrendo a um microciclo. Para o procedimento anteriormente referido podem ser tomados dois pontos de partida diferentes: basear o procedimento no estado atual, ou seja, melhorar um produto que já existe, ou, alternativamente, basear o procedimento num estado desejado, com o desenvolvimento de um produto revolucionário. Tomando o primeiro caminho, deve ser feita uma análise de situação e gerado um objetivo. Indo pelo segundo caminho, primeiro é estabelecido um objetivo e depois é que é feita a análise da situação.

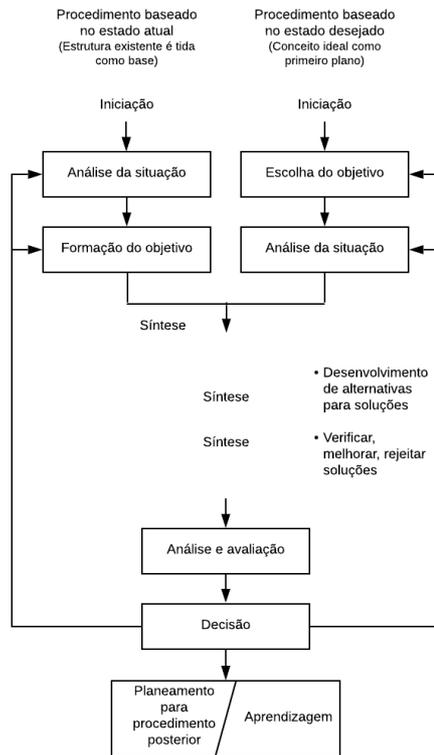


Figura 2.4 - Ciclo de resolução de problemas como um micro ciclo. Adaptado de [3]

Independentemente do caminho selecionado, a fase que se segue é a síntese. Nesta pretende-se fazer um balanço entre a análise e a síntese, com o objetivo de gerar soluções alternativas para o problema, que se verificam posteriormente, podendo estas ser melhoradas ou descartadas. Por fim é feita uma avaliação por forma a perceber se os requisitos foram cumpridos.

Na etapa da decisão devem ser verificados os resultados do procedimento. Sendo os resultados satisfatórios, procede-se para a última etapa e é feito um planeamento para os procedimentos que se seguem. Caso contrário, é necessário voltar à etapa inicial.

Uma vez geradas as soluções a um nível micro e determinados todos os requisitos, é necessário explorar o modelo em V, como um macro ciclo, Figura 2.5.

Segundo a norma VDI 2206, o desenvolvimento de um produto mecatrónico segue um modelo em “V”. Este modelo descreve a sequencia lógica dos passos a tomar no desenvolvimento de um sistema mecatrónico. A Figura 2.5 apresenta um esquema do modelo referido.

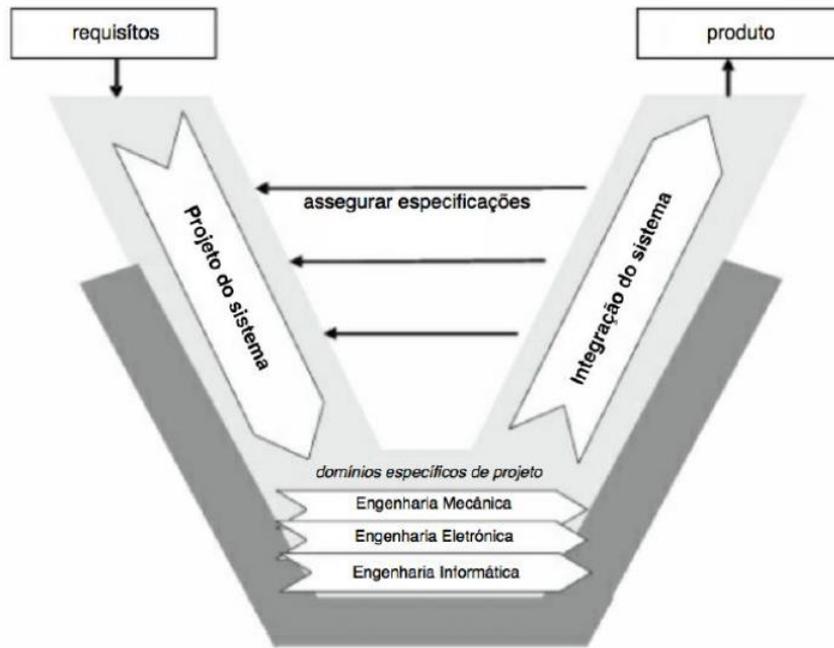


Figura 2.5 - Diagrama em "V" de acordo com a VDI 2206. Adaptado de [3]

O modelo em "V", apresentado na Figura 2.5, está dividido em sete etapas distintas, apresentadas de seguida:

1. **Requisitos:** o objeto que se pretende desenvolver é especificado de maneira mais precisa e descrito sobre a forma de requisitos. Estes requisitos vão também servir como forma de avaliar numa fase mais final o grau de satisfação do produto desenvolvido.
2. **Projeto do sistema:** o objetivo é estabelecer um conceito de solução abrangente que descreva as principais características de funcionamento físicas e lógicas do produto a desenvolver. Para isso, a função principal é desdobrada em subfunções principais.
3. **Domínios específicos de projeto:** Cálculos e interpretações mais detalhadas são realizados separadamente nos vários domínios que compõe a função principal, para garantir a performance das funções do produto, mais em particular no caso das funções críticas.
4. **Integração do sistema:** os resultados dos domínios individuais são agregados para formar um sistema geral, que permita investigar a interação entre os vários sistemas.
5. **Modelação e análise do modelo:** Definição das propriedades do sistema com o auxílio de modelos e ferramentas assistidas por computador de forma a realizar simulações. Para isso são realizados modelos físicos, matemáticos e numéricos.

6. **Garantia de propriedades:** à medida que se o processo de projeto progride, este deve ser continuamente verificado, por forma a garantir que o conceito de solução e requisitos do projeto se mantêm ou são garantidos.
7. **Produto final:** é o resultado do microciclo contínuo. Neste caso, pode não se tratar do produto acabado, pois este passará por um período evolutivo, onde se realizarão melhorias no mesmo, mas pode-se considerar como uma amostra funcional. O produto final não se produz através de um microciclo, este é o resultado de um elevado número de ciclos necessários.

Um produto mecatrónico complexo não é geralmente produzido num só macro ciclo, mas sim como o resultado de vários macro ciclos, funcionando como um macro ciclo contínuo. Por exemplo, num primeiro ciclo, certo produto é especificado funcionalmente, ou seja, são seleccionados e grosseiramente dimensionados os princípios funcionais e/ou elementos de solução, sendo também, posteriormente, verificada a sua consistência tendo em conta o contexto do sistema. Este resultado é geralmente apenas o que se pode chamar um espécime de laboratório, algo ainda muito simples. Durante um segundo ciclo, é feito um dimensionamento criterioso dos elementos de solução e simulação de comportamento e forma, com o propósito de criar um primeiro espécime funcional. Dependendo da complexidade do produto em questão e do desenvolvimento do projeto obtido, pode ainda ser necessária a realização de um determinado número de ciclos até se obter um produto satisfatório, pronto para produção em massa.

2.1.3. Metodologia de projeto

A metodologia de projeto é constituída por todos os procedimentos, técnicas, ajudas ou ferramentas que o projetista poderá usar e combinar entre si para a concretização de um projeto [1].

O objetivo principal destes métodos é de permitirem a introdução de procedimentos racionais no projeto. A formalização dos procedimentos pretende alargar a abordagem do problema e incentivar a procura de novas soluções que possam integrar o projeto, tentando sempre culminar na melhor solução possível para o sistema. Este conjunto de métodos pode ser agrupado, genericamente, em dois grupos: métodos criativos e métodos racionais.

2.1.3.1. Métodos criativos

Existem vários métodos que têm como intuito estimular o pensamento criativo, com o objetivo de aumentar o fluxo de ideias ou alargar o âmbito de procura de soluções, removendo os bloqueios mentais que inibem a criatividade e alargando o âmbito de procura de soluções. Alguns exemplos de métodos criativos são o Brainstorming, a Sinética e a TRIZ (Teoria para Resolução de Problemas Inventivos). Estes métodos são alguns dos mais usados atualmente na estimulação do pensamento criativo de projetista e equipas de projeto. No entanto, ideias criativas aparecem também sem recorrer a estes métodos.

2.1.3.2. Métodos racionais

Os métodos racionais são aqueles que definem, vulgarmente, a metodologia de projeto, uma vez que encorajam à utilização de uma abordagem sistemática. Existe uma variedade de métodos racionais, abordando todos os aspetos do projeto, desde a clarificação do problema até ao projeto de detalhe. Os mesmos são vários e podem ser agrupados nos seguintes tópicos:

- Clarificação e estabelecimento dos objetivos do projeto;
- Estabelecimento dos objetivos do projeto;
- Estabelecimento das especificações do produto;
- Determinação das características;
- Criação de soluções alternativas;
- Avaliação das soluções alternativas;
- Aperfeiçoamento de detalhes.

A figura seguinte é representativa do fluxo de projeto que é normalmente adotado nos tipos de métodos referidos anteriormente, onde se pode observar as relações existentes entre as diferentes etapas.

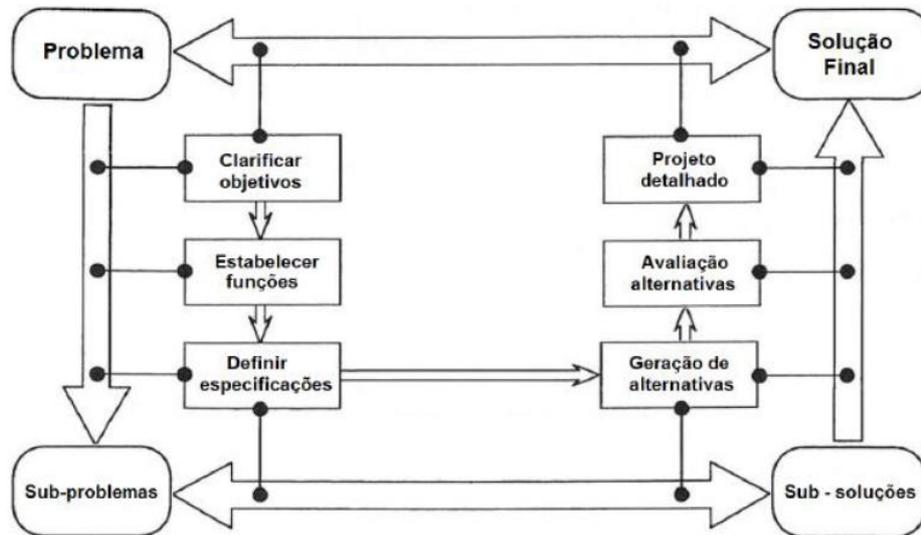


Figura 2.6 - Fluxo de projeto mais comumente utilizado. Adaptado de [2]

2.1.4. Desenvolvimento de produto

Segundo [1], o modelo de desenvolvimento de produto que é mais usado na indústria e pelo qual se guiam grande parte dos projetos é similar ao que é apresentado na Figura 2.7 que pode ser representado também sobre a forma de um modelo de 5 etapas como se pode observar na Figura 2.7. As etapas que compõe este esquema são, respetivamente, planeamento, projeto conceptual, avaliação de soluções, projeto detalhado e comunicação. Este tipo de modelos garante um progresso mais rápido no desenvolvimento do produto, diminuindo os custos deste.



Figura 2.7 - Fluxo de projeto adotado. Adaptado de [1]

De seguida, serão abordadas as várias etapas do processo de projeto, apresentando-se um breve resumo de cada uma delas.

2.1.4.1. Planeamento

A primeira fase do projeto é o planeamento que é normalmente realizado antes de o projeto ser aprovado, uma vez que é necessário indicar um prazo de entrega ao cliente. Esta fase inicial consiste no planeamento das atividades que constituem o projeto assim como da orçamentação do mesmo. Tendo em conta os requisitos do cliente e os seus objetivos para o produto, é elaborado de um modo superficial a solução a conceber, onde se identificam os principais componentes do equipamento realizando esboços com a ideia a fornecer ao cliente. Esta ideia inicial é de extrema importância, uma vez que é com base nesta que a orçamentação do projeto é feita e, por este motivo, uma fraca abordagem ao problema poderá trazer consequências futuramente, sendo por isso essencial a realização de uma análise de risco ao problema. Após a adjudicação do projeto, é necessário reunir a equipa de trabalho para definir detalhadamente objetivos a alcançar, bem como uma calendarização das mesmas no tempo. As calendarizações são geralmente realizadas sob a forma de um diagrama de *Gantt*, que consiste num gráfico que ilustra o avanço de cada uma das diferentes etapas do projeto, onde os intervalos de tempo ilustram o início e o fim de cada fase aparecendo com barras coloridas sobre o eixo horizontal do gráfico. Esta é uma ferramenta muito usada para controlar o estado do projeto, pois nele podem ser visualizadas as tarefas de cada membro, bem como o tempo estipulado para a terminar, permitindo desta forma avaliar o desempenho de cada membro.

2.1.4.2. Projeto conceptual

Após o planeamento das etapas do projeto, uma das primeiras etapas a realizar é o projeto conceptual. Esta vai desde a criação de várias soluções para o problema em causa até ao momento em que se chega à escolha do melhor conceito. Para que tal seja possível, é necessário estimular a criatividade da equipa de projeto através de métodos criativos, como os referidos em capítulos anteriores. Seguidamente, irá ser abordada a definição dos objetivos, funções e especificações do projeto, assim como exemplos de geração de soluções nesta etapa do projeto.

Objetivos

Na fase inicial de um projeto, quando um cliente ou um diretor de uma empresa abordam um projetista com a necessidade de um produto novo, existe pouca probabilidade de este expressar o que pretende de uma forma clara. Normalmente, tem apenas uma ideia geral do tipo de produto que deseja, sem grande detalhe ou sem grande noção das variantes que poderão existir. Inicia-se, então, o projeto, muitas das vezes, com um problema mal definido ou com requisitos algo vagos, tornando-se então necessário realizar como primeiro passo definir quais os objetivos do projeto. Para tal, pode-se tirar partido de metodologias como a árvore de objetivos, que oferece um formato útil e claro para a exposição dos mesmos, realça os objetivos e os meios para os atingir, assim como mostra as relações existentes entre os vários objetivos. Este método tem como finalidade clarificar os objetivos a atingir e permite um melhor entendimento entre o projetista e o cliente. Na figura Figura 2.8, podemos ver um caso de aplicação do método da árvore de objetivos, onde o objetivo principal do projeto é garantir a segurança do equipamento a desenvolver. Por forma a garantir o objetivo principal, identificam-se sub-objetivos que nos permitem chegar a esse objetivo maior, que são: baixo risco de lesão do operador, baixa probabilidade de erros cometidos pelo operador e baixo risco de danificação de componentes. Como se pode observar na figura seguinte, cada ligação representada indica que um objetivo de mais baixo nível é um meio para alcançar o objetivo de mais alto nível que está ligado.

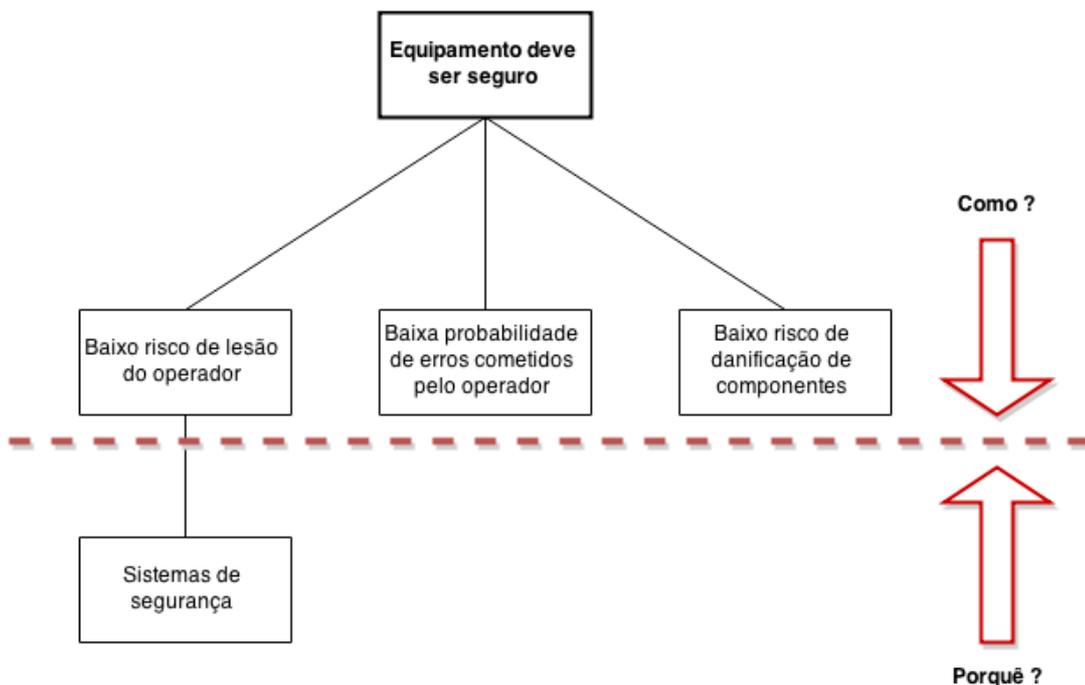


Figura 2.8 - Exemplo de aplicação do método da árvore de objetivos. Adaptado de [2]

Assim como em diversos outros métodos, não é o resultado final a parte mais importante deste, mas sim o processo de trabalho e pensamento que esta por detrás. A construção da árvore de objetivos força o projetista a questionar os objetivos do projeto, tornando-os mais explícitos e disponíveis a discussão. Por isto, a escrita da lista de objetivos e a representação da árvore fomentam o início do processo de planeamento de potenciais soluções.

Estrutura de funções do produto

Pela análise do método anterior, método da árvore de objetivos, foi possível ver que os problemas têm vários níveis de generalidade. Mas existem muitas ocasiões em que se torna apropriado questionar o nível de generalidade sobre o qual o problema é colocado. Torna-se então mais útil, nestes casos, considerar não o potencial tipo de solução, mas sim as funções essenciais que um tipo de solução deverá satisfazer. O método da análise de funções considera as funções essenciais, que são aquelas que o sistema deverá satisfazer, e o nível para o qual o problema deverá ser dirigido, nível este que é definido estabelecendo um limite em torno de um subconjunto coerente de funções. Para implementar este método deve-se-á começar por representar o produto a ser concebido como uma simples caixa negra, como ilustrado na Figura 2.9. Considerando-se este como uma caixa negra, deve-se numa primeira fase determinar qual a função global e definir as entradas e saídas. Podemos ter como exemplo uma máquina de lavar roupa, em que a função da máquina é lavar roupa, e onde temos a entrada de roupa suja e a saída de roupa lavada.



Figura 2.9 - Representação da aplicação da caixa negra. Adaptado de [2]

De seguida, deve-se dividir a função global em sub-funções da mesma, em que cada uma das sub-funções tem as suas próprias entradas e saídas, tendo em atenção que a compatibilidade entre as mesmas deverá ser verificada. As sub-funções podem ser representadas sobre a forma de um diagrama de blocos, onde estas são identificadas e encerradas em caixas, as quais são ligadas entre si por entradas e saídas, de forma a satisfazer a função global do produto ou dispositivo a ser projetado. Desta forma, a caixa negra original, transforma-se agora numa caixa transparente onde são visíveis todas as sub-funções que compõe o problema.

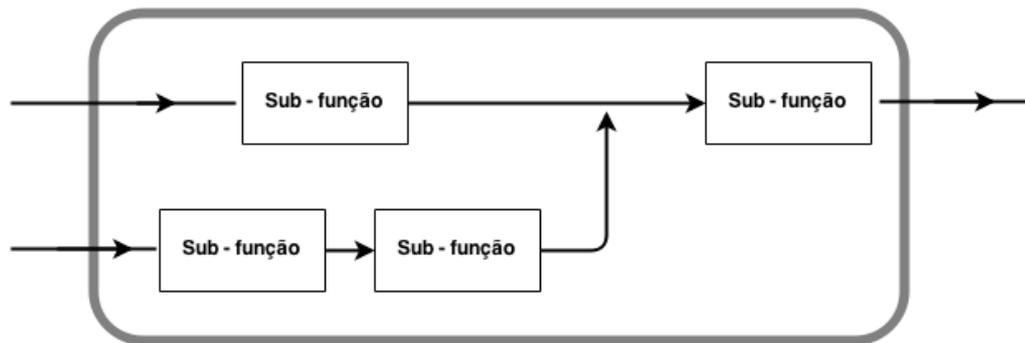


Figura 2.10 - Diagrama de blocos de funções. Adaptado de [1]

Se as sub-funções tiverem sido definidas de maneira correta e com um nível adequado de detalhe, será possível identificar um componente para cada sub-função. Um componente pode ser definido como uma pessoa que desempenha uma determinada tarefa, um componente mecânico ou um dispositivo eletrônico. O método da análise de funções é bastante vantajoso de ser aplicado, uma vez que, prioriza o estabelecimento das funções, deixando a seleção dos componentes físicos que permitem alcançar as funções para uma fase mais tardia do projeto.

Estabelecimento de especificações

Os problemas conceituais são estabelecidos tendo em conta certos limites, como por exemplo, o custo de solução, requisitos de desempenho ou requisitos de segurança. A este conjunto de requisitos que limitam o projeto chama-se especificações de desempenho do produto. Os objetivos e funções são muitas vezes considerados como sendo especificações de desempenho, o que não é correto, uma vez que, estes são indicações do que deverá ser alcançado, não sendo normalmente definidos em torno de limites muito precisos.

O método da especificação de desempenho é usado para auxiliar à definição do problema, deixando margem de manobra ao projetista para alcançar uma solução satisfatória. Este método realça o desempenho que uma determinada solução deverá alcançar, e não um qualquer componente físico que poderá ser útil como meio para se atingir esse mesmo desempenho. Para aplicar este método, começa-se por definir o nível de generalidade que seja apropriado. Quanto maior o nível de generalidade, maior é a liberdade do projetista para poder propor soluções alternativas, enquanto níveis baixos de generalidade restringem a sua ação sobre o projeto. Normalmente, o nível de generalidade é decidido pelo cliente, empresa ou consumidor. Decidido o nível de generalidade, inicia-se o estabelecimento das especificações de desempenho, que derivam dos objetivos e das funções do produto a conceber. Caso já exista uma árvore de objetivos ou a análise de funções já esteja concluída, deverá ser com base nestas que se deve redigir uma lista de atributos de desempenho. A lista final contém todas as condições que

a proposta deverá satisfazer. Contudo, torna-se necessário distinguir os atributos ou requisitos que são exigidos dos que são desejados. Os exigidos são todos os requisitos que devem ser obrigatoriamente satisfeitos e os desejados são todos os outros requisitos que o cliente ou o projetista gostariam de ver satisfeitos na proposta final. Uma vez compilada a lista de atributos, deve ser redigida para cada um deles uma especificação de desempenho, sendo que esta deve ser quantificada, atribuindo um peso relativo a cada especificação, por forma a obter níveis diferentes de importância.

Criação de soluções na fase de projeto concetual

A geração de soluções durante a fase de projeto concetual é essencial, uma vez que, introduz nesta fase inicial várias novas alternativas de solução a serem consideradas. Existem várias maneiras para se criarem soluções novas, como por exemplo o brainstorming, em que se junta um grupo de pessoas e se reúne as várias ideias apresentadas por essas pessoas. Estas ideias são posteriormente sujeitas a uma análise crítica, resultando deste processo as ideias mais sólidas. As ideias são confrontadas com as especificações do equipamento e vão-se excluindo ideias até se chegar a uma única solução. Essa solução é testada e caso não seja bem-sucedida, retorna-se ao processo de geração de ideias novamente. Contudo, este processo é de certa forma pouco criativo, não estimulando o aparecimento de diferentes soluções. Por forma a resolver este problema, recorre-se frequentemente ao uso de mapas morfológicos que permitem ao projetista explorar novas combinações de elementos para obter uma nova solução. Ao se combinar sub-soluções com as respetivas sub-funções, chega-se a uma nova solução.

Soluções		Sub-funções			
		1	2	3	4
1	Elevação				
2	peneirar				
3	Separar folhas				...
4	Separar pedras				
5	Classificar batatas	à mão	por fricção	por seleção de tamanho	Verificação do peso
6	Apanhar	Inclinável	transportador	dispositivo de encher sacos	...

Figura 2.11 - Exemplo de um mapa morfológico de um equipamento de extração de batatas. Adaptado de [1]

2.1.4.3. Avaliação de soluções

Após ser reunido um número satisfatório de soluções, é necessário selecionar as melhores para cada um dos problemas em questão. A seleção das mesmas, muitas das vezes, é feita com base na experiência, mas é preferível que esta seja feita com base em métodos que sigam um procedimento racional, por forma a atingir o consenso entre todos os intervenientes no projeto. Existem vários métodos que permitem diferenciar as várias soluções entre si, permitindo selecionar a que melhor se adequa à aplicação em mente. É então necessário recorrer a meios que promovam uma forma de diferenciação entre as variadas soluções, para que estas sejam avaliadas e comparadas. Existem vários métodos para avaliar as diferentes soluções desenvolvidas, sendo o método da árvore de objetivos e da análise de valor, os dois métodos a serem abordados neste trabalho.

Método da árvore de objetivos

O método da árvore de objetivos avalia as soluções desenvolvidas, atribuindo pesos numéricos aos objetivos e pontuações aos desempenhos das soluções alternativas em função dos objetivos. Estes objetivos são estabelecidos numa fase preliminar do projeto, e podem ir sofrendo alterações há medida que o projeto progride. Estes incluem fatores técnicos e económicos, requisitos dos consumidores, requisitos de segurança, entre outros. Recorrendo à árvore de objetivos elaborada anteriormente, atribui-se pesos de modo que a soma dos objetivos na mesma hierarquia seja 1. Na Figura 2.12, pode-se observar um exemplo de uma árvore de objetivos como descrita anteriormente.

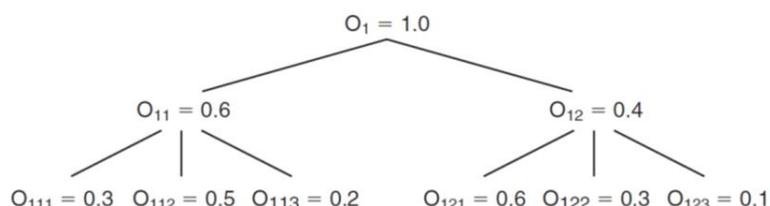


Figura 2.12 - Diagrama de blocos de funções. Adaptado de (4)

Como podemos observar na figura acima, a soma dos pesos dos objetivos do mesmo nível hierárquico é igual a um, tendo-se que a avaliação final é dada pela multiplicação da nota para cada objetivo pela respetiva ponderação, e realizando posteriormente o cálculo que relacione os objetivos. No caso presente na Figura 2.12 a avaliação final é descrita por:

$$O_1 = 0.6((O_{111}0.3) + (0.5) + (O_{113}0.2)) + 0.4((O_{121}0.6) + (O_{122}0.3) + (O_{123}0.1))(2.1)$$

Finalmente, seleciona-se a solução que apresente melhor resultado.

Análise de valor

Num conceito semelhante à árvore de objetivos, a análise de valor permite atribuir diferentes ponderações aos elementos diferenciadores, embora neste caso estes sejam apresentados na forma de lista. A aplicação deste método começa com a apresentação das especificações sob a forma de tabela, onde se coloca cada ponderação à frente da respetiva especificação. A pontuação é obtida através da soma da multiplicação da nota e respetiva ponderação de cada especificação. Finalmente, seleciona-se a solução que tiver a maior pontuação.

2.1.4.4. Projeto detalhado

O projeto detalhado é a fase que sucede o projeto conceptual, e é nesta fase em que todos os detalhes são agrupados e todas as decisões são tomadas, incluindo a decisão de avançar para a produção do equipamento. Pela leitura dos capítulos anteriores, é possível ver que já muitas das decisões essenciais para o projeto do produto já foram tomadas, sendo que a mudança destas nesta fase do projeto se podem tornar dispendiosas. A realização de um fraco projeto detalhado pode ser muito prejudicial para o projeto em si, podendo provocar erros de fabrico, custos elevados e um funcionamento pouco eficiente da solução. O projeto detalhado é, então, a realização do detalhe completo de todos os sistemas e equipamentos que constituem o produto, de forma que o produto final obtido esteja de acordo como o planeado inicialmente. Nesta fase do projeto, são tidas em conta temáticas de carácter mais prático e experimental, sendo que é no mesmo que se aborda o dimensionamento e tolerânciamento de componentes, segurança e ergonomia, seleção de materiais, entre outros.

2.2. Estudo de Mercado

No decorrer deste capítulo, apresenta-se um estudo de mercado realizado de forma a identificar as características do produto e equipamento a trabalhar, identificar os métodos de limpeza de moldes existentes e analisar mecanismos de limpeza existentes diferentes.

2.2.1. Luva de Látex

O látex é uma substância natural líquida extraída maioritariamente de uma árvore, a Seringueira (*Hevea brasiliensis*). O mesmo é descrito como sendo um material que apresenta propriedades elásticas e os produtos constituídos por esta matéria-prima têm uma estruturas química flexível e estável e são capazes de resistir a grandes deformações [5].

Para além do látex natural, é possível encontrar outras versões sintéticas, produzidas através do petróleo. Ambos os tipos são utilizados no fabrico de luvas, sendo estas para uso industrial, clínico, cirúrgico, entre outros.

A grande diferença entre os dois tipos de látex reside no facto de o látex natural não possuir tanta elasticidade, o que leva a que estas apresentem menor sensibilidade ao toque. Embora sejam menos elásticas, são mais resistentes, e não rompem com tanta facilidade, apresentando, assim, maior resistência a perfurações, rasgos e substâncias químicas [5]. O tipo de luva a ser usado no projeto em que a presente dissertação se insere é feito a partir de látex sintético do tipo nitrilo.

As luvas de látex são utilizadas geralmente para proteger as mãos e os dedos contra contaminações químicas, abrasão, choques elétricos, calor e contaminação por contacto direto. Como estas são usadas de certa forma como um equipamento de proteção pessoal, as mesmas estão sujeitas ao cumprimento de um conjunto de normas, para que possam ser vendidas no mercado. Estas norma são definidas pela diretiva 89/686/CEE [6], e permitem garantir a qualidade da luva em diferentes características, como a permeabilidade química, degradação e propriedades mecânicas [7].

2.2.2. Processo de produção de luvas de Látex

Para a produção de luvas de látex o processo mais utilizado é o processo de imersão, que consiste na colocação de látex em torno de um molde. Neste processo, existem duas técnicas principais de mergulho: por imersão de coagulante e por imersão direta. Para o primeiro processo, como o seu nome indica, existe a necessidade de ser usado um agente coagulante que é depositado sobre o molde antes deste ser mergulhado no látex. É apenas feito um mergulho no látex e a espessura da camada deste material é definida pelo tempo em que o molde se encontra submerso. Já para o processo de

imersão direta, o molde limpo é mergulhado no látex, retirado do banho e fica a secar. Após seco volta a ser mergulhado novamente no banho de látex. Este processo é repetido até se obter a espessura pretendida [8].

Para o projeto em estudo é utilizado o processo com imersão em coagulante, e para produzir luvas usando este tipo de técnica são usados, principalmente, dois tipos de sistemas de operação: automático em linha (Figura 2.13) e automático em lote (Figura 2.14). Para estes dois sistemas o processo produtivo é semelhante, diferindo apenas no método de transporte do molde.

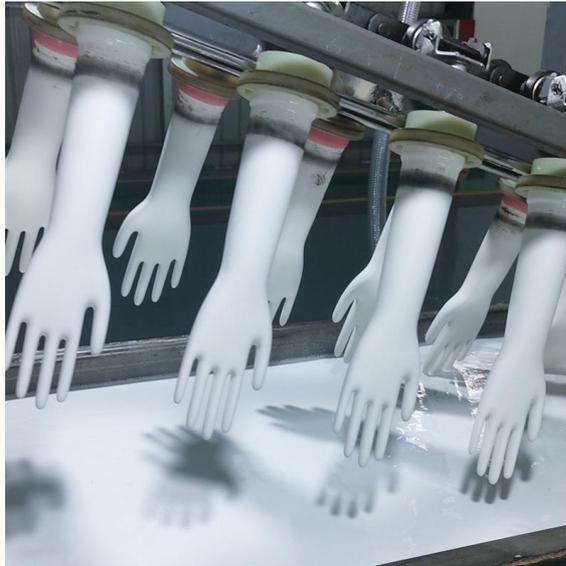


Figura 2.13 - Sistema de operação automático em linha. Retirado de [9]



Figura 2.14 - Sistema de operação automático em lote. Retirado de [10]

O sistema de processamento automático em linha oferece capacidades de altos volumes de produção para uma luva padrão e com parâmetros de processo bem definidos e, por isso, é o sistema mais utilizado no mercado. Apresenta baixa flexibilidade, uma vez que cada etapa é projetada para

movimentos contínuos e velocidades constantes. Já o sistema de processamento automático em lote, permite realizar manipulações complexas e fornecer variabilidade para diferentes tamanhos de molde. O mesmo oferece capacidades de volume de produção mais baixas, pela maior complexidade de manipulação dos moldes que implica também uma menor velocidade da linha. Este tipo de sistema permite, então, oferecer uma maior flexibilidade durante o processo, uma vez que, permite que os parâmetros de processo sejam alterados através do sistema de controle, conforme as propriedades exigidas pelo produto em tempo real [11]. No projeto sobre o qual incide a presente dissertação, é usado o sistema de processamento automático em lote.

Uma vez descritos os principais processos que podem variar no processo de produção de luvas de látex, procede-se à breve descrição do processo completo de produção de luvas de látex. O processo inicia-se com a limpeza dos moldes. Este consiste no mergulhar dos moldes em tinas de água, ácido e álcalis, respetivamente, e pela passagem dos mesmos num forno para que seja feita a sua secagem. Após saírem do forno os moldes são mergulhados numa tina de coagulante e voltam a passar num forno para fazer a secagem do coagulante. Saídos do forno, os moldes são submersos numa tina com latex líquido e voltam a entrar num forno de secagem. Saindo do forno, os moldes vão passar por um processo denominado *beading*, onde se faz a beira presente na parte inferior da luva e que facilita o calçar da luva e reforça a borda da luva. Seguidamente, apresenta-se o processo de pré-lavagem, onde se mergulha os moldes numa tina de água quente com o objetivo de remover resíduos e químicos presentes na luva e que são solúveis em água. As luvas estão depois prontas para entrarem num forno de vulcanização e, à saída desse forno, as mesmas são sujeitas a um processo de lixiviação, que há semelhança do processo de pré-lavagem, pretende remover resíduos da luva. Voltam novamente a passar por um forno e, à saída do mesmo, as luvas estão prontas para serem descalçadas do molde. Este processo pode ser feito manualmente por operadores ou mecanizado. Após serem descalçadas, as luvas são encaminhadas para uma máquina tambor, que tem como objetivo retirar alguma humidade que ainda esteja presente nas luvas. Depois de todos estes processos, as luvas são enviadas para o centro de qualidade, onde se verifica a existência de furos e marcas e as dimensões das luvas. Estando as luvas conformes com os padrões dos testes, estas são embaladas e encontram-se prontas para serem enviadas para o cliente [12].

2.2.3. Mecanismos de limpeza

Neste subcapítulo é estudado um sistema automático de lavagem de carros, por forma a analisar o seu funcionamento e os componentes que o constituem, procurando encontrar ideias e ter uma noção geral do que poderá ser necessário conter o projeto a ser desenvolvido ao longo desta dissertação.

2.2.3.1. Sistema automático de lavagem de carros

Numa primeira fase, o veículo é colocado em cima de um transportador. Na parte inicial deste existe uma série de rolamentos que permite deslizar lateralmente o carro de forma a alinhar o mesmo com o transportador. O carro é desligado e colocado em neutro, iniciando-se o movimento do mesmo ao longo do sistema de lavagem.

Quando o veículo entra no túnel, que é a designação dada à estrutura interior do sistema, este passa por dois sensores de infravermelhos, também designados como “olhos”. Assim que o feixe criado por estes dois sensores é interrompido um sinal é enviado para o sistema digital de controlo (SDC), que é o sistema computacional responsável pela parte automática da lavagem. Pelo tempo que o sinal permanece interrompido o SDC consegue determinar o comprimento do veículo e ajusta os parâmetros do sistema adequadamente.

Após passar os sensores o carro passa por uma fase de pré-molho onde pequenos jatos pulverizam uma solução especial sobre o mesmo. Esta solução tem como propósito molhar o carro antes da aplicação de detergentes e contem químicos que promovem a remoção da sujidade. É muito comum também existir um conjunto de jatos que atuam especialmente sobre as jantes e pneus, com o objetivo de ajudar a remover sujidade dos discos dos travões e abrillantar os pneus do mesmo.

De seguida o carro é conduzido através de uma cortina, constituída por uma serie de tiras longas e suaves de pano que se encontram penduradas no topo do túnel, que tem como objetivo limpar as partes superiores do veículo, como por exemplo o capô.

O próximo passo é a passagem pelo aplicador de espuma. Esse aplicador aplica um detergente sobre o carro que ao entrar em contacto com este se transforma numa espuma de limpeza profunda. Os bicos dos jatos de espuma apresentam regulação tanto em ângulo como em relação ao tamanho da abertura do mesmo [13].



Figura 2.15 - Pré-molho (esquerda) e aplicador de espuma (direita). Retirado de [13]

Uma vez aplicada uma camada densa de espuma no veículo, este irá em direção às escovas. Estas mesmas são cilindros verticais compostas por centenas de pequenas tiras de pano que rodam rapidamente, com velocidade de rotação entre os 100 e as 500 rotações por minuto, até que as tiras de pano se encontrem perpendiculares ao cilindro. Normalmente estas escovas tem associadas a si motores hidráulicos que as fazem rodar. O carro desloca-se através das escovas garantindo estas a limpeza das superfícies verticais do mesmo. Existem também outros sistemas de lavagem que apresentam um sistema diferente de escovas que têm a capacidade de se movimentarem ao longo do veículo, desde a frente até à traseira, fazendo uma lavagem mais envolvente com menos passagens. as tiras de pano usadas nas escovas são muito suaves e regularmente limpas por forma a garantir que não existam detritos nelas que possam provocar danos no veículo, sendo substituídas no fim do seu tempo útil [13].



Figura 2.16 - Processo de lavagem com escovas. Retirado de [13]

Como a maior parte do equipamento mecânico dentro de um sistema de lavagem automático, as escovas integram uma combinação de motores elétricos e hidráulica, sendo que normalmente existe uma fonte hidráulica de maiores dimensões conectada a várias bombas hidráulicas menores ao longo do sistema de lavagem.

Em adição às escovas, existe também associado ao sistema uma zona de lavagem a alta pressão. Esta zona é caracterizada por um sistema de jatos de água rotativos que pulverizam água a altas pressões sobre o carro. Os bicos dos jatos estão posicionados de forma a assemelharem-se a um catavento, fazendo com que estes girem quando a água é projetada pelos mesmos, criando um padrão circular. Este padrão circular de projeção da água combinado com a elevada pressão que apresenta formam um efeito de lavagem semelhante a uma escovagem, garantindo uma limpeza mais eficiente. Este tipo de sistemas tem um consumo de água bastante elevado, entre os 1100 e os 1500 litros de água por carro. Por forma a garantir este volume de água num curto espaço de tempo, existe, normalmente, um tanque de pressão especial que contem a água a fornecer para o sistema. Na maior parte dos sistemas, a quase maioria da água usada é recolhida e devolvida ao tanque de pressão após cada utilização.



Figura 2.17 - Sistema de jatos rotativos. Retirado de [13]

Seguidamente, o carro passa pelo que é denominado por arco de enxaguamento, onde um conjunto de jatos dispostos ao longo de um arco projeta água sobre o veículo com o objetivo de remover possíveis resíduos que tenham permanecido. Neste processo é usada água limpa, que não é reutilizada, para garantir que não permanece qualquer tipo de resíduo.



Figura 2.18 - Arco de enxaguamento. Retirado de [13]

O processo seguinte é a aplicação de cera no veículo. Esta forma uma camada resistente à água e é bastante diferente daquela que se aplica manualmente, sendo que uma das principais diferenças é o facto de esta ser formulada para trabalhar especificamente em vidro, cromado e borracha, assim como nas superfícies plásticas e metálicas pintadas do carro.

O último passo para completara lavagem do veículo, passa pela secagem do mesmo. Para tal, este passa por aquilo que se pode considerar como um secador gigante, ou seja, este dispositivo absorve e aquece grandes quantidades de ar e força-o a sair por uma serie de jatos. Estas rajadas de ar aquecido secam rapidamente o veículo, estando o processo de limpeza do mesmo concluída [13].

3. PROJETO CONCEPTUAL

Como referido anteriormente, o projeto concetual consiste na fase do projeto onde se estabelecem os objetivos, funções e especificações do equipamento, tendo estes como base para a criação de possíveis soluções.

3.1. Definição do problema

No seguimento de um projeto do Grupo ESI para uma empresa que produz luvas para área médica, surgiu a necessidade de desenvolver um conceito de um equipamento para realizar a limpeza de moldes cerâmicos. Inicialmente, o desafio prendia-se com a remoção de restos de material que se permaneciam agarrados aos moldes mesmo após a extração da luva. Embora já existisse uma solução implementada, esta não estava a ser eficaz o suficiente. Este problema inicial foi resolvido em ambiente industrial com uma solução simples, a ser detalhada mais à frente, levando a que o projeto da solução para este problema teve que ser abandonado. Mais tardiamente, percebeu-se que seria importante desenvolver uma solução para realizar uma limpeza mais profunda do molde em si. Mesmo removendo-se os detritos das luvas, havia outros tipos de sujidade que permaneciam nos moldes e que afetavam a qualidade do produto final. Devido aos elevados padrões exigidos para a produção do tipo de luvas em questão, não eram admitidos quaisquer defeitos, sendo então a implementação desta solução de extremo interesse no aumento da produtividade e rentabilidade do projeto. O problema sobre o qual se desenvolve esta dissertação é relativo à adaptação da máquina que fazia a remoção dos resíduos das luvas para que esta seja capaz de, para além das escovas existentes na mesma, suportar um sistema de jatos de água. A combinação da ação física das escovas juntamente com a água e um químico próprio, pretendem ser uma solução eficaz na limpeza do molde. Uma vez que o equipamento a adaptar foi exclusivamente desenvolvido para um cliente da ESI, não existindo nada semelhante no mercado, e que o projeto em que este se insere é extremamente confidencial, não foi possível apresentar todos os pormenores inerentes ao projeto, focando-se esta dissertação nas partes que foram desenvolvidas exclusivamente pelo autor deste documento. O componente que necessita de ser limpo pode ser observado na Figura 3.1 - Formato do molde cerâmico e a máquina a adaptar apresenta-se mais à frente na Figura 3.6 - Máquina a ser adaptada.



Figura 3.1 - Formato do molde cerâmico

3.2. Estabelecimento de objetivos

De forma a melhor guiar o processo de projeto, é importante realizar uma lista de objetivos simples e clara. Na Figura 3.2, é apresentada uma árvore de objetivos na qual constam as exigências básicas que o equipamento deve cumprir.

O equipamento deve ser rentável, ter uma baixa complexidade, baixa manutenção e fácil montagem, permitindo que este seja de custo acessível e mais atrativo para o cliente.

A solução a desenvolver deve ter um funcionamento eficiente, por forma a garantir o nível de limpeza desejado durante vários ciclos de trabalho. A manutenção deve também ser um aspeto a ter em conta, garantindo-se que esta seja fácil e simples de realizar e que seja o menos recorrente possível, de forma a garantir que não afete a produção.

A segurança é outros dos aspetos relevantes, havendo a necessidade de garantir que o equipamento deve ser seguro tanto para o ambiente como para quem esteja em contato com o mesmo.

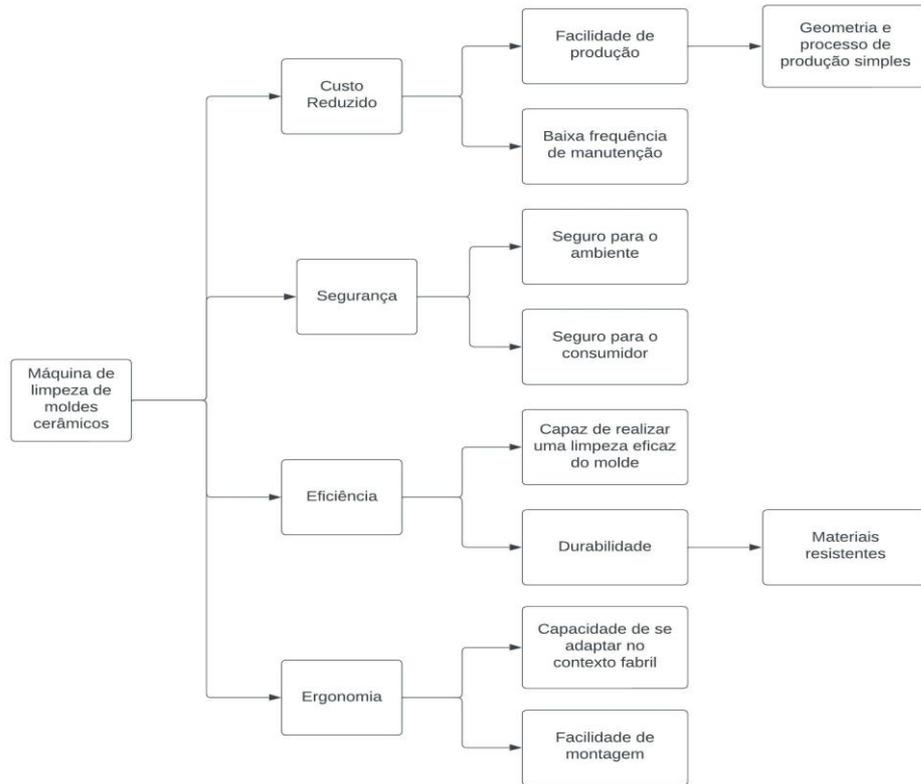


Figura 3.2 - Árvore de objetivos para a máquina de limpeza de moldes cerâmicos

3.3. Especificações do projeto

Para que se consiga a validação do equipamento por parte do cliente, é necessário que o mesmo seja capaz de cumprir certos requisitos, que indiquem que este é capaz de desempenhar a função pretendida. As especificações do equipamento limitam o número de soluções possíveis e são uma ferramenta importante na avaliação das mesmas. De seguida, encontram-se listadas as exigências inerentes à solução a desenvolver:

- Garantir a limpeza do molde em toda a sua área útil;
- Garantir que o método usado não causa degradação do molde;
- Deve adaptar-se ao ambiente industrial em que se insere;
- A sua manutenção deve ser simples.

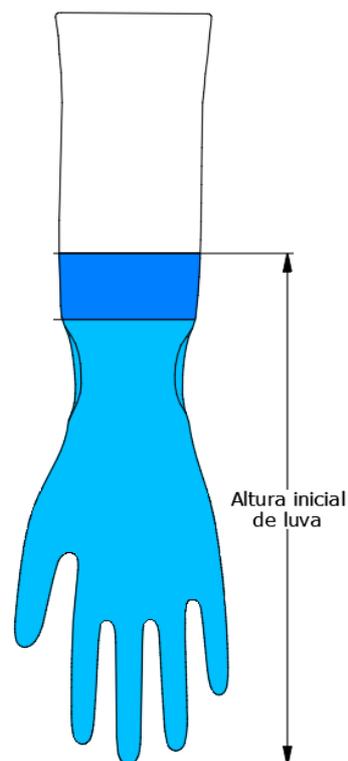


Figura 3.3 - Zona do componente a ser limpa

3.4. Diagrama de funções do equipamento

O método da análise de funções condira as funções essenciais e o nível para qual o problema deverá ser dirigido. Estas funções essenciais são as que devem fazer parte do produto desenvolvido, satisfazendo assim, todas as necessidades do cliente.

Inicialmente, este método permite expressar a função global como uma conversão de entradas em saídas. Este representa o produto como uma simples caixa negra, a qual converte as entradas do sistema em saídas. Na Figura 3.4 podemos ver a primeira fase deste processo, em que se tem como entrada o molde sujo apos realizar um certo número de ciclos e como saída o molde limpo e pronto para entrar em produção de novo.



Figura 3.4 - Abordagem ao problema sob a forma de "caixa negra"

De seguida, divide-se a função global num conjunto de subfunções essenciais que permitem ao equipamento atingir a saída pretendida. Na Figura 3.5 encontra-se representado um diagrama de funções em que constam todas as subfunções essenciais e auxiliares tidas em conta na "caixa negra".

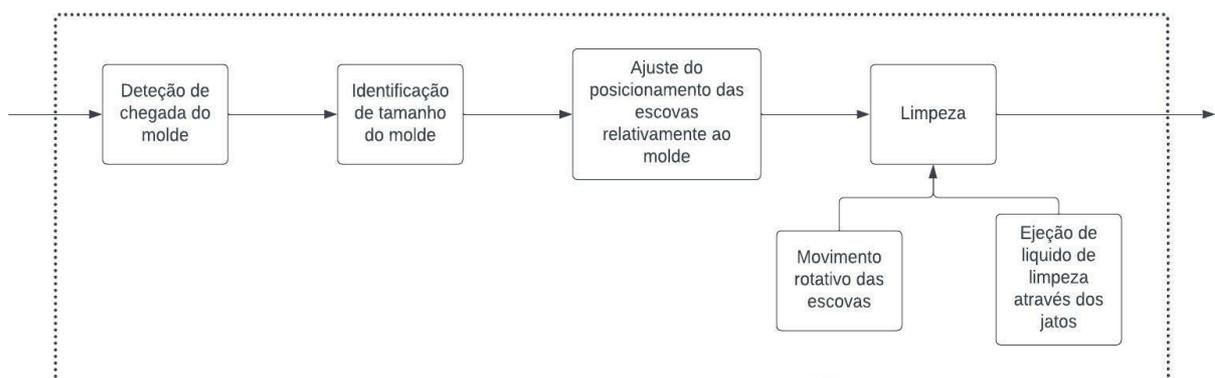


Figura 3.5 - Estrutura de funções do equipamento

3.5. Soluções desenvolvidas

Para a resolução do problema inicial descrito anteriormente (remoção de resíduos de luva no molde) foram pensadas duas possíveis soluções: o desenvolvimento de um sistema de jatos de água ou a implementação de uma máquina semelhante às existentes no projeto que fizesse uso de escovas de dureza superior.

As soluções descritas anteriormente, foram testadas em ambiente industrial, por forma a perceber se de facto seriam eficazes para resolver o problema em questão. Foram implementadas escovas com diâmetro de filamento superior (0.8 mm vs 0.5 mm) numa das máquinas existentes para testar a capacidade de remoção de resíduos das mesmas. Para testar a implementação de jatos de água, foi elaborada uma instalação com compressores de água por uma empresa parceira. Não é possível nesta dissertação apresentar documentação relativa à realização dos testes anteriormente descritos, uma vez que, na altura em que os mesmos foram realizados, não era possível tirar fotografias dentro das instalações da empresa para a qual a ESI estava a realizar o projeto, por motivos de confidencialidade.

Realizados os testes, foi possível concluir que a solução mais eficaz para remover os resíduos das luvas seriam as escovas de 0.8 mm. No seguimento dos testes acima referidos, surgiu a ideia de combinar o uso de jatos de água e de escovas de maior diâmetro de filamento para realizar uma limpeza mais a fundo dos moldes. A ideia seria após os moldes realizarem um certo número de ciclos, passarem por uma máquina que faria a lavagem dos mesmos, removendo sujidade que se acumulava nos moldes e que não era possível de remover com os processos existentes. Para tal, pretendia-se colocar um sistema que projeta-se água com um certo químico/detergente a baixa pressão sobre o molde e combinar esse sistema com um sistema de escovas, já implementado numa máquina existente para a realização de outro processo. A combinação da ação química da água com o detergente/químico com a ação física das escovas seria uma solução mais eficaz na remoção da sujidade, aumentando o tempo de vida do molde, que necessita de um processo moroso de substituição.

O projeto desta dissertação consistiu na conceção de uma estrutura em chapa quinada para fazer a recolha do líquido resultante da lavagem e ao mesmo tempo proteger componentes como motores que se encontram na máquina a adaptar, de estrutura semelhante à da Figura 3.6, assim como o desenvolvimento e projeto de um suporte para os bicos do sistema de jato de água. Para a estrutura em chapa desenvolveu-se apenas uma solução, que será detalhada no capítulo seguinte. Para os suportes dos jatos foram desenvolvidos três modelos.



Figura 3.6 - Máquina a ser adaptada

3.6. Soluções seleccionadas

Como referido no capítulo anterior, foram desenvolvidas três soluções para o suporte dos jatos de água. Todas as soluções referidas foram projetadas de forma a poderem ser montadas no mancal presente na Figura 3.7, uma vez que, era o único sítio possível para se fazer a montagem destes suportes.



Figura 3.7 - Mancal

Na Figura 3.8 é possível observar uma das soluções para o suporte dos bicos dos jatos de água.



Figura 3.8 - Suporte para jatos de água 1

Nesta solução, pretendia-se utilizar a furação já existente no mancal (Figura 3.7) para prender a estrutura, sendo que a mesma poderia ser inserida no mancal sem necessidade de o mesmo ter que ser removido da estrutura em que está inserido. O suporte seria produzido através de chapa que seria sujeita a várias quinagens, por forma a atribuir-lhe a forma apresentada.



Figura 3.9 – Suporte 1 montado no mancal

Na Figura 3.10 apresenta-se uma outra solução para o suporte dos jatos de água.

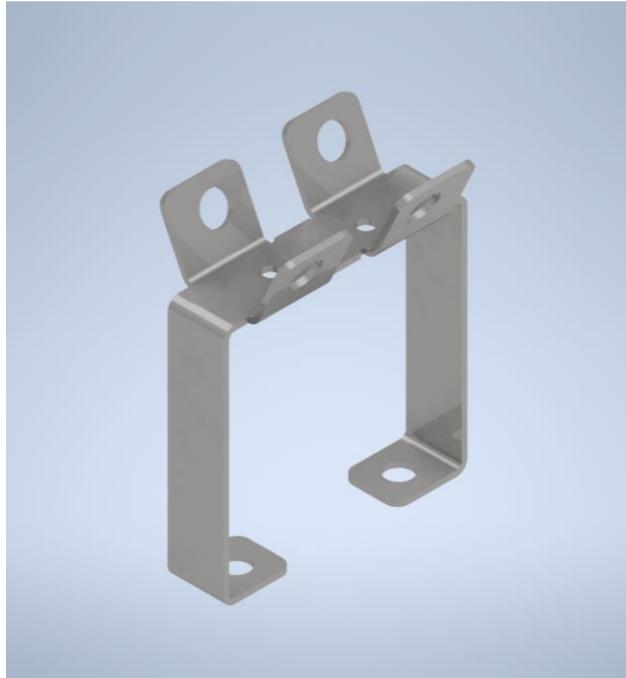


Figura 3.10 - Suporte para jatos de água 2

Para esta alternativa, pretendia-se usar os pinos presentes na parte inferior do mancal para fazer a montagem do suporte assim como realizar dois furos no topo do mancal para garantir alguma estabilidade extra. Esta estrutura seria produzida em chapa com diversas quinagens.



Figura 3.11 - Suporte 2 montado no mancal

Por último, tem-se a terceira versão do suporte, que pode ser vista na Figura 3.12.

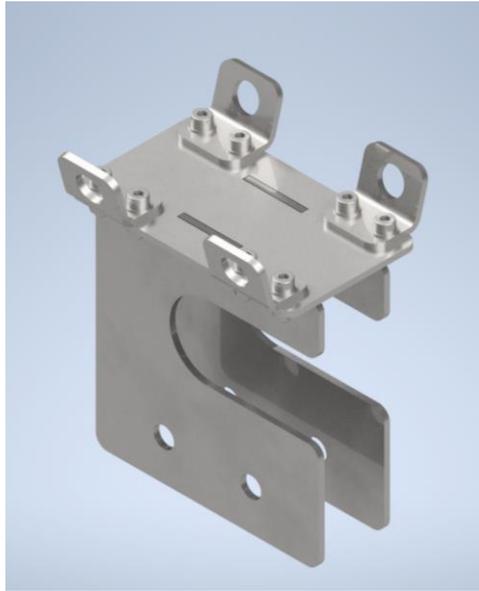


Figura 3.12 – Suporte para jatos de água 3

Para esta última solução desenvolvida, o objetivo seria introduzir o suporte lateralmente no mancal, sem necessidade de desmontar o mesmo. Quanto aos processos necessários para produzir a solução em questão, estes seriam corte laser de chapa para as laterais e a chapa no topo, que posteriormente, levaria uns pingos de solda para se agregar às laterais, e quinagem para conferir a forma final das pequenas chapas que suportam os bicos.

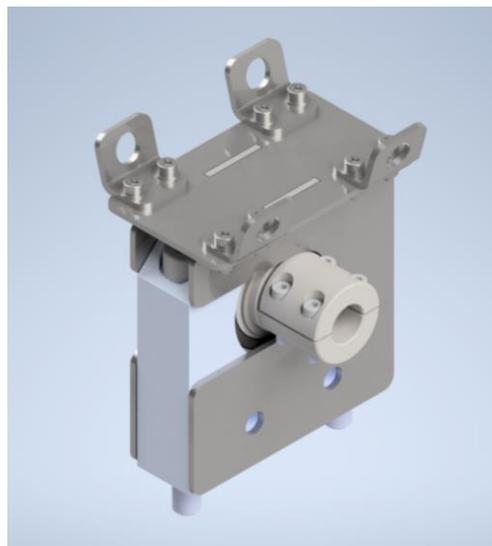


Figura 3.13 - Suporte 3 montado no mancal

Todas as soluções anteriormente apresentadas, foram analisadas tanto pelo dissertando como por membros de engenharia da empresa ESI e chegou-se à conclusão de que a solução a adotar seria a solução 3. As razões que estão por detrás da seleção da mesma são a sua maior facilidade de ser montada na máquina referida e a maior simplicidade e reduzido custo dos processos de conceção do mesmo. No capítulo seguinte será mais bem detalhado o processo de produção do referido componente.

4. PROJETO DETALHADO

No decorrer deste capítulo, é descrito mais em pormenor o desenvolvimento e o processo de produção e montagem tanto da estrutura de chapa quinada como dos suportes para os bicos dos jatos de água. Também será apresentado o resultado final da implementação das soluções referidas.

4.1. Estrutura para coleção de água de lavagem

Por forma a proteger todos os componentes presentes na máquina anteriormente referida e fazer a coleta do líquido resultante da lavagem, foi necessário desenvolver uma estrutura que fosse capaz de cumprir esses requisitos. A mesma deveria cobrir toda a área útil da máquina que se pretende adaptar. Na figura seguinte apresentam-se as principais dimensões a considerar para o desenvolvimento da estrutura em questão.

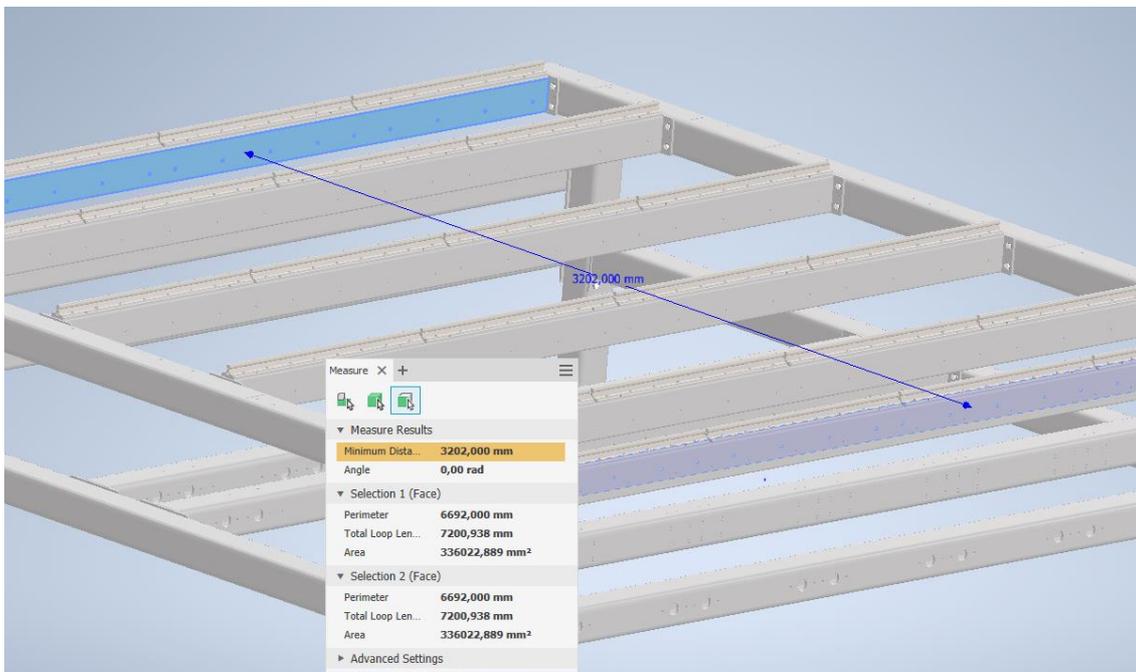


Figura 4.1 - Largura da máquina a adaptar (3202 mm)

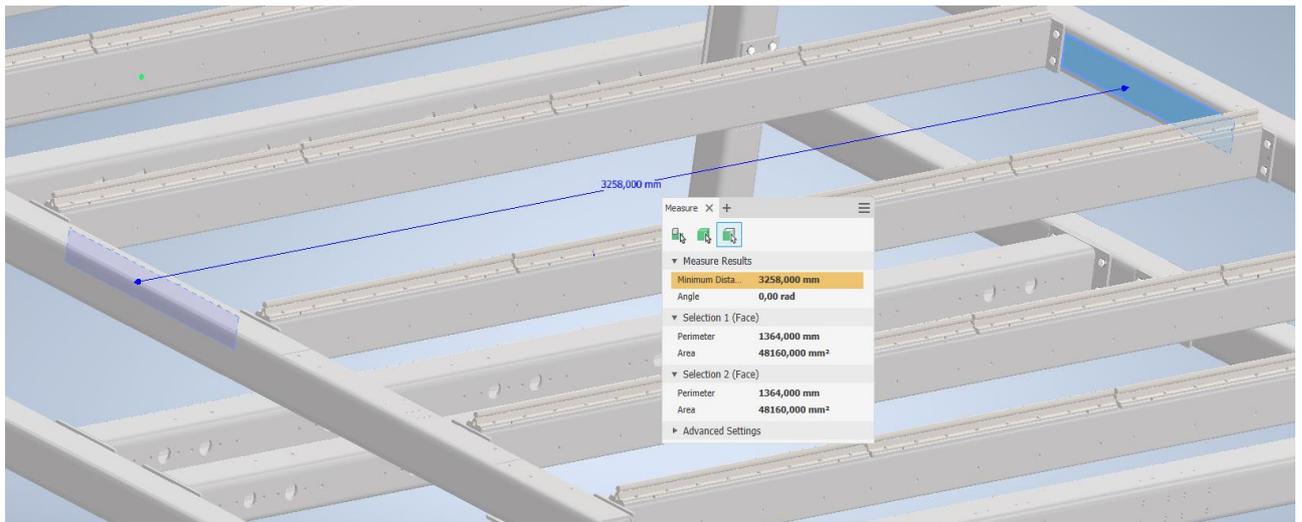


Figura 4.2 - Comprimento da máquina a adaptar (3258 mm)

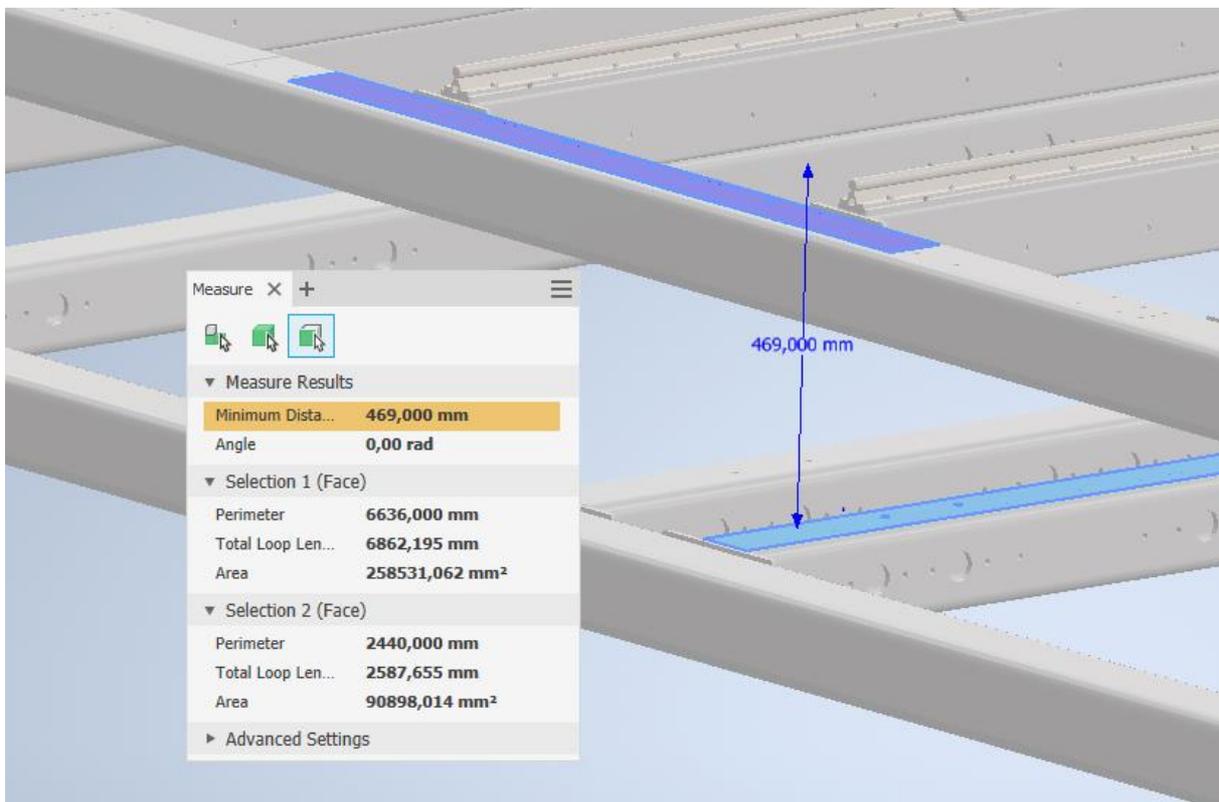


Figura 4.3 - Altura máxima útil da máquina a adaptar (469 mm)

Pretendia-se que a estrutura a ser aplicada fosse de custo reduzido e fácil de montar e desmontar, garantindo uma maior facilidade de manutenção da mesma. Para tal, foi decidido, juntamente com a equipa de engenharia da ESI, que a melhor solução seria o desenvolvimento de uma estrutura em chapa quinada. Para facilitar a sua montagem, a mesma deveria ser constituída por vários componentes ao invés de ser uma estrutura sólida.

Outro aspeto a ter em conta na fase inicial de projeto, foi o material que seria utilizado para a mesma. Tendo em conta, que as chapas estariam em contacto constante com água e algum tipo de químico, seria importante garantir que o material selecionado teria de apresentar características que lhe garantissem grande longevidade a trabalhar nestas condições. Foram então considerados dois materiais para o projeto: o aço inoxidável AISI 316 [14] e o aço inoxidável AISI 304 [15]. Embora ambos fossem indicados para a aplicação em questão, o aço inoxidável AISI 316, devido à presença de molibdénio na sua composição, apresenta uma maior resistência face a reagentes químicos [16]. Esta característica intrínseca a este tipo de aço, referido anteriormente, demonstrasse extremamente vantajoso para a aplicação em questão e, como tal, foi este o selecionado para a estrutura em questão. Escolhido o material, faltava apenas selecionar qual seria a espessura da chapa a projetar. Junto da equipa de engenharia da ESI e devido a restrições de fornecedor, foi selecionada uma espessura de chapa de dois milímetros. Também de referir que todas os componentes de montagem mecânica (parafusos, anilhas, porcas, etc) foram selecionados com o apoio do corpo de engenharia da empresa em que se insere a dissertação e também com a consulta de um manual de tecnologia metalomecânica [16].

Tendo tudo isto em consideração, foi desenvolvida a estrutura apresentada na Figura 4.4.

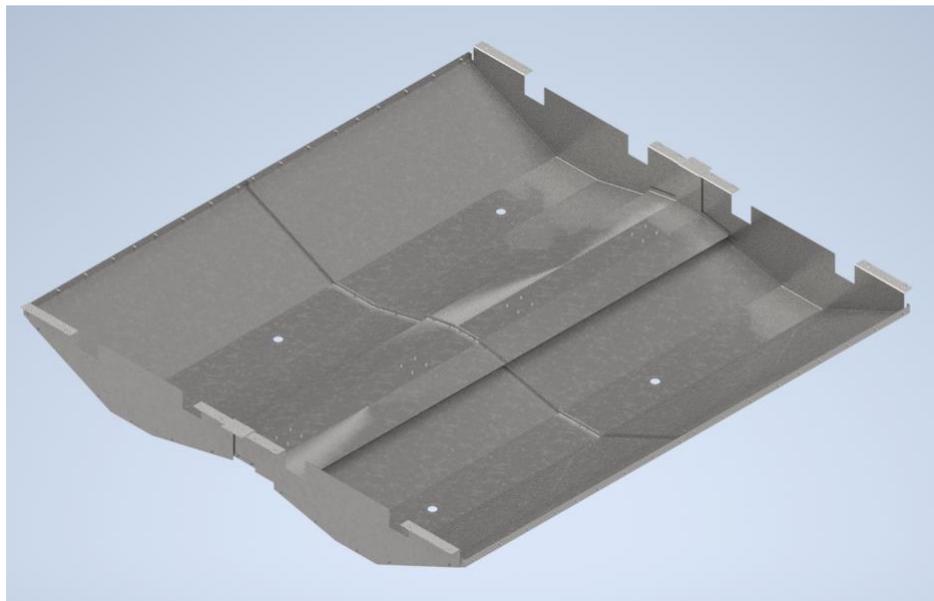


Figura 4.4 - Estrutura de coleta de água e proteção desenvolvida

Esta é composta por doze estruturas em chapa quinada independentes, como é possível observar na Figura 4.5.

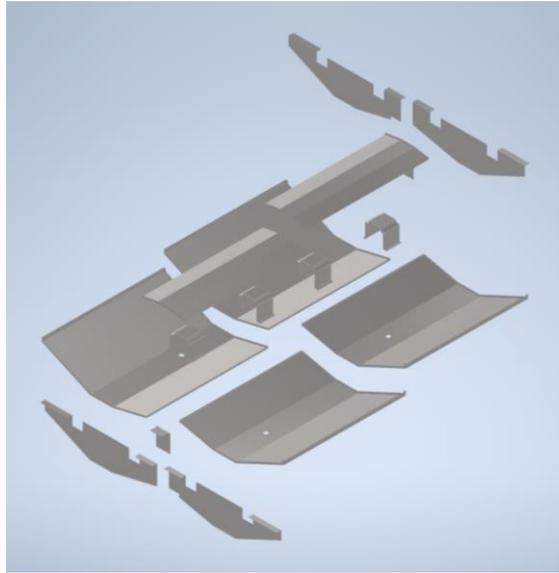


Figura 4.5 - Vista explodida da estrutura em chapa

4.1.1. Projeto da estrutura

Neste subcapítulo, pretende-se justificar alguns dos pormenores que estão por detrás do design da estrutura apresentada no início do presente capítulo.

Em primeiro lugar, a estrutura encontra-se projetada de forma a fazer com que a água resultante da limpeza tenha sempre tendência a dirigir-se em direção à parte mais funda da mesma, onde estão presentes furos. Os mesmos foram colocados com o propósito de serem ligados a eles tubos, que estariam conectados ao sistema de escoamento de líquidos da fábrica, de forma a permitir que o líquido seja escoado da máquina, e que não fique acumulado na mesma. O posicionamento dos furos, está feito de forma que os tubos que se irão ligar a eles não colidam com nenhum dos elementos que se encontram na parte inferior da máquina. Estes não são visíveis, uma vez que, tiveram que ser escondidos, por motivos de confidencialidade.

Em segundo lugar, pretende-se discutir a aplicação dos suportes das chapas centrais, que podem ser observados na Figura 4.6 e que estão presentes na Figura 4.5. As chapas centrais, foram projetadas para funcionarem de forma semelhante a um “telhado”, deslizando a água sobre elas em direção aos furos de escoamento. Estes suportes permitem a montagem das chapas centrais, que de outra forma teriam de se suportar sobre as chapas laterais, que estruturalmente seria menos robusto.

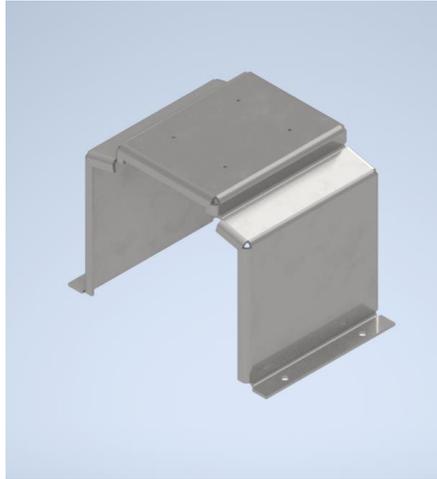


Figura 4.6 - Suporte das chapas centrais

Os desenhos técnicos de todos os componentes presentes na estrutura de recolha de líquido de lavagem encontram-se presentes em anexo.

4.1.2. Sequência de montagem

Um dos requisitos para o projeto da estrutura em questão era a sua facilidade de montagem e manutenção, sendo essa uma das principais razões para o desenvolvimento da estrutura em várias parcelas. Neste subcapítulo pretende-se demonstrar a sequência de montagem idealizada para a estrutura em chapa anteriormente referida.

Por forma a realizar a montagem, é necessário, numa primeira fase, remover as vigas demarcadas na Figura 4.7.

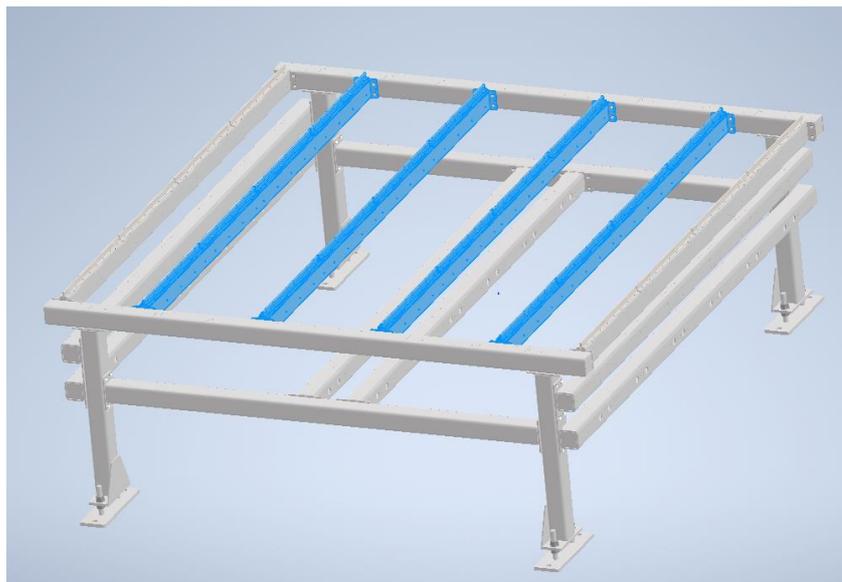


Figura 4.7 - Vigas a remover para fazer a montagem da estrutura em chapa

Após a remoção dos componentes referidos anteriormente, inicia-se a montagem pela instalação dos suportes centrais, como observado na Figura 4.8.

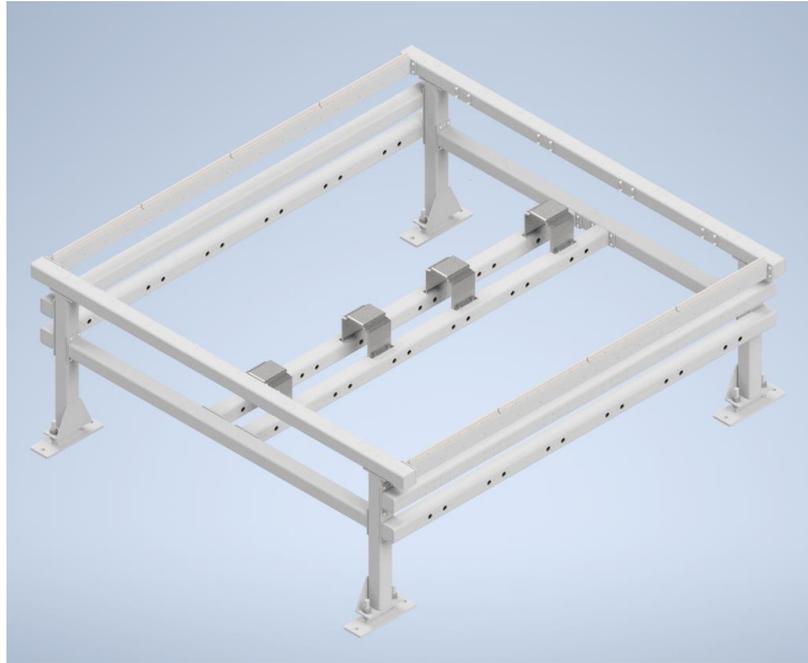


Figura 4.8 - Montagem de suportes na máquina

Os suportes são montados como se pode ver na Figura 4.8, onde se agregam à estrutura através de uma anilha DIN 125, uma anilha de mola com pontas quadradas DIN 127 e, por fim um parafuso M8 de cabeça cilíndrica sextavada DIN 912. Este tipo de montagem é replicado para a montagem de outros componentes da estrutura e foi aconselhado pelo corpo de engenharia da ESI, por ser standard da empresa para este tipo de montagens. Para suportar esta montagem será feito um furo roscado na viga onde estes suportes de inserem.

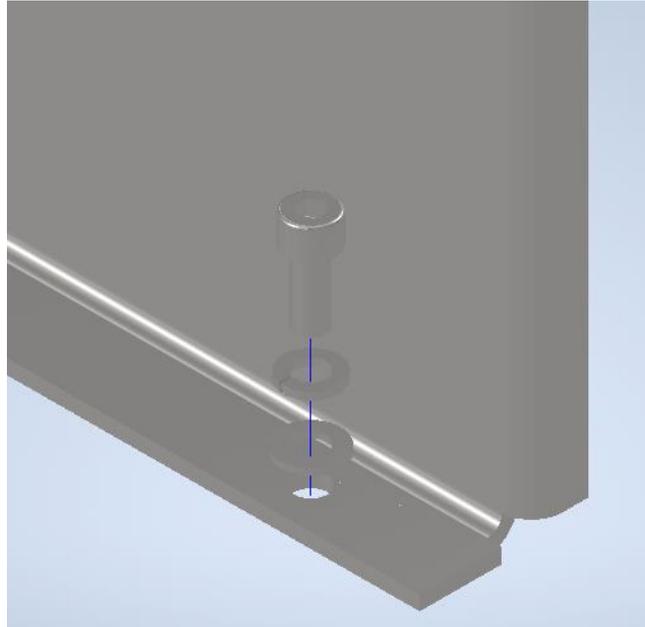


Figura 4.9 - Montagem mecânica dos suportes à máquina

Seguidamente, procede-se à montagem das chapas laterais, tal como na Figura 4.10.

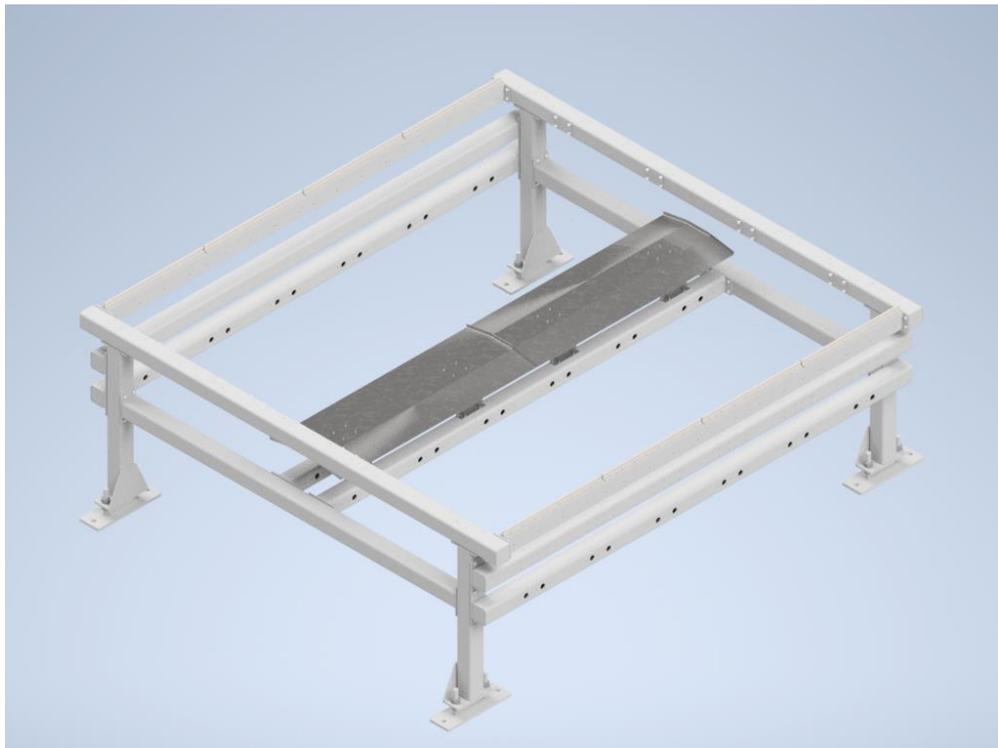


Figura 4.10 - Montagem das chapas centrais

Esta estrutura central, é aparafusada aos suportes por um parafuso M5 de cabeça sextavada DIN 912, juntamente com a anilha de mola DIN 127 e a anilha DIN 125 (Figura 4.11).

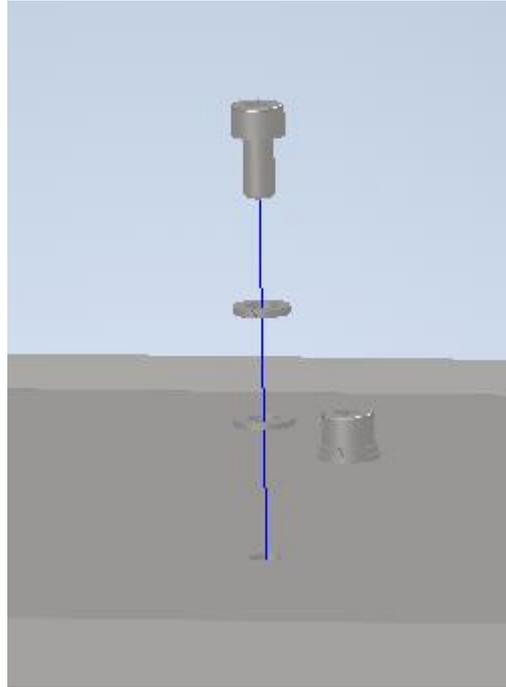


Figura 4.11 - Montagem mecânica das chapas centrais aos suportes

Para além da montagem entre as chapas e os suportes, existe ainda furação nas extremidades das mesmas onde se utiliza parafuso DIN 912 M5 e uma anilha DIN 125 e do lado oposto uma porca DIN 934 juntamente com uma anilha de mola DIN 127 e uma anilha DIN 125, por forma a garantir maior estabilidade (Figura 4.12).



Figura 4.12 - Componentes para fazer a ligação entre as extremidades das chapas centrais

O próximo passo na montagem, é a instalação das chapas laterais tal como se pode observar na Figura 4.13.

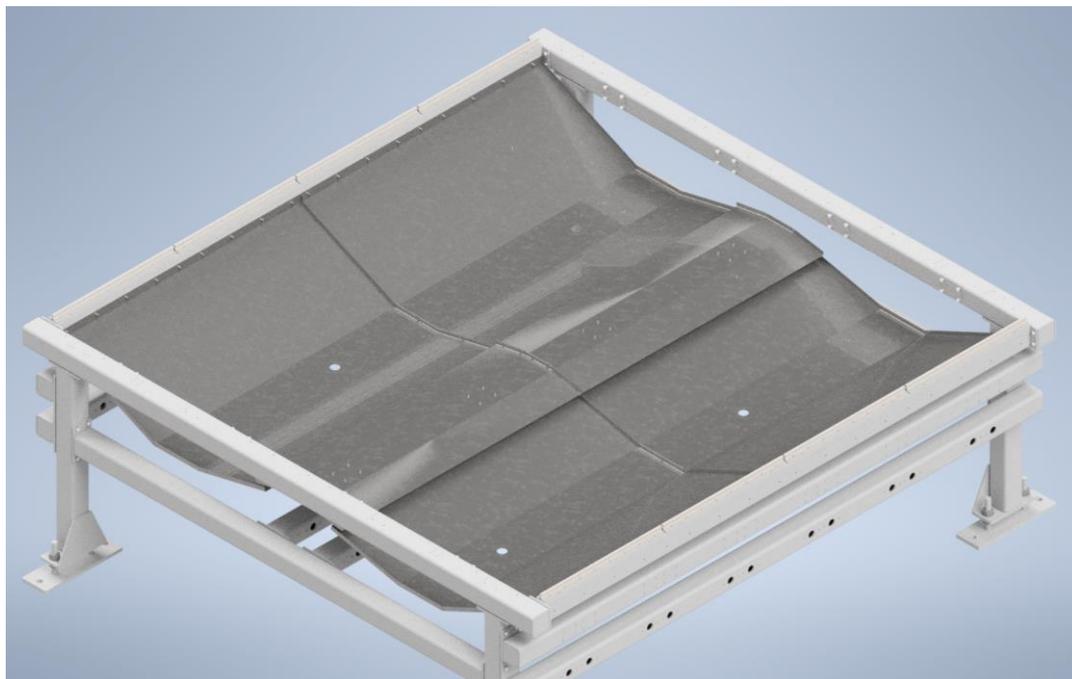


Figura 4.13 - Instalação das chapas laterais

Para realizar a instalação das mesmas, são feitos furos roscados no tubo quadrado da máquina onde esta estrutura se apoia, usando um parafuso M8 DIN 912 juntamente com uma anilha DIN 125 e uma anilha DIN 127 (Figura 4.14).

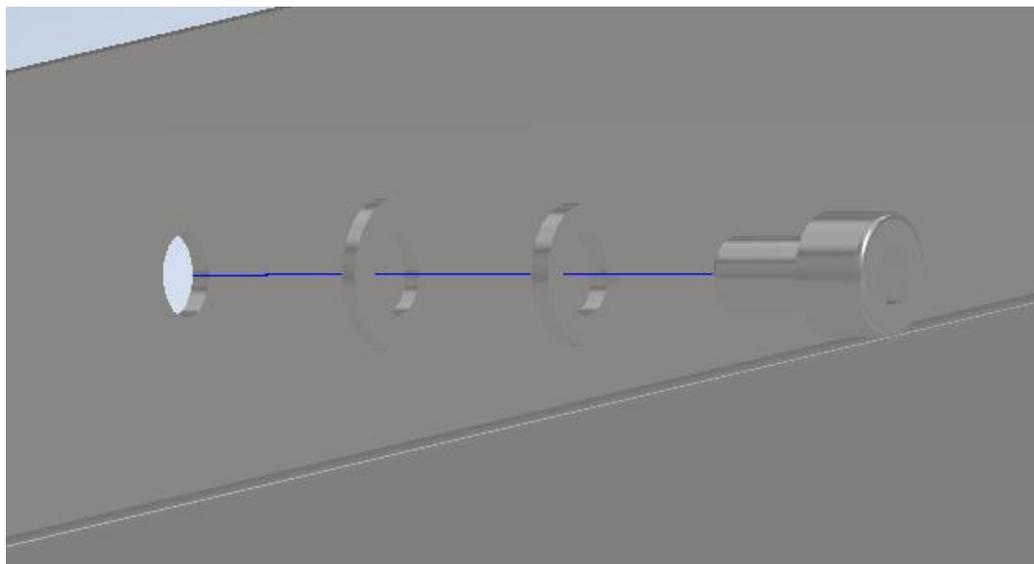


Figura 4.14 - Montagem mecânica da chapa na máquina

Para garantir no limite entre as chapas não existe desalinhamento entre as mesmas e que se mantém sempre juntas uma à outra, existem também elementos de ligação entre elas. Esta ligação (Figura 4.15) é feita através do parafuso M5 DIN 912 e uma anilha DIN 125 com uma porca DIN 934, anilha DIN 127 e anilha de mola DIN 127, montagem esta igual à descrita anterior para a região de ligação das chapas centrais.

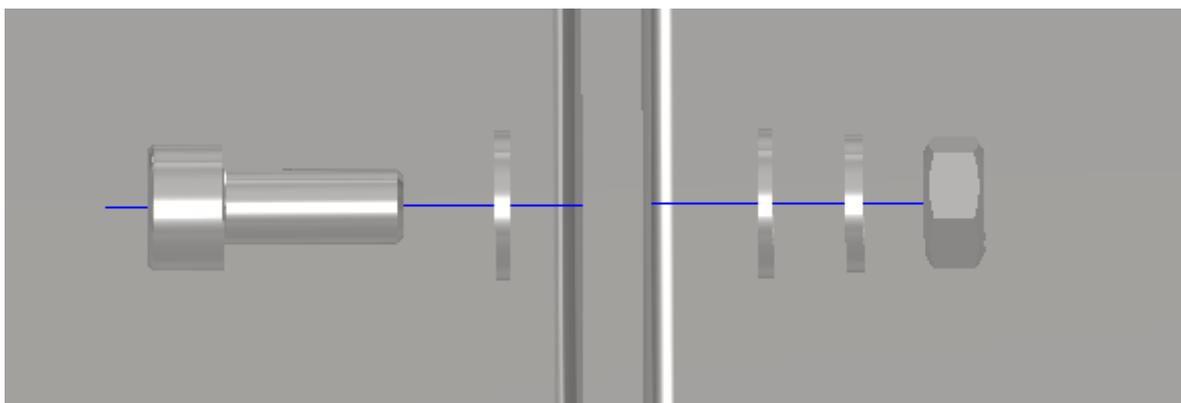


Figura 4.15 - Montagem mecânica na zona de ligação

Uma vez feita a montagem anteriormente descrita, colocam-se as chapas frontais, como pode ser observado na Figura 4.16.

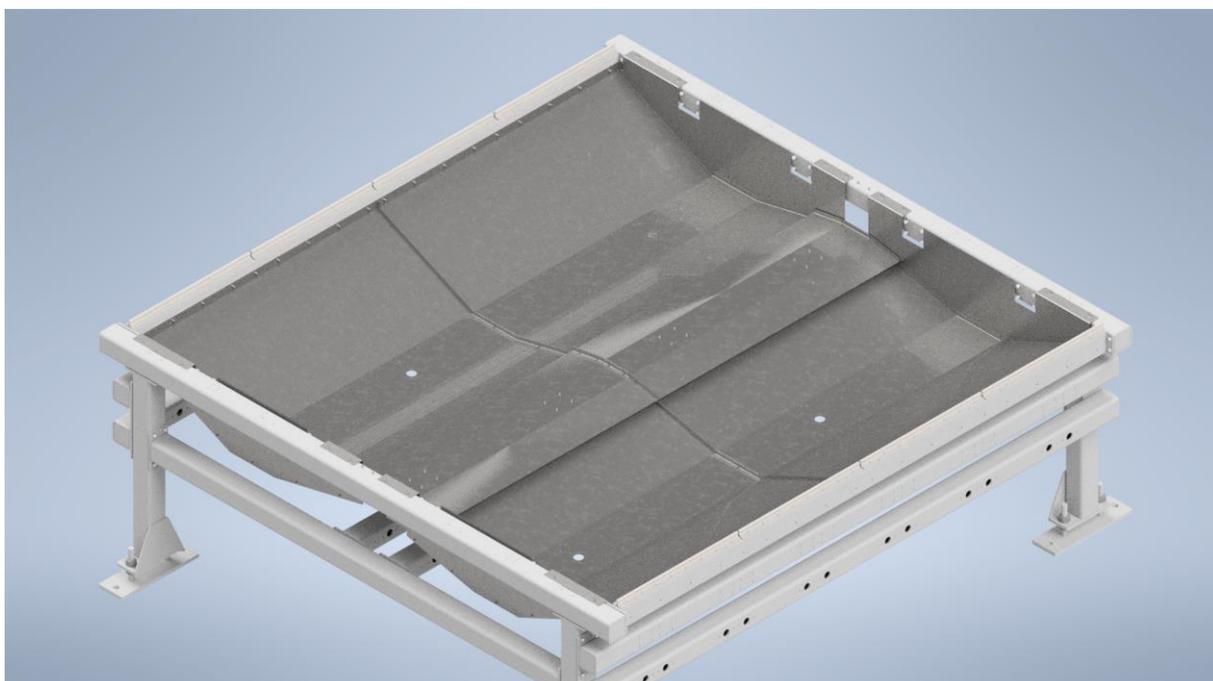


Figura 4.16 - Colocação das chapas frontais

Estas estruturas em chapa apresentam duas zonas de ligação. A primeira zona corresponde ao aparafusamento da chapa ao perfil da máquina, cujos elementos de ligação podem ser observados na Figura 4.17, sendo estes um parafuso DIN 912 M8, anilha DIN 127 e anilha DIN 125.

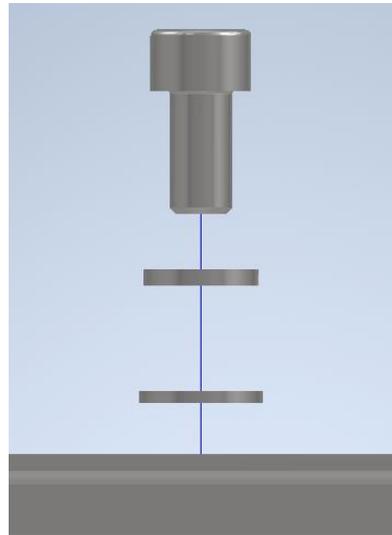


Figura 4.17 - Montagem mecânica ao perfil da máquina

A segunda zona de ligação (Figura 4.18) realiza a conexão com as chapas laterais, sendo que se usa um parafuso M5 DIN 912, anilha de mola DIN 127 e anilha DIN 125.

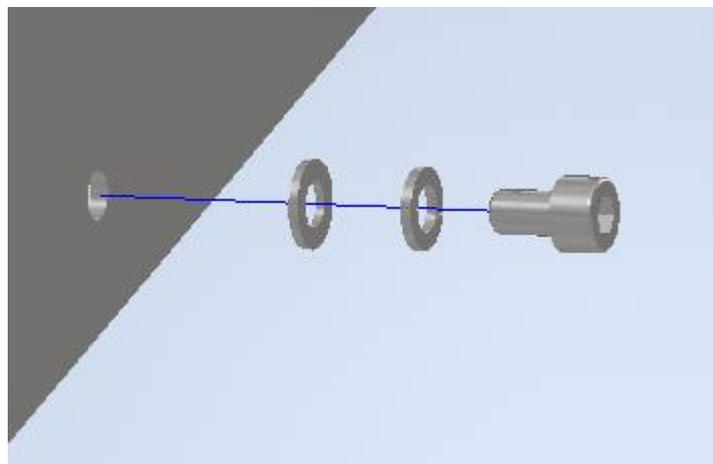


Figura 4.18 - Montagem mecânica às chapas laterais

O último passo na montagem completa da estrutura de recolha do líquido de lavagem, é a montagem das pequenas chapas realçadas na Figura 4.19. A introdução destas chapas pretende tapar um espaçamento presente entre as chapas frontais.

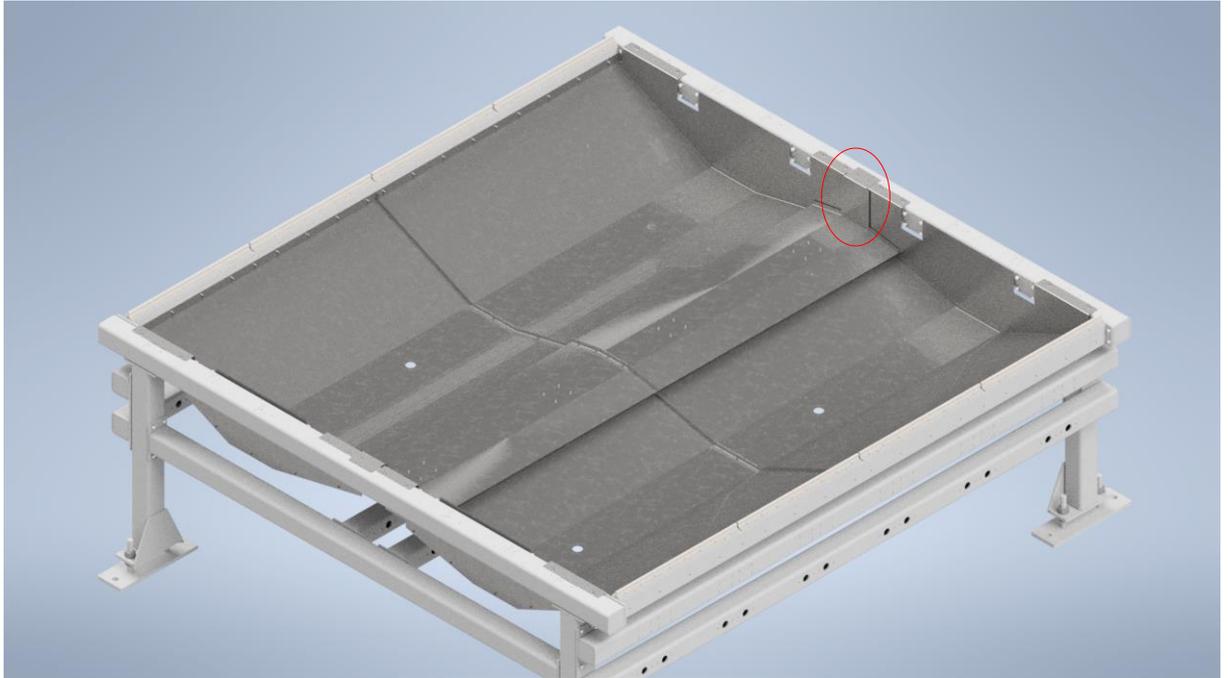


Figura 4.19 - Última chapa a ser montada na estrutura

Nesta última fase de montagem, existem duas zonas de ligação, destacadas na Figura 4.20, onde se realiza a ligação ao perfil da máquina e às chapas centrais. Os elementos de montagem mecânica são iguais para as duas zonas e são os mesmos que os presentes na Figura 4.18.

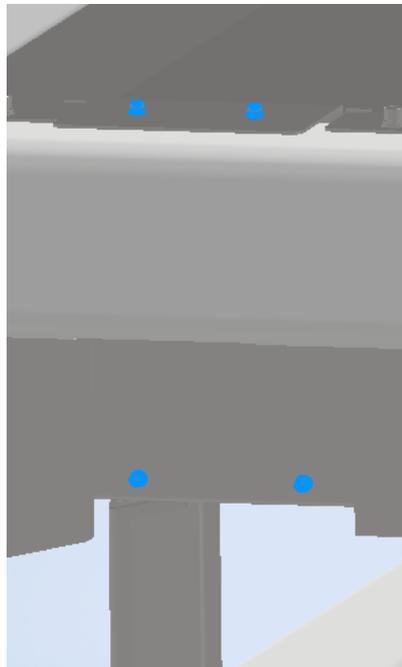


Figura 4.20 - Locais de montagem das últimas chapas a serem montadas

4.2. Suporte para bicos de jato de água

Por forma a ser possível introduzir na máquina anteriormente referida jatos de água para a limpeza dos moldes, foi necessário projetar uns suportes para os mesmos. Como já referido no capítulo anterior, foi identificado como a zona ótima e possível para a introdução dos mesmos, os vários mancais presentes na máquina. O objetivo seria colocar os suportes sobre esses mancais, permitindo projetar a solução líquida diretamente sobre os moldes.

A pressão a que a água é projetada dos jatos não foi ainda definida na altura de escrita da dissertação, mas foi transmitido pelo fornecedor responsável por esse ponto, que seria bastante baixa, uma vez que, o fator mais importante seria o caudal. Este também não foi dimensionado pelo fornecedor até à altura da escrita da presente dissertação. Os suportes foram então projetados com o objetivo de demonstrar que seria possível introduzir a componente líquida na máquina em questão, servindo mais como forma de validar o conceito. A fiabilidade da estrutura foi validada com o auxílio da experiência do corpo de engenharia da ESI.

4.2.1. Processo de produção e montagem

Neste subcapítulo, pretende-se detalhar o processo de produção de cada um dos componentes que compõe o suporte e o processo de montagem do mesmo. O suporte para os jatos de água selecionado é composto por sete componentes, tal como pode ser observado na Figura 4.21.

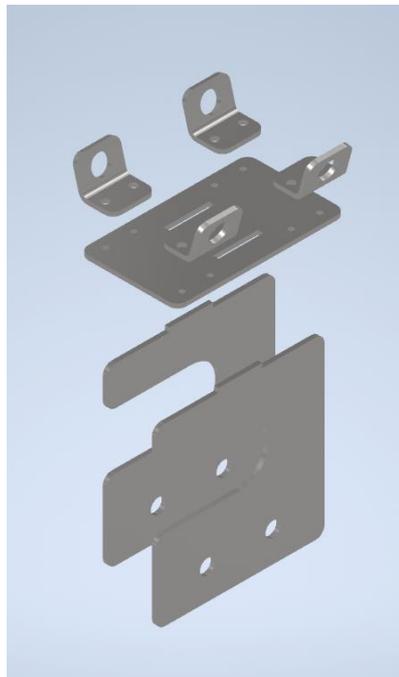


Figura 4.21 - Vista explodida do suporte

Todos os componentes presentes, seriam produzidos em chapa de dois milímetros em aço inoxidável AISI 316, à semelhança da estrutura referida no capítulo anterior. Por forma a conferir-lhes a forma e configuração final, os componentes serão submetidos a corte laser e o componente presente na Figura 4.22 sofre ainda um processo adicional de quinagem.

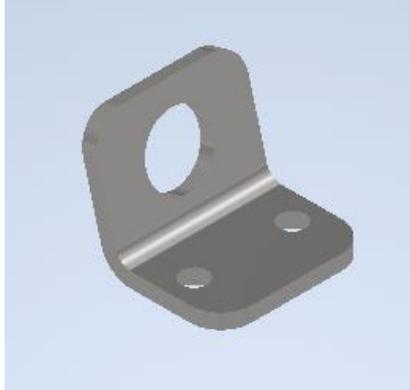


Figura 4.22 - Componente produzido por corte laser e quinagem

Relativamente ao processo de montagem do suporte, inicia-se pelo encaixe das duas chapas laterais na chapa superior. No local onde as duas peças encaixam na chapa superior, é feito um processo de soldagem, por forma a garantir que a montagem é definitiva.

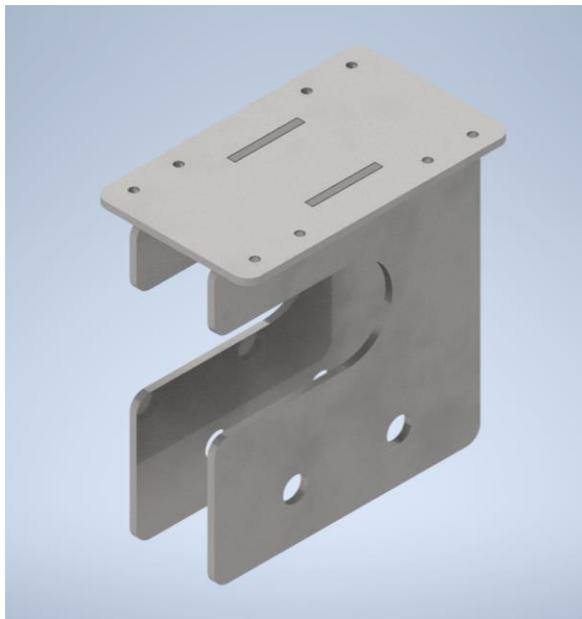


Figura 4.23 - Primeiro passo na montagem do suporte

Após se realizar o processo anteriormente descrito, colocam-se as chapas quinadas no topo do suporte. Existe furação na chapa superior para fazer a montagem das mesmas, sendo que se usa um parafuso M3 de cabeça sextavada DIN 912 com anilha DIN 125 e do lado oposto uma anilha DIN 125, anilha de mola DIN 127 e porca DIN 934, para se garantir a estabilidade desta montagem, tal como demonstrado na Figura 4.24.

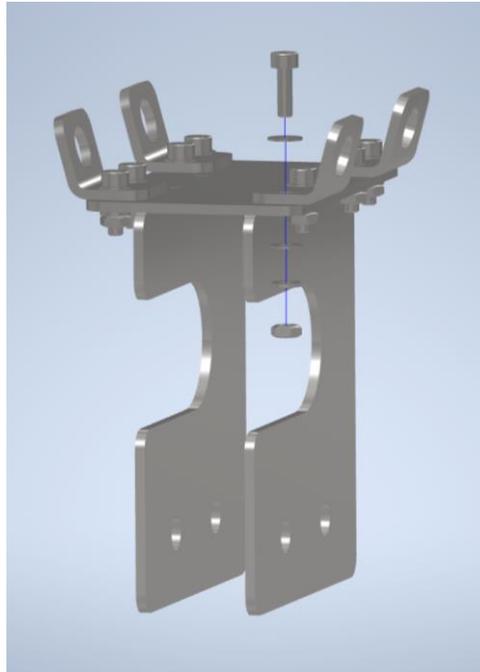


Figura 4.24 – Suporte final montado com realce nos componentes de montagem mecânica

Uma vez completa a assemblagem do suporte, este é montado nos vários mancais presentes na máquina referida ao longo da dissertação. Os suportes são colocados sem necessidade de remoção dos mancais e a sua montagem é feita como esquematizado na Figura 4.25.

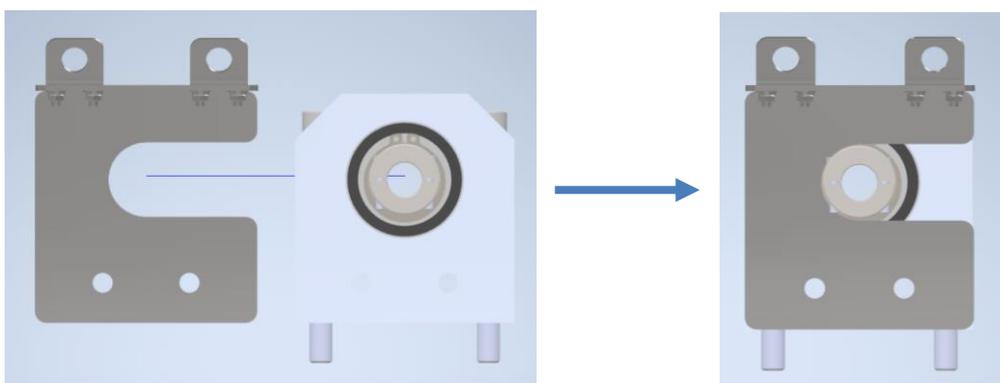


Figura 4.25 - Montagem do suporte de jatos de água no mancal

Após a introdução do suporte no mancal, resta apenas introduzir os elementos de montagem mecânica para concluir a ligação entre o suporte e o mancal. Para tal, são introduzidos um parafuso M6

de cabeça sextavada DIN 912, anilha de mola DIN 127 e anilha DIN 125. A montagem descrita anteriormente pode ser observada na Figura 4.26.

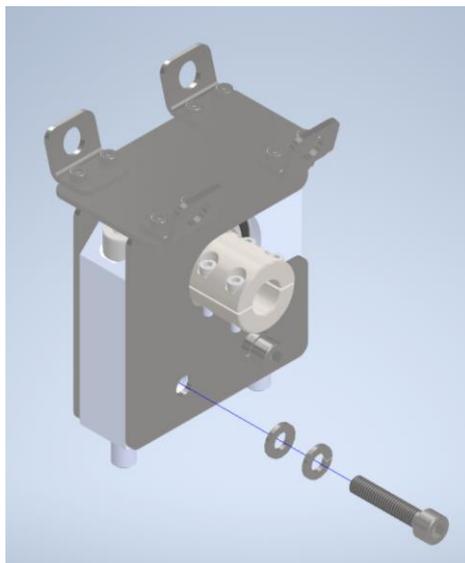


Figura 4.26 - Montagem mecânica do suporte no mancal

Os desenhos técnicos dos componentes do suporte de jatos de água encontram-se presentes em anexo.

4.3. Princípio de funcionamento da solução desenvolvida

Neste subcapítulo pretende-se descrever de que forma se pretende aplicar a solução de suporte anteriormente descrita. Uma vez que, no momento da escrita da dissertação ainda não estavam dimensionados os constituintes do sistema de fornecimento do líquido de lavagem, a mesma será descrita de forma conceptual.

O processo inicia-se com a chegada dos moldes superiormente à máquina, através de um sistema de transporte já existente para o efeito no local onde se pretende aplicar este projeto, como esquematizado na Figura 4.27.



Figura 4.27 - Posicionamento do molde antes de iniciar a limpeza

Uma vez que atinjam a posição acima descrita, os moldes começam a descer. Neste momento, os jatos de água começariam a projetar o líquido de limpeza sobre o molde e as escovas iniciam um movimento de rotação, sendo que cada par de escovas roda no sentido inverso, ou seja, se a escova que se posiciona à esquerda do molde rodar no sentido anti-horário a que se posiciona à direita rodará no sentido inverso.

O molde desce por entre as escovas até uma certa posição e volta a subir novamente, mantendo-se a saída de água dos jatos e as escovas em contacto com o mesmo durante a totalidade deste ciclo. Uma vez completado o mesmo, os jatos param e as escovas terminam o seu movimento de rotação, considerando-se completa a lavagem dos moldes.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nesta dissertação, desenvolveu-se o projeto de uma solução para a adaptação de uma máquina existente no projeto em que a mesma se insere para que a mesma fosse capaz de realizar a lavagem de moldes. Para tal, foi desenvolvida uma estrutura que tinha como principais objetivos fazer a coleta da água de lavagem e fazer a proteção de componentes existentes na mesma que não podem estar em contacto com líquidos. Foi também desenvolvida uma solução para fazer o suporte de jatos de água que teriam como principal função tornar o processo de limpeza mais eficiente.

Seguidamente, constam as principais conclusões a serem retiradas do trabalho desenvolvido e sugerem-se alguns trabalhos futuros.

5.1. Conclusão

A primeira parte desta dissertação foi reservada para se enquadrar o projeto e os fatores que condicionam o mesmo. Com o recurso ao projeto de engenharia, foi possível apresentar uma metodologia de projeto que se mostrou ser essencial para o desenvolvimento de qualquer projeto conceptual, na medida em que fornece um guia que permite criar e seleccionar as melhores soluções, tendo em conta um conjunto de requisitos impostos.

Com o desenvolvimento de um estudo de mercado, foi possível analisar e perceber as diferentes formas existentes para o fabrico do produto em questão, assim como qual procedimento mais comumente usado para realizar a limpeza dos moldes, o que permitiu levantar alguns pontos relevantes. Também ao recorrer à análise de um outro processo de limpeza existente, se conseguiu extrair várias ideias e conceitos que se poderia aplicar no melhoramento do processo de limpeza.

Com o levantamento de todos os requisitos e exigências do cliente, foi possível desenvolver um vasto número de soluções conceptuais que apresentaram grande promessa para a resolução das problemáticas em questão. Para a estrutura de recolha de líquido de lavagem, apenas foi desenvolvida uma solução, uma vez que, se tratava do desenvolvimento de uma estrutura mais simples sem grande espaço para variabilidade. Do conjunto de soluções para o suporte de jatos de água, uma das soluções mostrou ser a mais rentável e promissora para ser aplicada na máquina a adaptar. O detalhamento desta solução mostrou ser um desafio, pelo facto de não se ter seleccionado os componentes todos que fazem parte da adaptação e pelo carácter inovador e confidencial do projeto, pelo que a solução teve que ser feita de modo a ser o mais flexível possível.

O desenvolvimento desta dissertação permitiu, essencialmente, validar uma solução conceptual que permite adaptar uma máquina existente no contexto fabril do cliente para realizar a limpeza de moldes cerâmicos e que cumpre com todos os requisitos e especificações estabelecidas pelo cliente.

5.2. Trabalhos futuros

Analisando o trabalho desenvolvido anteriormente, é possível concluir que existem alguns pontos a ser melhorados, sendo que faria sentido fazer uma análise estrutural para perceber se a máquina a adaptar seria capaz de suportar o peso de todos os componentes extra à mesma.

Outro destes pontos é a seleção dos componentes do sistema de jato de água. Portanto, o primeiro passo seria conseguir ter todos os restantes componentes escolhidos e dimensionados. Com os mesmos seleccionados, seria possível proceder à adaptação dos suportes de jatos de água, redimensionado estes tendo em conta as dimensões dos jatos seleccionados.

Para complementar ainda mais o projeto em questão, poder-se-ia produzir as estruturas desenvolvidas e aplicá-las na máquina de limpeza, assim como todos os componentes restantes que a completariam, e realizar testes em contexto fabril, permitindo, assim, validar completamente o conceito desenvolvido.

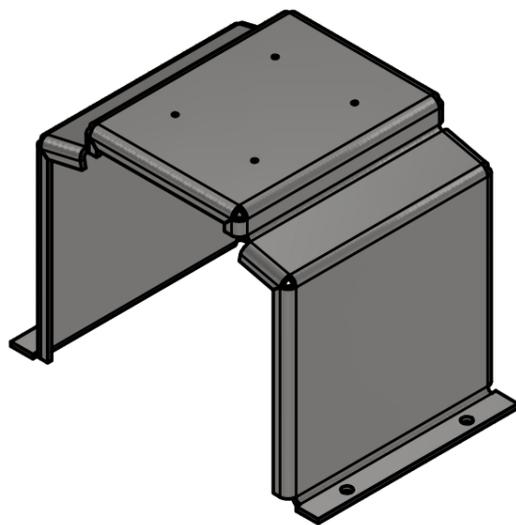
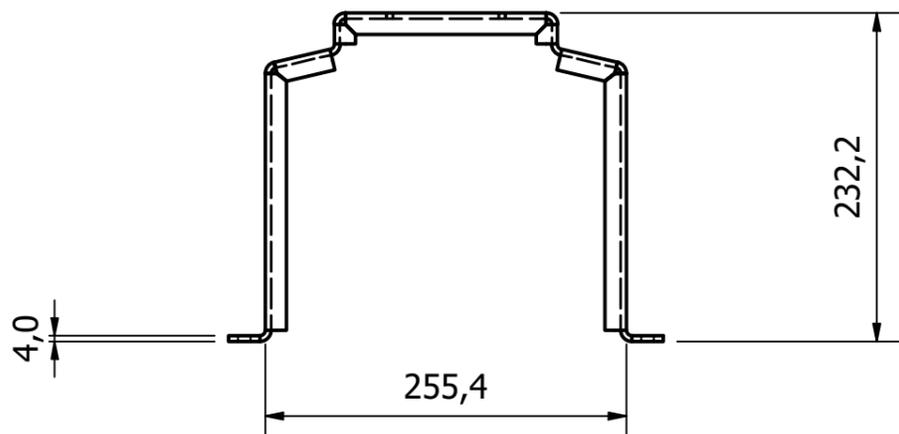
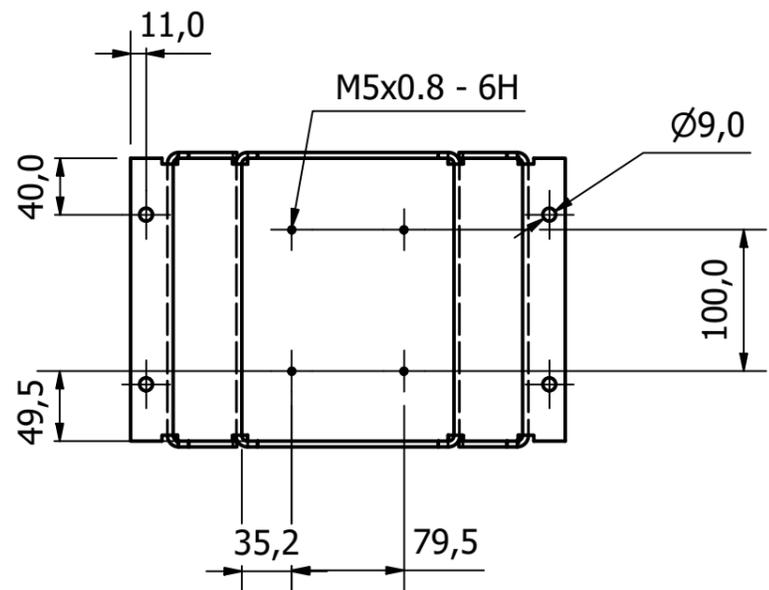
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhussen, K.H. Grote, *Engineering Design*, Design Springer, 2008.
- [2] N. Cross, *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*, John Wiley & Sons Ltd, 4th edition, 2008.
- [3] V.-F. P. und Mechatronik, “VDI 2206 “Design methodology for mechatronic systems”,” tech. rep., German work association, 2004.
- [4] G. E. Dieter, L. C. Schmidt, *Engineering Design*, McGraw-Hill International Edition, 2011.
- [5] “The manufacture of gloves from natural rubber latex”
[https://www.jacionline.org/article/S0091-6749\(02\)00098-2/pdf](https://www.jacionline.org/article/S0091-6749(02)00098-2/pdf) (acedido em março, 2021).
- [6] Comissão Europeia, Equipamentos de proteção individual 89/686/CEE, 1989.
- [7] Flickinger, B., Manufacturers balance cost, comfort and quality to meet changing glove market, 2006.
- [8] S. Plamthottam, *A process for making a glove having a polyurethane coating*, 1996. Obtido de <https://patents.google.com/patent/WO1996023643A1>
- [9] “Máquina de produção de luvas de látex e nitrilo” <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Automatic-Nitrile-And-Latex-Mitten-Machine-1600346130497.html> (acedido em março, 2021)
- [10] “Batch dipping plant” <https://cesbprocess.com/our-markets/latex-gloves/> (acedido em março, 2021)
- [11] “Industrial dip molding” <https://diptechsystems.com/services/dip-molding-equipment/industrial-dip-molding/> (acedido em maio, 2021)
- [12] “How It’s Made – Rubber Gloves” https://www.youtube.com/watch?v=A9PMs_N33fU (acedido em abril, 2021)
- [13] “How car washes work” <https://auto.howstuffworks.com/car-wash2.htm> (acedido maio, 2021)
- [14] “AISI 316/316L” https://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/aa-os-inoxida-a1veis-e-refracta-a1rios/r-316_.html (acedido em junho, 2021)
- [15] “AISI 304/304L”] https://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/aa-os-inoxida-a1veis-e-refracta-a1rios/r-304_.html (acedido em junho, 2021)
- [16] U. Fischer, R. Gomeringer, M. Heinzler, R. Kilgus, F. Naher, S. Oesterle, H. Paetzold, A. Stephan, Manual de Tecnologia Metal Mecânica, traduzido, Editora Blucher, 43^a edição, 2008.

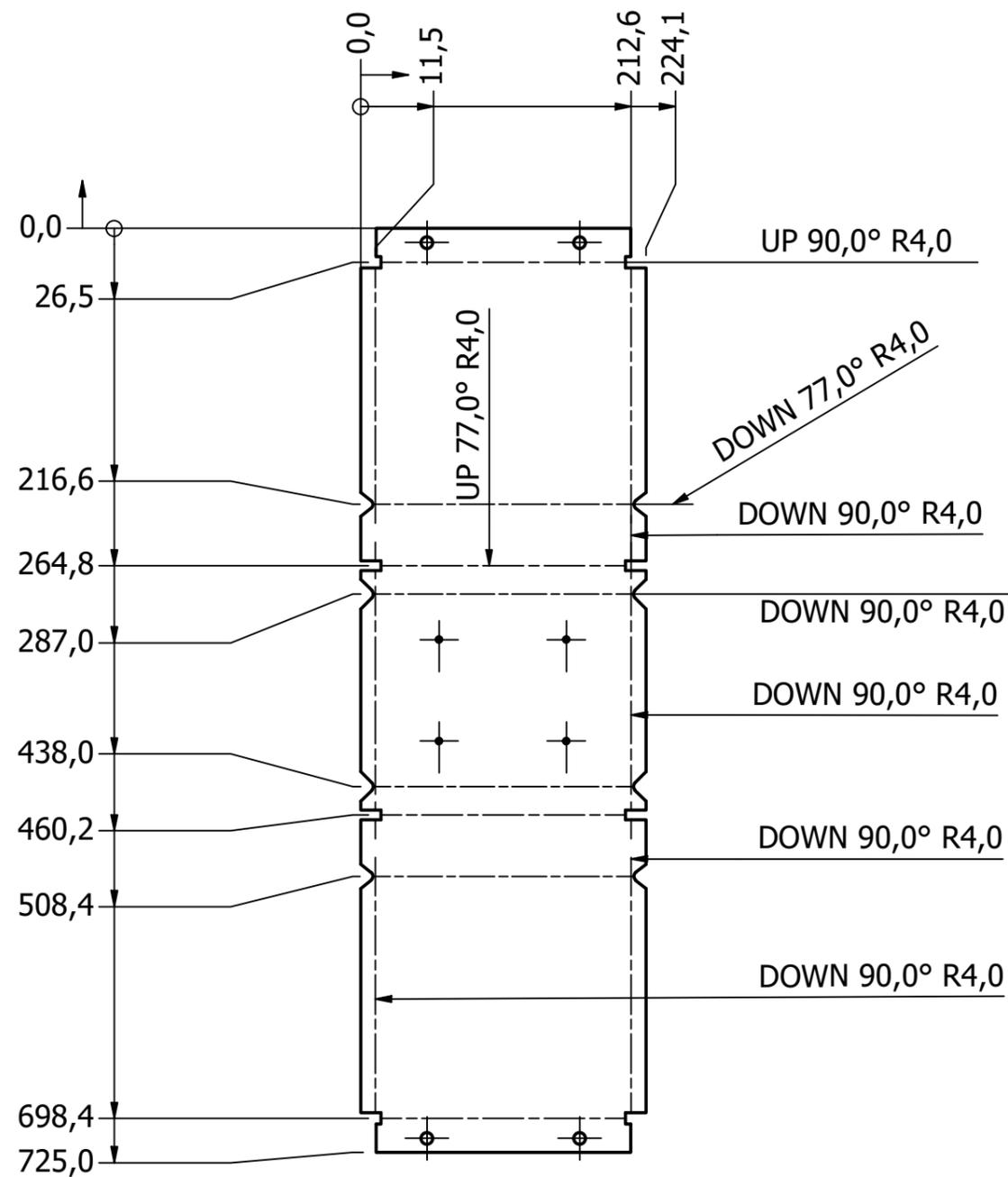
ANEXO 1 – DESENHOS TÉCNICOS

No presente anexo, apresentam-se os desenhos técnicos das várias partes que compõem a estrutura de recolha do líquido de limpeza e do suporte de jatos de água.

QUINADA



PLANIFICADA

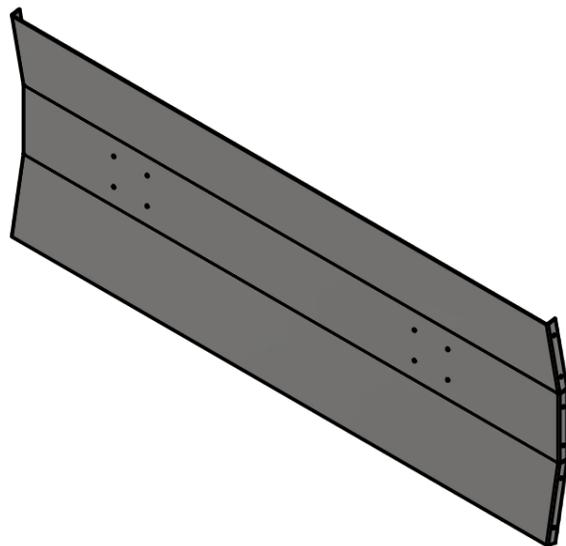
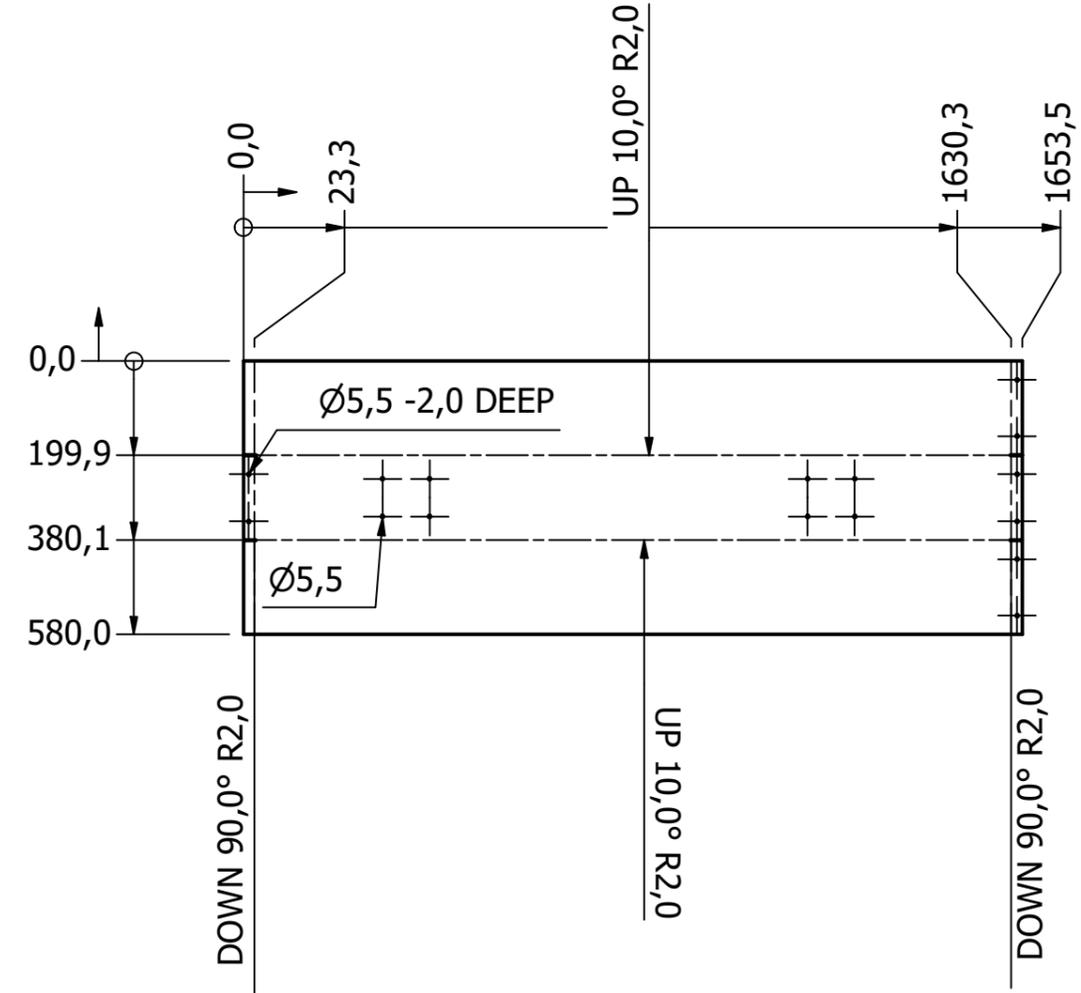
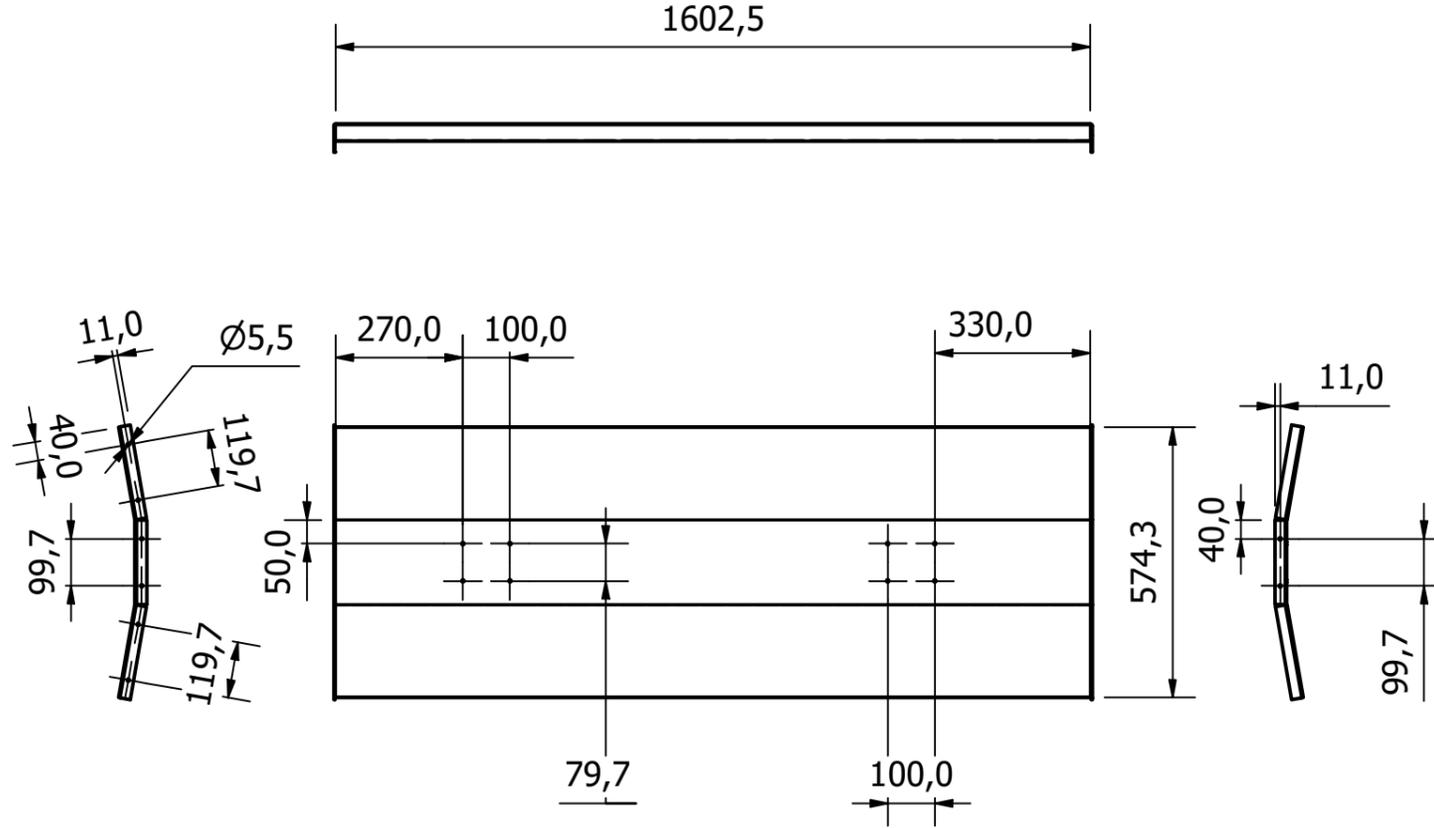


Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo ISO 2768-1 (m) Tolerâncias Geométricas Geral segundo ISO 2768-2 (L)
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo ISO 13920 (C);
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo ISO 13920 (G);

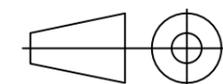
DATA	RUBRICA	QUANT.: 4 (A FABRICAR)	PROJETO 210022	 ENGENHARIA, SOLUCOES E INOVACAO	
DP	20/05/2021				João Martins
Verif.	20/05/2021				João Martins
Aprov.		R.Ribeiro			
MATERIAL:	Stainless Steel	ESCALA	DESIGNAÇÃO	REFERÊNCIA	
ACABAMENTO:		1 : 5		S01	
PESO UNIT.:	5,1 kg	Sheet	CORTE/ DIMENSÕES		
		1/1			
				substitui:	
				subst.por:	

QUINADA

PLANIFICADA

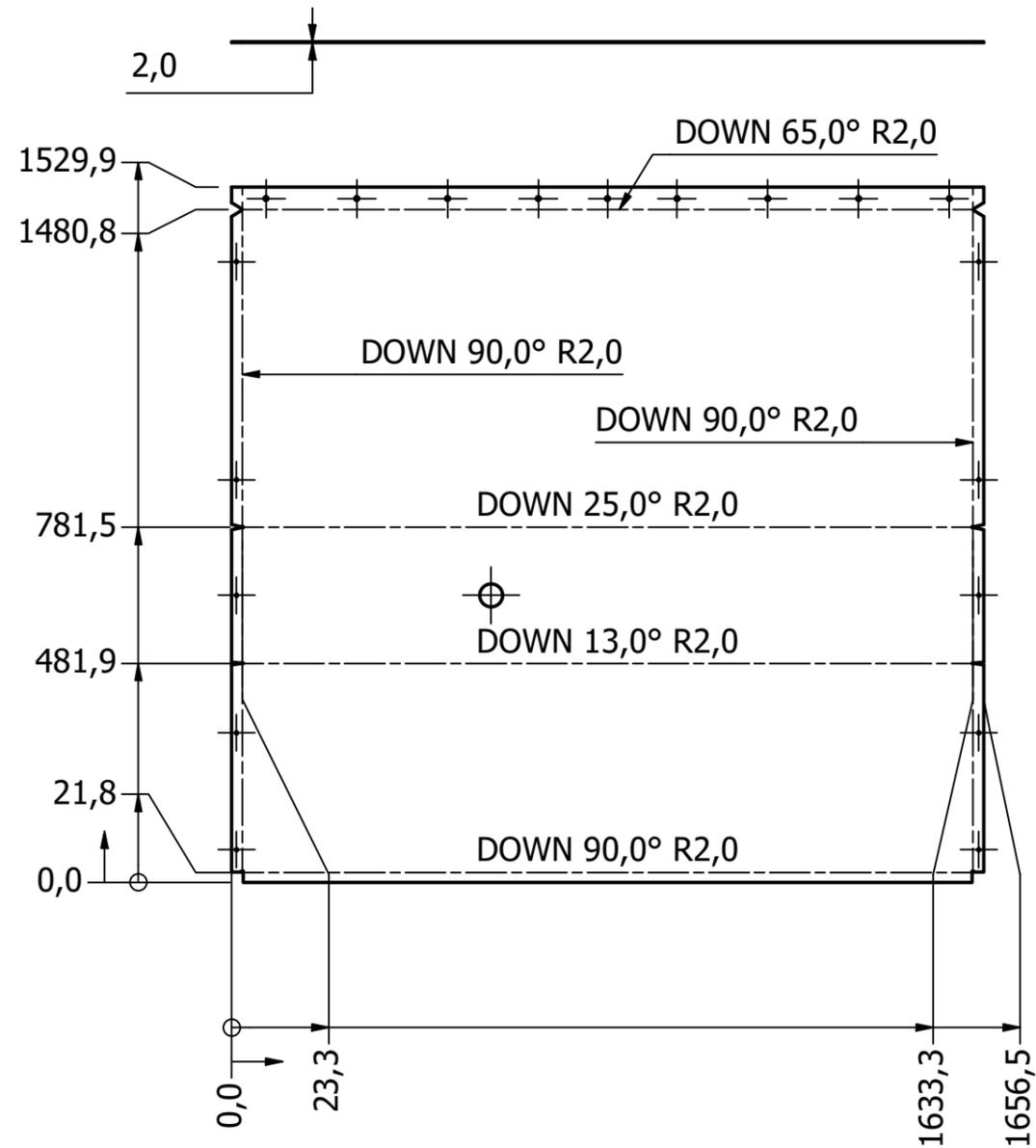
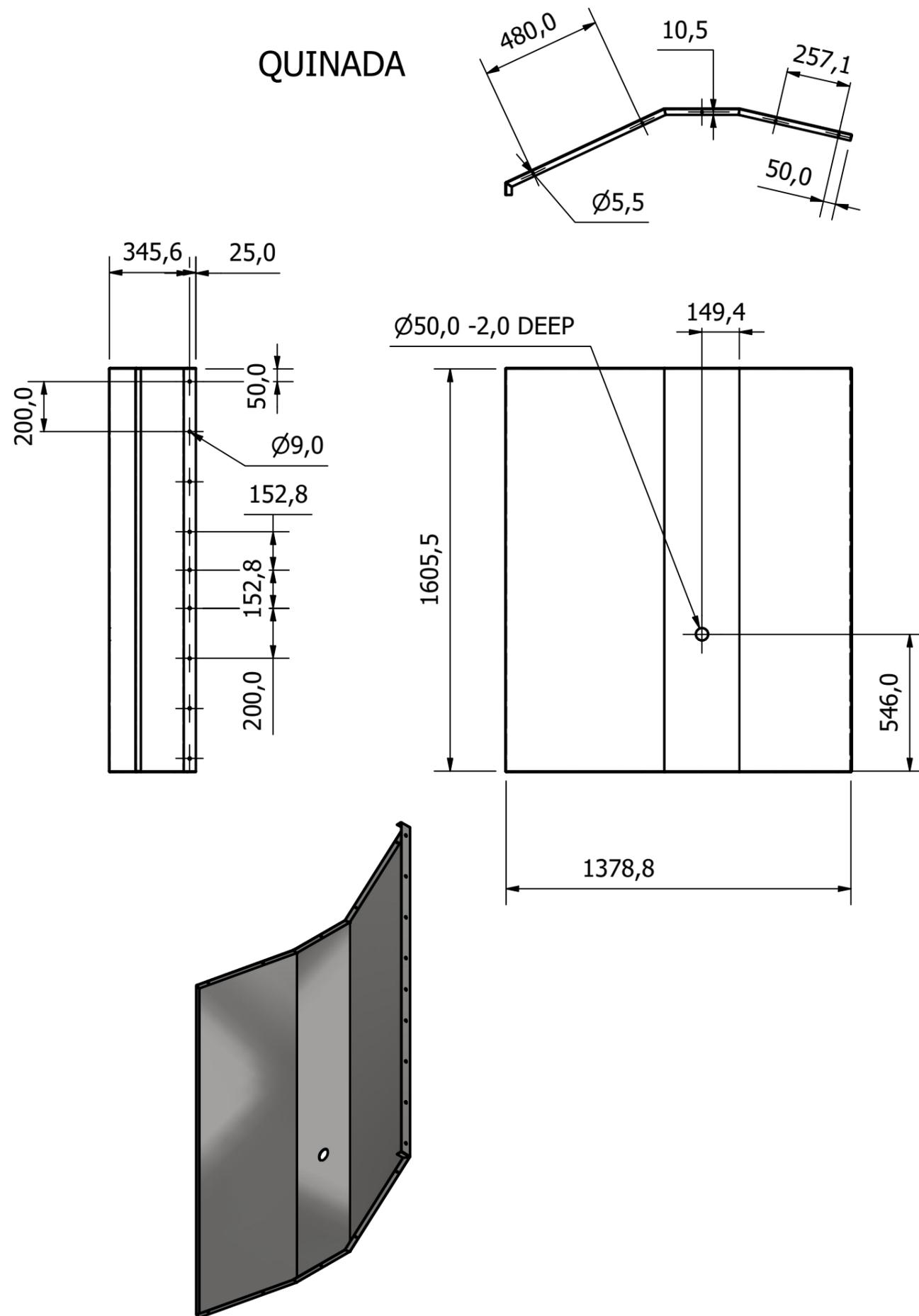


Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo ISO 2768-1 (m) Tolerâncias Geométricas Geral segundo ISO 2768-2 (L)
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo ISO 13920 (C);
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo ISO 13920 (G);

DATA	RUBRICA	PROJETO		 ENGENHARIA, SOLUCOES E INOVACAO	
DP	18/05/2021	João Martins	QUANT.: 2		210022
Verif.	18/05/2021	João Martins	(A FABRICAR)		
Aprov.		R.Ribeiro			
MATERIAL:	Stainless Steel		ESCALA	DESIGNAÇÃO	
ACABAMENTO:			1:15		
PESO UNIT.:	15,3 kg		Sheet	CORTE/ DIMENSÕES	
			1/1		
				REFERÊNCIA	
				P02.2	
				substitui:	
				subst.por:	

QUINADA

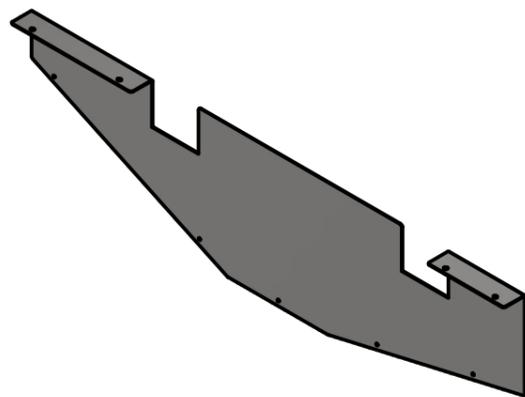
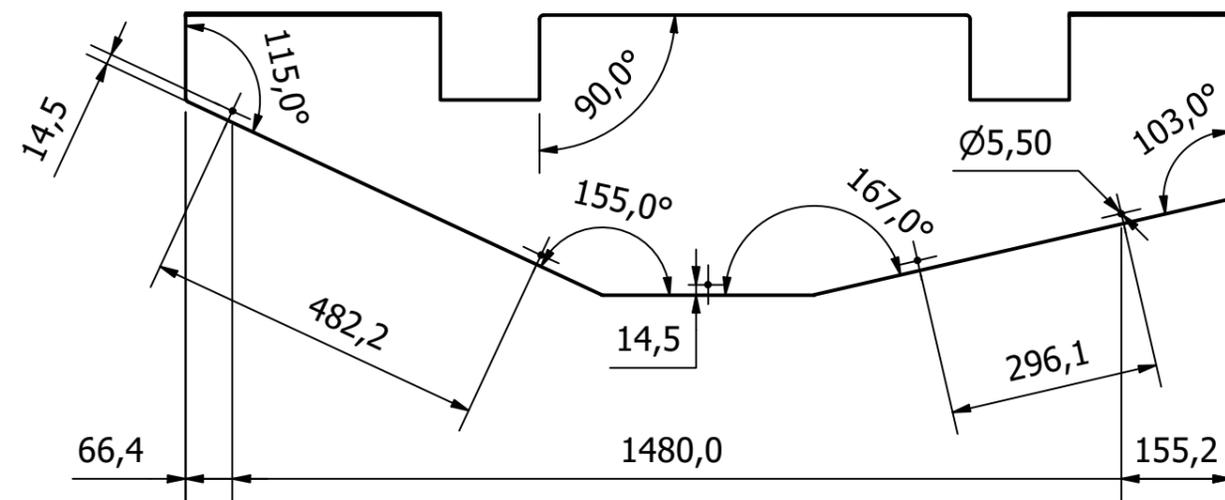
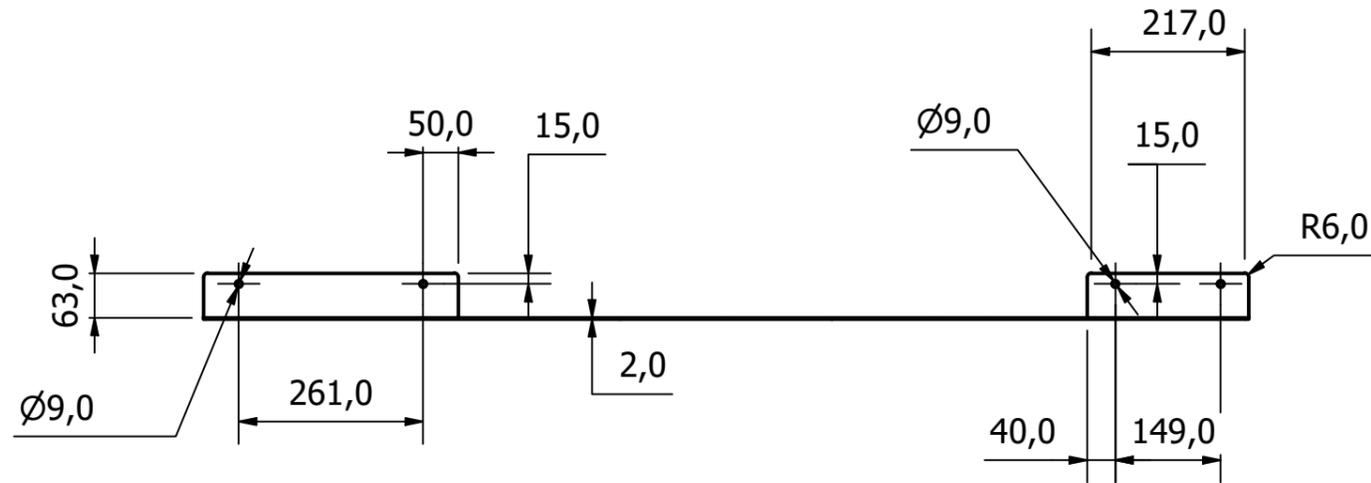
PLANIFICADA



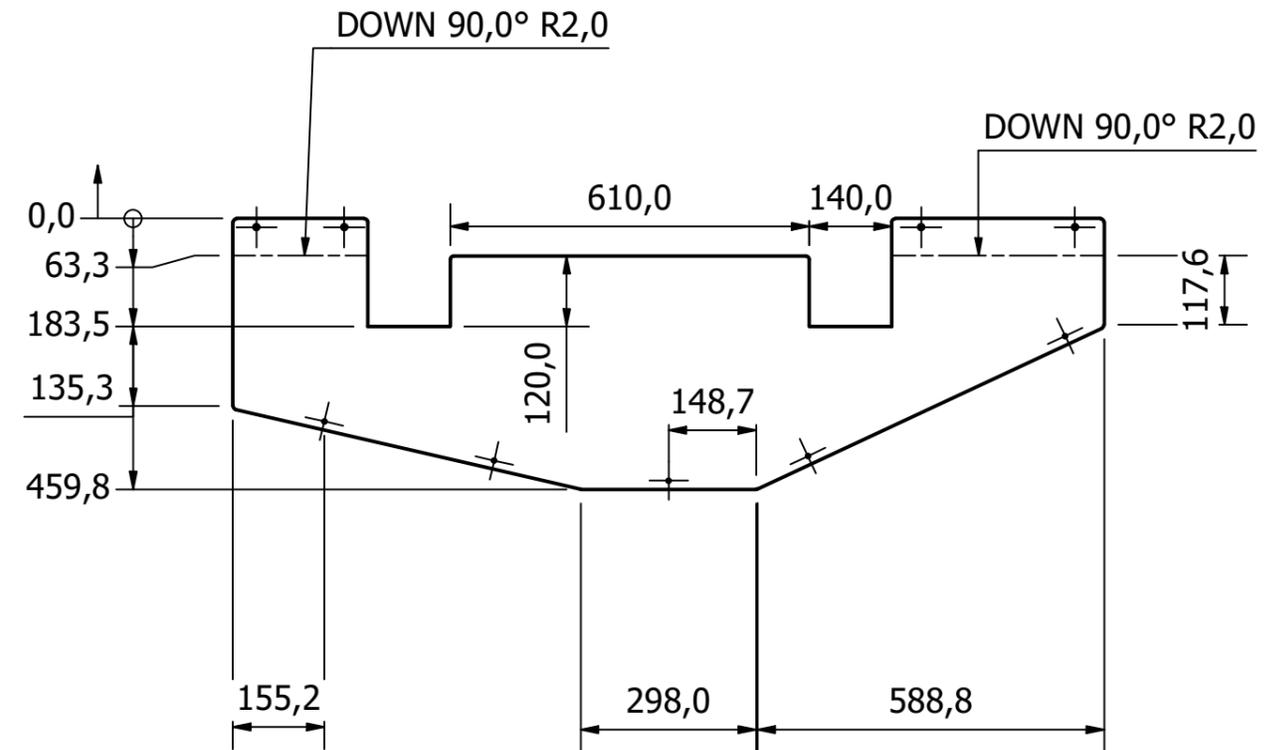
Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo ISO 2768-1 (m) Tolerâncias Geométricas Geral segundo ISO 2768-2 (L)
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo ISO 13920 (C);
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo ISO 13920 (G);

DATA	RUBRICA	PROJETO		 ENGENHARIA, SOLUCOES E INOVACAO
DP	18/05/2021	João Martins	QUANT.: 4	
Verif.	18/05/2021	João Martins	(A FABRICAR)	
Aprov.		R.Ribeiro		
MATERIAL:	AISI 3016		ESCALA	DESIGNAÇÃO
ACABAMENTO:			1:20	
PESO UNIT.:	40.5 kg		Sheet	CORTE/ DIMENSÕES
			1/1	
				substitui: subst.por:

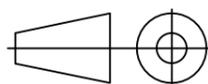
QUINADA



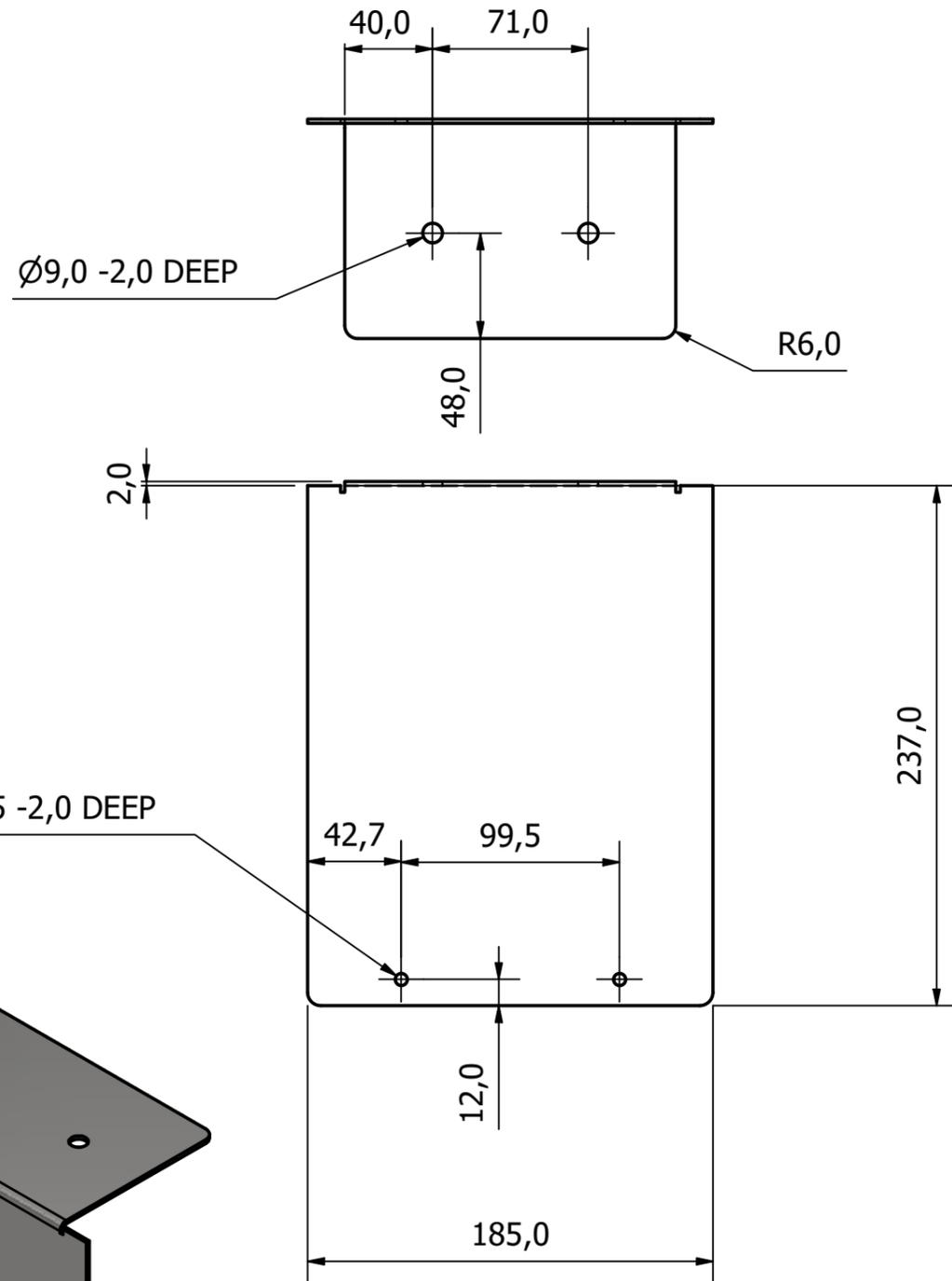
PLANIFICADA



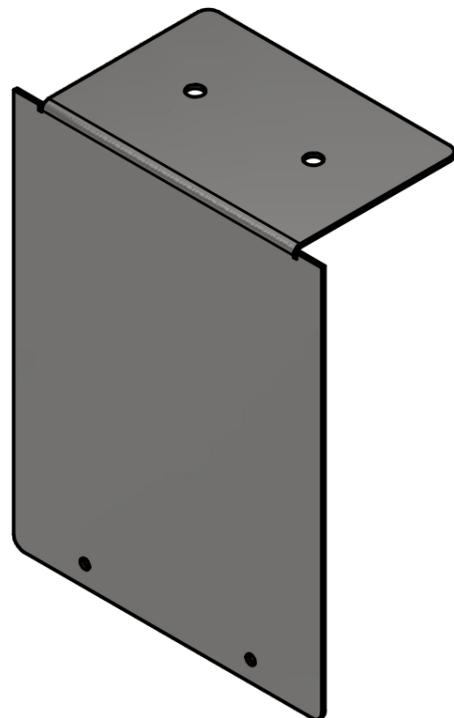
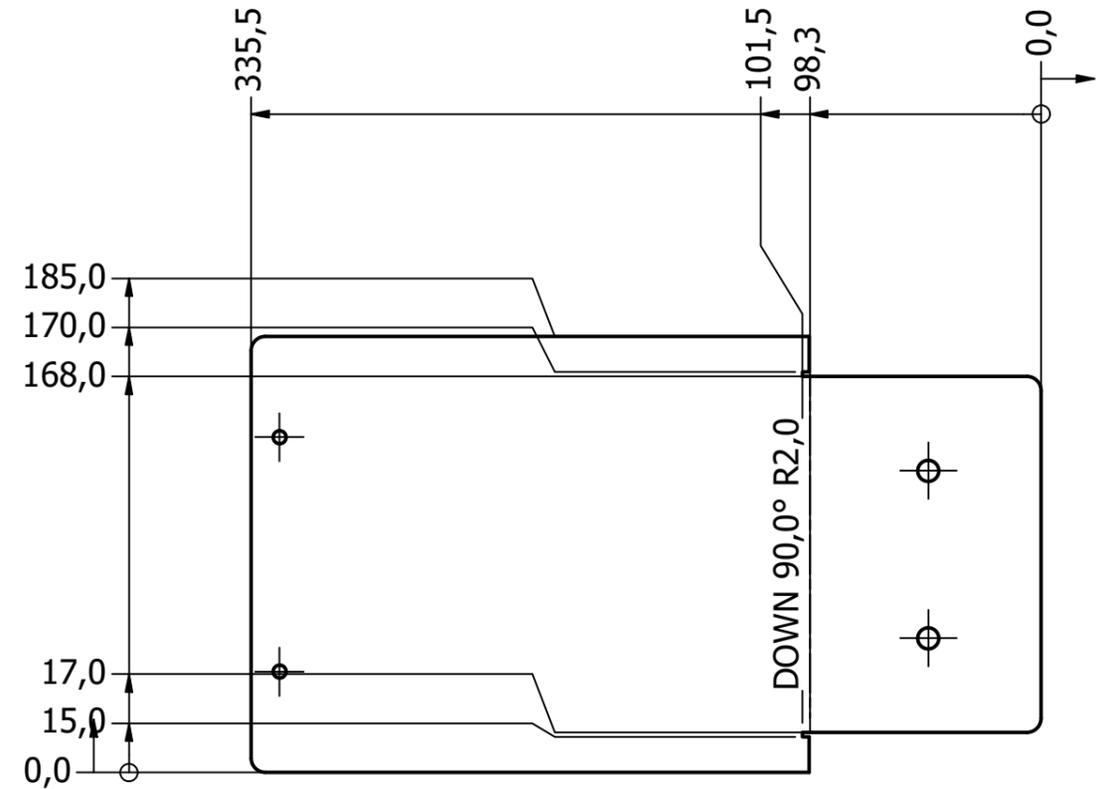
Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo ISO 2768-1 (m) Tolerâncias Geométricas Geral segundo ISO 2768-2 (L)
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo ISO 13920 (C);
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo ISO 13920 (G);

DATA	RUBRICA	QUANT.: 2 (A FABRICAR)	PROJETO	 ENGENHARIA, SOLUCOES E INOVACAO	
DP	18/05/2021				João Martins
Verif.	18/05/2021				João Martins
Aprov.		R.Ribeiro	DESIGNAÇÃO	REFERÊNCIA	
MATERIAL:	Stainless Steel	ESCALA		P05.2	
ACABAMENTO:		1:10			
PESO UNIT.:	N/A	Sheet	CORTE/ DIMENSÕES		
		1/1			
				substitui:	
				subst.por:	

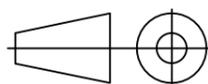
QUINADA

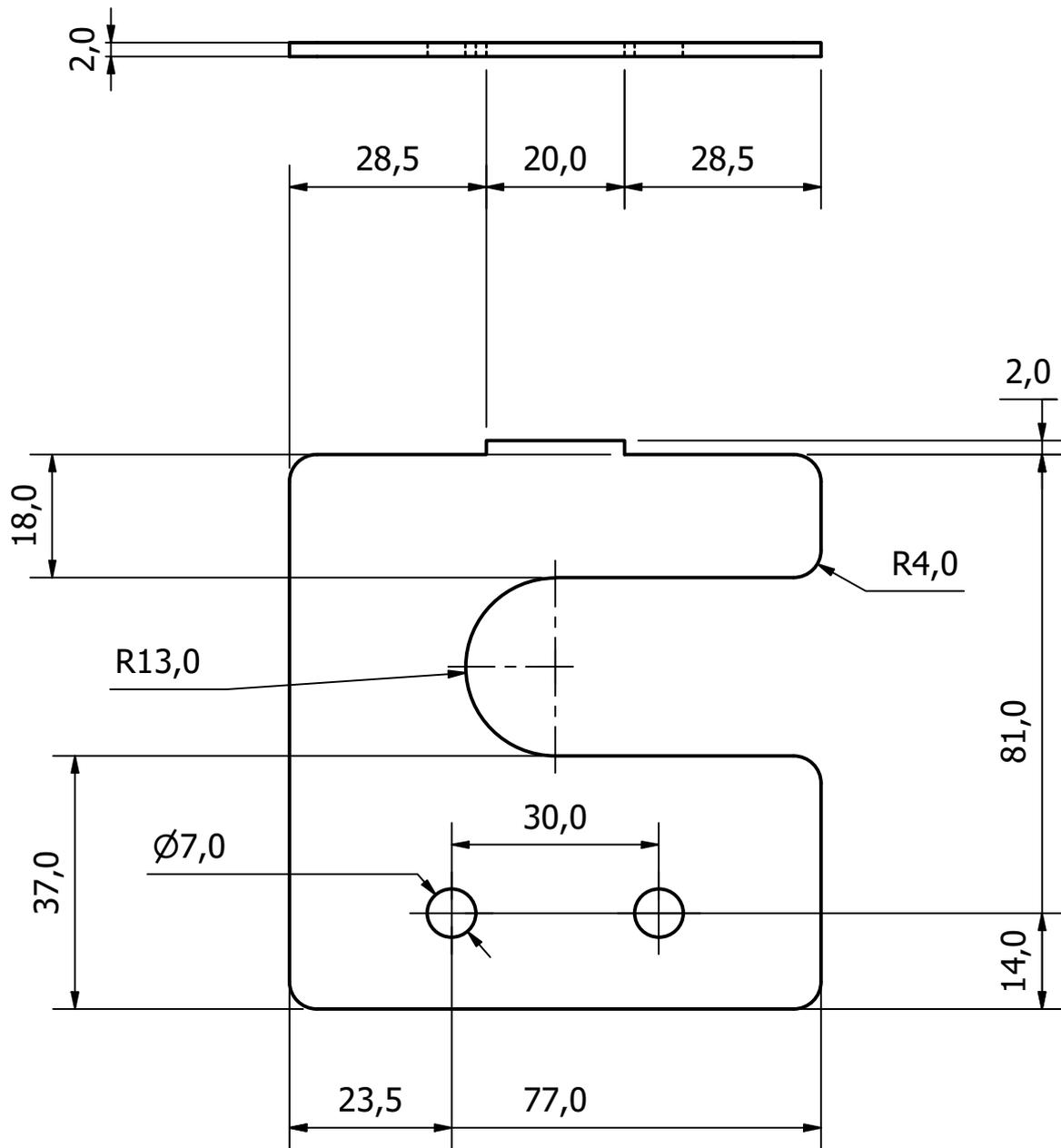


PLANIFICADA

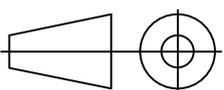


Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo ISO 2768-1 (m) Tolerâncias Geométricas Geral segundo ISO 2768-2 (L)
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo ISO 13920 (C);
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo ISO 13920 (G);

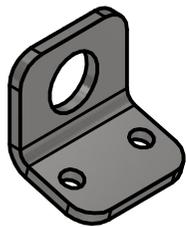
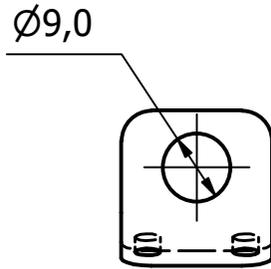
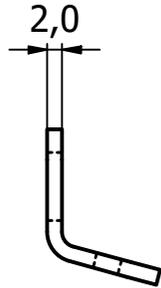
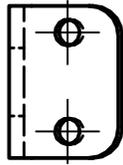
DATA	RUBRICA	QUANT.: 2 (A FABRICAR)	PROJETO 210022	 ENGENHARIA, SOLUCOES E INOVACAO	
DP	20/05/2021				João Martins
Verif.	20/05/2021				João Martins
Aprov.		R.Ribeiro			
MATERIAL:	Stainless Steel		ESCALA	REFERÊNCIA P08	
ACABAMENTO:			1 : 3		
PESO UNIT.:	N/A				
			Sheet	CORTE/ DIMENSÕES	
			1/1		
				substitui:	
				subst.por:	



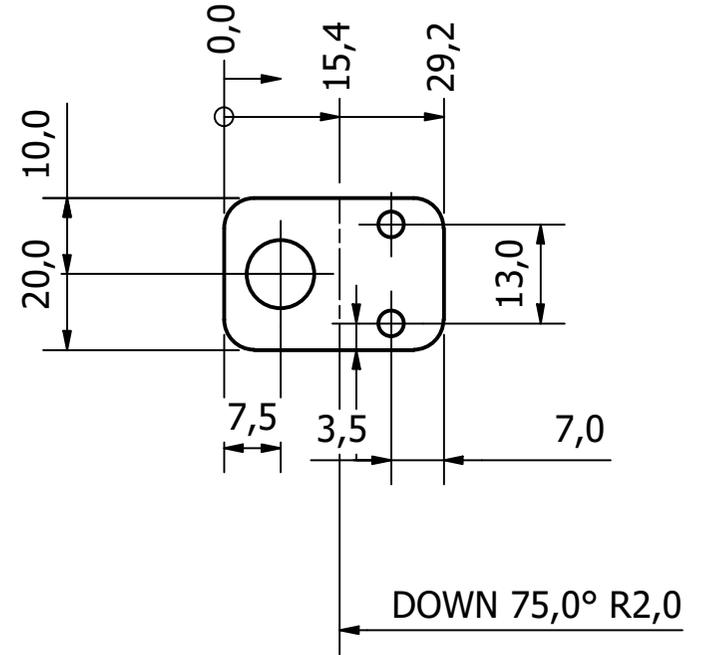
Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo ISO 2768-1 (m) Tolerâncias Geométricas Geral segundo ISO 2768-2 (L)
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo ISO 13920 (C);
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo ISO 13920 (G);

	DATA	RUBRICA	QUANT.: 672 (A FABRICAR)	PROJETO 210022	 <small>ENGENHARIA, SOLUÇÕES E INOVAÇÃO</small>
DP	28/05/2021	João Martins			
Verif.	28/05/2021	João Martins			
Aprov.		R.Ribeiro			
MATERIAL:	Stainless Steel		ESCALA	DESIGNAÇÃO	REFERÊNCIA
ACABAMENTO:			1 : 1		V3_1
PESO UNIT.:	0,1 kg		Sheet	CORTE/ DIMENSÕES	
			1/1		
					substitui:
					subst.por:

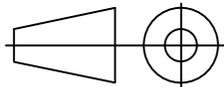
QUINADA



PLANIFICADA



Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo *ISO 2768-1 (m)* Tolerâncias Geométricas Geral segundo *ISO 2768-2 (L)*
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo *ISO 13920 (C)*;
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo *ISO 13920 (G)*;

	DATA	RUBRICA	QUANT.: 1248 (A FABRICAR)	PROJETO 210022	 <small>ENGENHARIA. SOLUÇÕES E INOVAÇÃO</small>										
DP	31/05/2021	João Martins													
Verif.	31/05/2021	João Martins													
Aprov.		R.Ribeiro													
MATERIAL:	Stainless Steel		ESCALA	DESIGNAÇÃO	REFERÊNCIA V3_3										
ACABAMENTO:			1 : 1												
PESO UNIT.:	0,0 kg		Sheet	CORTE/ DIMENSÕES	<table border="1" data-bbox="1787 1390 2163 1453"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> substitui: subst.por:										
			1/1												