Instituto Superior
de Engenharia
Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Desafios no Projeto e Produção de Máquinas Especiais: Experiência no Contexto do Estágio Realizado na Empresa SIRMAF

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos

Autor

Carolina Isabel Custódio Nunes

Orientador

Luis Manuel Ferreira Roseiro

Supervisor na empresa

SIRMAF – Sociedade Industrial Reconstrução máquinas-Ferramentas

Pedro Miguel Fidalgo Matos

Coimbra, outubro 2024

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

RESUMO

Este trabalho descreve as atividades realizadas no contexto do estágio do mestrado em engenharia mecânica, especialização em construção e manutenção de equipamentos mecânicos, no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. O estágio decorreu na Empresa SIRMAF – Sociedade Industrial de Reconstrução de Máquinas-Ferramentas, reconhecida pela conceção, fabricação e comercialização de máquinas especiais. Uma máquina especial é desenvolvida para executar uma ou mais tarefas específicas, que não podem ser realizadas por máquinas padrão ou máquinas-ferramentas existentes. Desta forma, estas são projetadas e construídas de acordo com os requisitos do cliente e podem ser adaptadas para atender a uma ampla variedade de aplicações industriais

A estagiária teve oportunidade de colaborar em diferentes projetos da empresa.

Tendo em conta as características das atividades desenvolvidas, opta-se por descrever de modo resumindo o percurso efetuado. Destacam-se as atividades envolvendo o departamento de projeto, no papel de projetista, assim como o departamento de produção, em que cada atividade é detalhada em termos de contexto, descrição do problema, objetivos a atingir, das metodologias adotadas, do processo de desenvolvimento e resultados obtidos.

Palavras-chaves: Máquinas Especiais, Projeto Mecânico.

ABSTRACT

This report describes the activities carried out in the context of the internship for the master's degree in mechanical engineering, specializing in the construction and maintenance of mechanical equipment, at the Coimbra Institute of Engineering. The internship took place at SIRMAF - Sociedade Industrial de Reconstrução de Máquinas-Ferramentas, a company renowned for designing, manufacturing and selling special machines. A special machine is developed to perform one or more specific tasks that cannot be performed by standard machines or existing machine tools. Therefore, these are designed and built according to the customer's requirements and can be adapted to meet a wide variety of industrial applications.

The intern had the opportunity to collaborate on different company projects. Due to the characteristics of the activities developed, it is decided to describe the path taken briefly. The activities involving the design department, in the role of designer, as well as the production department, stand out, in which each activity is detailed in terms of context, description of the problem, objectives to be achieved, methodologies adopted, development process and results obtained.

Key-words: Special machines, Mechanical Project.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, pela sua imensa paciência e orientação valiosa ao longo deste percurso.

Aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio incondicional, que foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

ÍNDICE

Resumo i
Abstract ii
Agradecimentos iii
Índice iv
Índice de figuras vi
Índice de tabelas viii
Lista de siglas e acrónimos ix
Lista de símbolos x
1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Motivação 1
1.2 Objetivos 2
1.3 Estrutura do Relatório 2
2 A EMPRESA: SIRMAF 3
2.1 Plano de Estágio Curricular 5
2.2 Processamento de uma Obra 6
2.2.1 Departamento de Engenharia 6
2.2.2 Departamento de Produção 7
2.2.3 Secção da Montagem 8
3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS 10
3.1 Máquina de Compressores: Alteração Estrutural 10
3.2 Modelação 3D de uma Máquina de Inspeção por Visão 10
3.3 Gestão de Stock e Preparação de Blocos 11
3.4 Programação em *Software* MasterCam® 13
3.5 Operação de uma Máquina-Ferramenta CNC 21
3.6 Equipamentos Utilizados na Secção da Montagem 24
3.7 Intervenções 27
3.8 Sistemas Pneumáticos 28
3.9 Suportes em Chapa Quinada 30
3.10 Alteração de uma linha de Embalamento 36
3.10.1 Dimensionamento de um Cilindro Elétrico 44
3.11 Atualização da Máquina 45

4 DISCUSÕES E CONCLUSÔES 46
BIBLIOGRAFIA 47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Exemplo de uma máquina em desenvolvimento na SIRMAF [1]. 1

Figura 2.1 - Instalações da SIRMAF na Zona Industrial de Taveiro, Coimbra: (a) Fase de construção [2]; (b) Edifício atual [3]. 3

Figura 2.2 - Esquema da localização das instalações da SIRMAF. 4

Figura 2.3 - Cronologia do percurso da empresa SIRMAF. 5

Figura 2.4 - Organigrama da SIRMAF. 5

Figura 3.1 - Máquina de Visão. 11

Figura 3.2 - Estação de corte de blocos, que inclui o serrote mecânico, pistola de ar comprimido, um paquímetro e uma balança. 12

Figura 3.3 - Ilustração da diferença entre velocidade de corte (V_c) e velocidade de avanço (V_a). 13

Figura 3.4 – Ficheiro CAD (a), Criação do plano de maquinagem (b). 15

Figura 3.5 - Caixa delimitador da peça 15

Figura 3.6 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 16

Figura 3.7 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 16

Figura 3.8 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 17

Figura 3.9 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 17

Figura 3.10 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 18

Figura 3.11 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 18

Figura 3.12 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 19

Figura 3.13 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 19

Figura 3.14 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 20

Figura 3.15 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 20

Figura 3.16 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material 21
Figura 3.17 - Máquina-Ferramenta CNC, Fresadora Vertical HAAS – VM3, [4]... 22
Figura 3.18 - Sonda e um Apalpador de medição de ferramentas, [5]. 23
Figura 3.19 – Exemplo de peça tolerianciada. 23
Figura 3.20 – (a) Grua de Ponte Móvel [6], (b) Gancho e (c) Sistema de Controlo. 25
Figura 3.21 - Porta-Paletes 25
Figura 3.22 – Esmeriladora. 26
Figura 3.23 - Macho e Porta-Macho. 27
Figura 3.24 - Instalação da tubagem e respetiva identificação. 29
Figura 3.25 - Legenda Parcial do Esquema Pneumático. 29
Figura 3.26 - Instalação da tubagem na parte inferior da estrutura. 30
Figura 3.27 – Fotografia dos tablets com capa em a) e versão CAD em b) 31
Figura 3.28 - Versão CAD do tablet único 31
Figura 3.29 - Visualização da dobradiça da porta 32
Figura 3.30 - Modo de abertura e fecho da porta 32
Figura 3.31 - Secções da bancada ilustrativas a), adaptações ao suporte ajustável com as peças complementares b) 34
Figura 3.32 - Suporte Final em CAD 34
Figura 3.33 - Suporte Final em CAD 35
Figura 3.34 - Suporte do equipamento eletrónico. 36
Figura 3.35 - Esquema do sistema de transporte dos segmentos de corrente 37
Figura 3.36 – Cálculo da avaliação de risco 41
Figura 3.37 - Metodologia de avaliação de risco 41
Figura 3.38 - Exemplo do preenchimento segundo a metodologia de avaliação de risco 42
Figura 3.39 - Norma EN ISO 13855:2010, Artigo 6.2.3 43
Figura 3.40 - Curso do Cilindro Elétrico. 44
Figura 3.41 - Centro de Gravidade da Massa a Transportar. 45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de fases do ciclo de vida útil da máquina 39
Tabela 2 - Exemplos de perigos e possíveis consequências 40

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
SIRMAF	Sociedade Industrial de Reconstrução de Máquinas – Ferramentas
SOLIEN	Soluções Integradas de Engenharia
PME	Pequenas e Médias Empresas
IAPMEI	Agência para a Competitividade e Inovação
APCER	Associação Portuguesa de Certificação
EPS	Elementos para Produção
CNC	Controlo Numérico por Computador
CAD	Desenho Assistido por Computador
STEP	Padrão para Troca de Dados de Produtos
2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
BOM	Lista de Materiais

LISTA DE SÍMBOLOS

Alfabeto latino

V_a	Velocidade de Avanço
V_c	Velocidade de Corte
N	Newton
kg	Quilograma

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Um estágio curricular é uma experiência prática de aprendizagem que proporciona aos estudantes uma oportunidade de integração no mercado de trabalho e de adquirir e consolidar conhecimentos num ambiente de contexto real, supervisionados por profissionais experientes. Deste modo, o estágio permite obter um conjunto de ferramentas e know-how, ou seja, ao observar e praticar processos e técnicas realizadas por mão de obra especializada, os estudantes desenvolvem uma compreensão mais profunda do setor onde se encontram envolvidos.

A Sociedade Industrial Reconstrução Máquinas-Ferramentas, Lda., também reconhecida como SIRMAF, é uma empresa presente no setor industrial, com enquadramento, na venda de rolamentos especiais e órgãos de máquinas, reconstrução/reconversão de máquinas especiais, prestação de serviços como manutenção e assistência técnica e, é responsável pela conceção, desenvolvimento e construção de máquinas especiais. A Figura 1.1 apresenta o exemplo de uma máquina em desenvolvimento na SIRMAF.

Figura 1.1 – Exemplo de uma máquina em desenvolvimento na SIRMAF [1].

Na SIRMAF, a estagiária teve a possibilidade de trabalhar em estreita colaboração com profissionais experientes nas áreas de projeto, produção e montagem, um ambiente de aprendizagem enriquecedor, que proporcionou a troca de conhecimentos técnicos, receber feedbacks e desenvolver competências associadas ao trabalho em equipa. A estagiária focou-se no seu desenvolvimento pessoal e profissional, na área de projeto, com a participação ativa em várias etapas do

processo de desenvolvimento de máquinas especiais e no processo de reconstrução e conversão de máquinas já existentes.

1.2 Objetivos

O principal objetivo do estágio enquadra-se com as atividades desempenhadas pela empresa, deste modo, consiste no estudo e desenvolvimento de máquinas especiais consoante os requisitos dos clientes e na reconstrução e conversão de máquinas já existentes. Este engloba o desenvolvimento das capacidades de desenho e de conceção de elementos mecânicos, a interpretação e execução de desenhos técnicos, a aplicação de conhecimentos no âmbito de seleção de componentes standard, os conhecimentos de processo de fabrico e seleção de materiais, a compreensão de toda a documentação envolvida. Inclui-se ainda a análise e avaliação dos desafios enfrentados no processo de projeto.

1.3 Estrutura do Relatório

Este relatório encontra-se dividido em quatro capítulos.

No primeiro capítulo, é realizada uma breve introdução, apresentando as principais razões para a escolha da entidade do estágio, no que é que este consiste, quais os seus objetivos e como é estruturado o presente relatório.

No segundo capítulo, é efetuada a contextualização da entidade de acolhimento, resumido o plano estabelecido para o estágio e descrito o procedimento das obras na empresa.

No terceiro capítulo, são descritos os principais projetos realizados durante o estágio, sendo expostos os programas de *software* utilizados, o contexto da atividade, descrição do desafio, objetivos a atingir, metodologias adotadas, o processo de desenvolvimento e os resultados alcançados.

No quarto e último capítulo, é efetuada uma breve reflexão sobre todo o percurso, os objetivos atingidos e o desenvolvimento do relatório.

2 A EMPRESA: SIRMAF

A Sociedade Industrial de Reconstrução de Máquinas – Ferramentas, foi fundada a 31 de Maio de 1989, iniciando a sua atividade, como uma empresa especializada na reconstrução de máquinas-ferramentas convencionais, e na venda de rolamentos especiais e de precisão e órgãos de máquinas.

Em 1992, a empresa incorporou na sua atividade a reconversão de máquinas, um processo que visa implementar modificações ou adaptações em equipamentos já existentes, a fim de otimizar o seu desempenho, prolongar a sua vida útil e evitar a sua obsolescência. Ou seja, além de restaurar, reparar e reabilitar máquinas danificadas ou deterioradas, recuperando a sua funcionalidade original, a SIRMAF passou a ter competências para introduzir novas tecnologias, melhorando a sua eficiência e produtividade, permitindo ao equipamento acompanhar a evolução do mercado.

Em 1997, especializou-se na conceção de máquinas especiais adaptadas às necessidades específicas do cliente, sendo que, a introdução deste novo serviço, resultou na demanda de instalações de maior dimensão. Desta forma, a empresa realocou a sua sede em Portugal, no Parque Industrial de Taveiro, em Coimbra. A Figura 2.1 apresenta duas fotografias, uma durante a construção das novas instalações (a) e outra da obra finalizada (b).

a) b)

Figura 2.1 - Instalações da SIRMAF na Zona Industrial de Taveiro, Coimbra: (a) Fase de construção [2]; (b) Edifício atual [3].

Em 2001, a SIRMAF iniciou a implementação do seu Sistema de Gestão da Qualidade, sendo que em 2003 recebeu a Certificação da Qualidade ISO 9001, atribuída pela APCER (Associação Portuguesa de Certificação).

Em 2005, foi fundada a empresa SOLIEN – Soluções Integradas de Engenharia, Lda., com íntima ligação à SIRMAF, com o objetivo de aplicar os conhecimentos

adquiridos ao longo dos anos na criação de soluções dinâmicas e flexíveis. Em 2007, expandiu novamente as suas instalações.

Em 2008, a empresa recebeu o estatuto PME (Pequena e Média Empresa) Líder, um selo de reputação criado pelo IAPMEI (Agência para a Competitividade e Inovação) para distinguir o mérito das PME nacionais com desempenhos superiores.

Atualmente, a empresa dedica-se ao desenvolvimento de máquinas especiais, para os mais variados setores da indústria, destacando-se na indústria automóvel, de moldes, alimentar e farmacêutica. Adicionalmente, realiza reconstrução e reconversão de máquinas, assim como, prestação de serviços de manutenção e venda de órgãos de máquinas e componentes mecânicos.

Em 2023, com o objetivo de melhorar as condições de trabalho na empresa, concretizou a aquisição de mais uma instalação, assim, a sede atual da empresa encontra-se localizada no Parque Industrial de Taveiro, lotes 19, 39 e 40, em Coimbra, conforme ilustrado na Figura 2.2.

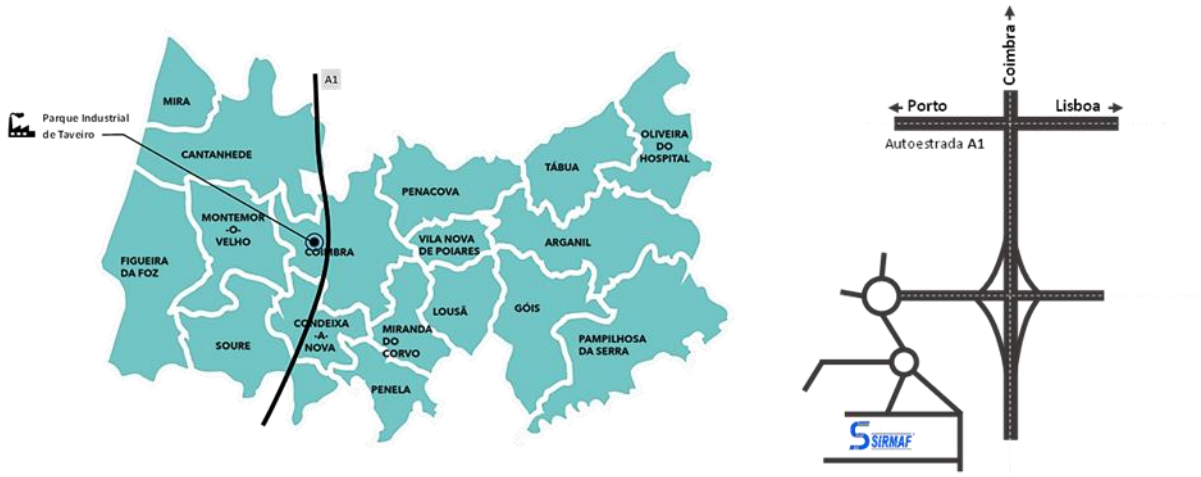


Figura 2.2 - Esquema da localização das instalações da SIRMAF.

A Figura 2.3 pretende fornecer uma representação clara e concisa das principais etapas da empresa nos últimos 34 anos.

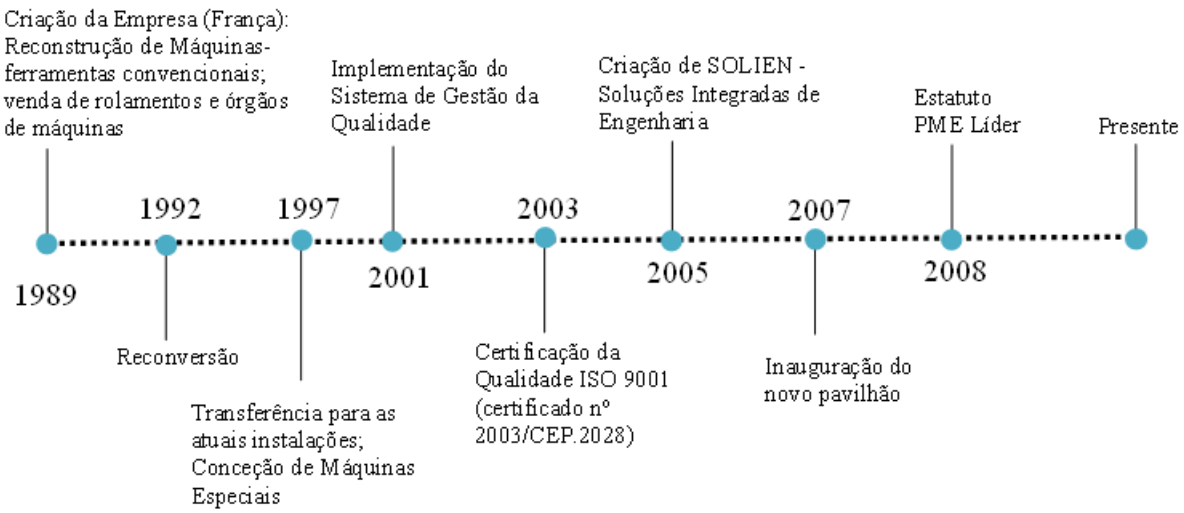


Figura 2.3 - Cronologia do percurso da empresa SIRMAF.

A empresa encontra-se organizada conforme o organigrama na Figura 2.4.

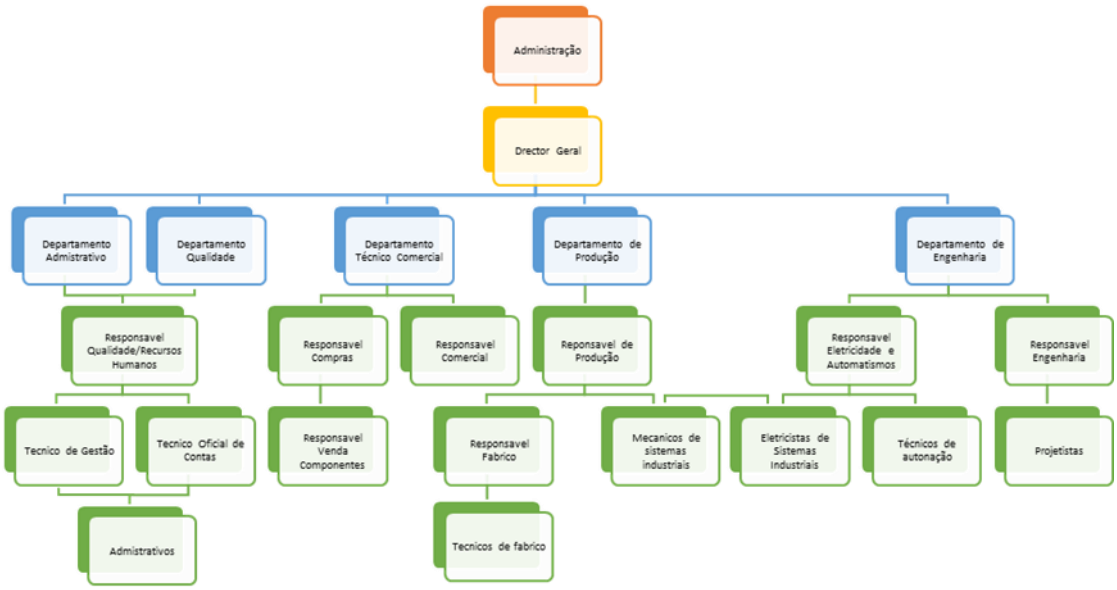


Figura 2.4 - Organigrama da SIRMAF.

2.1 Plano de Estágio Curricular

Um plano de estágio curricular tem como função orientar e estruturar as atividades a desenvolver, durante o período de estágio. Neste contexto, o estágio decorreu nas instalações da empresa entre 17 de Outubro de 2022 e 16 de Junho de 2023 (8 meses), tendo sido planeado, para permitir a aquisição de competências na área de especialização em construção e manutenção de equipamentos mecânicos.

No planeamento do estágio distinguem-se 3 fases:

- Outubro e novembro de 2022: Atividades iniciais de enquadramento no departamento de projeto, isto é, familiarização com as regras, ferramentas e metodologias da empresa; Execução de tarefas de modelação 3D com recurso ao software Autodesk Inventor®; Lançamento dos elementos para produção (EPs); Tratamento de toda a documentação final;
- Dezembro de 2022 e janeiro de 2023: Atividades no departamento de produção, de modo, a compreender o procedimento completo para o fabrico de uma máquina especial. Integração nos processos de maquinação, máquinas CNC (Controlo Numérico por Computador), tornos convencionais e furação; Participação nas etapas intermédias, em particular na encomenda de matéria-prima e desenvolvimento do fabrico assistido por computador (CAM); Colaboração nas atividades de construção de máquinas;
- Fevereiro a junho de 2023: Atividades no departamento de projeto, com participação, em obras, com execução de modelação 3D e desenhos 2D, assim como, na preparação dos elementos para produção, incluindo cronograma, fichas de ensaios e análises de risco e por fim acompanhamento das ações de melhoria.

2.2 Processamento de uma Obra

Para a ideia de uma máquina especial passar do papel para a realidade, esta tem de percorrer dois departamentos: Engenharia e Produção (o que inclui a secção da Montagem). De seguida, serão apresentados de forma sucinta as áreas mencionadas, abordando tópicos como as responsabilidades, funções atribuídas, tecnologias utilizadas e colaboração interdepartamental.

2.2.1 Departamento de Engenharia

No departamento de Engenharia, é realizada a idealização da máquina especial, o que abrange não só a definição do conceito, mas todo o processo de projeto, desenvolvimento e estudo das soluções mecânicas implementadas, com base num conjunto de fatores e restrições, especificamente, a função que esta desempenha, o orçamento estabelecido pelo cliente e a empresa, espaço de trabalho pré-alocado, possibilidade de manutenção e acessibilidade, ao mesmo tempo garantindo a segurança na sua utilização. Deste modo, este departamento é responsável por garantir a viabilidade técnica e económica do projeto, desde a análise de custos até a validação de desempenho. A nível de segurança e confiabilidade do produto, é garantida pela execução de simulações de elementos finitos dos vários constituintes do equipamento, análises de risco e ao assegurar a conformidade com regulamentos e normas aplicáveis.

Com os anos de experiência da SIRMAF, esta acumulou um portfólio de várias máquinas especiais. Assim, nem sempre é necessário partir do zero, simplificando a

fase inicial de projeto e permitindo a possibilidade de reduzir significativamente os prazos de entrega. Independentemente, se é para produzir a máquina de origem, efetuar alterações ou apenas realizar algumas melhorias, o departamento satisfaz as necessidades dos clientes face aos requisitos técnicos e regulatórios, desde a fase inicial de conceção até a documentação final.

Este departamento exige uma colaboração direta com todas as outras áreas, por exemplo, com o departamento de produção, uma vez, que para uma máquina avançar para o fabrico, de vários documentos têm de ser fornecidos, uma nomenclatura que consiste numa listagem de todos os elementos constituintes e os desenhos técnicos dos mesmos, em diferentes formatos. Além disso, de modo a usufruir o máximo possível dos recursos da empresa, é necessário que o departamento de Engenharia tenha presente as limitações das tecnologias disponíveis. Por outro lado, na secção da montagem, aquando da elaboração CAD (Desenho Assistido por Computador) da máquina, deve-se considerar a forma de assemblagem e pontos de acesso, no caso, de ser preciso realizar uma intervenção no equipamento. O departamento técnico comercial, responsável pelas compras e vendas, garante que o projeto seja implementado de modo eficiente, pois tem o domínio das parcerias com os fornecedores, custos envolvidos, datas de entrega e o stock dos mesmos. Esta ligação facilita previamente a escolha e aquisição dos componentes, tanto na fase de projeto como na fase de requisição.

Ao finalizar um projeto e com a máquina concluída, segue-se o desenvolvimento da documentação final, que inclui o manual de instruções, plano de manutenção preventiva, nomenclatura, desenhos técnicos, esquemas dos circuitos pneumáticos e elétricos, documentação técnica dos componentes aplicados, certificados, relatórios dos ensaios efetuados e a modelação 3D da máquina, em formato STEP (Padrão para Troca de Dados de Produtos). Esta documentação será, posteriormente, entregue ao cliente, que além de representar a transferência de conhecimento técnico, garante o funcionamento seguro e eficaz da máquina.

Refira-se que na empresa toda a modelação 3D e cálculo numérico executado é feito com o recurso ao software Autodesk Inventor®.

2.2.2 Departamento de Produção

No departamento de Produção, é atribuída a responsabilidade de, aquando da receção dos desenhos técnicos, nos quais estão definidas dimensões, materiais, tratamentos/proteções e respetivas tolerâncias, realizar a seleção de fornecedores para fabrico, ou seja, deliberar quais as peças que são fabricadas internamente e quais são adquiridas externamente, com base nas informações que constam no desenho 2D e nas tecnologias requeridas para a execução adequada das respetivas peças. Na empresa tem-se disponível três tipos de equipamentos, nomeadamente, impressoras 3D, tornos convencionais e máquinas-ferramentas CNC. Assim, existem situações onde é necessário recorrer a terceiros que possuam outras tecnologias específicas, para garantir a quantidade, qualidade e precisão das peças.

No caso de serem produzidas na empresa, numa primeira fase, é feita uma gestão do stock, para avaliar a necessidade de adquirir matéria-prima. De seguida, são determinadas estratégias para garantir a precisão geométrica e dimensional, isto é, com base em conhecimentos técnicos e atendendo ao tratamento ou proteção associada, pode existir a necessidade de certos tratamentos serem concretizados à priori ou à posteriori do fabrico.

Este departamento também está encarregue de efetuar a aquisição posterior dos materiais encomendados ou de peças que foram para tratamento, que podem ou não necessitar de alguma operação complementar. Por fim, as peças concluídas são separadas por número de obra, os desenhos técnicos arquivados e diretamente entregues na secção da montagem.

Adicionalmente, o departamento tem como função garantir que os métodos de produção sejam seguros, pela gestão de riscos, pela implementação e manutenção dos sistemas, que sejam de qualidade, em conformidade com as tolerâncias e normas estabelecidas e que sejam os mais eficientes e rentáveis, pela melhoria continua da manufatura, através da implementação de novas tecnologias e/ou técnicas.

Para o fabrico nas máquinas-ferramentas CNC, a empresa, recorre ao uso do software MasterCAM®.

2.2.3 Secção da Montagem

A secção da Montagem encontra-se inserida no Departamento de Produção da empresa. Nesta secção, tal como o nome indica é realizada a montagem das máquinas especiais, assegurando que cada elemento é montado de forma eficiente, precisa e de acordo com os requisitos especificados.

Como mencionado anteriormente, as peças procedentes do fabrico, são armazenadas e separadas de acordo com o número de obra, para posteriormente serem recolhidas para a montagem. Consequentemente, na receção tanto de peças terminadas vindas do Departamento de Produção como das peças e componentes vindas diretamente de um fornecedor, é simultaneamente realizado um registo de entrega e uma inspeção, de modo a conferir se as tolerâncias indicadas estão de acordo ao solicitado. Caso algum defeito seja detetado, é avaliada a discrepância e decidido pode ser corrigido internamente, ou se é necessário voltar a produzir (no caso de produção interna) ou se têm de ser enviadas para trás (no caso de produção externa).

Deste modo, as peças fiscalizadas são separadas por subconjuntos pré-definidos pelo projetista responsável. Com a maioria de peças e componentes agrupados, procede-se à montagem dos mesmos, sendo que, para esta tarefa recorre-se ao apoio de uma lista de peças, com a indicação das peças entregues, e do modelo 3D da máquina. Note-se que, durante a montagem, pode existir a necessidade de efetuar furações, que têm de ser realizadas no conjunto ou executar acabamentos, tais como eliminação de arestas vivas, entre outros.

Após a construção das máquinas, são realizados ensaios para conferir o funcionamento desejado. Só após esta verificação se procede à preparação para o seu envio, podendo haver lugar a decomposição parcial.

Importa ainda referir que, o setor da montagem é responsável por garantir a segurança e bem-estar dos seus funcionários durante todos os processos, realizando gestão de riscos e prevenção de acidentes.

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Neste capítulo, serão descritas algumas das atividades desenvolvidas no departamento de produção e os diferentes tipos de projeto que tiveram a contribuição da estagiária. Cada projeto é apresentado em termos de contexto, descrição do problema, objetivos a atingir, metodologias adotadas, processo de desenvolvimento e resultados alcançados.

3.1 Máquina de Compressores: Alteração Estrutural

Uma das atividades desenvolvidas envolveu a alteração estrutural de uma máquina de compressores. A máquina de compressores é um equipamento existente, integrado numa linha de montagem, que tem como função realizar o ensaio de estanquicidade de compressores. Esta tem dois pontos de acesso: Um, onde são carregadas e descarregadas as fixações dos diferentes equipamentos de fixação específicos ao tipo de compressor selecionado pelo operador; Outro, onde é feito o posicionamento do mesmo por um braço robótico. Contudo, na tentativa de adicionar mais uma linha de montagem, verificou-se a falta de espaço, resultando na necessidade de alteração do layout, adicionalmente na modificação da máquina.

Deste modo, a estagiária ficou encarregue de refazer a máquina de forma a alterar o local de transporte do dispositivo de fixação. Para tal, teve de ser modificada a estrutura principal. Consequentemente, foram reorientados os sistemas envolvidos, no qual, foi necessário projetar algumas peças novas, com base nas anteriores, garantindo sempre a conformidade com o esquema de numeração utilizado previamente na obra. Assim, foi necessário proceder à modelação 3D de todos os conjuntos e subconjuntos, executar os desenhos técnicos e gerar a nomenclatura.

3.2 Modelação 3D de uma Máquina de Inspeção por Visão

Outra atividade envolveu a modelação completa de uma máquina de inspeção de correntes através de um sistema de visão, designada por máquina de visão. A máquina de inspeção por visão encontra-se inserida numa linha de montagem, e é responsável pela deteção de defeitos em correntes. Esta é uma máquina previamente fabricada pela empresa, recorrendo a STEPs e desenhos técnicos fornecidos pelo cliente. Contudo, ainda não existia nenhum registo de um ficheiro CAD editável, o que dificultava a operação de montagem da máquina.

Assim de modo a facilitar a sua visualização e, consequentemente, a sua montagem, a estagiária teve como tarefa a reprodução e atualização dos modelos CAD de todos os elementos constituintes da máquina. Este procedimento envolveu numa primeira fase a análise minuciosa dos vários desenhos técnicos existentes, incluindo a compreensão das vistas, dimensões, formas e símbolos apresentados. Identificaram-

se situações em que foi necessário acrescentar tratamentos/proteções ou alterar o material registado. Em seguida, foi pesquisada a versão CAD dos componentes a comprar aos fornecedores presentes nos registos, para se poder recriar os respetivos conjuntos e subconjuntos, e consequentemente, modelar por completo a máquina em desenho 3D. A Figura 3.1 apresenta uma visualização da máquina de visão. Por fim, foi refeita a nomenclatura.

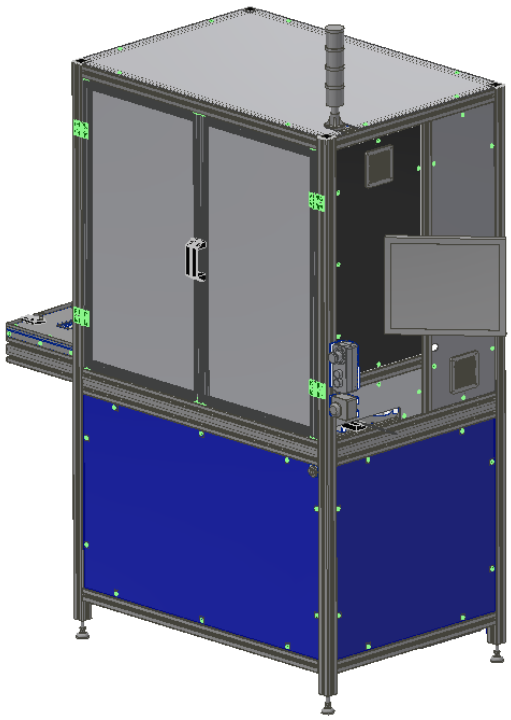


Figura 3.1 - Máquina de Visão.

3.3 Gestão de Stock e Preparação de Blocos

No Departamento de Produção, foi atribuída à estagiária, numa fase inicial, a tarefa de preparação de blocos para um conjunto de desenhos técnicos. Foi percorrido o stock da empresa para determinar a necessidade de encomendar matéria-prima, sendo que, conforme o custo da matéria-prima e a frequência na sua requisição, o mesmo pode ser adquirido em blocos com dimensões especificas para utilização nas máquinas-ferramentas CNC ou Tornos convencionais ou então em tamanho padronizado.

Para as peças com material indisponível foi realizado o registo para compra. Para as peças com material disponível, procedeu-se à divisão de acordo com os procedimentos de fabrico, e com base nos mesmos, foram cortados blocos de material, através de um serrote mecânico. Na Figura 3.2 é possível visualizar a estação de corte de blocos.

Figura 3.2 - Estação de corte de blocos, que inclui o serrote mecânico, pistola de ar comprimido, um paquímetro e uma balança.

Na matéria-prima destinada às máquinas CNC ao tamanho global da peça foram adicionados 3 a 5 mm em todas as direções, de modo a eliminar possíveis imperfeições presentes na matéria-prima originalmente. Para a matéria-prima destinada ao torno foi necessário ter em atenção a área de aperto da bucha, os números de peças envolvidas e o respetivo material, isto é, em geral cerca de 3 a 4 mm foram acrescentados no diâmetro. Em certos casos, como por exemplo, quando se tratava de um aço prata, barras com alta resistência à corrosão e bom acabamento, não existe essa necessidade de incluir material adicional. Em situações de múltiplas peças para operação em torno pode-se ter em conta, por exemplo, realizar, as duas simultaneamente numa barra com 7 a 10 mm entre elas, separadas posteriormente no serrote.

Com os blocos cortados, é documentado o operador responsável, a data, o tempo de corte do serrote e o peso. No caso do bloco se destinar a máquinas CNC, eram adicionalmente registadas as dimensões do mesmo, para facilitar a programação do código. De seguida, os mesmos são arrumados e separados por obra e processo, e os desenhos agrupados por fase em que se encontram no seu procedimento.

A nível de estratégias no corte do serrote, considerando a diversidade de material envolvido e o tempo de funcionamento do equipamento para a mesma lâmina, é necessário o uso de técnicas e conhecimentos mecânicos para minimizar o tempo de trabalho, assim como, o desgaste na lâmina de corte. Refira-se que, a minimização do tempo do funcionamento proporciona um maior prolongamento da vida da própria do equipamento. Na verdade, a fase inicial da procura do material tem um grande impacto na capacidade de redução de tempos, uma vez que, a noção dos

tamanhos dos blocos desejados e o número de blocos semelhantes ou iguais, permite encontrar o máximo de fragmentos com as dimensões mais próximas possíveis ao pretendido, reduzindo o número de cortes ou evitando o processo na totalidade. Por outro lado, possibilita encontrar secções, no qual, podem ser extraídos uma série de blocos, poupando não só material no geral, mas também na redução de números de cortes. Em conjugação com estes, a atenção ao posicionamento da matéria-prima, tendo em conta a geometria base da mesma, ou seja, colocar a massa de tal forma, a garantir a mínima área de corte, minimizando o número de gumes de corte da lâmina em constante contacto, o que permite um melhor arrefecimento e, consequentemente, uma redução no seu desgaste.

Para materiais com maior dureza, deve-se trabalhar com velocidades de corte e avanço reduzidas, e com a utilização de lubrificante. O contrário, acontece com os materiais macios, como por exemplo, o alumínio, onde podem ser utilizadas velocidades de corte e avanço mais elevadas, com menor consumo de lubrificante. A Figura 3.3 demonstra o posicionamento angular da lamina de e a diferença entre a velocidade de corte e velocidade de avanço.

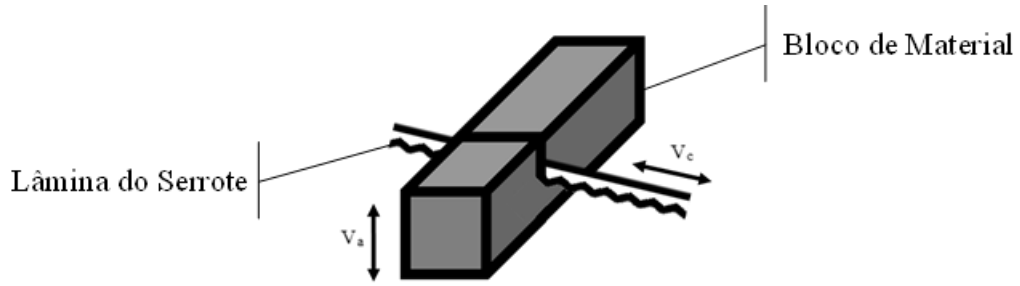


Figura 3.3 - Ilustração da diferença entre velocidade de corte (V_c) e velocidade de avanço (V_a).

É de notar, que durante o processo de corte, verifica-se a existência de um acumular contínuo de limalhas no interior da carcaça do serrote. Isto acontece, por exemplo, depois de se cortarem materiais poliméricos, uma vez, que como se trata de um material extremamente macio, este mantém-se agarrado aos gumes da lâmina, e a não remoção destes resíduos no seu interior a longo prazo, resultam num desgaste desnecessário da lâmina, além de provocar uma alteração na performance do equipamento. Deste modo, a manutenção do serrote é importante, nomeadamente, a limpeza do seu interior, a adição ou substituição do lubrificante em circulação e a forma como é feita a troca da lâmina.

3.4 Programação em *Software* MasterCam®

Na passagem pelo Departamento de Produção, a estagiária foi responsável pela elaboração do código G para a execução de múltiplas peças nas máquinas-ferramentas CNC. Durante este período, foi possível identificar um padrão recorrente, independente da geometria da peça.

Para iniciar o processo, é recolhido o respetivo desenho técnico, descarregado o ficheiro CAD da peça para MasterCAM® e indicado o tipo de máquina, no qual, serão executados os ciclos, numa Fresadora CNC de 3 eixos.

De seguida, são inseridos no programa os dados da dimensão do bloco registado e definidos os vários planos de trabalho, que correspondem aos diferentes posicionamentos da matéria-prima, necessários para obter a geometria, em questão.

Independentemente da peça pretendida, qualquer bloco passa por três operações: desbaste, pré-acabamento e acabamento. Neste sentido, o *software* MasterCam® fornece uma variedade de estratégias, todavia, é possível reduzir e facilitar a seleção das mesmas, uma vez que, existem estratégias capazes de se adaptar a diferentes geometrias e ao mesmo tempo apresentar tempos semelhantes ou até menores de maquinação. É de notar ainda, que para peças de muito pequena dimensão, de forma a facilitar a fixação do bloco na prensa e a execução das restantes operações, uma operação adicional é realizada numa fase inicial, que consiste na realização de ranhuras laterais na extremidade do bloco.

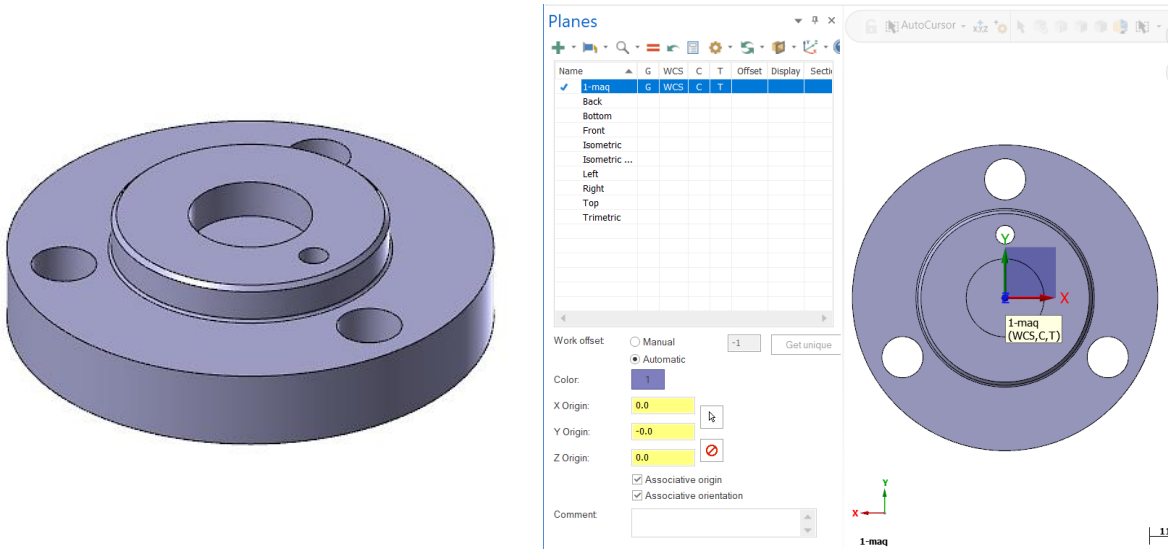
A empresa SIRMAF tem pré-definidas informações no software MasterCam®, como as características das máquinas-ferramentas CNC, uma listagem das ferramentas disponíveis e as suas respetivas características (alturas, diâmetros, parâmetros de corte), assim como, os diferentes cabeçotes, para além do preenchimento prévio destes dados no programa. Isto permite acelerar o processo de seleção da ferramenta, sendo apenas ser necessário pontualmente editar parâmetros de corte. Assim, numa fase de simulação é possível verificar a existência de colisões ou defeitos.

De seguida, é gerado automaticamente o código, sendo que, em alguns casos pode ser necessário adicionar ou alterar algumas linhas de programação. Por exemplo, quando uma peça apresenta dimensões bastante grandes, é necessário garantir que durante a troca de ferramenta não existe qualquer possibilidade de colisão com a mesma, para isso pode ser necessário programar um desvio total da mesa para a extremidade oposta do local onde se realiza a troca.

Por fim, é preenchido um documento Excel, com a identificação de cada plano de trabalho, acompanhado da lista de ferramentas que devem constar no carrossel e uma imagem do ponto zero-peça.

Um exemplo desta atividade, é a peça apresentada na Figura 3.4. Numa primeira fase, foi descarregado o ficheiro CAD da peça para o MasterCAM e indicado o tipo de máquina.

Com base na geometria, verificou-se apenas a necessidade de um aperto conseguido com o apoio de uma bucha, ou seja, todas as operações pretendidas conseguem-se realizar numa única posição, um único plano. Neste sentido, recorrendo ao "Toolpath Groups" e criou-se um plano com o nome "1-maq", correspondente à face de topo da peça, uma vez, que permite aceder a todos os detalhes a partir desta e o ponto zero foi colocado no centro da peça.



(a) (b)

Figura 3.4 – Ficheiro CAD (a), Criação do plano de maquinagem (b).

De seguida, foi definida a caixa delimitadora, "stock setup", através das dimensões do bloco registado no desenho técnico, respetivamente, no "bouding box", que vai ajustar automaticamente num cilindro, conforme na Figura 3.5. Posteriormente, foi lhe adicionado o excesso de material preparado, em X, Y e Z. Este bloco virtual tem assim uma dimensão de 50 x 22 mm.

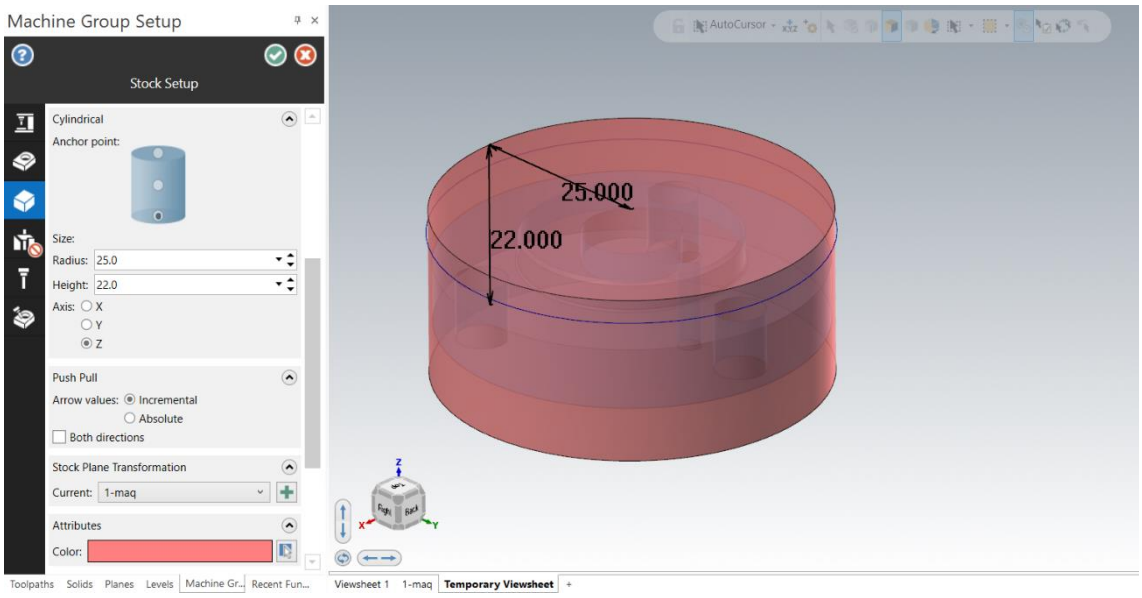
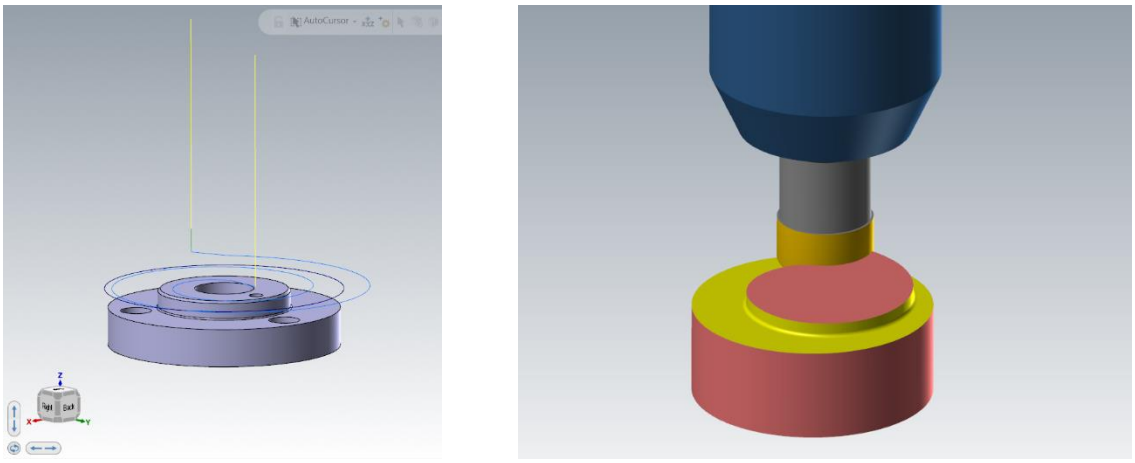


Figura 3.5 - Caixa delimitador da peça

Quanto à definição dos ciclos, começou-se pelo facejamento, procedimento para retirar a camada superficial do bloco, especificamente 2mm, de forma, a retirar imperfeições ou irregularidades, deixando a face plana. Optou-se pelo uso de uma

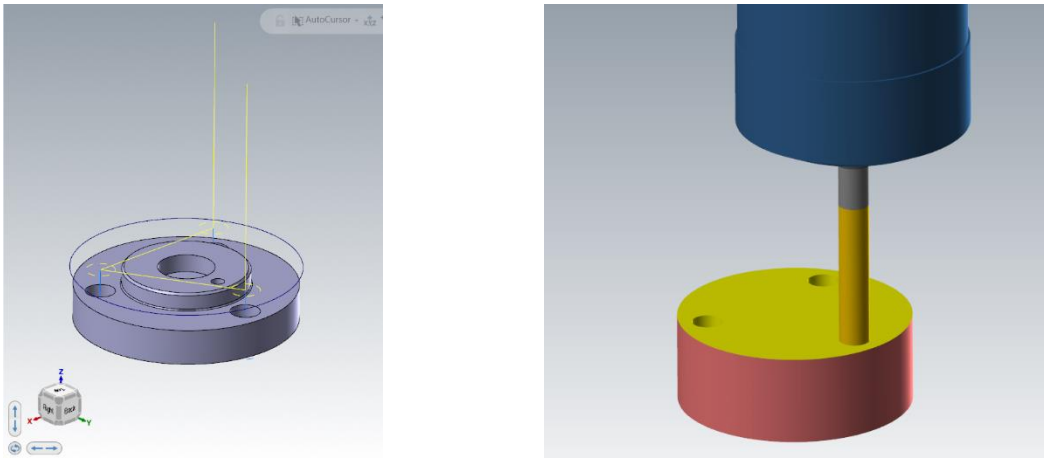
broca de diâmetro, 20 mm, sendo a estratégia "Dynamic" de percurso, a opção mais eficiente, demostrada na Figura 3.6.



(a) (b)

Figura 3.6 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

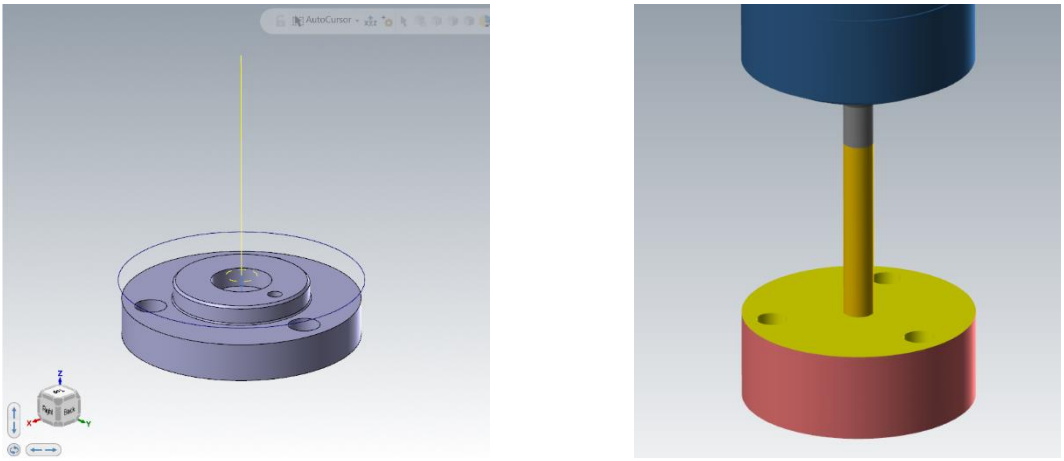
Subsequentemente, foram realizados três furos, com profundidade de 14 mm, utilizando uma broca de 6,5 mm, mediante a aplicação da técnica de perfuração em "peck drill", representada na Figura 3.7. Esta abordagem consistiu na execução do furo por meio de três passagens consecutivas de 6,5 mm, em vez de uma única passagem.



(a) (b)

Figura 3.7 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

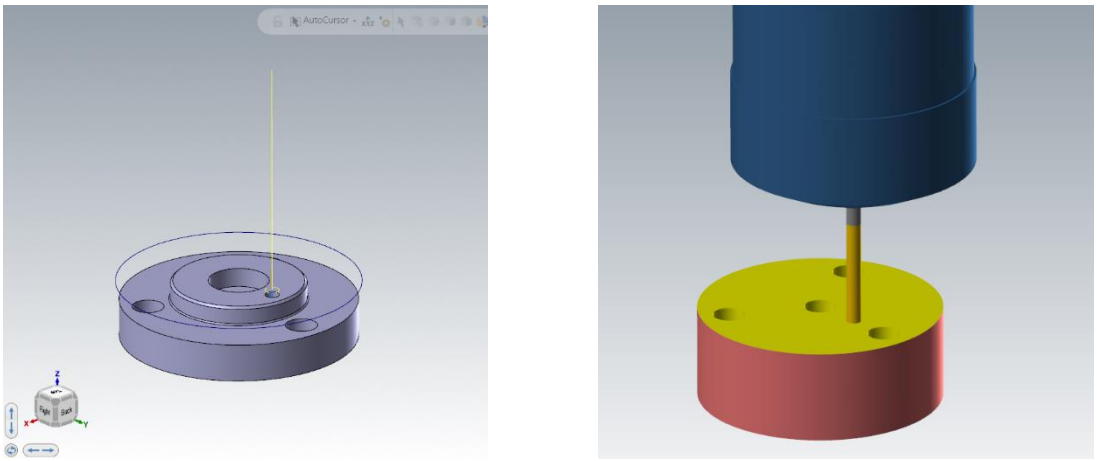
Em seguida, foi realizado um furo passante utilizando a mesma broca, atingindo uma profundidade de 4 mm, com o objetivo de efetuar a primeira abertura da concavidade interna, ilustrada na Figura 3.8.



(a) (b)

Figura 3.8 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

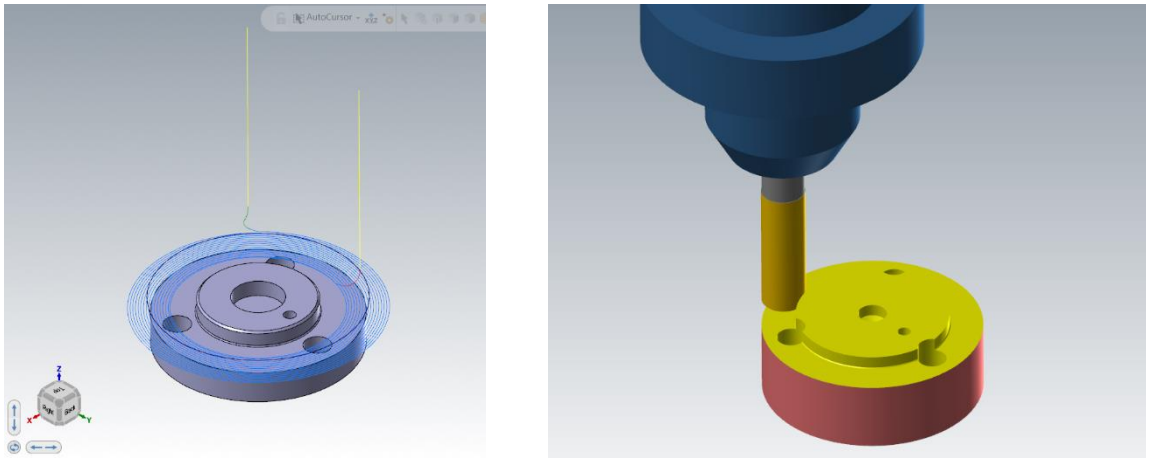
Posteriormente, foi realizado um furo, com profundidade de 14 mm, utilizando uma broca de 3 mm, em "peck drill", presente na Figura 3.9. Esta abordagem consistiu na execução do furo por meio de 10 passagens consecutivas de 1,5 mm.



(a) (b)

Figura 3.9 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

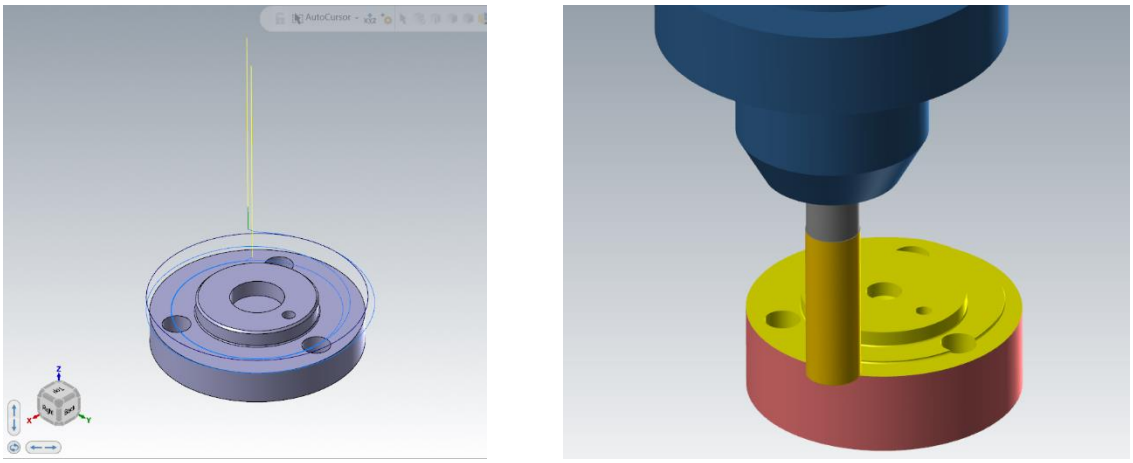
Em sequência, foi realizado o desbaste, caracterizado pela remoção de uma quantidade significativa de material. Para esta operação, foi selecionado o processo 3D denominado "Dynamic OptiRough", conforme a Figura 3.10. Utilizou-se uma fresa de topo plano com diâmetro de 10 mm. Considerando que se tratava de um ciclo de baixa precisão, foi deixada uma folga de 1 mm nas superfícies do fundo e das paredes da peça, resultando em uma superfície robusta.



(a) (b)

Figura 3.10 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

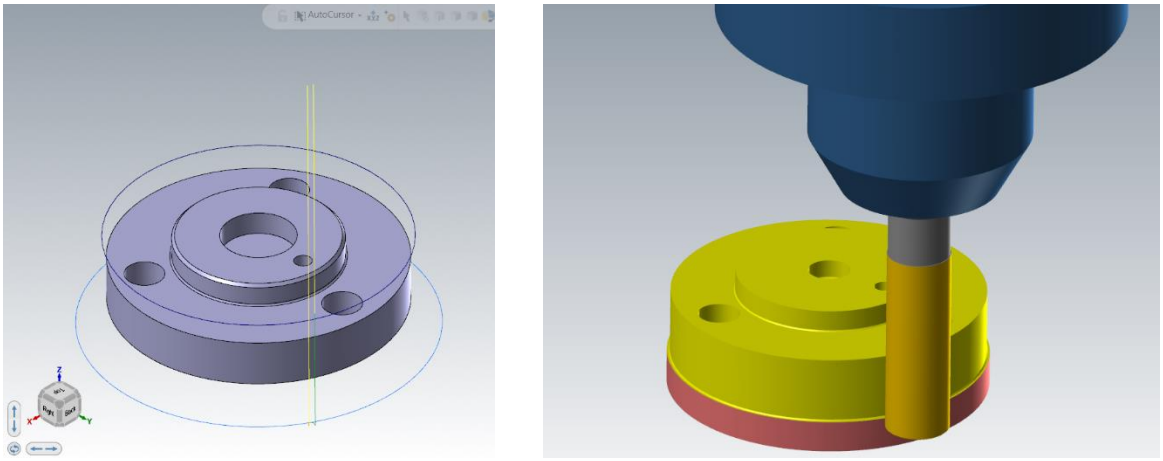
No ciclo de pré-acabamento, utilizou-se uma fresa de topo plano com diâmetro de 10 mm, para uma remoção do material excedente na superfície representada na Figura 3.11. A estratégia adotada foi a "Dinamic Mill", um processo 2D.



(a) (b)

Figura 3.11 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

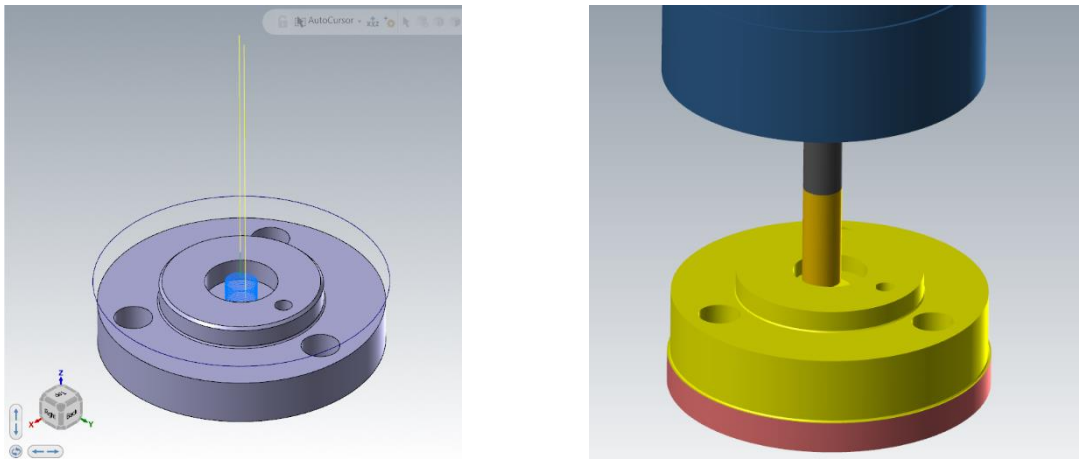
Para a remoção do excesso na superfície lateral, optou-se a estratégia "contour" 2D, utilizando a mesma fresa de diâmetro 10 mm.



(a) (b)

Figura 3.12 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

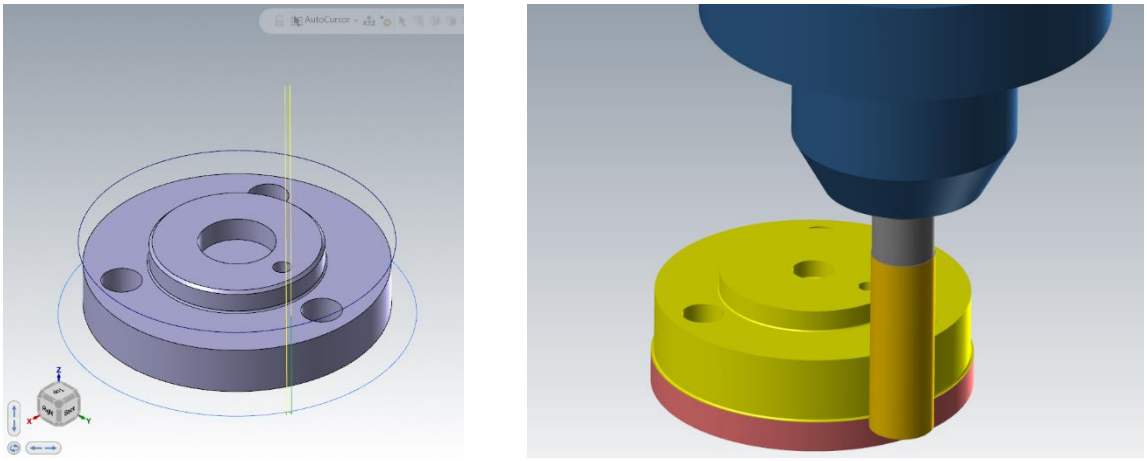
Para a abertura da cavidade interna, foi realizada uma fresagem em "ramp" com perfil helicoidal, representado na Figura 3.12, apresentando uma inclinação de 3° e atingindo uma profundidade total de 4 mm, utilizando uma fresa de diâmetro 6 mm.



(a) (b)

Figura 3.13 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

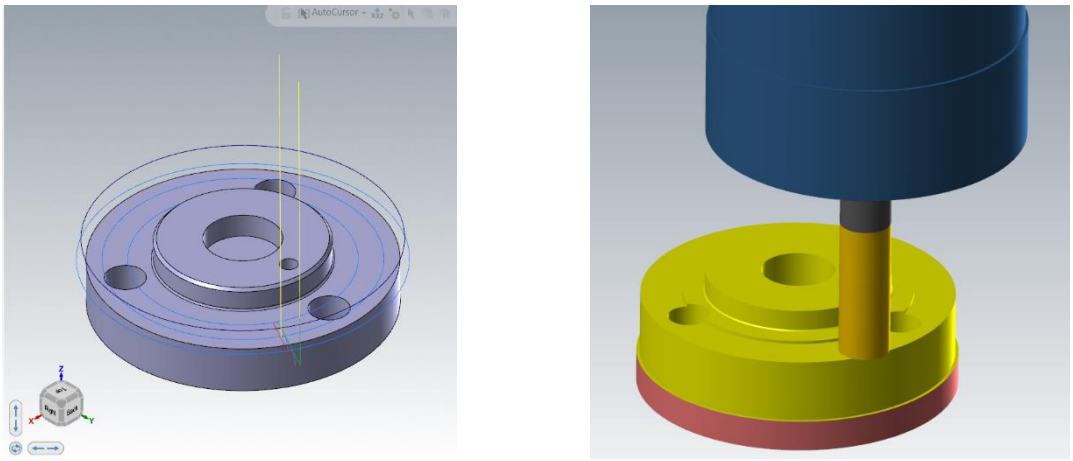
Para assegurar um acabamento adequado na superfície lateral, foi utilizou-se novamente a estratégia de fresagem em contorno, demostrado na Figura 3.14, utilizando uma fresa de diâmetro 8 mm.



(a) (b)

Figura 3.14 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

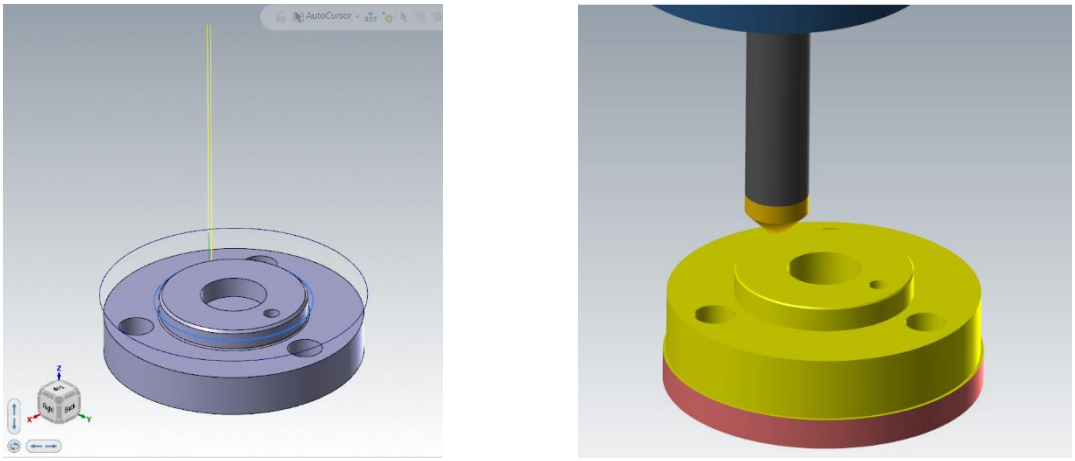
De seguida, aplicou-se o mesmo método mencionado anteriormente, mas direcionado ao acabamento da superfície e das paredes, ilustrado na Figura 3.15.



(a) (b)

Figura 3.15 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

Por último, foi realizada a operação de chanfro em 2D, presente na Figura 3.16,utilizando uma fresa de chanfro com diâmetro de 10 mm.



(a) (b)

Figura 3.16 - (a) percurso da ferramenta; (b) representação de remoção de material

O tempo de maquinação estimado no MasterCam® é de aproximadamente 5 minutos. No entanto, deve-se considerar o tempo necessário para a inserção das ferramentas na máquina-ferramenta CNC e para a troca de ferramentas entre os diferentes processos. É importante ressaltar que esta peça específica foi posteriormente submetida a operações em um torno convencional para a remoção do material excedente.

3.5 Operação de uma Máquina-Ferramenta CNC

Operar uma máquina-ferramenta CNC, envolve uma compreensão de conceitos técnicos e experiência, uma vez, que o grau de dificuldade depende dos conhecimentos prévios do operador sobre desenhos técnicos, materiais, ferramentas de corte, procedimentos, bem como a própria familiarização deste com a interface da máquina e o tipo de trabalho a desempenhar.

Neste caso, a estagiária ficou responsável pela operação de uma fresadora vertical HAAS – VM3, de 3 eixos, como demonstrada na Figura 3.17.

Figura 3.17 - Máquina-Ferramenta CNC, Fresadora Vertical HAAS – VM3, [4].

Antes da interpretação das linhas de código pela máquina, existe um conjunto de etapas a percorrer, por parte do operador:

1º Garantir o posicionamento das ferramentas de corte listadas no programa, como mencionadas anteriormente indicadas no ficheiro de excel, se encontram no carrossel no local indicado, verificar-se as mesmas estão em condições adequadas e edição dos parâmetros de corte, se aplicável, caso contrário, é preciso inserir a(s) ferramenta(s) em falta e medir as dimensões da(s) mesma(s), através de um apalpador de medição de ferramentas;

2º Selecionar o modo de fixação mais adequado, consoante a peça ou peças que se pretendem, sendo que, mesmo existindo inúmeras formas de fixação (ex. prensas, buchas), por vezes é necessário estratégias adicionais, como o uso de calços ou fita adesiva. É de salientar, que existe requisitos ergonómicos, que restringem o peso das cargas a ser manuseadas pelos operários, segundo a Norma NP ISO 11228-1:2007, em condições gerais, cargas <25kg, ou seja, pode ser necessário recorrer ao apoio de uma girafa, isto é, uma grua dobrável com o apoio de um íman, por exemplo, para transporte de quadros, mesas magnéticas ou até blocos de material;

3º Colocação do bloco, tendo em conta o plano e a posição do zero-peça, indicado no documento;

4º Através de uma sonda determinar as coordenadas do zero-peça no bloco, manualmente ou através de estratégias pré-estabelecidas. A Figura 3.18 apresenta a sonda e o apalpador utilizados;

Figura 3.18 - Sonda e um Apalpador de medição de ferramentas, [5].

5º Selecionar e correr o programa desejado, prestando sobretudo atenção aos momentos iniciais para deteção de algum problema;

6º Avaliar a peça no final de cada programa;

7º Repetir os passos anteriores, para todos os planos ou operações necessárias.

No caso de peças com tolerâncias, para garantir o controlo da cota é necessário ajustar a quantidade de material a remover, ou seja, é necessário repetir linhas de código específicas, de forma, a que progressivamente se aumente a precisão do detalhe.

Por exemplo, na peça demostrada na Figura 3.19, foi controlada a abertura, através da gradual diminuição da espessura das paredes, até o encaixe correto do calço correspondente.

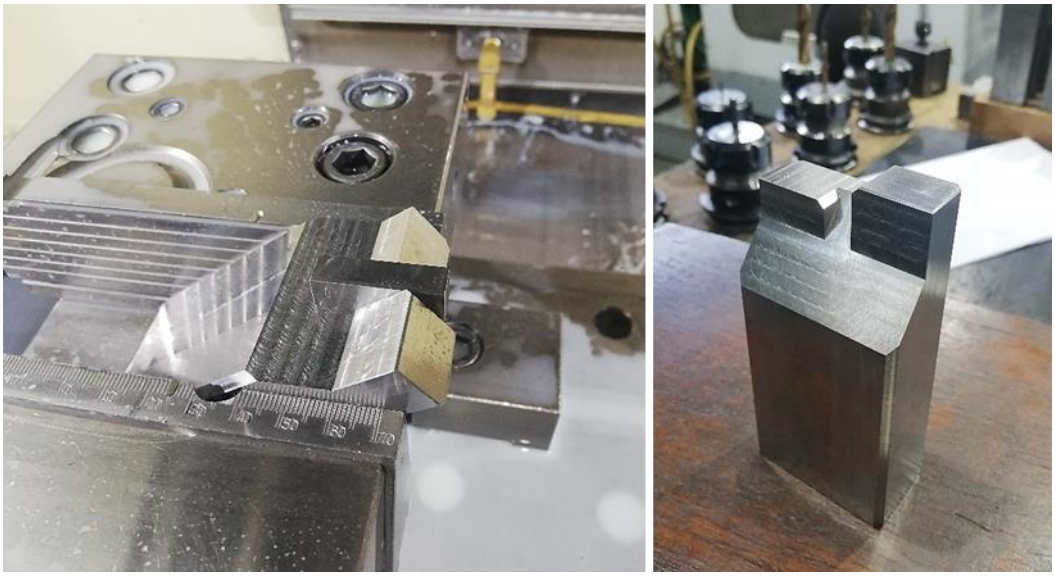


Figura 3.19 – Exemplo de peça toleranciada.

Existem diversos equipamentos de controlo de cota, adaptados para diferentes situações. Foram vários os equipamentos utilizados pela estagiária durante este período, com destaque para:

- Apalpadores;
- Rosca externa;
- Rosca interna;
- Calços;
- Passa ou Não Passa.

3.6 Equipamentos Utilizados na Secção da Montagem

Durante a montagem das máquinas, a estagiária teve de recorrer a vários tipos de equipamentos. De seguida descrevem-se alguns dos equipamentos utilizados, acompanhados do contexto em que foram aplicados:

- **Equipamentos de Elevação:** Grupo de máquinas projetadas com mecanismos destinados ao transporte de cargas;
    - **Grua de Ponte Rolante c\ Cintas sem Fim e Olhais ou c\ Lingas:** A grua do tipo ponte rolante, em questão, é um equipamento que se encontra instalado em vigas que percorrem o teto do armazém, além desta se mover por cima das vigas possui um mecanismo móvel no seu interior, que através de um gancho sobe e desce objetos, sendo esta, capaz de carregar cargas até 10ton. A grua é manipulada por meio de um sistema de controle afixada à mesma, conforme a Figura 3.20. Desta forma, com o apoio de acessórios, como por exemplo o uso de lingas, a grua foi utilizada para transporte de quadros elétricos (com locais de fixação já pré-estabelecidos), ou com o apoio de cintas sem fim, para o alinhamento de estruturas e instalação de peças ou conjuntos de grande massa;

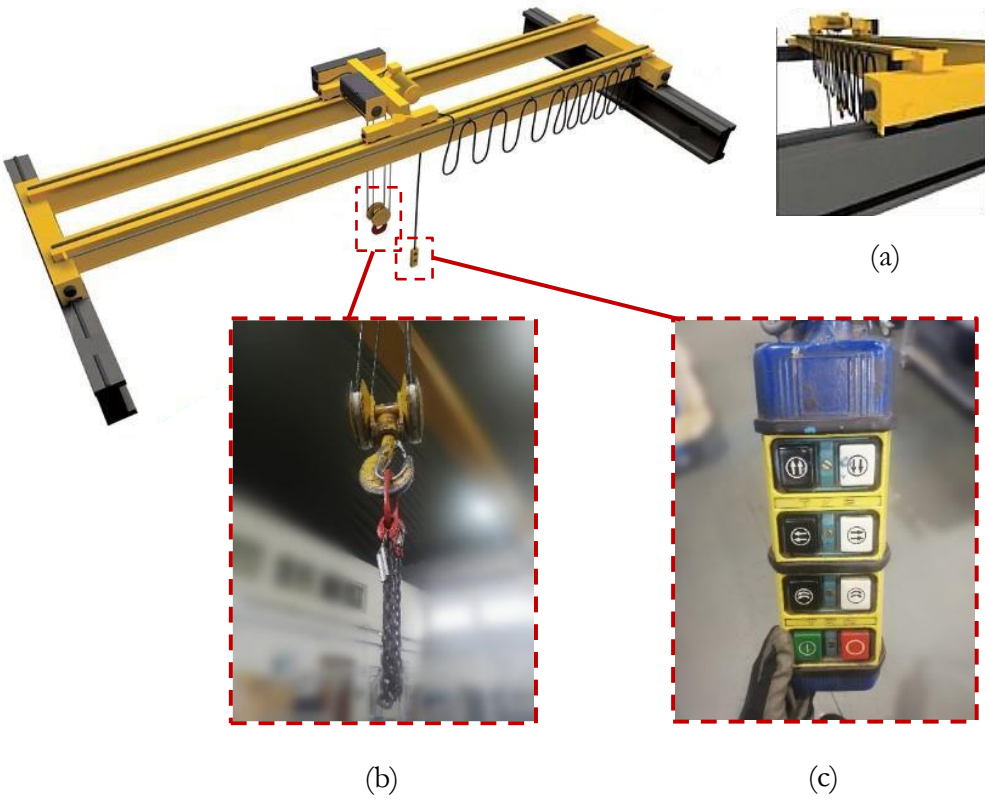


Figura 3.20 – (a) Grua de Ponte Móvel [6], (b) Gancho e (c) Sistema de Controlo.

- **Porta-Paletes:** Estrutura portátil ajustável, neste caso, de elevação manual por alavanca, Figura 3.21, utilizada para o transporte de paletes com e sem conjuntos de peças;

Figura 3.21 - Porta-Paletes

- **Macaco hidráulico:** São dispositivos portáteis que usam pressão hidráulica para levantar estruturas, geralmente para fins de manutenção ou reparo. Neste caso, usado para aceder à parte inferior de estruturas e para facilitar o ajuste dos pés das mesmas.

- **Equipamentos de Remoção de Material:**
  - **Esmeriladora:** Um equipamento que utiliza esmeril, uma rocha de elevada dureza e com propriedade abrasiva, em elevada rotação, para remover material de forma controlada, Figura 3.22. Foi necessário em situações de encurtar parafusos, de tirar rebarbas e de remoção de arestas vivas em chapas;

Figura 3.22 – Esmeriladora.

  - **Rebarbadora:** é uma ferramenta elétrica manual utilizada para desbastar ou lixar materiais, neste caso, foi utilizado para arredondamento de arestas e corte de componentes;
  - **Berbequim c\ diferentes Acessórios:** é uma ferramenta que consoante o acessório permite realizar um conjunto de funções, neste caso, foi utilizado para escarear os furos em chapas para garantir que posteriormente os parafusos ficassem à face, de forma, a não interferirem com a planicidade de peças à sua superfície, assim como, para realizar furos e abrir roscas;
  - **Furadora de Coluna:** executa as mesmas funções que a anterior, sendo sido utilizada para efetuar furos e escarear;
  - **Macho e Porta-Macho:** Um "macho" é uma ferramenta de corte utilizada para criar roscas internas e um "porta-macho" dipositivo manual de fixação do macho, utilizado neste período para remoção de tinta nas furações.

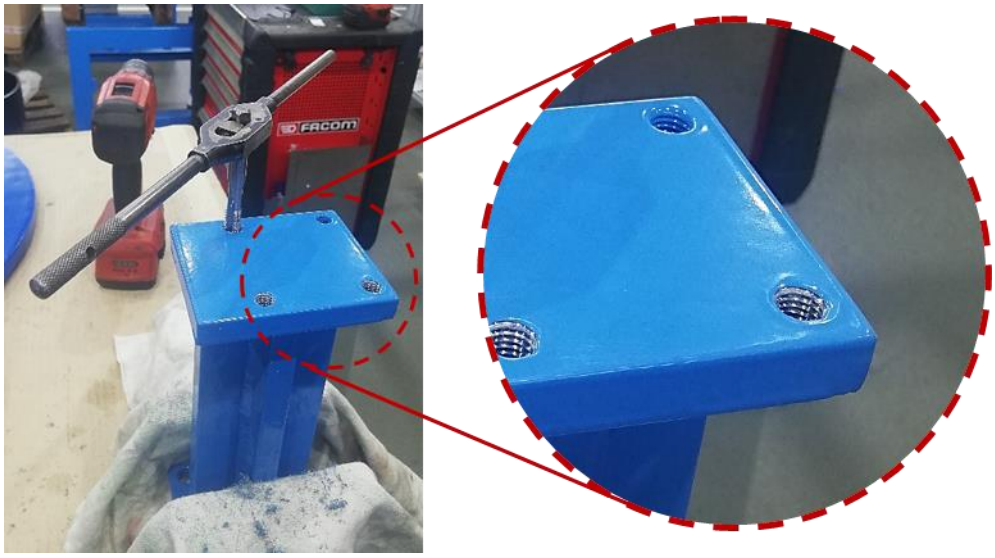


Figura 3.23 - Macho e Porta-Macho.

3.7 Intervenções

Durante o percurso na montagem, surgiu a oportunidade da estagiária realizar três intervenções distintas, num cliente da SIRMAF. Estas intervenções são sucintamente descritas.

1ª Intervenção – Sistema de Travagem Acionado

Na primeira intervenção, a secção da montagem foi alertada previamente, que num do módulo da máquina de montagem de correntes de uma determinada linha, especificamente, na zona de introdução do primeiro elemento da corrente, o sistema de travagem estava em constante estado de acionamento. Sendo que, este apenas se deveria ativar quando fosse feita a abertura da gaveta para a remoção de encravamentos, para impedir as peças que ainda se encontravam nas calhas/guias de continuarem a cair, enquanto se realizava a operação de extração, por parte dos operários.

Deste modo, antes da deslocação ao local, investigou-se um pouco sobre o sistema, em questão. Tratando-se um sistema puramente mecânico e imediatamente suspeitou-se que, ou algum componente estaria danificado, suspeitou-se que algum componente poderia estar danificado ou com falhas na sua função. Nas instalações do cliente, procedeu-se à inspeção na área inoperativa, para identificar a causa da avaria, tendo-se verificado que a came, responsável por reter o travão do lançamento das peças para a linha, estava fraturado, pois foi encontrado parte do elemento. Pelo fragmento descoberto, concluiu-se que a zona de fratura era a que apresentava a maior concentração de tensões na peça, devendo tal ter acontecido na altura do fecho da gaveta, quando esta tem de compensar a força dinâmica da mola. Com este diagnóstico, informou-se o departamento de produção para reproduzir uma peça substituta.

Com o plano de intervenção elaborado, fez-se o levantamento da peça e efetuou-se a desmontagem da área afetada, começando por bloquear a saída do componente da corrente e removendo cuidadosamente os que já se encontravam na calha ou guiamento para uma caixa, de seguida, desconectou-se os sistemas, para poder-se aceder à came. Uma vez removida, limpou-se o local e examinou-se os componentes adjacentes, para garantir que não haveria outros danos. Estando tudo em conformidade, instalou-se a nova peça, tendo sido preciso ajustar a tolerância no local para esta realizar os movimentos pretendidos sem esforço. De seguida, voltaram-se a conectar os sistemas envolvidos e testou-se a máquina com o apoio dos operários, com a finalidade de validar o seu correto funcionamento.

2ª Intervenção – Leitura Obstruída

Na intervenção seguinte, a equipa em terreno foi informada de uma leitura inadequada na máquina de visão, uma máquina de deteção de fissuras ou danos na corrente, previamente reproduzida em CAD pela estagiária.

Desta forma, procedeu-se à inspeção visual da câmara, verificando-se uma obstrução na mesma. Assim, acedeu-se à câmara e procedendo-se à limpeza da lente. De seguida, reinstalou-se a proteção e afixou-se à estrutura. Por fim, a máquina foi colocada em funcionamento com o problema resolvido.

3ª Intervenção – Esvaziamento de Gás

A última intervenção, refere-se a uma ocorrência de esvaziamento de gás durante a operação da máquina responsável pela lubrificação de correntes.

Inicialmente suspeitou-se que podia ser o resultado de algum problema no sistema de aspiração. Consequentemente, foi inspecionada a zona de ventilação, que mostrou o filtro obstruído com massa lubrificante, impedindo a passagem do ar. Assim, desligou-se a máquina, realizou-se a limpeza da área e em seguida a troca do filtro. Por fim, ligou-se novamente a máquina, resolvendo o problema.

Posteriormente, detetou-se que o sensor de aviso de filtro comutado não estava a funcionar devidamente, tendo sido reportada a situação para a equipa técnica responsável para investigar e corrigir o erro.

Adicionalmente, melhorou-se a estanquicidade da máquina pela instalação de vedantes em borracha em todo o redor do tampo da máquina.

3.8 Sistemas Pneumáticos

Durante a montagem de uma máquina responsável pelo cravamento e descravamento de correntes, a estagiária ficou encarregue de realizar a leitura e interpretação dos esquemas dos sistemas pneumáticos, e executar a tubagem, assim como, assegurar a correta identificação dos percursos pneumáticos instalados, através de etiquetas, como se pode visualizar na Figura 3.24.

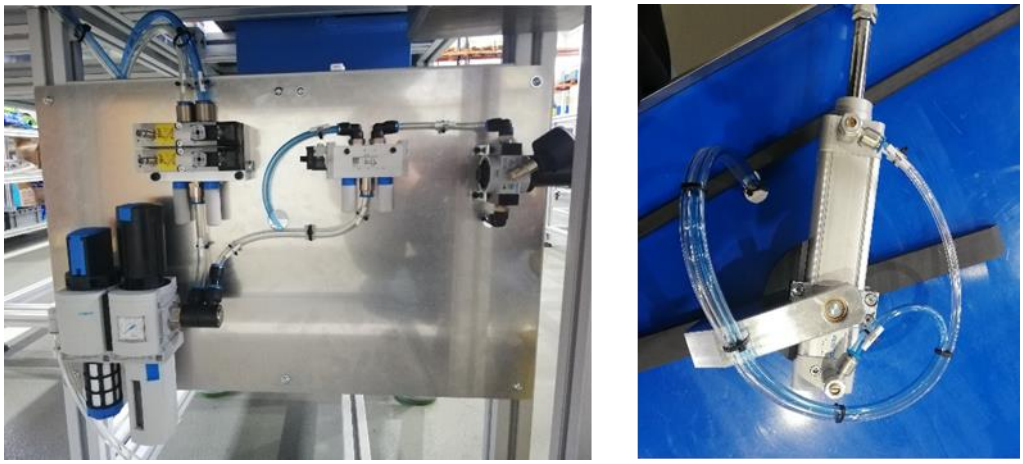


Figura 3.24 - Instalação da tubagem e respetiva identificação.

Na leitura dos esquemas, extraíram-se informações da cor e diâmetros dos tubos pré-definidos, como são realizadas as ligações entre componentes e os nomes a atribuir ao tubo, Figura 3.25.

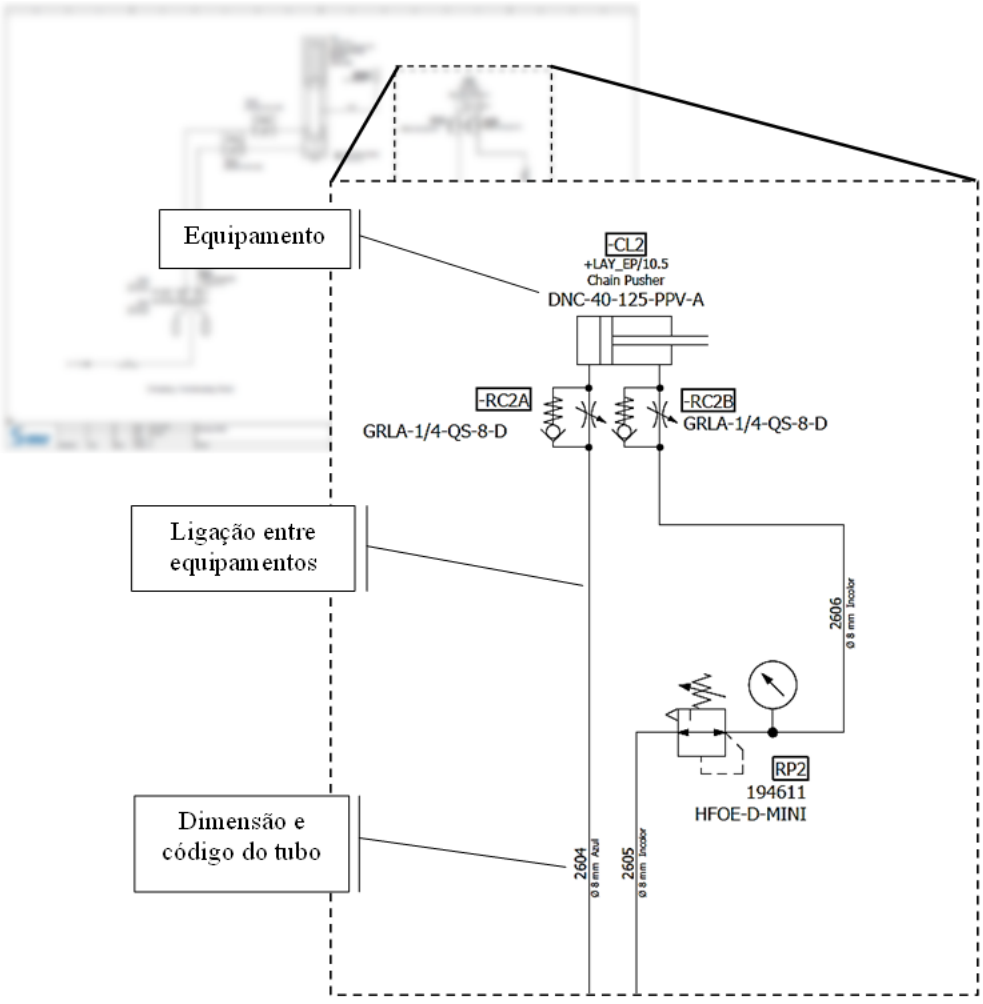


Figura 3.25 - Legenda Parcial do Esquema Pneumático.

Para a tubagem instalada por baixo da estrutura, foi necessário inserir guias, para mantê-los organizados e escondidos, Figura 3.26.

Figura 3.26 - Instalação da tubagem na parte inferior da estrutura.

3.9 Suportes em Chapa Quinada

Na SIRMAF, a montagem das máquinas é feita com o apoio da nomenclatura da obra, no qual, está assinalado se foi feita a receção de peças e componentes, e o ficheiro da máquina em 3D. No entanto, esta visualização era feita pelo computador mais próximo, que obrigava a um contínuo vai e vem do computador às peças e depois para a máquina. Desta forma, com o intuito de minimizar o número de movimentos envolvidos e consequentemente aumentar a produtividade na secção da montagem, investiu-se na compra de tablets, capas anti queda e suportes ajustáveis para os tablets poderem ser colocados nas bancadas dos técnicos. Na verdade, por motivos de segurança, tinha-se adicionalmente previsto a compra de suportes que além de estabelecerem a ligação entre o apoio ajustável e o tablet, estes deveriam permitir acesso aos botões, câmaras, porte dos fontes e entradas de carregamentos, assim como, assegurar que a abertura do mesmo é apenas possível por meio do uso de uma chave pessoal. Contudo, os suportes encontrados ou eram caros ou não possibilitavam o uso dos tablets com as capas.

Deste modo, a estagiária ficou encarregue de desenvolver uma alternativa semelhante às encontradas, a produzir em chapa quinada.

Iniciou-se o processo pela recolha de medidas dos tablets com as respetivas capas, sendo que, existiam duas gerações diferentes do equipamento eletrónico, conduzindo a duas capas distintas, tendo sido modelado e produzido o ficheiro CAD, uma versão mais simplificada, como pode ser visualizado na Figura 3.27 e na Figura 3.28.

a) b)

Figura 3.27 – Fotografia dos tablets com capa em a) e versão CAD em b)

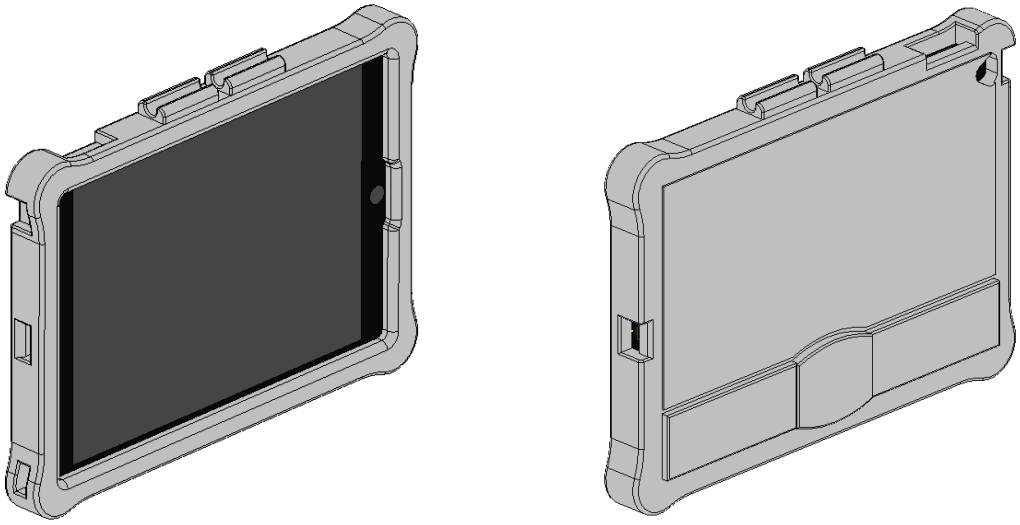


Figura 3.28 - Versão CAD do tablet único

O encapsulamento passou pelo desenvolvimento de uma caixa, onde será colocado o tablet contabilizando com a capa correspondente, e uma porta capaz de ser trancada por uma fechadura, componente este selecionado a partir do catálogo de um parceiro da empresa à escolha da estagiária. É de salientar, que os tablets com as capas apresentavam dimensões distintas, sendo assim, necessário projetar dois suportes de dimensões diferentes.

Uma caraterística do seu funcionamento, de forma a evitar comprar mais um componente como uma dobradiça, os movimentos de abertura e fecho é consigo através dos rasgas na caixa e dois engates na porta, como demostrado na Figura 3.29.

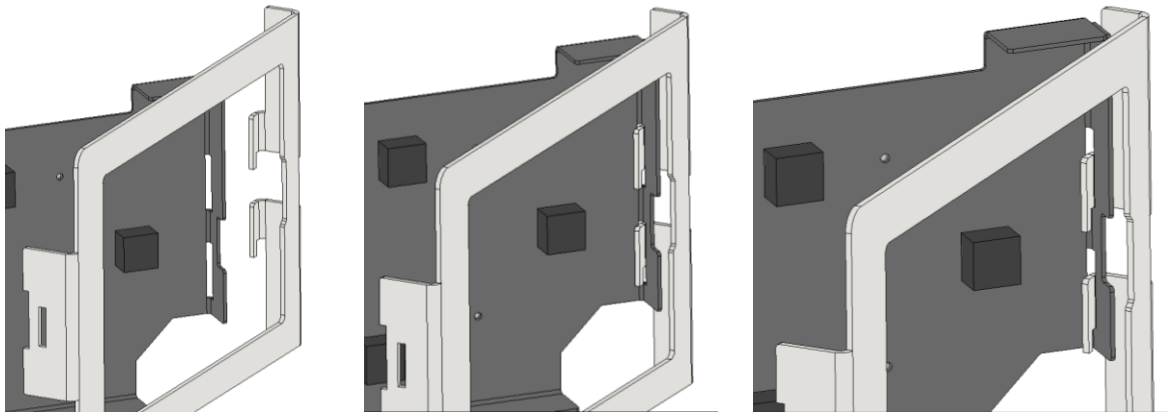


Figura 3.29 - Visualização da dobradiça da porta

Inicialmente pretendia-se colocar uma fechadura do tipo trinco horizontal na lateral do suporte como presente num suporte de referência encontrado. No entanto, por motivos económicos optou-se por uma fechadora típica de um cacifo. Esta opção obrigou-nos a alterar o local previsto da fechadura da lateral do suporte para a traseira da caixa, Figura 3.30, uma vez, que existem limitações sobre o posicionamento de furações e rasgos em chapas, ou seja, segundo o fornecedor, para evitar a sua deformação destes detalhes após a quinagem, estes devem começar na zona de dobra ou pelo menos 12mm de distância da mesma.

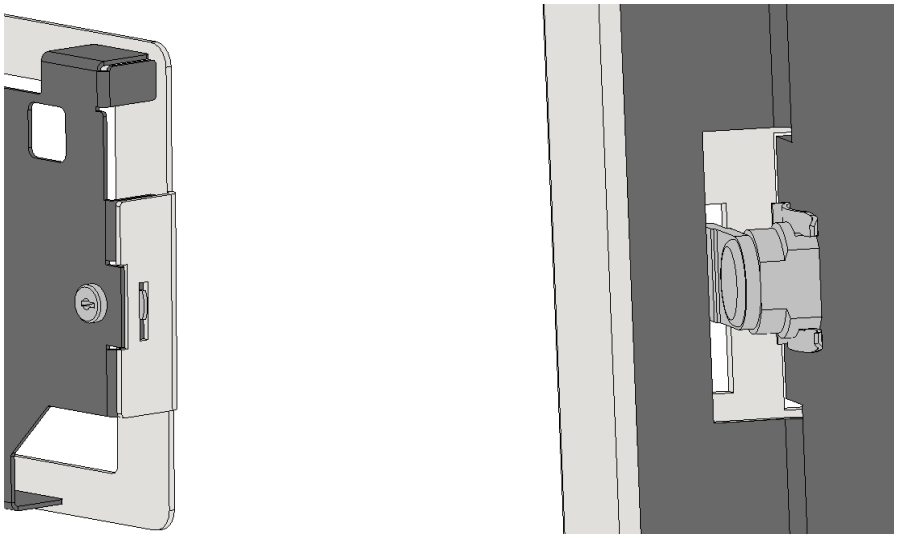


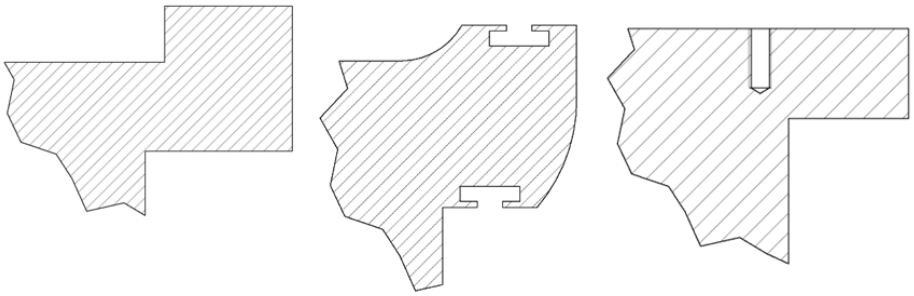
Figura 3.30 - Modo de abertura e fecho da porta

Adicionalmente, nas caixas foi incluída uma furação compatível com um suporte standard ajustável, uma furação "vesa". Por fim, conferiu-se as tolerâncias entre os elementos constituintes e definiu-se o material e o revestimento (pintura).

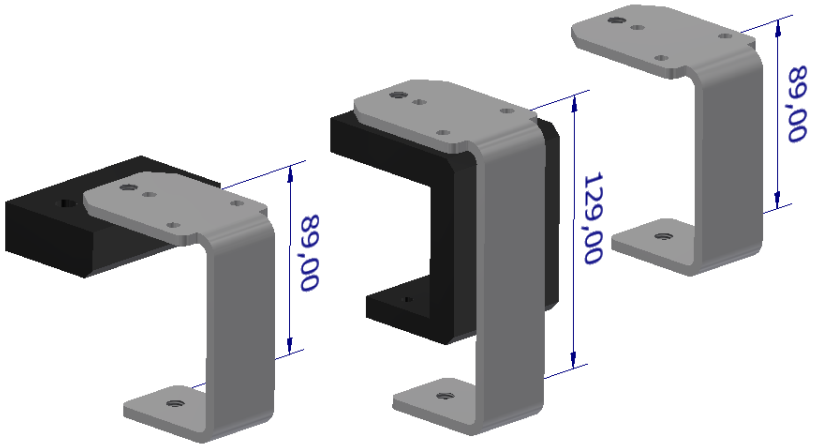
O suporte comprado apresenta uma restrição a nível de peso, ou seja, permite um peso máximo correspondente a uma massa de 9kg, para este não ficar permanentemente em baixo e um peso mínimo correspondente a uma massa de 3,5kg, para evitar o oposto, pois este não é suficiente para vencer a força exercida pelo pistão a gás. Por isso tendo em conta o peso teórico previsto pelo programa, houve a necessidade de adicionar uma massa entre o suporte e a caixa de forma a permanecer no intervalo. Como ambos os suportes rondavam os 1,8kg adicionou se uma massa de 2kg iguais para os dois.

Na Montagem, durante o período de estágio, existiam três tipos de bancadas em circulação, de forma, a reforçar a segurança dos suportes ajustáveis adicionou-se um cadeado para impedir o desenroscar dos mesmos das bancadas e um perno na base do mesmo, com o objetivo de inseri-lo na furação que já se encontra nas bancas mais recentes, ou seja, o perno impediria a extração forçada na horizontal. Todavia, para as outras bancadas foram necessárias peças complementares. Uma delas, precisou de um bloco para servir de base superior com um furo destinado ao perno, a outra, de três blocos unidos em "C", o bloco superior, novamente, para servir de base, contendo um furo, o bloco central com o tamanho da aba da bancada, e o de baixo para servir de base inferior, com a distância da aba à bancada. Não se optou por um único bloco em "C", não só por causa do aproveitamento de blocos residuais em stock, mas pelo desperdício de material resultante.

Na Figura 3.31 é possível ver as secções das diferentes bancadas e as respetivas adaptações realizadas.



a)



b)

Figura 3.31 - Secções da bancada ilustrativas a), adaptações ao suporte ajustável com as peças complementares b)

Na Figura 3.32 é apresentado a versão CAD final do suporte sem e com o tablet.

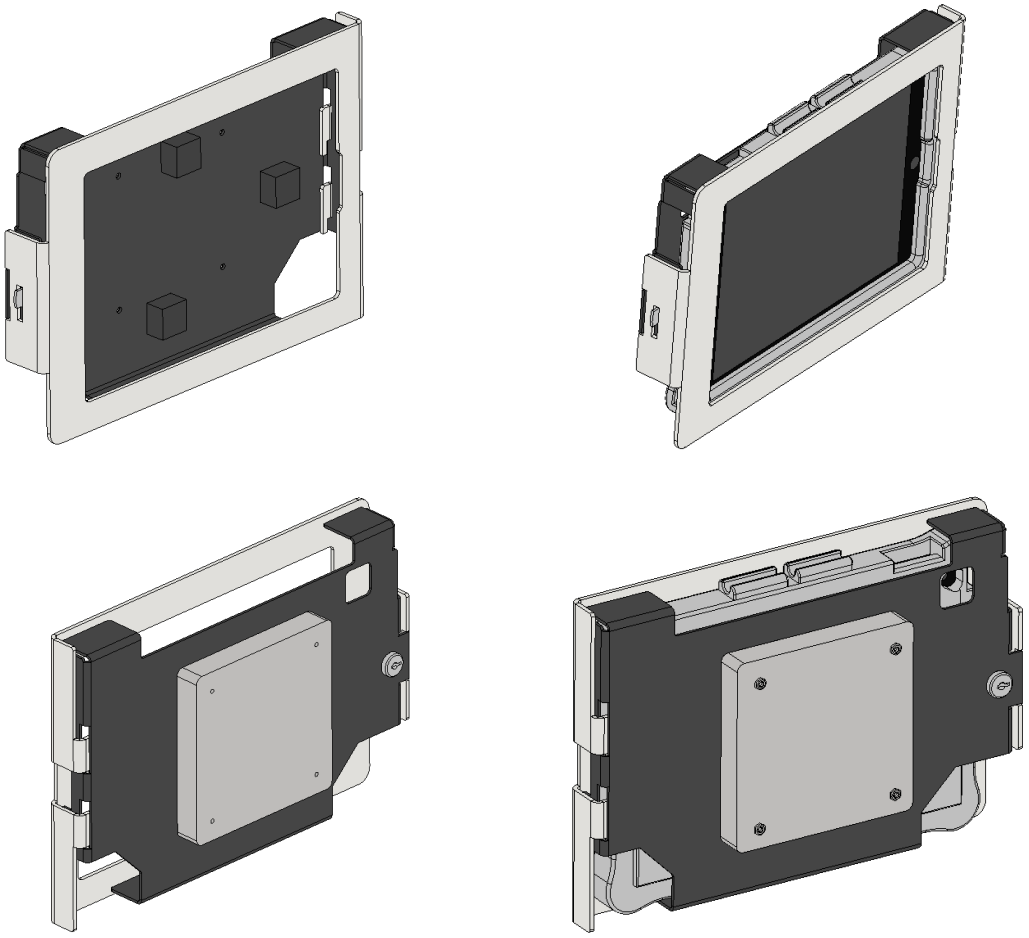


Figura 3.32 - Suporte Final em CAD

Na Figura 3.33, é possível pré visualizar, além da versão final do suporte do tablet, todo o conjunto associado.

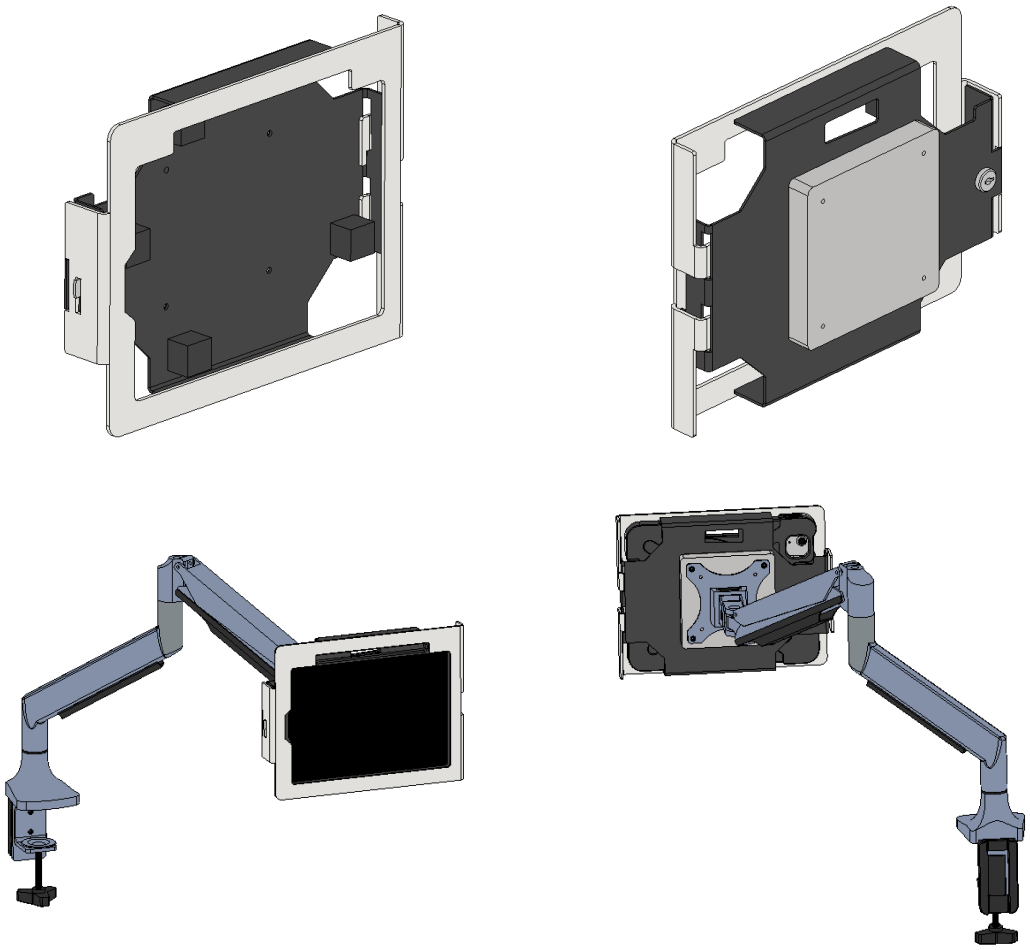


Figura 3.33 - Suporte Final em CAD

Por fim, efetuaram-se os desenhos técnicos de todas as peças apresentadas e realizou-se a nomenclatura. Sendo os desenhos posteriormente enviados para o fornecedor.

Na Figura 3.34, é possível ver o suporte final de um dos tablets.

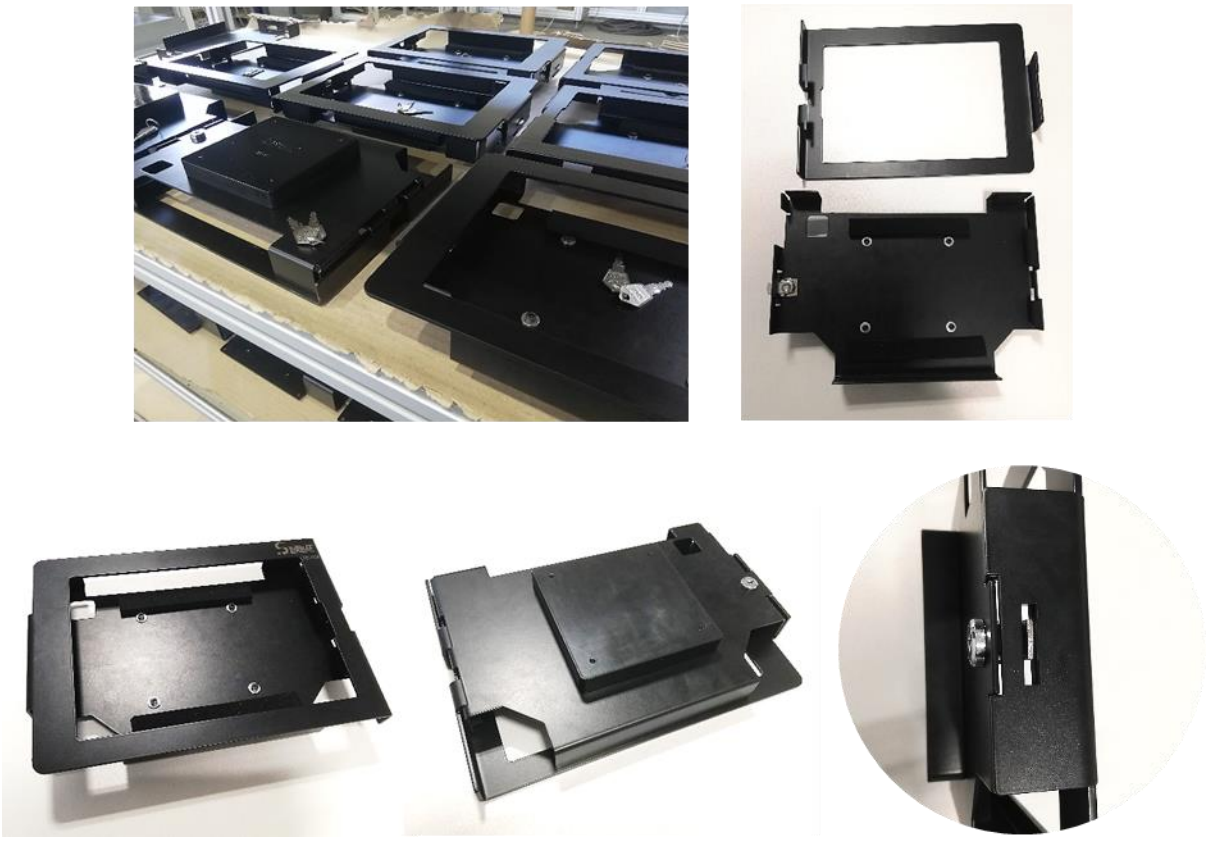


Figura 3.34 - Suporte do equipamento eletrónico.

Em conclusão, foi possível alcançar uma redução significativa nos custos finais do suporte em comparação ao valor que seria necessário para adquirir a mesma quantidade no mercado, considerando ainda a restrição de não se conseguir utilizar o suporte com a capa previamente escolhida do tablet nos modelos encontrados no mercado.

3.10 Alteração de uma linha de Embalamento

Neste subcapítulo, é descrita a tarefa atribuída à estagiária para realizar a união de duas máquinas existentes, uma máquina responsável pelo corte de corrente em segmentos com uma dimensão especifica, pertencente à SIRMAF, e uma máquina de embalamento de correntes pertencente ao cliente, tendo sido esta fornecida em formato step. Pretendia-se adaptar à máquina da empresa um novo sistema de embalamento e adicionalmente aumentar a capacidade deste último, originando uma nova linha de embalamento de correntes.

Inicialmente, a estagiária começou por reconstruir a máquina do cliente, isto é, por reproduzir todos os seus elementos constituintes, de forma a torná-los editáveis. De acordo com o esquema de numeração das peças da SIRMAF. De seguida, procedeu à substituição dos equipamentos originalmente incorporados na máquina, como cilindros pneumáticos e sensores, por dispositivos equivalentes disponíveis pelos fornecedores da empresa. Ao efetuar a troca de alguns dos componentes, constatou-

se a necessidade de ajustar furos e/ou alterar as dimensões ou geometrias de suportes associados.

Com a máquina de embalamento atualizada com os novos componentes, estendeu-se a estrutura e replicou-se o sistema de empacotamento, de modo, a aumentar a capacidade de embalamento em curso.

Posteriormente, realizou-se efetivamente a união da máquina de corte com a anterior, para tal, começou-se por efetuar o alinhamento das guias, que definem o percurso da corrente em ambas as máquinas envolvidas, e fez-se um ajuste proporcional geral na área em comum. Para obter uma transição harmoniosa dos modos de funcionamento, conjugou-se a zona de corte e a zona de carregamento, sobre uma única base de assentamento (placa ou plano de base), no qual, foi preciso garantir o espaçamento correto entre os vários equipamentos, de acordo com as máquinas originais. Consecutivamente, executou-se toda a furação e maquinagem na placa.

Além da modelação 3D da máquina em formato *step*, o cliente também forneceu à SIRMAF, alguns vídeos da máquina de embalamento a funcionar, onde foi possível verificar que durante o transporte dos segmentos da corrente, quando esta parava para abastecer as caixas todo o sistema abanava bastante, apresentando forte instabilidade. Assim, decidiu-se reforçar os mecanismos envolvidos, aumentando a seção das varas, optando por guias lineares mais altas compatíveis com os novos diâmetros, e pela diminuição, em geral, da dimensão do sistema como um todo. Para realizar este último, foi necessário analisar o percurso a efetuar, de forma a garantir as alturas de segurança, isto é, zonas com risco de colisão, no qual, o sistema vai sobrevoar, especificamente, a área de carregamento da corrente, a superfície da caixa e a área de descarregamento da corrente. Na Figura 3.35 é ilustrado o desnível entre a zona de carga e a caixa onde se descarrega.

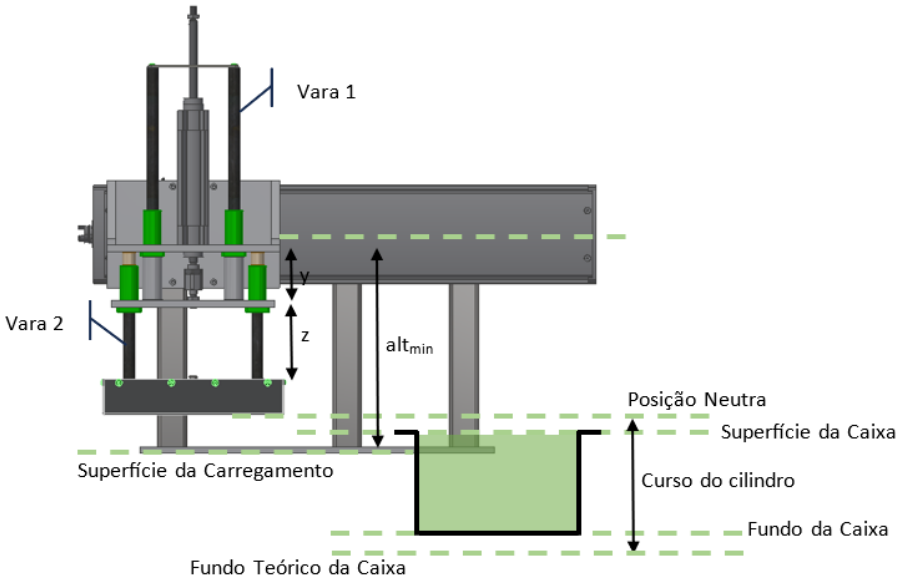


Figura 3.35 - Esquema do sistema de transporte dos segmentos de corrente

Para garantir a menor dimensão da vara 2, foi necessário perceber que esta tem como objetivo baixar o íman sem colocar esforço adicional de compressão na haste do cilindro ou nos segmentos de corrente. Esquematicamente,

vara 2 = curso do cilindro pneumático – distância da superfície de carregamento até à posição neutra + extra

onde, o "extra" é um valor adicional de forma a garantir que não existe choque entre as guias lineares ou os parafusos, e "posição neutra" corresponde à distância da superfície de carregamento mais a altura de segurança da superfície da caixa.

Também,

vara 1= y + curso do cilindro pneumático + extra

sendo que, o "y" corresponde à distância da base do cilindro pneumático até à placa onde é roscado e o valor "extra", tem como objetivo garantir que não existe choque com a guia linear superior e chapa que liga à vara 1.

Deste modo, a altura mínima do sistema (alt_{min}), corresponde à distância da placa de carregamento ao centro da largura do cilindro elétrico.

A nível de segurança, com a linha de embalamento completa, procedeu-se ao projeto de uma estrutura que serve de barreira física (proteção superior) contra a interação dos operários com as partes móveis. Esta estrutura, na zona de corte, encontra-se afixada à base de assentamento. No entanto, para fazer a ligação com a estrutura soldada, na zona de embalamento, teve se de recorrer ao uso de uma chapa como apoio. Esta contém uma porta que permite acesso à área de corte da corrente, para o caso de ser necessário intervir, e acesso direto (aberturas) em três áreas, uma para permitir a entrada da corrente, uma para a saída dos segmentos e outra para permitir o acesso às caixas de carregamento, sendo esta última abertura protegida através de cortinas de luz.

As cortinas de luz são um dos dispositivos de segurança utilizados nesta máquina e têm como objetivo detetar a presença ou ausência de objetos em determinadas áreas. Estas consistem numa série de feixes de luz invisíveis emitidos por um emissor e recebidos por um recetor. Quando um objeto interrompe um desses feixes de luz, o recetor deteta essa interrupção e aciona um alarme ou um outro dispositivo para parar o funcionamento da máquina.

Para realizar a substituição dos equipamentos de segurança do cliente por uns equivalentes, a partir do catálogo online do fornecedor, a estagiária teve de adquirir algum do vocabulário relacionado à análise de risco, assim como, de compreender as características gerais dos equipamentos de segurança, por exemplo, as cortinas de luz.

A segurança na utilização de máquinas especiais parte pelo fabricante, cabe a este assegurar a realização da análise de risco, de modo, a garantir a integração de sistemas de segurança, restrições de acesso e sinalética adequada na fase de projeto da máquina. Na verdade, é da responsabilidade do fabricante a execução do processo

técnico que inclui a avaliação de risco, a descrição geral da máquina, a apresentação dos desenhos, cálculos, resultados de ensaios, certificados, relatórios técnicos, manual de instruções, a indicação das normas e regulamentos específicos utilizados, a elaborar a declaração CE de conformidade.

Uma análise de risco consiste, então, num processo iterativo de avaliação e quantificação de ameaças ou vulnerabilidades associadas a um sistema, para cada situação de perigo, com o objetivo identificar e compreender as possíveis situações de perigo, de forma, a conseguir implementar estratégias para eliminar ou reduzir os riscos. Sendo os riscos residuais, delineados no manual de instrução com o apoio de sinalética.

Para realizar uma análise fundamentada são necessárias informações sobre a máquina, como:

- Descrição da Máquina:
  - Especificações da máquina;
  - Documentação sobre projetos anteriores de máquinas semelhantes;
  - Informações para utilização;
- Regulamentos, normas e outros documentos aplicáveis (ex. fichas técnicas)
- Experiência:
  - Histórico de qualquer acidente, incidente ou avaria;
  - Histórico de danos para a saúde resultantes, por exemplo, de emissões (ruido, vibração, pó, fumos, etc.) ou produtos químicos usados ou materiais processados pela máquina;
  - Experiência de utilizadores com máquinas semelhantes;
- Princípios ergonómicos;
- Considerações:
  - Todas a fases do ciclo de vida útil da máquina, a Tabela 1 apresenta alguns exemplos possíveis:

Tabela 1 - Exemplos de fases do ciclo de vida útil da máquina

Fase Ciclo de Vida	**Tarefa**
Transporte	Carga e Descarga
Montagem e instalação	Fixação
Operação/Utilização	Inspeção; Paragem
Manutenção	Limpeza; Isolamento de secções

Desmantelamento	

- Caraterísticas da máquina para cada processo desempenho, do ambiente e dos produtos envolvidos;

- Limites de utilização (prevista ou possível)
  - Diferentes modos de operação e diferentes modos de procedimentos;
  - Diferente uso e constrangimentos físicos e/ou cognitivos;
  - Nível de formação, experiência dos utilizadores;
  - Número de pessoas expostas;

Somente quando todas estas informações forem reunidas é possível identificar eficazmente os perigos, consequentemente, implementar medidas para eliminar ou reduzir os riscos associados. Na Tabela 2 são apresentados exemplos de perigos/riscos a ter em consideração na fase de projeto de uma máquina:

Tabela 2 - Exemplos de perigos e possíveis consequências

Perigos		**Consequências**
Mecânicos	*Queda de Objetos*	Impacto
	Arestas Vivas	Cortes
Elétricos	*Sobrecarga*	Eletrocussão
	Partes colocadas ativas acidentalmente	Incêndio
Térmicos	*Materiais a alta temperatura*	Queimaduras
	Materiais a baixa temperatura	Congelamento
Exposição de ruido	*Peças Gastas*	Desconforto
	Processos de Fabrico	Perda de audição permanente
Ergonómicos	*Difíceis Acessos*	*Stress*
	Iluminação Insuficiente	Erro humano

A metodologia da análise de risco, tem como base os seguintes critérios:

- Severidade (S)
  - Gravidade: Qualificação do dano como ligeiro (cortes, arranhões), sério (perda de visão, amputação de membros) ou morte.
  - Extensão: Quantificar o tamanho da zona de perigo.
- Probabilidade (PO)
  - Exposição: Tempo de permanência na zona de perigo.
  - Ocorrência: Histórico; Velocidade; Consciência.
- Frequência de Exposição (FE)
- Número de Pessoas Expostas (NP)

Na Figura 3.36 – Cálculo da avaliação de risco é demostrado as tabelas que permitem calcular o risco.

Probabilidade de Ocorrencia (PO)		
0,033	Quase Impossível	apenas em ciscunstancias extremas
1	Muito Improvável	embora concebivel
1,5	Improvável	mas pode ocorrer
2	Possivel	mas pouco comum
5	Casual	pode acontecer
8	Provável	não e inesperado
10	Bastante Provável	esperado
15	Certo	sem duvida

Frequencia de Exposição (FE)	
0,5	Anual
1	Mensal
1,5	Semanal
2,5	Diario
4	Horário
5	Constatemente

Nº de Pessoas Expostas (NO)	
1	1-2
2	3-7
4	8-15
8	16-50
12	+50

Severidade (S)	
0,1	Arranhão, Irritação, Leve Mau Estar
0,5	Corte, Queimadura
3	Quebra ou Lesão de Membros (Temporário), Perda de Visão (Temporário)
8	Perda de Membro(s), Capacidade Visual ou Auditiva (Permanente)
15	Morte

Risco (R)	
0-5	Negligenciavel
5-50	Pouco Significativo
50-500	Elevado
+500	Inaceitável

R = PO x S x FE x NO

Figura 3.36 – Cálculo da avaliação de risco

Na Figura 3.37 é demostrado um exemplo de uma metodologia de avaliação de risco.

Apreciação do Risco Inicial										Apreciação do Risco Após Implementação de Medidas							Observações/ Comentários
Nº Ref	Fase Ciclo de Vida	Risco Associado			Estimativa do Risco					Indetificação das Medidas de Prevenção	Estimativa do Risco					Risco Residual	
		Tipo de Perigo	Origem	Potencial Consequência	PO	S	FE	NO	Risco		PO	S	FE	NO	Risco	Sim	Não

Figura 3.37 - Metodologia de avaliação de risco

Neste caso, é necessário ter fácil acesso à zona de carregamento das caixas, no entanto, o operário vai ficar exposto a elementos moveis, correndo o risco de entalamento ou esmagamento, desta forma, a utilização de cortinas de luz, vai reduzir o risco de acidente. Na Figura 3.38, é exemplificado o preenchimento da apreciação de risco, para este cenário.

Apreciação do Risco Inicial										Apreciação do Risco Após Implementação de Medidas							Observações/ Comentários
Nº Ref	Fase Ciclo de Vida	Risco Associado			Estimativa do Risco					Indetificação das Medidas de Prevenção	Estimativa do Risco				Risco Residual		
		Tipo de Perigo	Origem	Potêncial Consequência	PO	S	FE	NO	Risco		PO	S	FE	NO	Risco	Sim	Não	
1	Operação	Elementos Móveis	Carregamento de Segmentos em caixas	Entalamento/ Esmagamento	5	8	4	1	160	-Implementação de cortinas de luz; -Aplicação de Sinalética adequada;	1	8	4	1	32		X	Sinalética adequada

Figura 3.38 - Exemplo do preenchimento segundo a metodologia de avaliação de risco

Para realizar a substituição das cortinas de luz do cliente por alternativas equivalentes, conforme mencionado anteriormente, foi necessário compreender as características gerais do equipamento, especificamente, o tipo de resolução, nível de segurança, alcance e altura do campo.

A resolução de uma cortina de luz corresponde à distância entre as extremidades dos feixes de luz, ou seja, à capacidade do sistema de detetar objetos neste caso membros do corpo humano, desta forma, quanto menor a resolução menor o objeto que pode ser detetado. As cortinas de luz são classificadas em diferentes níveis de segurança, sendo os tipos 2 e 4 os mais comuns, o tipo 4 é caracterizado por ser um nível de proteção mais rigoroso, exigindo um monitoramento mais detalhado e uma resposta mais rápida a situações de risco. O alcance do equipamento diz respeito à distância máxima entre o emissor e o recetor. Além disso, a altura do campo refere-se à altura da zona de deteção, que deve ser adequadamente ajustada para garantir que não haja pontos cegos, isto é, que a proteção abranja todas as áreas críticas.

Adicionalmente, para este tipo de dispositivo é necessário garantir distâncias mínimas de segurança entre a cortina de luz e a zona de perigo, de acordo com a norma EN ISO 13855:2010, que abrange posicionamento de equipamento de proteção em relação às velocidades de aproximação das partes do corpo humano, Figura 3.39. Esta norma considera as cortinas de luz, um equipamento de proteção eletrosensíveis do tipo barreira fotoelétrica. Para calcular a distância de segurança, considerou-se barreiras fotoelétricas para uma zona de deteção perpendicular à direção de aproximação.

6.2.3 Electro-sensitive protective equipment employing active opto-electronic protective devices with a sensor detection capability of ⩽ 40 mm in diameter

6.2.3.1 Calculation

The minimum distance, S, in millimetres, from the detection zone to the hazard zone shall not be less than that calculated using Equation (2):

$$S = (K \times T) + C \quad (2)$$

where

K = 2 000 mm/s;

C = 8 (d – 14), but not less than 0;

d is the sensor detection capability of the device, in millimetres (mm).

Then

$$S = (2\,000 \times T) + 8(d - 14) \quad (3)$$

Equation (3) applies to all minimum distances of S up to and including 500 mm. The minimum value of S shall be 100 mm.

Figura 3.39 - Norma EN ISO 13855:2010, Artigo 6.2.3

Neste caso foi selecionada a resolução mais apertada de 14mm adequada para deteção de dedos, tipo 4, alcance e altura do campo igual à secção de abertura da zona de carregamento da caixa. De seguida, escolheu-se um modelo de cortinas de luz com estas características e outras elétricas equivalentes à do cliente, no fornecedor. O modelo escolhido tinha um tempo de resposta de paragem completa do sistema (T) de 20ms. Assim, foi necessário garantir uma distância de segurança mínima maior ou igual que 100mm, como se pode verificar nas equações.

$$S = (K \times T) + C \quad (1)$$

$$S = (2000 \times 0{,}02) + (8 \times (14 - 14)) \quad (1.1)$$

$$S = 40mm < 100mm \quad (1.2)$$

Para finalizar a linha de embalamento, foram apresentadas as várias fases desempenhadas pela mesma, isto é, identificaram-se os movimentos executados por ordem cronológica e através das *constrains* do programa representou-se cada etapa da linha de embalamento. Estas representações são fulcrais não só porque permitem uma fácil compreensão do seu funcionamento, mas também porque ao representar cada movimento, é possível verificar que não existe em qualquer momento algum tipo de colisão. É exemplo, a análise do alcance de abertura das portas.

Por fim, foram verificadas todas as informações constantes na BOM (*Lista de Materiais*), adicionando indicações em falta, tais como referências elétricas, nomes dos fornecedores para cada componente e descrições de cada elemento.

3.10.1 Dimensionamento de um Cilindro Elétrico

Ao conjugar os sistemas das duas máquinas, verificou-se que o cilindro elétrico originalmente implementado tinha sido dimensionado para uma amplitude de curso significativamente maior, devido ao seu posicionamento na linha de embalamento do cliente. Além disso, tinha sido selecionado para acomodar uma carga superior às requeridas no contexto atual. Assim, realizou-se um novo dimensionamento para um cilindro com características elétricas equivalentes, com base no catálogo do fornecedor da empresa.

Para realizar o dimensionamento de um cilindro elétrico, é necessário considerar que tipo de movimento e em que direção é descrito, a carga envolvida, distância do deslocamento e velocidade desejada. Neste caso, trata-se de um cilindro elétrico do tipo deslizante, a ser utilizado para efetuar a transferência de uma massa de 42kg (411,6N), num percurso de 600mm, horizontalmente, Figura 3.40,com duas posições estáveis, em 2 segundos, num regime contínuo de 7dias por semana, durante 24h.

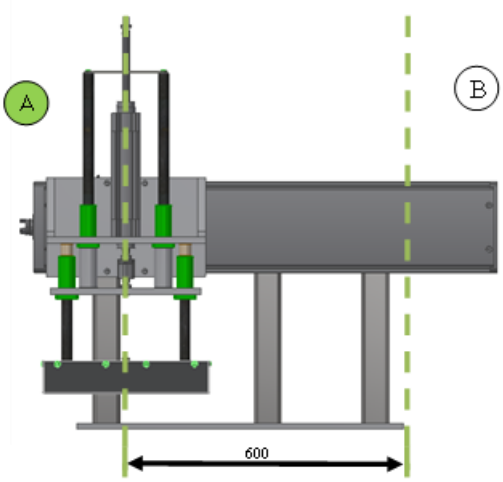


Figura 3.40 - Curso do Cilindro Elétrico.

Adicionalmente, é importante conhecer a posição do centro de gravidade do sistema, dado que este influenciará o comportamento e o esforço aplicado sobre a estrutura do cilindro. Na Figura 3.41, é demonstrada a posição do centro de gravidade da massa de 42kg, no qual, se verifica que o cilindro elétrico vai ser submetido a esforços de flexão e de torção.

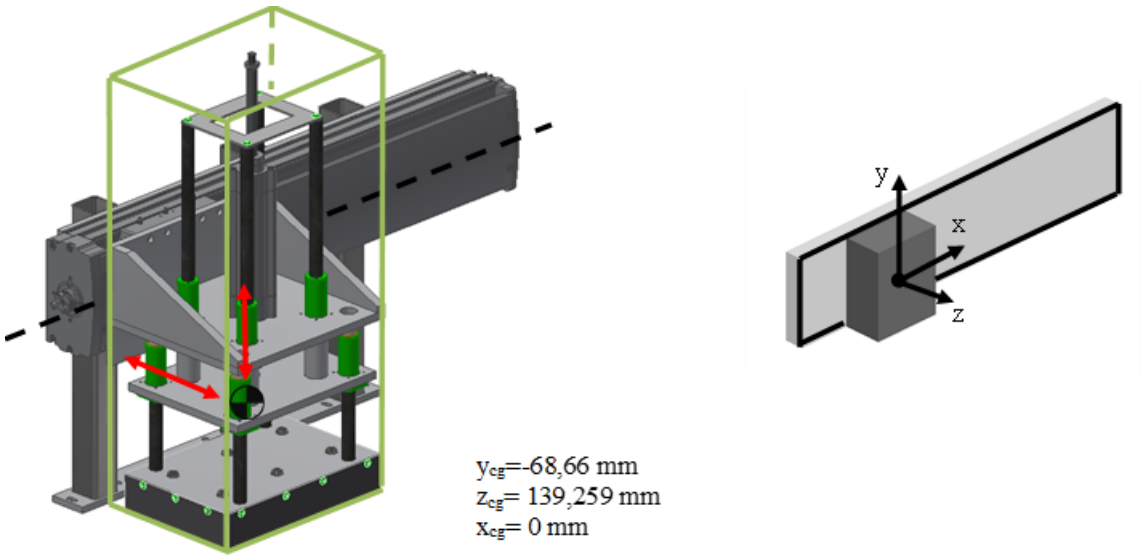


Figura 3.41 - Centro de Gravidade da Massa a Transportar.

Para a seleção deste tipo de equipamentos na empresa, é feita uma escolha inicial por parte dos engenheiros e posteriormente solicitada uma segunda opinião ao fornecedor, através da elaboração de uma especificação técnica que lhes é entregue.

O fornecedor em questão, além do catálogo online, tem disponível um configurador para facilitar e acelerar o processo de escolha, no qual, se pode introduzir diretamente os dados indicados anteriormente, e este sugeriu-nos alguns modelos. Posteriormente, com base no cilindro elétrico original, analisou-se as suas propriedades elétricas e de segurança (tipo de controlador, tensão de alimentação disponível, limitadores de curso, sensores de posição) e selecionou-se o mais adequado.

3.11 Atualização da Máquina

Durante o período de estágio, surgiu uma oportunidade de reutilização, num novo projeto, uma máquina desenvolvida em 2003 pela empresa, num novo projeto. No entanto, por se tratar de um ficheiro muito antigo, a estagiária foi designada para atualizar a máquina em CAD, o que incluiu a substituição dos parafusos, anilhas e outros elementos descontinuados, por outros equivalentes disponíveis no *content center*, assim como, a alteração de componentes para acomodar os fornecedores atuais.

Além disso, dado que à data não era possível incorporar diretamente no *software* informações, como materiais e tratamentos/proteções, relativamente às peças, foi realizado o processo inverso, ou seja, por meio da nomenclatura das peças, foi transferida toda a informação para o programa e em alguns casos, substituídos ou adicionados conteúdos em falta.

Por fim, a estagiária procedeu à formatação de toda a documentação, de forma, a alinhar-se com os novos modelos/*templates*, garantido a conformidade e a consistência das informações técnicas, aprimorando assim a eficiência e a utilidade do projeto.

4 DISCUSÕES E CONCLUSÔES

Em conclusão, o estágio proporcionou uma experiência em contexto real, no âmbito da engenharia, especificadamente, na reconstrução e reconversão de máquinas especiais em fase de projeto. Esta oportunidade permitiu-me absorver conhecimentos valiosos ao colaborar no refinamento de projetos existentes, contribuindo, assim, significativamente para o meu desenvolvimento profissional. Desta forma, nas atividades desempenhadas, mencionadas ao longo do relatório, é possível verificar um desenvolvimento nas capacidades de desenho e de conceção de elementos mecânicos, a interpretação e execução de desenhos técnicos, a aplicação de conhecimentos no âmbito de seleção de componentes standard, os conhecimentos de processo de fabrico e seleção de materiais e uma compreensão de toda a documentação envolvida para processar uma máquina especial.

BIBLIOGRAFIA

[1] SIRMAF, "SIRMAF," [Online]. Available: https://www.sirmaf.pt. [Acedido em 6 dezembro 2022].

[2] A. Carine e A. Hugo, em SIRMAF - A projetar os próximos 25 anos, 2014, p. 30.

[3] "Sirmaf -Sirmaf - Soc. Industrial Reconstrução Maquinas - Ferramentas, Lda / PRODUTECH - Portal das Tecnologias de Produção," [Online]. Available: https://portal.produtech.org/company/sirmaf-soc-industrial-reconstrucao-maquinas-ferramentas-lda. [Acedido em 13 junho 2023].

[4] "VM-3 | VMCs de alta performance | Cone ISO40 | Máquinas de moldes | Fresadoras verticais – Máquinas CNC Haas," [Online]. Available: «VM-3 | VMCs de alta performance | Cone ISO40 | Máquinas de moldes | Fresadoras verticais – Mhttps://www.haascnc.com/pt/machines/vertical-mills/mold-machines/models/vm-3.html. [Acedido em 13 junho 2023].

[5] "Sistema de sondagem intuitivo sem fios," [Online]. Available: https://www.haascnc.com/pt/productivity/probe-system/wips-r.html. [Acedido em 13 junho 2023].

[6] M. Grupo, "Tipos de Ponte Rolante," [Online]. Available: https://mimanutencao.com.br/site/2018/07/30/tipos-de-ponte-rolante/. [Acedido em 30 junho 2023].

Instituto Superior
de Engenharia
Politécnico de Coimbra