



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Mecatrónica

Relatório de Estágio

Comissionamento, manutenção e alteração de projeto de máquinas para pedreiras e estruturas metálicas.

Francisco André Neto Santos

Orientador(es) | Fernando Manuel Janeiro
João Manuel Figueiredo
António Manuel Carvalho Jardim

Évora 2024



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Mecatrónica

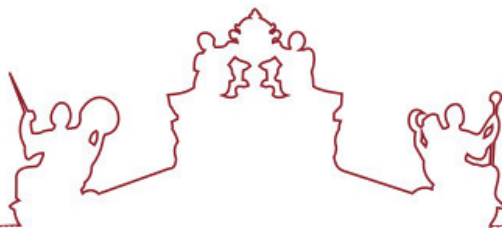
Relatório de Estágio

Comissionamento, manutenção e alteração de projeto de máquinas para pedreiras e estruturas metálicas.

Francisco André Neto Santos

Orientador(es) | Fernando Manuel Janeiro
João Manuel Figueiredo
António Manuel Carvalho Jardim

Évora 2024



O relatório de estágio foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Mouhaydine Tlemcani (Universidade de Évora)

Vogais | Fernando Manuel Janeiro (Universidade de Évora) (Orientador)
Oumaima Mesbahi (Universidade de Évora) (Arguente)

Resumo

Este relatório de estágio foi elaborado em prol da conclusão do Mestrado em Engenharia Mecatrónica. O estágio foi realizado na empresa Metalviçosa, onde foram desenvolvidos trabalhos de projeto de máquinas e estruturas metálicas, onde o desenho técnico foi uma das componentes fulcrais em todos esses projetos.

Um dos objetivos mais importantes deste relatório, é demonstrar todo o trabalho existente desde o início de um projeto até à concretização do mesmo, incluindo todos os trabalhos acessórios.

Os projetos desenvolvidos ao longo do período de estágio foram: o projeto de construção de contentores de resíduos, o projeto de construção de estruturas metálicas para o jardim da aldeia de Pardais, o projeto para construção da máquina de corte de pedra Monolâmina e o projeto de construção de um novo modelo da máquina de corte de pedra Monofio.

Numa primeira fase do relatório, será abordado todo processo de projeto e construção desde o primeiro contacto com o cliente até à venda do produto.

Numa segunda fase, será descrito o desenvolvimento de cada um dos projetos concretizados ao longo do período de estágio.

Palavras-chave: Projeto; Desenho Técnico; Fabrico de Máquinas; Programação; Manutenção;

Abstract

Commissioning, maintenance and design modification of quarrying machines and metal structures.

This internship report was prepared in order to complete the master's degree in Mechatronic Engineering. The internship was carried out at the company Metalviçosa, where machine and metal structure design works were developed, with technical drawing being one of the crucial components in all these projects.

One of the most important objectives of this report is to demonstrate all the work involved from the beginning of a project to its completion, including all the auxiliary tasks. The projects developed during the internship period were the construction project of waste containers, the construction project of metal structures for the village garden of Pardais, the project for the construction of the Monolâmina stone cutting machine, and the project for the construction of a new model of the Monofio stone cutting machine.

In the first phase of the report, the entire process of project and construction will be addressed from the first contact with the client to the sale of the product. In the second phase, the development of each of the projects carried out during the internship period will be described.

Keywords: Project; Technical Drawing; Machinery Manufacturing; Programming; Maintenance;

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Objetivos.....	1
2.	Empresa	2
3.	Processo Produtivo	4
3.1.	Conceção do Projeto:.....	4
3.1.1.	Importância do Dimensionamento.....	5
3.2.	Planeamento da Produção:	6
3.3.	Transformação/Produção	9
3.4.	Controlo de Qualidade.....	12
3.5.	Armazenamento e Distribuição	13
3.6.	Entrega ao Cliente e Assistência Técnica	14
4.	Projetos de Equipamentos Industriais e Estruturas.....	15
4.1.	Obra de pardais.....	15
4.1.1.	Construção dos Bancos.....	16
4.1.2.	Pérgula	24
4.2.	Contentores.....	32
5.	Projetos de Máquinas	41
5.1.	Monolâmina.....	41
5.2.	Monofio	58
5.2.1.	Monofio Block24.....	59
6.	Comissionamento de Máquinas e Assistência técnica.....	74
6.1.	MasterCut	74
6.2.	Monofio	78
7.	Conclusão	84

Índice de Figuras

Figura 1- Sede da Metalviçosa em Alandroal.....	2
Figura 2- Metalviçosa na Global Stone Ibérica Congress 2023	3
Figura 3-Exemplo de um plano de corte	6
Figura 4-Desenho da obra.....	16
Figura 5-Desenho fornecido para construção dos bancos BA1.....	17
Figura 6-Desenho de construção da estrutura do banco	17
Figura 7-Desenho 3D do banco	17
Figura 8- Desenho fornecido para construção do banco BA4.....	18
Figura 9-Desenho da base em betão do banco	19
Figura 10-Desenho final do banco	19
Figura 11-Desenho da estrutura metálica para o banco.....	19
Figura 12-Terminação das chapas	20
Figura 13-Estudo de corte das chapas para o banco.....	20
Figura 14- Desenho fornecido para construção dos bancos da pérgula	21
Figura 15-Desenho final dos bancos	21
Figura 16-Plano definido pelo cliente para o banco.....	22
Figura 17-Plano final do banco	22
Figura 18-Desenho de construção da barra de união dos bancos.....	22
Figura 19-Desenho de construção da barra central dos bancos.....	22
Figura 20-Plano do cliente.....	23
Figura 21-Desenho 3D do plano inicial do cliente.....	23
Figura 22-Desenho de montagem das barras.....	23
Figura 23-Planos para pérgula	24
Figura 24-Desenho do levantamento topográfico	24
Figura 25-Bases de assentamento para a pérgula	25
Figura 26-Projeto 3D da pérgula	25
Figura 27-Desenho da pérgula sobreposta.....	26
Figura 28-Digitalização 3D da base da pérgula.....	27
Figura 29-Sobreposição da pérgula sobre a digitalização 3D da base de betão	27
Figura 30-Desenho de construção dos pés da pérgula.....	28
Figura 31-Desenho para construção da pérgula	29

Figura 32-Secção nº1 da pérgula	29
Figura 33-Desenho 3D da montagem das tabuas de madeira nas barras metálicas	30
Figura 34-Montagem da pérgula em fábrica	30
Figura 35-Pérgula montada	31
Figura 36-Comparativo da base antes da montagem, no projeto e depois da montagem	31
Figura 37-Contentor 30 m ³	32
Figura 38-Desenho fornecido pelo cliente.....	33
Figura 39-Desenho simplificado do contentor	34
Figura 40-Alavanca da tranca de segurança do contentor	35
Figura 41- Tranca de segurança.....	35
Figura 42-Molde para das estruturas tubulares em “U”	36
Figura 43-Molde para construção dos contentores.....	36
Figura 44- Desenho da estrutura tubular em "U"	36
Figura 45-Tubos cortados	37
Figura 46-Estruturas em “U”	37
Figura 47-Montagem dos acessórios	37
Figura 48-Soldadura do contentor	37
Figura 49-Montagem usando o molde.....	37
Figura 50-Desenho principal do contentor.	38
Figura 51-Tranca de segurança.....	38
Figura 52-Alteração da tranca de segurança.....	38
Figura 53-Desenho de construção da tranca de segurança	39
Figura 54-Roda do contentor.....	39
Figura 55-Veio da roda do contentor	39
Figura 56-1ª Contentor construído	40
Figura 57-Monolâmina.....	41
Figura 58-Desenho 3D da estrutura da Monolâmina.....	42
Figura 59-Desenho de construção da estrutura da Monolâmina	42
Figura 60-Desenho de construção do grupo do suporte motor.....	43
Figura 61-Desenho 3D da Monolâmina	44
Figura 62-Pontos de fixação da Lâmina.....	45
Figura 63-Tensionamento teórico da lâmina	46
Figura 64-Tensionamento da lâmina	47
Figura 65-Desenho com vista de corte do sistema hidráulico	47

Figura 66- Conjunto do suporte motor	48
Figura 67-Conjunto do suporte movido	48
Figura 68-Haste do cilindro.....	48
Figura 69-Comparativo das alterações da haste	49
Figura 70-Desenho 3D do conjunto das guias.....	49
Figura 71-Desenho 3D da biela.....	50
Figura 72-Desenho 3D do conjunto dos roletes	50
Figura 73-Desenho 3D do conjunto dos tambores	51
Figura 74-Polia de fundição	51
Figura 75-Polia standard de compra.....	51
Figura 76-Montagem da polia	52
Figura 77-Análise de tensões.....	53
Figura 78-Desenho 3D do conjunto da cambota	53
Figura 79-Vista de corte do conjunto da cambota	54
Figura 80-Desenho 3D do conjunto do ganzepe	55
Figura 81-Ganzepe	56
Figura 82-Desenho 3D do Tirante	56
Figura 83-Desenho 3D do suporte do ganzepe.....	57
Figura 84-Folga entre peças	57
Figura 85-Monofio Poeiras.....	58
Figura 86-Pé do Monofio antigo	60
Figura 87-Pé do novo Monofio	60
Figura 88-Estrutura aparafusada do pé.....	61
Figura 89-Nova estrutura única do pé	61
Figura 90-Comparativo das alturas do Monofio	62
Figura 91-Comparativo do comprimento entre Monofios.....	62
Figura 92-Suporte Motor	63
Figura 93-Suporte Motor do novo Monofio	63
Figura 94-Desenho 3D do suporte motor	64
Figura 95-Suporte motor em construção	64
Figura 96-Chapas cortadas para o suporte motor	64
Figura 97-Motorização do Monofio antigo	65
Figura 98-Motorização do novo Monofio	65
Figura 99-Suporte movido Monofio antigo.....	65

Figura 100-Suporte movido novo Monofio.....	65
Figura 101-Sistema de tensionamento do Monofio antigo.....	66
Figura 102-Sistema de tensionamento do novo Monofio.....	66
Figura 103-Sistema para movimentação vertical do Monofio antigo	67
Figura 104-Sistema de movimentação vertical do novo Monofio	68
Figura 105-Posicionamento do motoredutor no novo Monofio	69
Figura 106-Posicionamento do motoredutor no Monofio antigo	69
Figura 107-Desenho 3D da caixa	69
Figura 108-Construção da caixa	69
Figura 109-Sistema de movimentação do Monofio antigo	70
Figura 110-Sistema de movimentação do novo Monofio.....	71
Figura 111-Carril do Monofio com cremalheira.....	72
Figura 112-Comparativo dimensional dos Monofios	73
Figura 113- Comparativo da altura dos Monofios.....	73
Figura 114-MasterCut.....	74
Figura 115-Quadro elétrico da MasterCut	75
Figura 116-Variador do motor principal da MasterCut	75
Figura 117-Alteração do programa do PLC	77
Figura 118-Monofio Poeiras (Antigo).....	78
Figura 119-Quadro elétrico Monofio.....	79
Figura 120-Montagem do sensor indutivo	81
Figura 121-Programa para deteção do escorregamento	82

Lista de Abreviaturas

CAD-Computer Aided Design

DXF- Drawing Exchange Format

LiDAR- Light Detection and Ranging

PLC Programmable Logic Controller

HMI- Human-Machine Interface

1. Introdução

Este relatório visa documentar todo o trabalho realizado e experiências profissionais adquiridas ao longo do estágio realizado na empresa Metal Viçosa, e do Mestrado em Engenharia Mecatrónica.

A área de realização do estágio foi a de projeto de máquinas e estruturas metálicas, onde o principal objetivo foi desenvolver um projeto de melhoramento da máquina “Monofio”. Em paralelo deveriam também ser suprimidas quaisquer necessidades resultantes do normal funcionamento da empresa, sendo essas necessidades alterações de projetos das diversas máquinas, preparação de todos os trabalhos necessários para a construção das máquinas e equipamentos, comissionamento das máquinas e auxílio na manutenção, nomeadamente no diagnóstico de avarias elétricas e programação.

A motivação para a realização do estágio nesta área e empresa deve-se a esta ser a atual atividade profissional do formando, sendo que esta é a mesma razão para o qual este iniciou o Mestrado em Engenharia Mecatrónica. A área de trabalho da empresa, sendo ela assente na metalomecânica, tem uma grande componente de automação, o que despertou uma vontade de aprofundar o conhecimento nesta área, podendo dessa forma também desenvolver projetos nessa vertente.

1.1. Objetivos

Este estágio teve como objetivo desenvolver as capacidades profissionais na área de desenvolvimento de projeto mecânico, bem como adquirir competências na área de automação industrial. O estágio foi realizado no período de 15 de novembro de 2023 a 11 de fevereiro de 2024.

Este relatório tem como objetivo documentar todos os trabalhos realizados durante o estágio. Serão também discutidos trabalhos e processos produtivos onde será feita uma análise aos mesmos observando pontos de possíveis melhorias.

Será feita uma breve descrição das máquinas e do seu funcionamento onde também serão feitas algumas observações quanto a possíveis melhorias e defeitos existentes nas mesmas.

2. Empresa

A Metalviçosa-Fabricação de Máquinas Industriais Lda, foi fundada em março de 2013. A sua atividade baseava-se na fabricação, reparação e comércio de máquinas e ferramentas industriais e assistência técnica permanente, venda de combustíveis, lubrificantes e outros produtos relacionados com viaturas automóveis, na sua sede em Alandroal. Mais tarde, em meados de 2018, com o início da obra ferroviária Évora-Elvas, candidataram-se a várias obras públicas em concurso, vindo a ganhar uma série de obras, que permitiram à empresa aumentar o número de colaboradores, passando de apenas 8 para 30 em poucos anos.

Assim a empresa passou a ter como atividade principal a construção de estruturas metálicas para obras públicas.



Figura 1- Sede da Metalviçosa em Alandroal

Em 2022 a empresa adquiriu a marca poeiras, alargando uma nova sede em vila viçosa. Atualmente é composta por 60 funcionários, distribuídos pelas duas sedes.

Em Vila Viçosa são produzidas máquinas e equipamentos utilizados na extração e transformação de rochas ornamentais e no Alandroal a principal atividade é a construção de estruturas metálicas para obras públicas.

Com a aquisição da marca Poeiras e as suas instalações, a Metalviçosa passou a produzir e comercializar todas as máquinas que esta possuía, tendo em vista o desenvolvimento tecnológico.

A sua missão tem como objetivo trazer as máquinas do século XX para o século XXI, realizando melhoramentos estruturais, visuais, bem como dos seus sistemas de automação indo de encontro com a tecnologia 4.0, conseguindo assim renovar a imagem da marca e tornar-se mais competitiva nos mercados nacionais e internacionais. A implementação da tecnologia, permite melhorar os seus processos, nomeadamente no controlo de processos, análise estatística, e controlo de manutenção.

O comércio destas máquinas destina-se em grande parte, a pequenas e grandes empresas no mundo do setor da exploração de rochas ornamentais. Atualmente o seu mercado principal é Portugal, no entanto, as máquinas de marca Poeiras já se encontram um pouco por todo o mundo, sendo que será um objetivo voltar aos mercados internacionais.

Atualmente a MetalViçosa comercializa pórticos, pontes rolantes, máquinas de corte, máquinas para a indústria alimentar e máquinas especiais.



Figura 2- Metalviçosa na Global Stone Ibérica Congress 2023

3. Processo Produtivo

O processo produtivo são todas as etapas e atividades envolvidas no fabrico de um produto. Este engloba tudo desde a concepção do produto até a entrega ao consumidor final.

O processo produtivo na Metalviçosa segue o seguinte procedimento:

- Concepção do Projeto
- Planeamento da Produção
- Transformação
- Controle de Qualidade
- Armazenamento e Distribuição
- Entrega ao Cliente e Assistência Técnica

3.1. Concepção do Projeto:

Todas as máquinas ou quaisquer produtos que entrem em produção têm de ter, antes de tudo, um projeto definido. Este ponto é dos mais importantes de todo o processo produtivo sendo que qualquer erro que seja cometido neste passo pode levar a atrasos ou até mesmo à perda do produto.

A concepção de um projeto é a transformação de uma ideia ou um conceito para um plano palpável, onde este possa ser planeado e estudado ao pormenor como um todo, usando ferramentas como CAD para realizar o design e a prototipagem, e para visualizar e testar as características do produto. De seguida, com um projeto definido, este é desconstruído e separado peça a peça onde são criados planos para cada peça de forma que todo o projeto possa ser reconstruído só que desta vez fora dos computadores.

Um projeto de uma máquina é normalmente constituído por um projeto mecânico que possui toda a construção mecânica, um projeto elétrico que possui toda a parte elétrica e automação, um projeto hidráulico ou pneumático que possui todo o sistema hidráulico ou pneumático e um projeto de lubrificação que possui todo o sistema de lubrificação.

Para a concepção de um projeto é muito importante realizar um dimensionamento mecânico e estrutural do mesmo, pois é essencial para garantir a viabilidade a nível de segurança e a nível monetário. Quando é realizado um dimensionamento adequado, todo o projeto vai ter durabilidade, resistência e um custo final justo.

3.1.1. Importância do Dimensionamento

Segurança Estrutural:

O dimensionamento correto garante que todas as partes da estrutura suportam as cargas aplicadas sem ocorrer nenhuma falha. Por exemplo, ao projetar estruturas metálicas é importante calcular as tensões e deformações que esses elementos suportarão ao longo do tempo. Isso previne falhas que podem resultar em acidentes graves.

Eficiência de Materiais:

Utilizar materiais de maneira eficiente é um aspeto vital do dimensionamento. Isso envolve determinar as dimensões mínimas necessárias dos componentes para cumprir os seus propósitos sem desperdiçar material. Um bom dimensionamento economiza recursos e reduz custos, mantendo a integridade e a funcionalidade do projeto.

Custo-Benefício:

O dimensionamento influencia diretamente todo o custo do projeto. Dimensionar componentes maiores do que o necessário pode aumentar desnecessariamente os custos com materiais e construção. No entanto, subdimensionar pode resultar em falhas prematuras e custos elevados de manutenção e reparação. Sendo assim, um equilíbrio cuidadoso deve ser alcançado para otimizar o custo-benefício.

Durabilidade e Manutenção:

A vida útil dos componentes é amplamente determinada pelo dimensionamento. Um dimensionamento inadequado pode levar ao desgaste acelerado e à necessidade de manutenção frequente.

3.2.Planeamento da Produção:

O planeamento da produção é o processo em que se faz a leitura dos planos do projeto e a partir deles realizar todo o processo preparatório para a realização do mesmo.

Este processo está dividido em vários pontos:

Em primeiro lugar é feita a leitura dos projetos, onde é feita uma separação de todas as peças constituintes da máquina, dessa separação resultam três listas de peças que se caracterizam como:

- **“Lista de peças de compra”**, inclui todas as peças de compra, materiais que serão aplicados diretamente nas máquinas sem a necessidade de serem transformados, como parafusos, rolamentos, material elétrico, etc.

- **“Lista de corte de serrote”**, inclui todos os materiais que são cortados num serrote de fita, tais como barras, vigas, tubos, etc. Estas listas são muitas vezes acompanhadas de um plano de corte. Quando existe uma lista extensa de corte de um só material é necessário ter o melhor aproveitamento possível para minimizar desperdícios e reduzir custos sendo que é preparado um desenho que especifica a ordem de corte de cada peça e o seu posicionamento.

Na figura 3 observa-se um plano de corte.

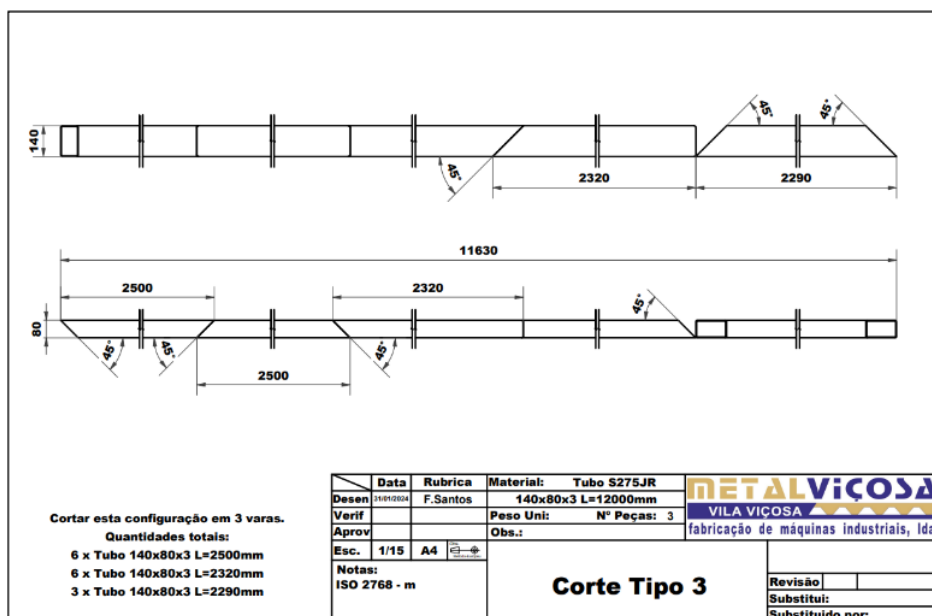


Figura 3-Exemplo de um plano de corte

- **“Lista de corte de chapa”**, inclui todas as peças feitas a partir de chapa, que necessitem de ser cortadas por corte por plasma ou oxicorte. Normalmente estas serão todas as chapas com espessura superior a 8 mm incluindo, sendo que espessuras inferiores podem ser cortadas numa guilhotina, no entanto quando o número de peças a cortar é elevado e repetido é usado o corte de plasma para o realizar.

Para realizar o corte de cada peça é necessário primeiro criar para cada uma delas um ficheiro Dxf. Este ficheiro irá conter o contorno da peça a cortar. Pode ser criado a partir dos desenhos 3D diretamente do *software* CAD (Autodesk Inventor) ou então pode ser desenhado em 2D.

Com os desenhos Dxf feitos é depois realizada a programação das peças, onde é criado o código G para o corte num CNC de corte de plasma ou oxicorte. Usando o software “SheetCam”, é importado o desenho Dxf da peça, onde de seguida é criado o programa de corte. Este programa inclui todo percurso que a máquina CNC tem de percorrer para realizar o corte, mas para tal é necessário atender as características de cada peça e a espessura de material a cortar. Características como a velocidade de corte e a espessura de corte variam dependendo da espessura de chapa a cortar. O corte deve ser feito do lado exterior das linhas se estiver a ser cortado perfil exterior da peça e deve ser feito pelo interior das linhas se estiver a ser cortado um perfil interior da peça. Todo este processo deve atender as necessidades e características das peças a cortar e do material base sendo que todos os parâmetros de corte e procedimentos para a programação das peças deve estar em sintonia.

Tal como no corte de serrote, quando existe uma lista extensa de peças a cortar é necessário realizar um plano de corte. Com este plano de corte é possível maximizar o aproveitamento das chapas bem como reduzir o tempo de corte, criando um programa de corte com todas as chapas incluídas em que a máquina de corte CNC irá cortar todas as chapas sem parar, ao invés de cortar cada uma em separado.

Para a realização do plano de corte das chapas bem como do corte de serrote era realizado um estudo intensivo onde “manualmente” eram testadas várias combinações até se obter o melhor aproveitamento. Este processo no caso do número de peças a cortar ser baixo, pode ser relativamente fácil e rápido de realizar, mas se o número de peças for elevado, este pode ser um trabalho difícil que irá despende muito tempo.

Tendo em conta este problema, foi feita uma reflexão sobre o mesmo, ao invés de continuar cegamente a repetir o mesmo processo vezes sem conta, onde se constatou que sendo este um problema de otimização este poderia ser resolvido numericamente por um computador, e sendo que esta é uma necessidade abrangente a muitos setores industriais existia uma grande probabilidade de já existirem programas de otimização desenvolvidos para esta necessidade. Bastou apenas uma pesquisa no Google para serem implementados novos métodos para a realização dos planos de corte usando softwares existentes, permitindo assim reduzir drasticamente o tempo de planeamento dos mesmos, passando estes de horas ou dias para minutos.

Com as listas concluídas é feita uma avaliação ao inventário disponível, sendo que todo o material de compra é inserido no programa de gestão “PHC”, usando as suas funcionalidades, e é debitado na obra da máquina a ser construída. Automaticamente é gerada uma lista para aprovisionamento de todo o material necessário que não esteja em stock.

As listas de corte de serrote e corte de chapa e os seus respetivos planos de corte são verificados, onde são comparadas as necessidades com os stocks existentes. Daí irão resultar mais listas para aprovisionamento, que irão ser reencaminhados para o departamento de compras.

O departamento de compras irá dividir as listas por fornecedores, e irá realizar pedidos de cotação aos diferentes fornecedores, de forma a comparar os diferentes preços praticados, se dispõem dos bens em stock e quais os prazos de entrega. Com estas informações é feita uma análise e são escolhidos os fornecedores que disponham dos preços mais competitivos, ou dependendo das necessidades os que possuam um melhor prazo de entrega, sendo que se houver uma necessidade de um componente urgente e esperar não for opção, o preço torna-se um fator secundário para a escolha.

No aprovisionamento de todo o material é necessário planejar a entrega faseada do mesmo. Sendo que se uma máquina demorar dois meses a ser produzida, não é necessário aprovisionar o material para fazer um quadro elétrico que demora uma semana, no mesmo momento em que se aprovisiona os aços para a construção da estrutura da máquina.

Tendo em conta os tempos para a produção devem ser primeiro providenciados todos os materiais que necessitam de algum tipo de transformação, como chapas e material para corte de serrote, depois deve ser providenciado todo o material para montagem, como parafusos, rolamentos, motoredutores, etc. Por fim deve ser providenciado todo o material elétrico para construção do quadro elétrico e eletrificação da máquina.

Com a chegada dos primeiros materiais, as listas de corte são encaminhadas para os respectivos setores, e dá-se início à produção.

3.3. Transformação/Produção

A transformação é o ato de pegar num material base e esculpi-lo de forma a obtermos um objeto final. Este é o papel da produção, usando os blocos de construção dados devem através dos desenhos de projeto criar as máquinas e todas as peças que as constituem.

O trabalho de produção inicia-se com o corte dos materiais, usando as respectivas listas de corte os materiais são cortados e separados para as respectivas obras onde de seguida são armazenados ou encaminhados para o seguinte processo.

A seguir ao corte os materiais podem seguir para dois processos, o de serralharia ou de maquinação.

Estes dois processos ocorrem em simultâneo dando prioridade as peças que deem fluidez ao trabalho oposto, ou seja, as primeiras peças a serem maquinadas são as primeiras a serem usadas pela serralharia e as primeiras peças a serem soldadas são aquelas que irão ser maquinadas permitindo assim que ambos os setores mantenham a sua produtividade ao máximo.

Na serralharia o primeiro passo é fazer a montagem de uma estrutura base da máquina usando todos os materiais previamente cortados para tal, neste processo é comum o uso de estruturas de fixação ou moldes com pontos de fixação e ajuste para fixar as peças de forma que o seu posicionamento seja rápido e preciso. Com as peças fixas, a estrutura é pingada e soldada nos moldes, sendo assim possível obter peças com maior precisão geométrica e com maior cadência.

Na maquinação começa-se por maquinar todas as peças que serão necessárias para a montagem das estruturas. Estas maquinações podem ser chamadas de pré maquinações, visto que são peças que serão soldadas na estrutura. Estas pré maquinações podem ser simples furações em chapas ou peças que requerem maquinações em torno ou fresadora, sendo que normalmente estas peças serão novamente maquinadas depois de soldadas.

A seguir, e em paralelo com a construção das estruturas da máquina, são maquinadas todas as peças necessárias para montagem da mesma, nestas peças constam como por exemplo veios, rodas, casquilhos, fusos, porcas, flanges, etc.

Com as estruturas completamente soldadas são de seguida realizadas as maquinações de acabamento, onde serão maquinados todos os pontos da máquina que requerem alta precisão, tais como furações para rodas, superfícies para alinhamento, guias, bases de assentamento de motores e redutores e casquilhos.

Estando as maquinações concluídas a máquina é pré montada onde só a parte elétrica é deixada de parte. Nesta pré-montagem são alinhados todos os componentes que assim o necessitem e soldadas todas as peças finais que requerem a montagem da máquina para serem realizadas.

De seguida a máquina é desmontada e reencaminhada para a pintura, onde irá ser feito um trabalho preparatório de limpeza e aperfeiçoamento de qualquer imperfeição resultante do processo de soldadura onde são usadas massas de enchimento para esconder essas irregularidades. A máquina é depois pintada com uma camada de primário e de seguida com a tinta de acabamento da cor correspondente ao projeto.

De seguida, dependendo do tamanho da máquina, esta pode ser armazenada para transporte, se for de grandes dimensões ou se a sua composição não possa ser transportada montada, ou pode ser reencaminhada para a zona de montagem de máquinas, quando estas podem ser transportadas completamente montadas.

Nesta área é realizada a montagem final da máquina, onde finalmente é montada e eletrificada.

Nesta altura o quadro elétrico já deverá estar terminado, sendo que deverá ser começado com a devida antecedência prevendo o prazo da montagem final da máquina.

A montagem do quadro elétrico deverá também seguir o projeto definido, devendo ser mantido todos os componentes na posição projetada, sendo que existem normas

específicas que regulam o posicionamento dos mesmos permitindo assim uma maior segurança para quem trabalha neles e também o bom funcionamento de todos os componentes garantido um bom fluxo de ar através do quadro elétrico.

A montagem do quadro elétrico é realizada em duas etapas, primeiro são posicionados todos os componentes na platina do quadro, é marcada a furação dos mesmos e esta é furada, os componentes são depois montados definitivamente. Por fim com o auxílio do esquema elétrico são realizadas as ligações entre todos os componentes.

Em conjunto com o quadro elétrico é também cortada à medida toda a cablagem necessária para fazer a ligação do quadro elétrico aos diversos componentes elétricos exteriores ao mesmo.

Com o quadro elétrico montado é feita a alimentação elétrica ao mesmo e são testados os componentes básicos. De seguida, caso a máquina utilize sistemas de automação, são transferidos para o PLC, HMI e variadores os respetivos programas para o seu correto funcionamento. É feito um ensaio de todos os componentes e simulado o funcionamento da máquina, até um certo ponto, podendo assim detetar qualquer erro de ligação enquanto o quadro elétrico ainda está em bancada.

Depois disto é montado o quadro elétrico na máquina onde irão ser feitas todas as calibrações e ajustes finais, serão testadas todas as seguranças e por fim será testado o funcionamento da mesma. Após ser comprovado o seu bom funcionamento, a máquina irá ser preparada para ser transportada para o cliente final.

No caso das máquinas que não permitam a sua montagem em fábrica devido às suas dimensões, estas são transportadas para o cliente e montadas no local, sendo que todos os testes e ajustes finais são realizados após a montagem no cliente.

3.4. Controlo de Qualidade

O controlo de qualidades corresponde aos processos ou atividades realizadas para garantir que um produto ou serviço atenda aos padrões de qualidade definidos.

Na construção de uma máquina cabe maioritariamente a quem a está a construir o papel de realizar o controlo de qualidade. Por exemplo no corte de serrote cabe à pessoa que está a realizar o corte a tarefa de medir as peças cortadas para se certificar que estão conformes ou quem está a realizar as maquinações, cabe a estas realizar todas as medições necessárias para garantir que as peças estão dentro dos padrões.

No trabalho de serralharia nem sempre é fácil executar a construção de duas máquinas ou estruturas de forma igual, sendo que este é um trabalho completamente manual onde apenas o uso de moldes pode garantir uma aproximação às dimensões projetadas. O controlo de qualidade neste processo é normalmente mais facilitado, permitindo maiores desvios do projeto, sem comprometer o seu propósito final.

Devido ao tipo de trabalhos realizados e as quantidades produzidas, não existe um departamento ou uma pessoa dedicada ao controlo de qualidade, sendo que qualquer falha que ocorra na deteção de não conformidades, pode apenas ser detetada na montagem final das máquinas.

Não sendo usual uma máquina ou peça sair de fábrica com defeitos críticos, é, no entanto, recorrente haver problemas quando se trata de prazos de entrega apertados, onde a necessidade de celeridade nos diversos processos pode pôr em causa a sua qualidade.

A utilização de métodos de controlo de qualidade foram, no entanto, aplicadas num caso específico em que a quantidade de peças produzidas era muito elevada, e os requisitos impostos pelo cliente não estavam a ser cumpridos. Era requisito do cliente que a pintura dessas peças fosse feita seguindo a sua norma, onde eram especificadas as espessuras de primário e de acabamento. Foram observadas algumas falhas nessas espessuras o que levou à realização de todo um processo de controlo de qualidade de forma a resolver essas falhas e a validar a conformidade dos diferentes lotes.

3.5. Armazenamento e Distribuição

Quando um produto, seja ele uma máquina ou uma peça, é produzido este poderá ter dois destinos, ou é armazenado para posterior venda ou uso interno ou é de imediato expedido para o cliente.

Sendo que as máquinas e todos os seus componentes tem um custo substancial, não é usual fazer-se stock das mesmas. No entanto, de forma a reduzir custos de produção é normalmente realizada a construção das máquinas em lotes, sendo que num lote de três máquinas se uma estiver vendida as restantes ficaram em stock. Das três máquinas apenas a que está vendida será montada com todos os seus componentes, as restantes serão construídas até ao ponto da montagem, e serão armazenadas até terem comprador.

Com este processo a empresa consegue reduzir os seus custos de produção no lote das máquinas, no entanto tem um custo inicial mais elevado que será para *stock*. Mas construindo apenas as estruturas dessas máquinas, permite poupar uma percentagem do investimento total da mesma. Outra vantagem de ter as estruturas das máquinas em *stock* será o prazo de entrega. Sendo que o tempo da construção estrutural é o mais dispendioso, estando este feito, uma máquina ao ser adjudicada só precisara de ser pintada, de ser construído o quadro elétrico e por fim ser completamente montada, o que poderá reduzir o prazo de entrega para $\frac{1}{4}$ do tempo normal de construção.

É também feito um *stock* mínimo para um conjunto de peças por máquina, peças essas de desgaste ou as mais usadas em reparações. Sabendo o histórico de reparações das diferentes máquinas é possível saber quais são as peças com maior probabilidade de serem usadas, seja em reparações ou em venda direta ao balcão, e sabendo isto é mantido um *stock* mínimo com o número de peças adequado para cada máquina atendendo também ao custo das mesmas.

A distribuição das máquinas pode ser realizada de várias formas, dependendo do seu destino. Esta pode ser feita por conta do cliente, por meios da empresa ou transportadora.

Caso esta seja feita pelo cliente, é fornecido ao mesmo as dimensões dos volumes necessários para transporte da máquina e este terá de fornecer o transporte adequado. Se for a cargo da empresa, segue-se o mesmo processo em que é avaliado as dimensões necessárias e é escolhido o transporte mais adequado. Quando por razões dimensionais

ou de localização não é possível a utilização dos meios da empresa, é utilizado o serviço de transportadoras para realizarem as entregas.

No caso da exportação de máquinas em que estas podem ser transportadas por via marítima, é necessário realizar um estudo intensivo de como este deve ser feito. No caso da utilização de contentores marítimos são realizados projetos de otimização do espaço disponível e de estruturas para transporte e fixação das máquinas.

3.6. Entrega ao Cliente e Assistência Técnica

A entrega de uma máquina a um cliente é um processo que normalmente é sempre acompanhado pelos técnicos da empresa, visto que é nas instalações do cliente que estas podem ser testadas verdadeiramente pela primeira vez. Neste momento é realizado um teste à máquina onde esta é afinada para ter um desempenho máximo para o trabalho que está a realizar. Se esta for a primeira máquina do tipo que o cliente adquire, será também da competência dos técnicos da empresa dar toda a formação necessária ao cliente sobre funcionamento da máquina. Neste momento podem também ser realizadas alterações a nível de automação a pedido do cliente, de forma a adicionar funcionalidades que o auxiliem no seu trabalho.

A assistência técnica é um serviço pós-venda bastante importante, não só para o cliente como também para a empresa. Para o cliente, ter a garantia de que qualquer avaria que possa vir a ter numa máquina pode ser prontamente resolvida, dá-lhe confiança na marca e possivelmente o interesse na aquisição de mais equipamentos.

Para a empresa a assistência técnica não serve apenas para reparar avarias, visto que estes estão constantemente a fazer deslocações para todos os clientes, é possível obter um feedback sobre o funcionamento das máquinas ou sugestões para alterações e melhorias, que serão depois analisadas e possivelmente implementadas.

4. Projetos de Equipamentos Industriais e Estruturas

Durante a realização do estágio foram realizados vários projetos de estruturas metálicas e equipamentos para diversos clientes, sendo que foi acompanhado todo o processo construção.

Os projetos realizados foram os seguintes:

- Obra de Pardais
- Contentores

4.1.Obra de pardais

Este projeto foi uma obra pública ganha pela empresa, que consistia na construção de estruturas metálicas para o parque em construção na aldeia de Pardais.

Esta obra tinha como objetivo a construção de várias estruturas, nomeadamente estruturas para bancos de madeira e uma pérgula.

Para a realização deste projeto foi fornecido pelo cliente os planos para todas as estruturas a construir, nestes planos estavam indicados todos os trabalhos a realizar, a sua localização e que materiais deviam ser usados. Dados estes planos, deveriam ser realizados todos os projetos necessários para a construção destas estruturas que deveriam ser aprovados pelo cliente e de seguida construídos e montados no local.

Nestes planos estavam indicadas as construções das seguintes estruturas:

-Banco BA1

-Banco BA4

-Banco da Pérgula

-Pérgula

Na figura 4 podemos observar o desenho geral fornecido pelo cliente.

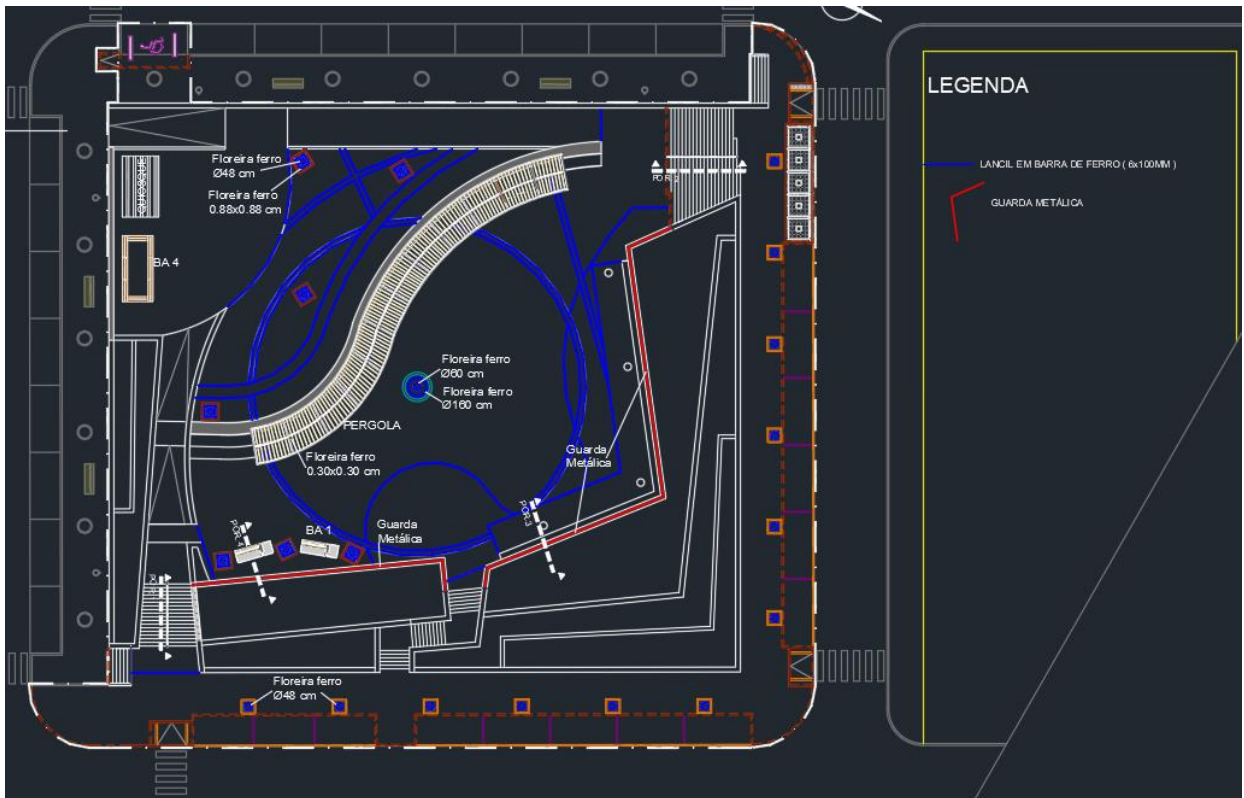


Figura 4-Desenho da obra

Neste desenho e em conjunto com os respetivos desenhos de pormenor estavam indicados todos os trabalhos a realizar e condicionantes que estes pudessem ter.

4.1.1. Construção dos Bancos

Foi pedido pelo cliente que fossem construídas estruturas metálicas para construção de bancos, estas estruturas teriam de ser projetadas com toda a furação necessária para a sua posterior montagem pelo cliente.

Para a construção dos bancos foi dado pelo cliente desenhos com os planos para a obra, nestes planos estavam as dimensões dos bancos e os tamanhos das tábuas de madeira que seriam usadas, sendo que teriam de ser definidas as furações para montagem e todo o material necessário.

4.1.1.1. Banco BA1

O banco BA1 consistia num banco com costas e outro sem.

Podemos observar na figura 5, o desenho fornecido pelo cliente para construção dos bancos.

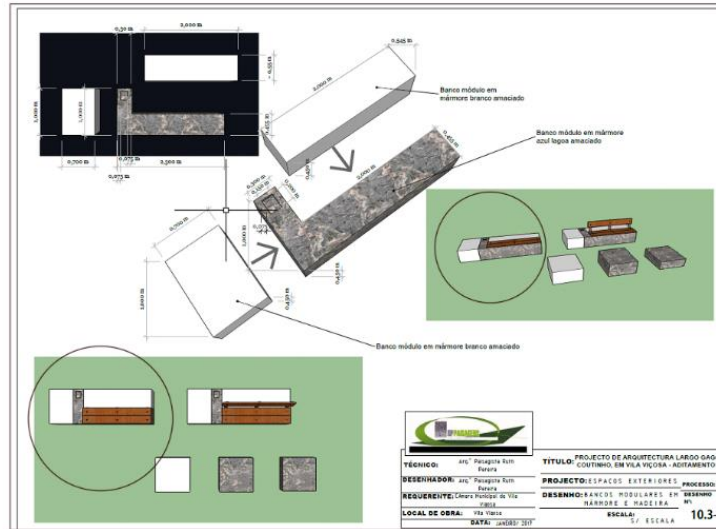


Figura 5-Desenho fornecido para construção dos bancos BA1

Para a construção destes bancos foi necessário definir o tipo de fixação entre a estrutura metálica do banco e as pedras onde estas seriam fixadas, bem como a fixação das tábuas de madeira à estrutura, tendo estes de ser aprovado pelo cliente.

Foi definido que a estrutura metálica iria ser fixa com buchas metálicas e parafusos com cabeça de embeber, e as tábuas seriam também aparafusadas à estrutura com parafusos com cabeça de embeber. A utilização destes parafusos permite a montagem de toda a estrutura sem haver qualquer parafuso saliente. Podemos observar nas figuras 6 e 7 os desenhos 3D e de produção do banco com costas.

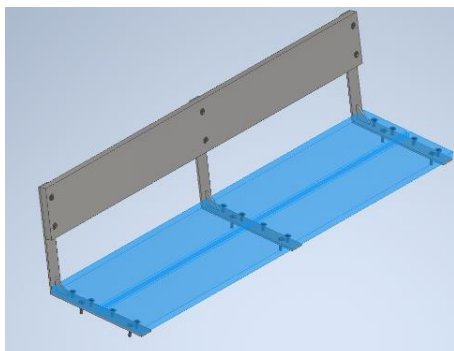


Figura 7-Desenho 3D do banco

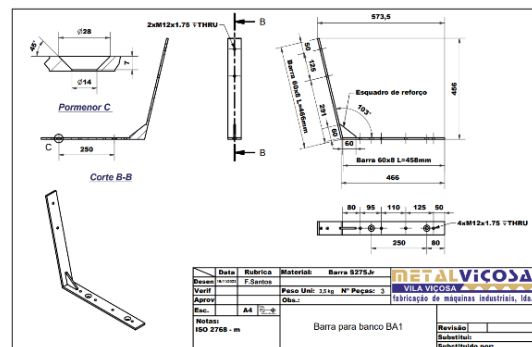


Figura 6-Desenho de construção da estrutura do banco

4.1.1.2. Banco BA4

O banco BA4 consistia num banco posicionado em todo o perímetro de uma floreira. Podemos ver na imagem abaixo o desenho fornecido pelo cliente para a construção do banco (figura 8).

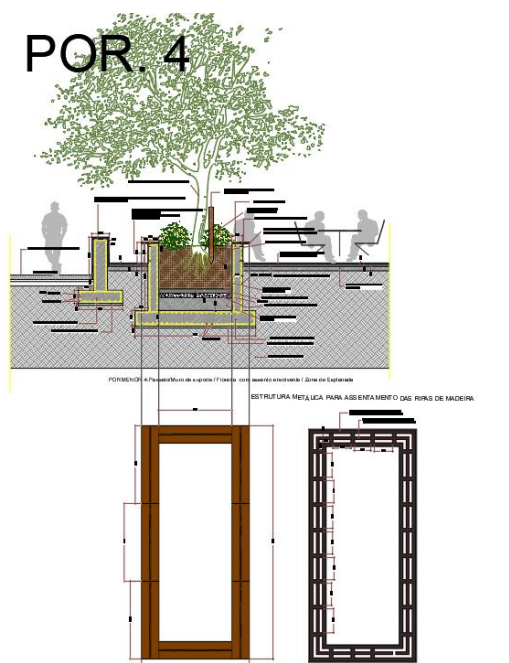


Figura 8- Desenho fornecido para construção do banco BA4

Para este banco foi requisitado que fosse feita uma estrutura metálica para assentamento de tábuas e que este fosse forrado com chapa metálicas.

Sendo que a estrutura metálica do banco iria ser fixa num banco de betão previamente construído pelo cliente, houve a necessidade de confirmar as dimensões reais do banco, onde foi feita uma deslocação ao local para realizar todas as medições necessárias. Foram observadas discrepâncias entre as medidas do projeto do cliente e as medidas reais do banco, onde foi observado que este não estava de esquadria e existia um desnível ao longo da sua base.

No planeamento da estrutura metálica decidiu-se que esta não deveria seguir as linhas do banco, ou seja, o desalinhamento que este teria não iria ser transposto para a estrutura metálica. Sendo assim projetou-se esta estrutura de forma cobrir totalmente a base de cimento de forma a esconder qualquer desnível.

Na imagem podemos observar a base de betão e a estrutura metálica a azul.

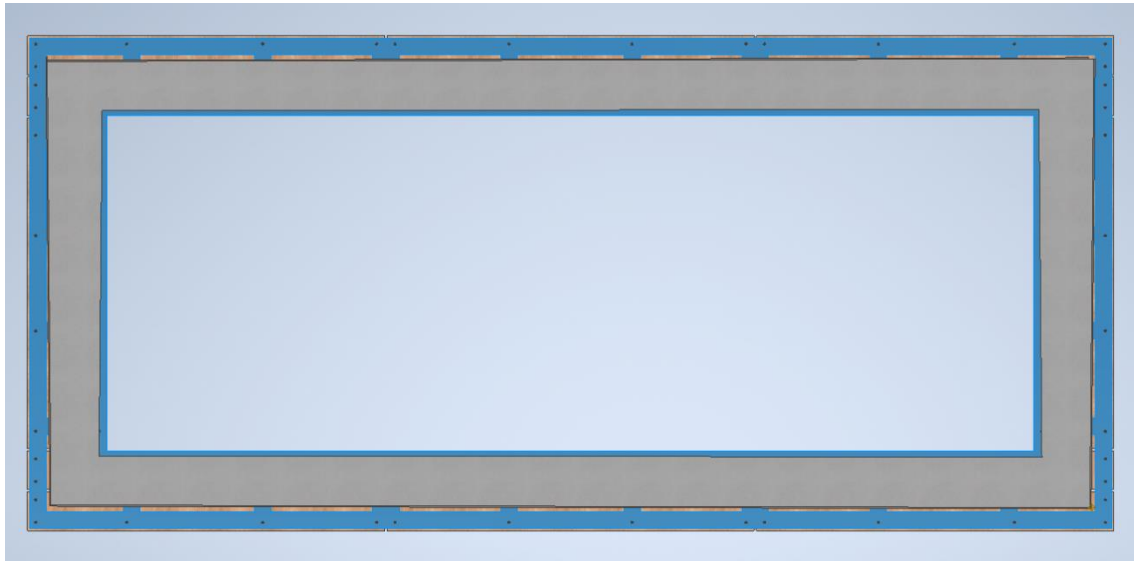


Figura 9-Desenho da base em betão do banco

Podemos observar que ao deixar uma pequena aba da estrutura metálica no interior do banco conseguiu-se esconder o desnível do mesmo.

Nas figuras 10 e 11, podemos observar o desenho 3D do banco e o desenho de construção.

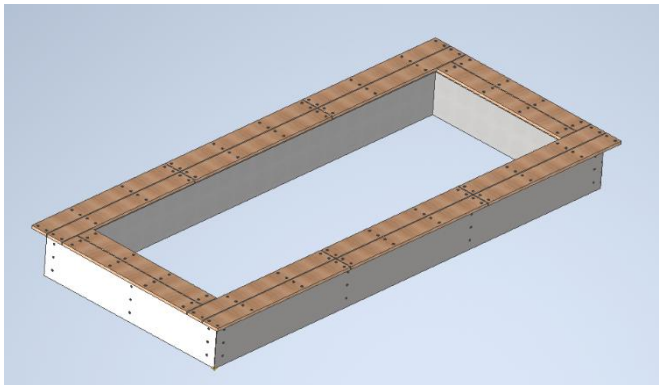


Figura 10-Desenho final do banco

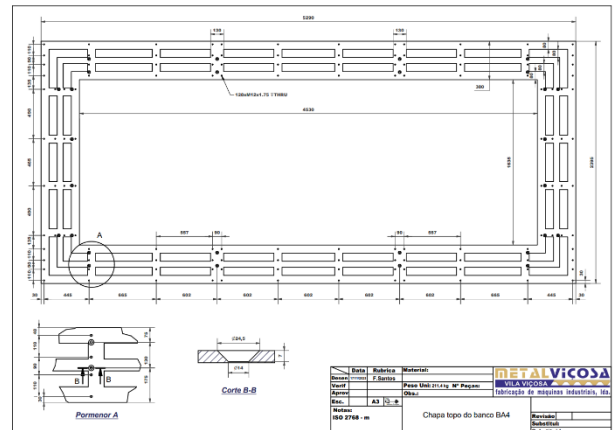


Figura 11-Desenho da estrutura metálica para o banco

Para a construção da estrutura metálica o projeto do cliente pedia ou sugeria que este fosse feito de barras soldadas. Para otimizar a produção foi decidido que esta estrutura seria feita através de corte por plasma, onde foi dividida em quatro peças e posteriormente soldadas.

A construção das forras para o banco foram cuidadosamente estudadas de forma que tudo batesse certo no momento da montagem. Para a construção destas teria de ser levado em conta o desnível da base e o ângulo das faces do banco, sendo que de forma a esconder todo o cimento as terminações das chapas teriam de topar uma nas outras.

Na figura 12 podemos observar como seria realizada a terminação das chapas.

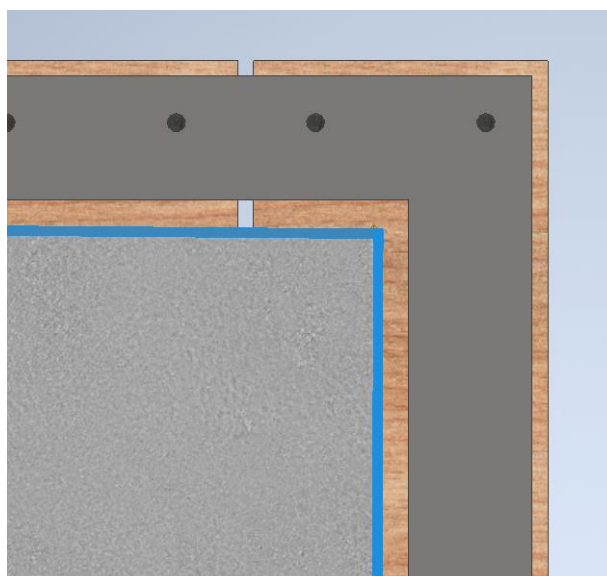


Figura 12-Terminação das chapas

Sendo que os ângulos das faces do banco não estavam de esquadria decidiu-se que para evitar problemas na montagem as chapas seriam cortadas com um excedente no seu comprimento, de forma que estas pudessem ser marcadas no local e cortadas com o ângulo certo, de forma que as terminações batessem certo.

Na imagem abaixo podemos observar o estudo de corte das chapas.

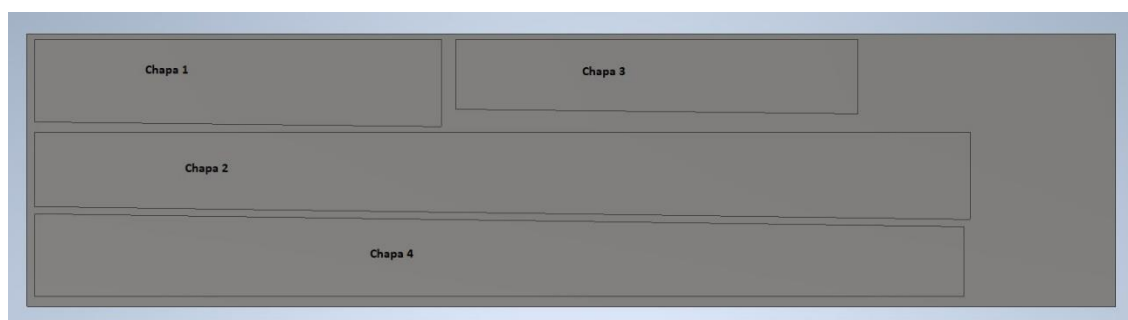


Figura 13-Estudo de corte das chapas para o banco

4.1.1.3. Banco da Pérgula

O banco da pérgula consistia num banco distribuído ao longo de uma base em betão e de uma espreguiçadeira.

Podemos observar na imagem abaixo o desenho fornecido pelo cliente para a construção do banco (figura 14).

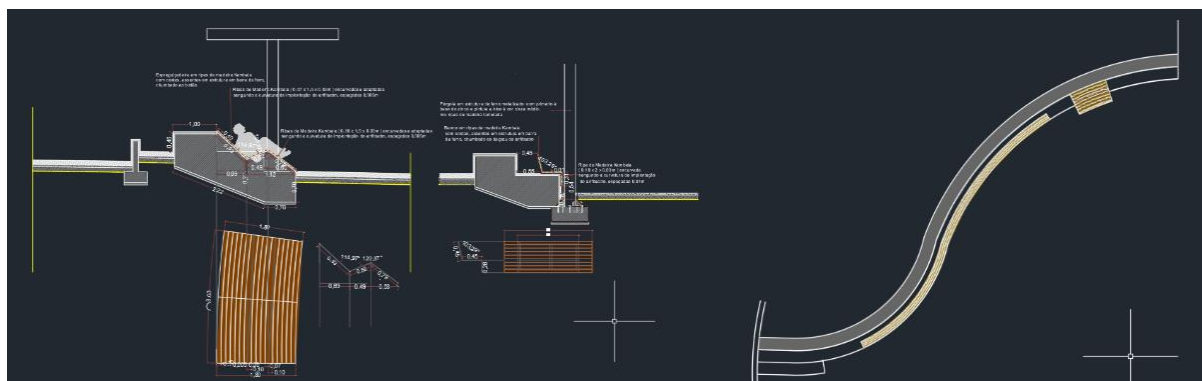


Figura 14- Desenho fornecido para construção dos bancos da pérgula

De forma semelhante ao banco BA1 com costas previamente falado, o banco da pérgula seria do mesmo tipo, mas em vez de ser um só banco, este seria a união sucessiva de bancos. Podemos observar o desenho 3D do banco (figura 15).

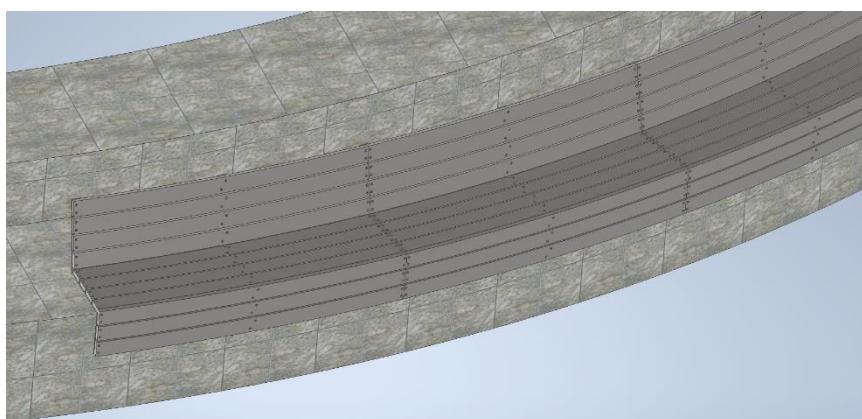


Figura 15-Desenho final dos bancos

De forma a realizar uma fixação forte das tabuas do banco foi decidido que deveria ser feita uma união entre cada secção do banco usando uma das barras.

Podemos observar o plano definido pelo cliente para a disposição da estrutura metálica e o plano final que foi seguido (figuras 16 e 17).

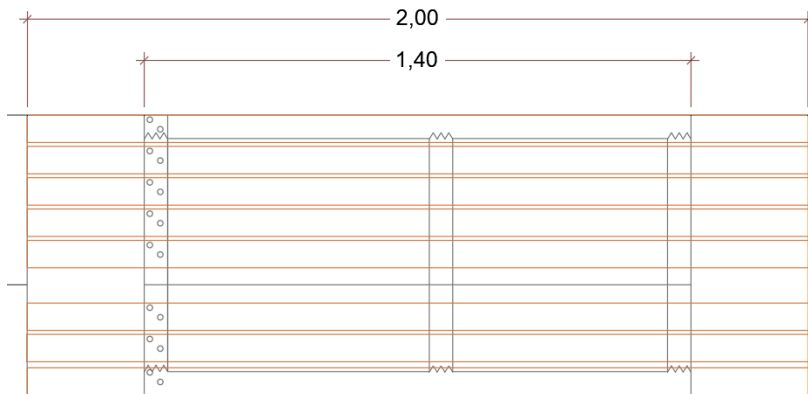


Figura 16-Plano definido pelo cliente para o banco

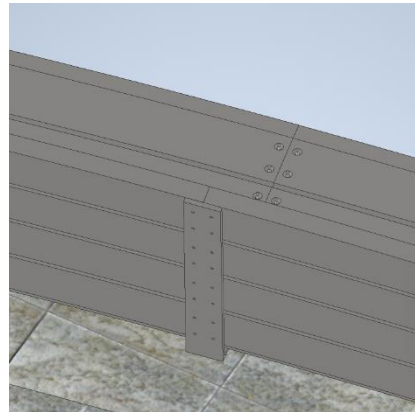


Figura 17-Plano final do banco

Podemos observar que nos planos do cliente as tábuas de madeira seriam fixadas à estrutura e parte das mesmas ficariam sem apoio, e não haveria uma ligação entre cada secção do banco. Para criar um suporte forte e manter a ligação entre todo o banco optou-se por fazer uma melhor distribuição da estrutura em que todas as tábuas são fixas em três pontos, no centro da tábua e nas pontas, sendo que a fixação nas pontas é partilhada por tábuas da secção contigua.

Para além de permitir uma melhor fixação, esta distribuição permitiu também a utilização de menos barras, visto que cada secção em vez de ter três barras passou a ter duas e a partilhar uma. Na imagem abaixo podemos observar os desenhos de produção para as barras centrais de cada secção e das barras de união.

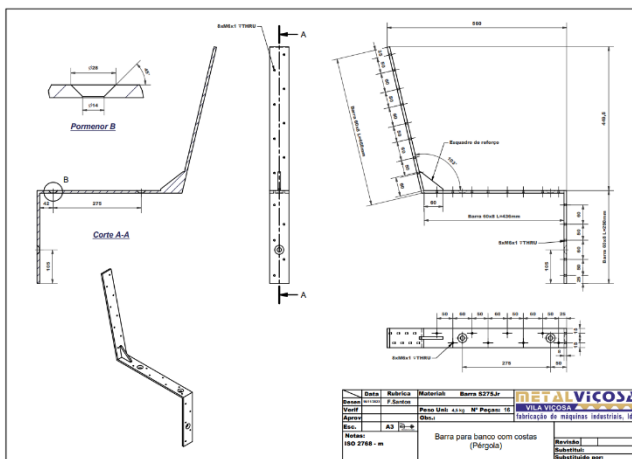


Figura 19-Desenho de construção da barra central dos bancos

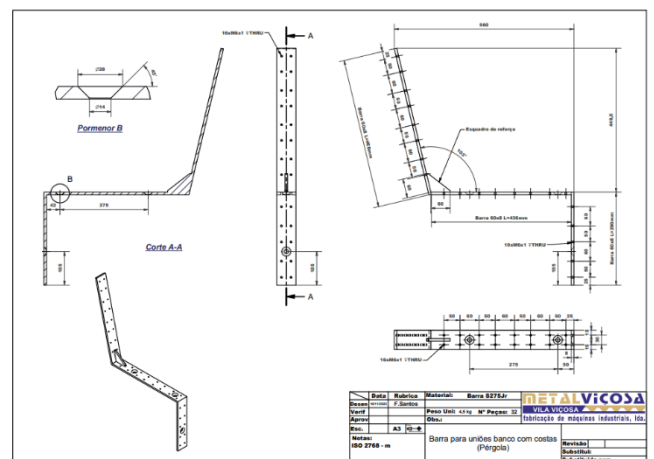


Figura 18-Desenho de construção da barra de união dos bancos

Optou-se por criar dois tipos de barra de forma a reduzir o número de furos a realizar, sendo que a barra que faz a ligação entre secções precisa do dobro dos furos da barra central.

A espreguiçadeira foi em princípio projetada de forma a seguir os planos do cliente como pode ser observado nas figuras 20 e 21.

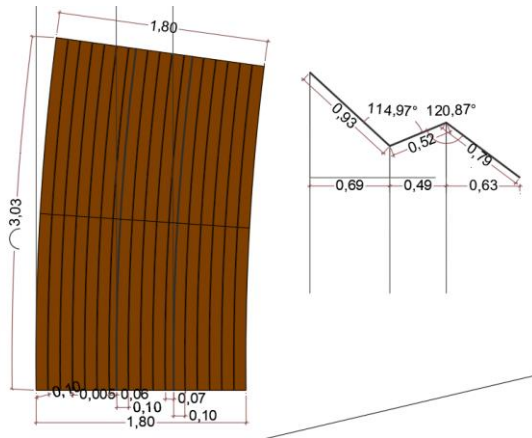


Figura 20-Plano do cliente

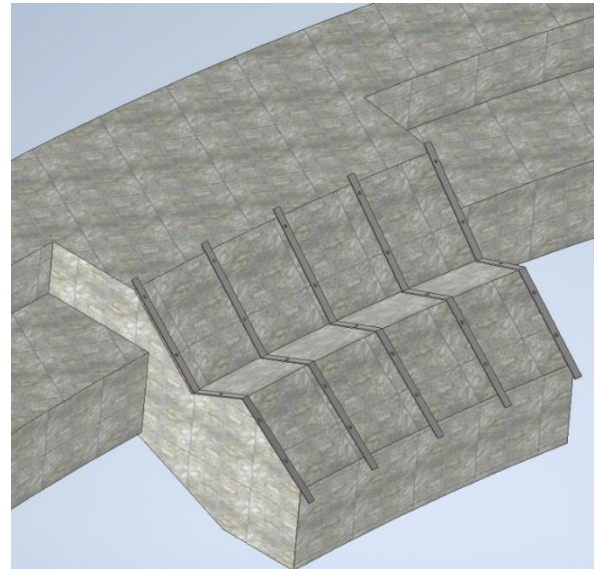


Figura 21-Desenho 3D do plano inicial do cliente

Ao ser realizada a confirmação das medidas da base em betão construída para assentamento da espreguiçadeira observou-se que esta estava com diferenças em relação ao projeto e com diferenças ao longo da sua extensão, ou seja, dependendo do sítio onde era realizada a medição iríamos obter comprimentos diferentes. Sendo assim optou-se por separar as barras e fixá-las de forma individual á base evitando assim a criação de barras com dimensões específicas para cada posição.

Abaixo podemos observar o desenho ilustrativo da montagem das barras (figura 22).

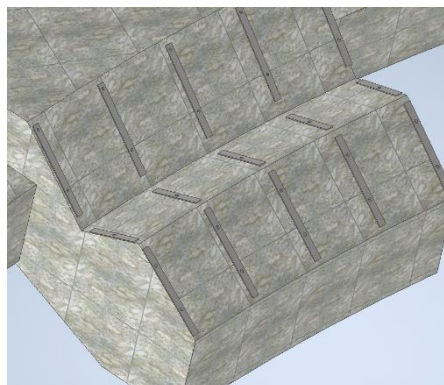


Figura 22-Desenho de montagem das barras

4.1.2. Pérgula

Foi pedido pelo cliente que fosse construída uma pérgula. Foram fornecidos os planos para a mesma onde referenciavam dimensões, materiais a usar e outras características que esta deveria ter. Na figura 23 podemos ver os planos para a pérgula.

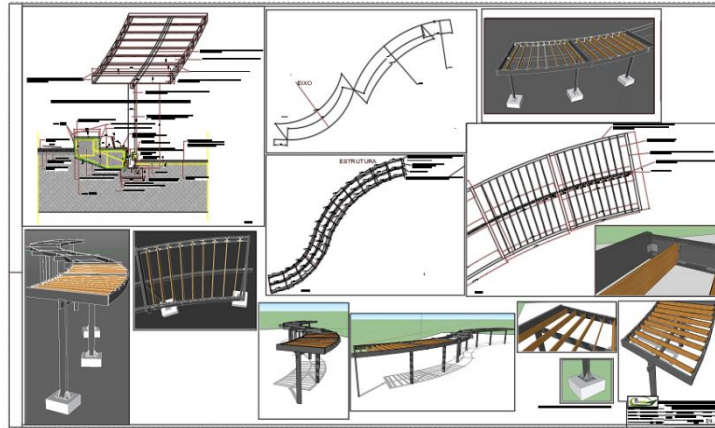


Figura 23-Planos para pérgula

Foi também fornecido um desenho com medidas tiradas por um topógrafo com o posicionamento das bases em betão que seriam usadas para assentar a pérgula.

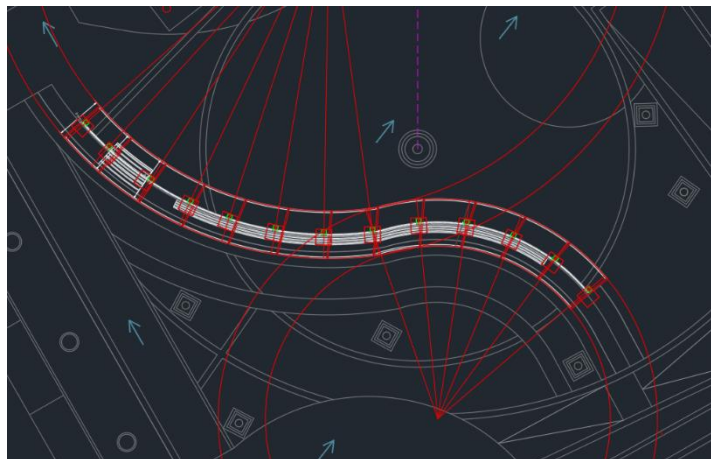


Figura 24-Desenho do levantamento topográfico

A partir deste desenho retiraram-se todas as medidas e ângulos para a realização do projeto.

Foi também realizada uma visita ao local para inspecionar onde a pérgula iria ser colocada e se existiam algumas condicionantes. Foi observado que existiam tal, como o projeto indicava, locais específicos para fixação da pérgula sendo que alguns deles teriam pouca margem para erro. Foi observado também que estas bases para assentamento não estariam todas ao mesmo nível.

Podemos observar nas fotografias (figura 25) os pontos das bases de betão, que serviram de referência para o topógrafo, onde seriam colocados os pés da pérgula.



Figura 25-Bases de assentamento para a pérgula

Podemos observar que em alguns destes pontos existia um desnível considerável, em outros a base de betão era curta e em outros pontos havia limitações em termos de espaço que não podiam ser quebradas.

Estando a trabalhar com estruturas desta dimensão, em que o comprimento final da estrutura é superior a 30 m, é indispensável a utilização de medições topográficas para realizar o projeto. Visto que esta irá assentar em 13 bases, estas podem ter uma folga máxima que em alguns casos pode não ultrapassar 10 mm, então qualquer falha que possa ocorrer em qualquer secção pode ser comutativa com as próximas e no acumular destas falhas pode ocorrer que um pé não caiba na base definida.

Tendo em conta todas estas possibilidades foi então realizado o projeto.

Na imagem abaixo podemos observar o projeto concluído da pérgula, onde esta está assente nas bases levantadas topograficamente.

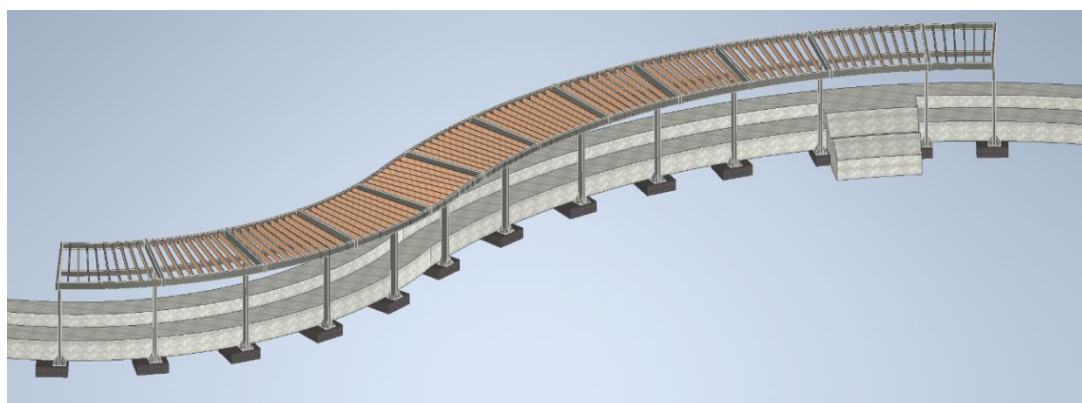


Figura 26-Projeto 3D da pérgula

Com o projeto feito foi depois realizada uma sobreposição da pérgula no projeto enviado pelo cliente de forma a validar o seu posicionamento em relação as bases de betão. Na figura 27 podemos observar parte dessa sobreposição.

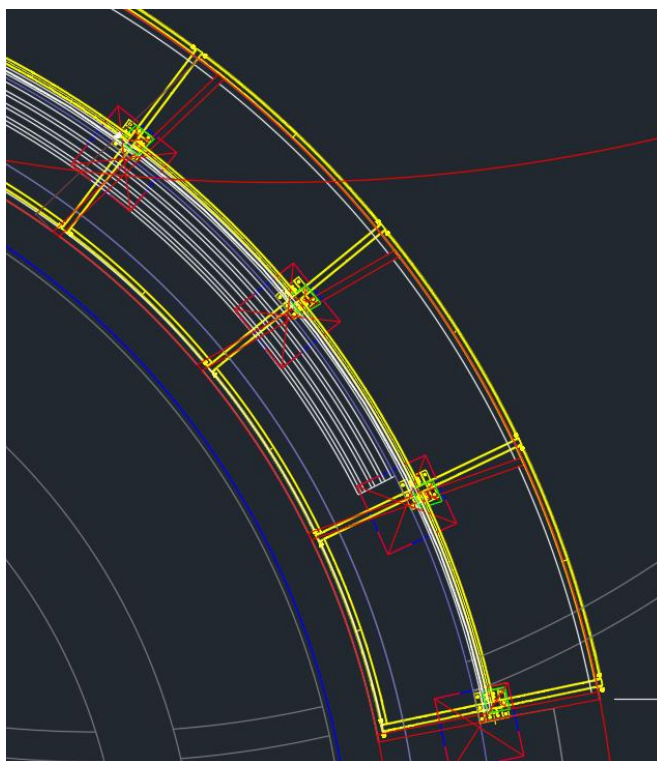


Figura 27-Desenho da pérgula sobreposta

Sendo as linhas amarelas a pérgula projetada e as linhas verdes as bases levantadas topograficamente podemos observar que estas coincidem. Podemos também observar que esta seguia perfeitamente a curvatura projetada. De seguida estes desenhos foram enviados ao cliente para aprovação.

No entanto ainda existiam dúvidas, sendo esta uma estrutura bastante grande e as diferentes irregularidades existentes no local podiam não corresponder com o projeto.

De forma a aliviar estas dúvidas, foi executado um processo experimental com recurso a utilização de tecnologia “LiDAR” de scan 3D, onde todo o terreno circundante da pérgula foi digitalizado.

Para tal foi usado um telemóvel com tecnologia “LiDAR”, esta tecnologia utiliza a luz como modo de medição de distâncias, em que é emitida através de um laser uma luz que ira refletir numa superfície e voltar para o emissor, este depois calcula a distância através tempo que esta demora a ser refletida.

É de notar que antes da utilização desta ferramenta foram realizados testes de forma a medir a precisão da mesma, sendo que na digitalização de uma escada foram medidas alturas de degraus e foram observadas diferenças de mais ou menos três milímetros e igual medida no total da escada.

Tendo-se observado uma boa precisão foi então realizada uma digitalização do local como pode ser observado na figura 28.



Figura 28-Digitalização 3D da base da pérgula

Esta digitalização foi depois importada para o *software* de desenho onde foi de seguida sobreposta a pérgula como pode ser observada na seguinte imagem.

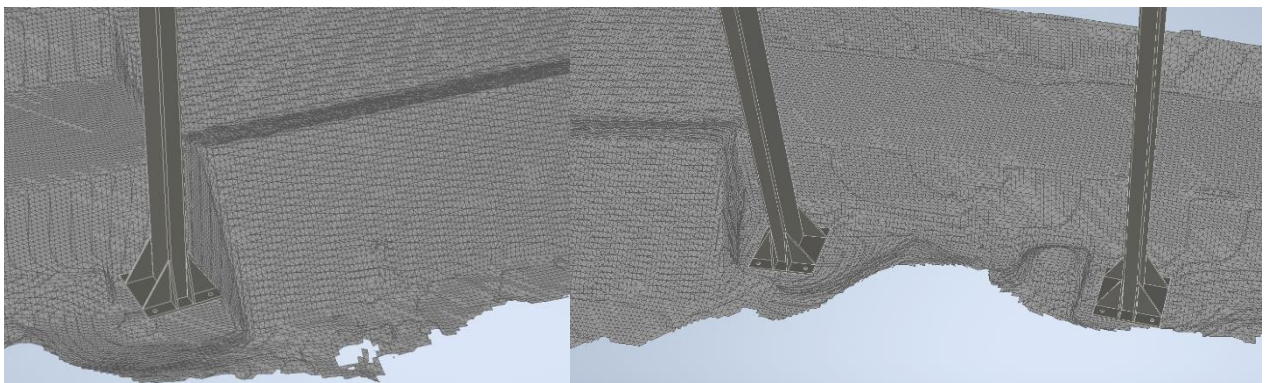


Figura 29-Sobreposição da pérgula sobre a digitalização 3D da base de betão

Podemos observar na figura 29 que em zonas cruciais, como nas bases laterais da espreguiçadeira em que o espaço era mais limitado, os pés da pérgula pareciam assentar bem com alguma margem para desvios. Todos os pés estavam dentro das bases o que leva a crer que até um certo ponto esta tecnologia poderá ser utilizada para validar projetos de grandes dimensões com relativa precisão.

Com este procedimento ganhou-se a confiança necessária para continuar o projeto sem o medo de este poder falhar, sabendo que desde que as medidas projetadas fossem cumpridas na construção da pérgula esta iria com certeza assentar nos locais destinados.

Para a construção da pérgula e com o projeto completo, foi primeiro feito uma lista com o material necessário para a construção da mesma e foi feito o seu aprovisionamento.

Todos as vigas e tubos com curvatura foram encaminhadas para uma empresa especializada em calandragem onde todo o material foi calandrado com as medidas do projeto. Enquanto o material estava na calandra, na fábrica começaram-se a construir os pés da pérgula, sendo que estes não tinham curvaturas.

Na imagem abaixo podemos observar o desenho de construção dos pés.

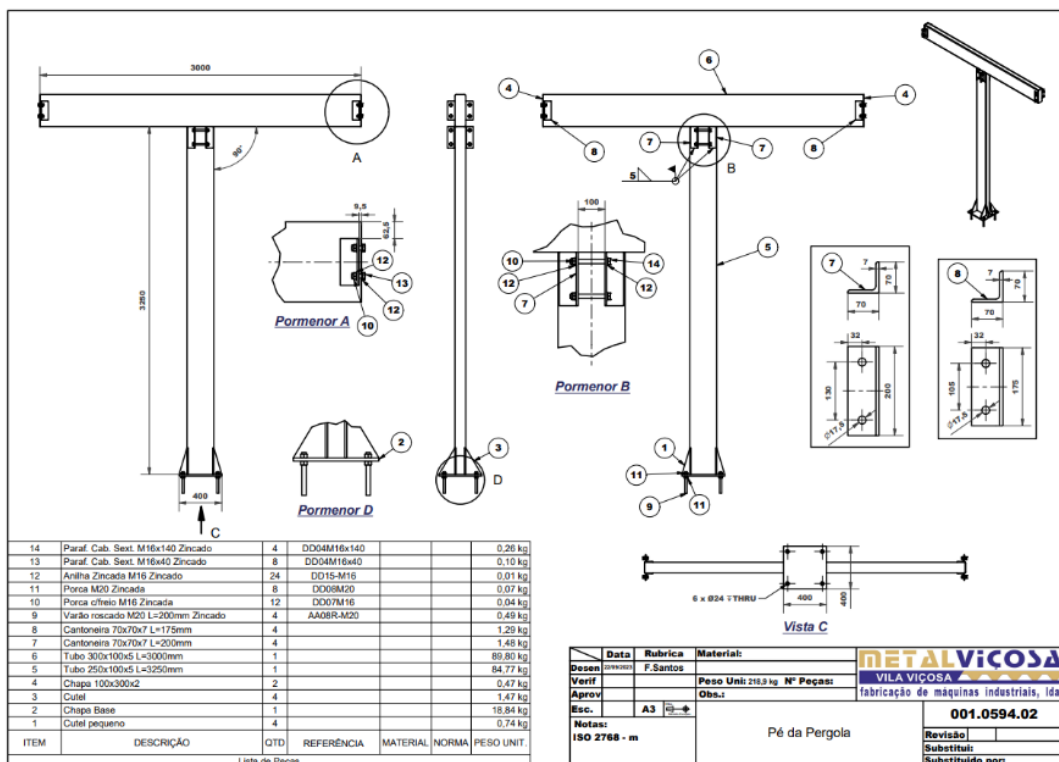


Figura 30-Desenho de construção dos pés da pérgula

Entretanto com a chegada do restante material deu-se início à construção do topo da pérgula. Pode-se observar na figura 31 um dos desenhos de construção.

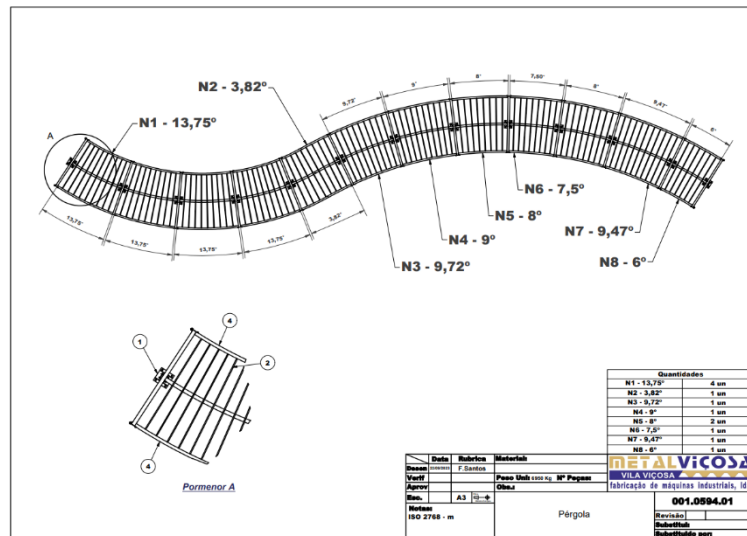


Figura 31-Desenho para construção da pérgula

Para a construção do topo da pérgula esta foi separada em secções definidas pelo ângulo entre pés e de seguida foram criados desenhos para cada secção entre pés da pérgula como pode ser observado na imagem abaixo.

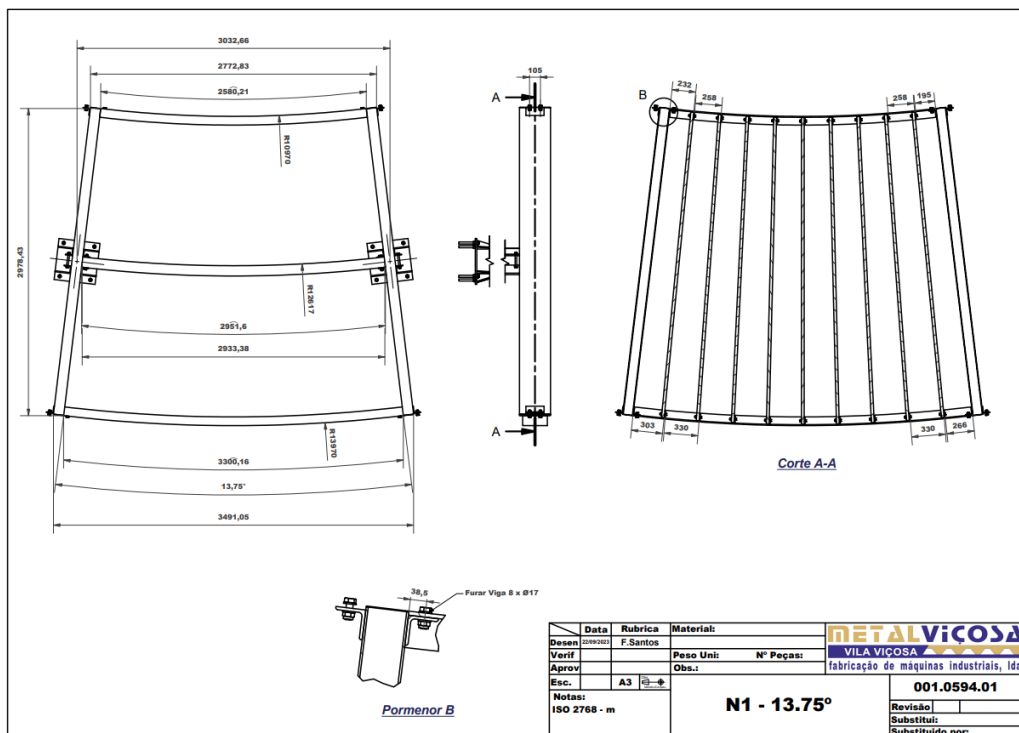


Figura 32-Secção nº1 da pérgula

Era também requisito do projeto encontrar uma solução para posterior fixação de tábuas de madeira que seriam montadas pelo cliente. Foi definido que seriam soldadas barras furadas onde as tábuas podiam ser posteriormente aparafusadas.

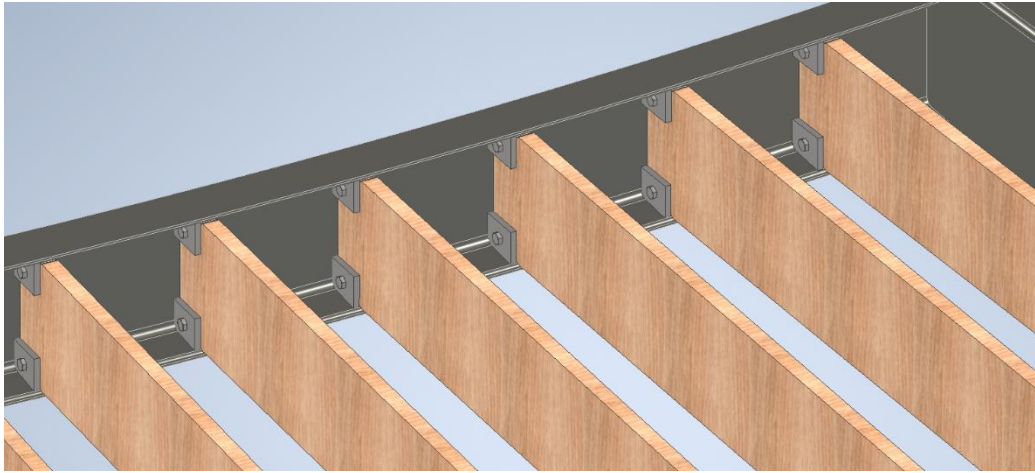


Figura 33-Desenho 3D da montagem das tabuas de madeira nas barras metálicas

Com todas as secções do topo da pérgula construídos bem como os seus pés deu-se início à montagem da mesma em fábrica de forma a serem confirmadas as medidas do projeto e garantir que tudo estava de acordo com o mesmo.



Figura 34-Montagem da pérgula em fábrica

Com a pérgula montada foram confirmadas as medidas das bases com o projeto e foi confirmado que estava tudo conforme. De seguida esta foi desmontada, pintada e prosseguiu para o local de montagem. Nas imagens abaixo podemos observar a pérgula montada.



Figura 35-Pérgula montada

Na figura 36 podemos observar o comparativo do antes e depois da montagem da pérgula.

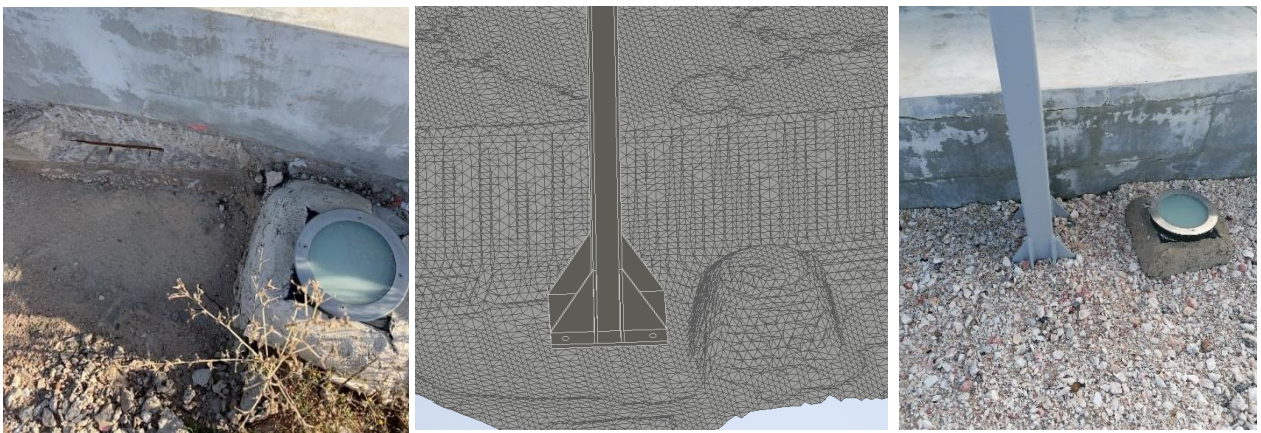


Figura 36-Comparativo da base antes da montagem, no projeto e depois da montagem

Podemos observar que o posicionamento da pérgula no projeto esta próxima ao posicionamento final.

4.2. Contentores

O projeto de construção de contentores para resíduos industriais surgiu da necessidade do cliente, por falta de empresas que comercializem este produto.

Foi requerido que fosse feita a construção de contentores de resíduos de 30 m³.

Na imagem abaixo podemos observar um contentor de resíduos de 30 m³.



Figura 37-Contentor 30 m³

Este projeto iniciou-se pela avaliação geral dos custos que este poderia ter. Para tal foi realizado um projeto simplificado para definir os materiais necessários e poder determinar o peso aproximado do mesmo de forma a calcular o custo aproximado das matérias-primas.

Para a realização desse projeto foi usado como base um desenho fornecido pelo cliente com o *layout* geral do contentor. Na figura 38 podemos observar esse desenho.

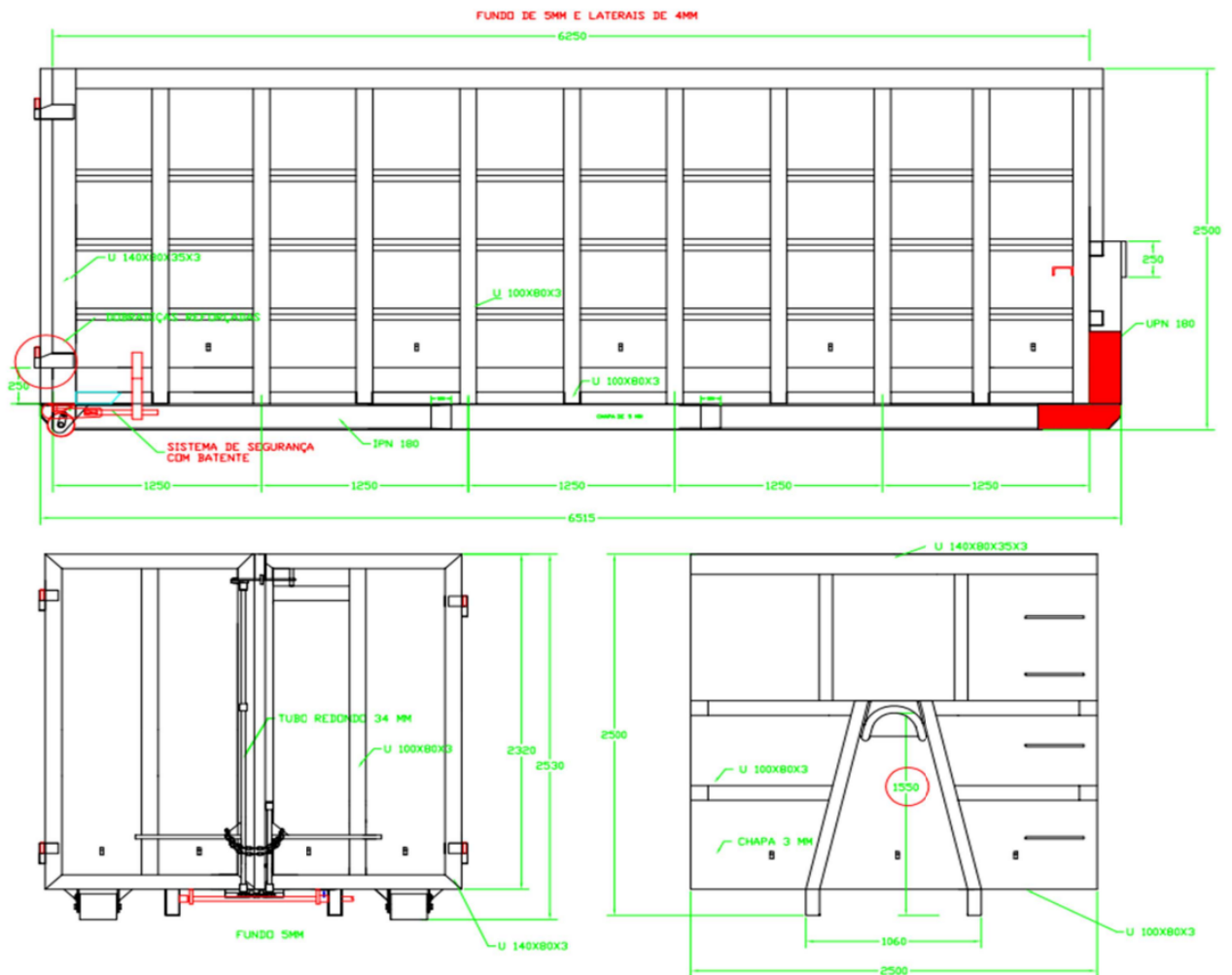


Figura 38-Desenho fornecido pelo cliente

Neste desenho pode-se observar para além das dimensões gerais do contentor, os materiais de que estes são construídos e alguns mecanismos, como tranças, portas e rodas.

O desenho resultante pode ser observado abaixo.

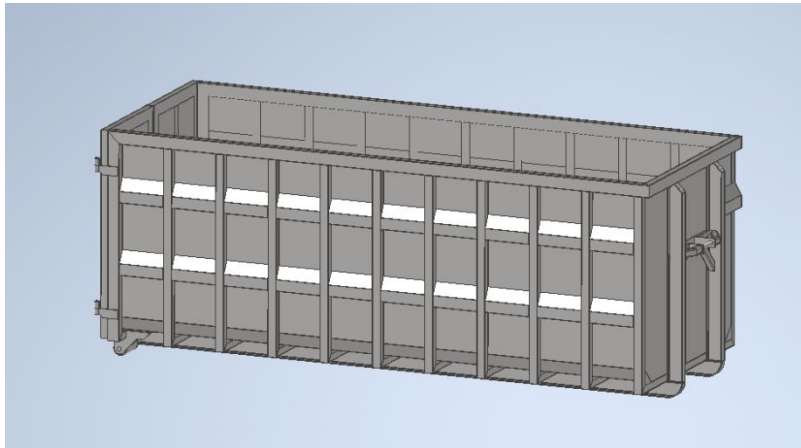


Figura 39-Desenho simplificado do contentor

Do projeto simplificado foi possível determinar com exatidão os materiais necessários para o seu fabrico e obter-se um peso teórico de 3400 Kg. Sabendo que o preço médio dos materiais de aço de construção se situa entre 0,90€ e 1€ por Kg, podemos prever os custos com matérias-primas entre 3060€ e 3400€. Usando estes valores, entre outro, foi realizado um orçamento pela empresa e foi feita uma proposta ao cliente em que esta foi aceite dando assim luz verde à elaboração de um projeto para construção dos contentores.

Com o projeto simplificado foi possível determinar quais os materiais que iriam ser necessários para começar a construção dos contentores, por isso foi feita uma lista de material de forma que este pudesse ser encaminhado para o departamento de compras para ser o mais rapidamente possível provisionado.

Podemos observar abaixo a lista de material para um contentor.

Tabela 1-Lista de Material para um contentor

Contentor 30m³	
Descrição	Quantidade
Chapa 2500x1250x5mm	1/2
Chapa 6000x2000x5mm	1
Chapa 2500x1250x4mm	14
Chapa 3000x1500x3mm	3
Viga IPE 180 L=12000mm	2
Viga UPN 100 L=6000mm	1/2
Tubo 140x80x3 L=12000mm	4
Tubo 100x80x3 L=12000mm	6 1/2

Enquanto se esperava pela chegada do material o projeto estava a ser desenvolvido ao pormenor, onde para começar foi feita uma deslocação às instalações do cliente para poder observar os contentores ao pormenor. Desta visita foram retiradas medições importantes que teriam de ser respeitadas na construção e também foram discutidos problemas que existiriam nos atuais contentores que poderiam ser solucionados nos novos.

Nas fotografias seguintes, abaixo podemos observar algumas das medições realizadas.



Figura 41- Tranca de segurança



Figura 40-Alavanca da tranca de segurança do contentor

Um pedido por parte do cliente foi que se encontrasse uma solução para a tranca de segurança. Sendo que o que estava a acontecer em diversos contentores era que por esta estar relativamente perto do chão, quando os contentores eram colocados em solos mais macios em que estes pudessem ficar com a tranca parcialmente soterrada, a tranca tinha tendência a deformar.

Com todas as medidas importantes retiradas voltou-se para o projeto e começou-se a aprimorar o mesmo. Entretanto foi fabricada uma estrutura nivelada para assentamento dos contentores durante a sua construção, que seria também usada como molde nos restantes.

Observa-se abaixo os moldes criados para assentamento das estruturas dos contentores.



Figura 42-Molde para das estruturas tubulares em “U”



Figura 43-Molde para construção dos contentores

Com a aproximação da data de entrega dos materiais decidiu-se começar a construção dos contentores pela estrutura tubular. Foi preparado todo o trabalho necessário para o corte e montagem dos mesmos e assim que o material chegou foi de imediato encaminhado para o corte.

Na imagem abaixo podemos observar o desenho de produção das estruturas tubulares em “U”.

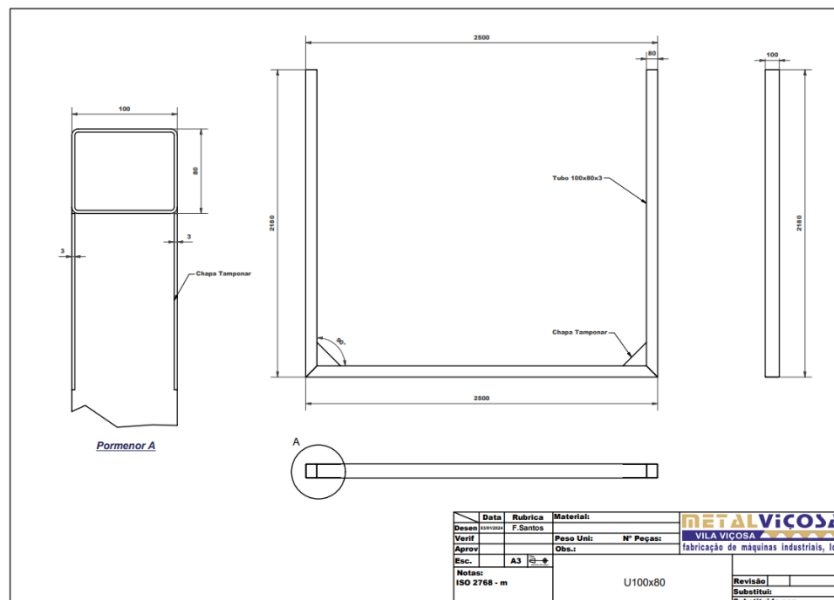


Figura 44- Desenho da estrutura tubular em "U"

De forma que todo o material fosse aproveitado da melhor maneira foram realizadas listas de corte e desenhos de corte para aproveitamento dos tubos.

Com os tubos cortados deu-se início à construção dos Us usando um molde. O molde permite de forma fácil e rápida a construção em serie destas peças.

Nas imagens abaixo podemos observar os tubos cortados e de seguida os Us completos.



Figura 45-Tubos cortados

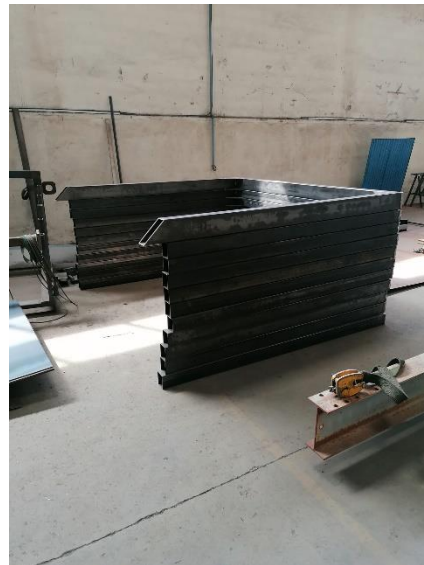


Figura 46-Estruturas em "U"

Com os tubos cortados iniciou-se a construção dos contentores usando o molde. Esta construção divide-se em três partes: a montagem da estrutura em que a estrutura é montada e pingada usando o molde; depois a soldadura do contentor em que este é retirado do molde e soldado completamente; e por fim a montagem dos acessórios.



Figura 49-Montagem usando o molde



Figura 48-Soldadura do contentor



Figura 47-Montagem dos acessórios

Na figura 51 podemos observar o desenho principal do contentor.

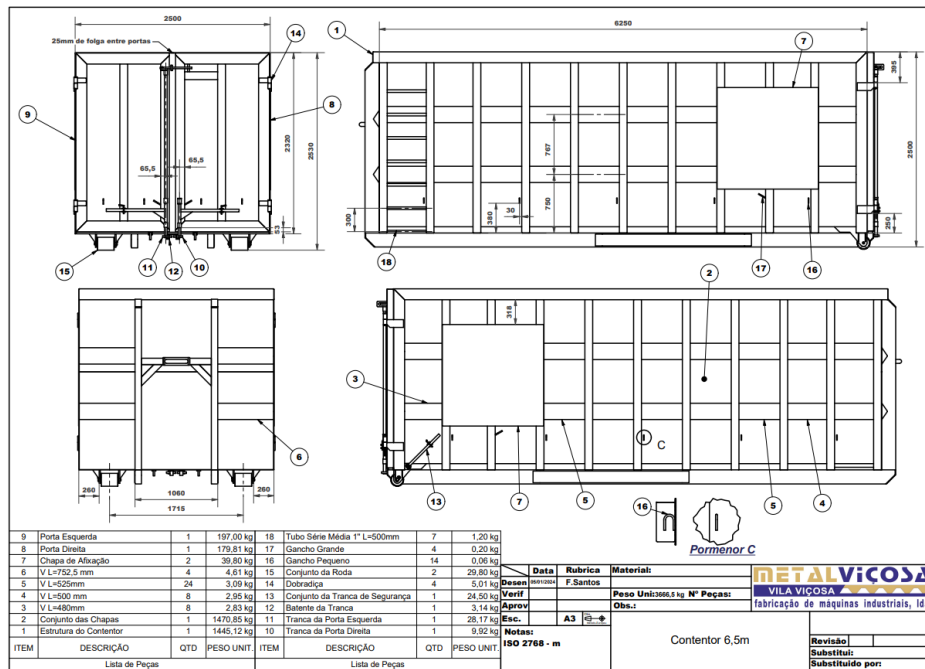


Figura 50-Desenho principal do contentor.

Um dos problemas identificados pelo cliente era a tranca de segurança do contentor, sendo que para solucionar o problema foi escolhida uma disposição diferente para a mesma de forma a protegê-la de impactos diretos. Nas figura 52 e 53 podemos ver o antes e o depois da alteração.



Figura 51-Tranca de segurança

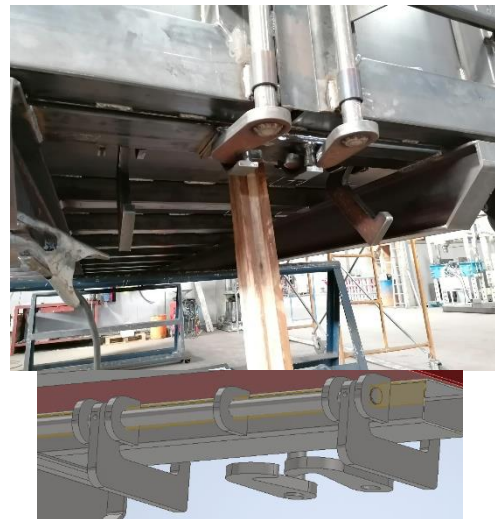


Figura 52-Alteração da tranca de segurança

Como podemos ver pelas imagens, a tranca de segurança ficava abaixo da linha da estrutura, sendo que qualquer impacto seria absorvido pelo veio o que levava a empenos e a inutilização da mesma.

Para solucionar o problema optou-se por colocar o veio escondido atrás da estrutura tubular e apoiado por dois suportes em cada tranca de forma a absorver qualquer impacto que estas possam vir a sofrer. Observa-se abaixo o desenho da tranca de segurança.

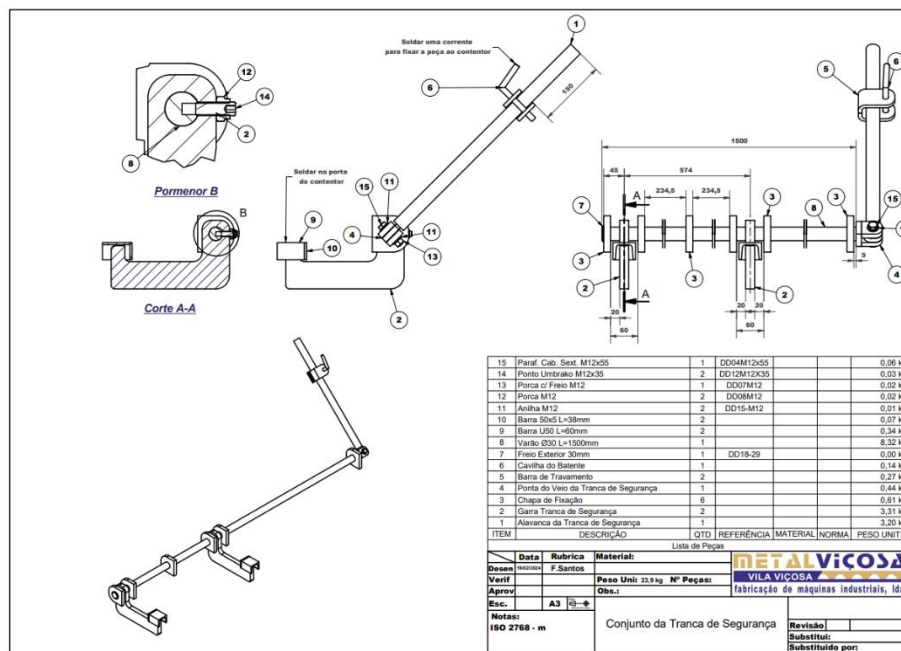


Figura 53-Desenho de construção da tranca de segurança

Durante a montagem e teste do primeiro contentor foi detetado um problema nas suas rodas. Podemos observar nas figuras, a roda (figura 55) e o veio (figura 56).

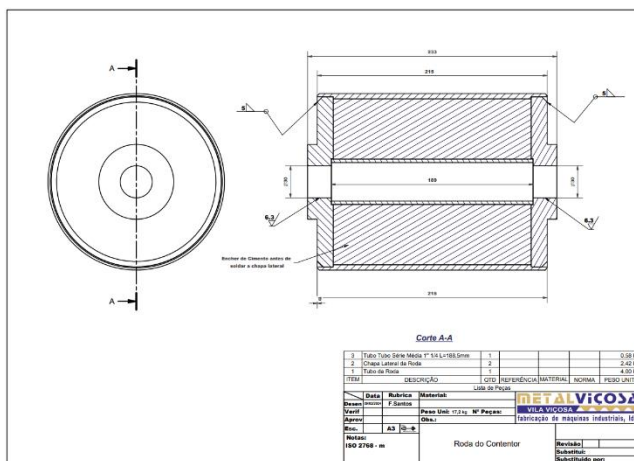


Figura 54-Roda do contentor

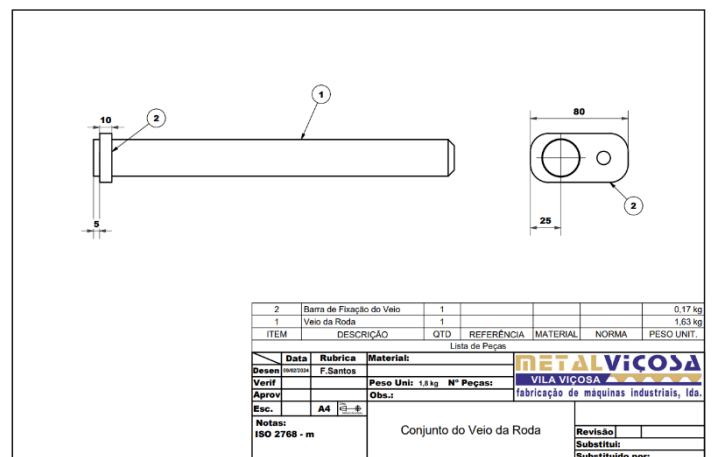


Figura 55-Veio da roda do contentor

Foi detetado durante a movimentação do contentor que para além deste fazer muito barulho durante o rolar das rodas, haveria uma que tinha agarrado ao veio.

Analisando os desenhos podemos observar que a roda desliza sobre o veio (Figura 52 e 53). Em primeira análise atribuiu-se este problema à folga entre a roda e o veio, que era de 0,25 mm e decidiu-se incrementá-la para 0,5 mm para testar e ver se o problema persistia.

Ao proceder-se à desmontagem da roda observou-se que o veio estava bastante danificado na zona de contacto com o casquilho da roda. Podia-se observar marcas profundas de abrasão. Observando os desenhos podemos verificar que no processo de construção da roda esta é cheia de betão para lhe dar alguma resistência. Observando as marcas deixadas no veio conseguimos verificar que estas eram consistentes com a contaminação da superfície dos casquilhos com areia e betão deixados do processo de construção das rodas. Sendo assim foi atribuído o problema das rodas à contaminação dos casquilhos que, aliada a folga baixa que havia entre a roda e o veio e a falta lubrificação, estavam a desgastar prematuramente a zona de contacto entre os dois e a criar atrito tal que a roda parava de rodar e era arrastada.

Na imagem abaixo podemos observar o primeiro contentor construído.



Figura 56-1ª Contentor construído

5. Projetos de Máquinas

Ao longo do estágio foram desenvolvidos alguns projetos de máquinas, em que foram realizadas alterações e melhorias.

Foi realizado todo o projeto para produção de uma Monolâmina, e foi desenvolvido um projeto para criação de um novo modelo de Monofio.

5.1.Monolâmina

A Monolâmina é uma máquina para corte de pedras cujo meio de corte é uma lâmina diamantada.

Sendo esta uma máquina cujo a sua produção já não era realizada há vários anos, houve a necessidade de refazer o seu projeto, visto que com o passar do tempo todas as pessoas que tinham o conhecimento de como esta era produzida já não faziam parte da empresa.

Na figura 58 podemos observar uma Monolâmina.



Figura 57-Monolâmina

Sendo esta uma máquina bastante antiga quase todos os seus desenhos de produção estavam desenhados em papel, sendo que apenas alguns foram passados para computador em 2D e muito poucos para 3D. Com o passar do tempo alguns dos desenhos foram perdidos, sendo que a reconstrução desta máquina não podia ser realizada sem um novo projeto.

Sendo assim, com o auxílio dos desenhos existentes, fotos e testemunhos dos profissionais que de alguma forma trabalharam com estas máquinas, deu-se início ao seu projeto.

Começou-se por então pela estrutura, usando os desenhos existentes em papel foi possível rapidamente desenhar esta, e com a ajuda de fotos e testemunhos foram identificadas as maquinações a realizar nas peças.

Nas imagens podemos observar o conjunto da estrutura e o desenho de projeto do pé da Monolâmina

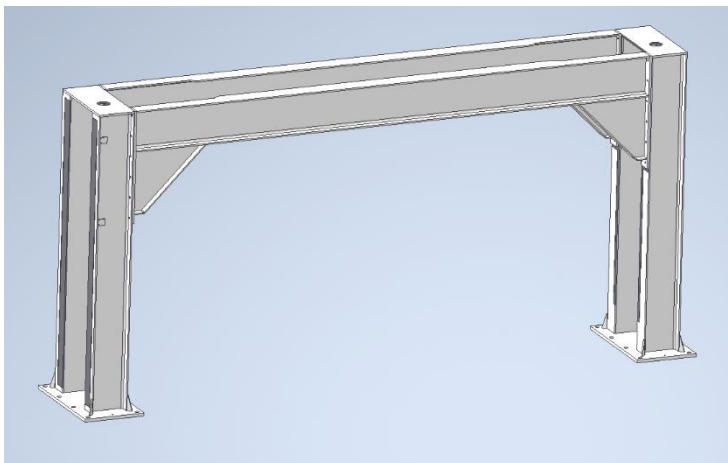


Figura 58-Desenho 3D da estrutura da Monolâmina

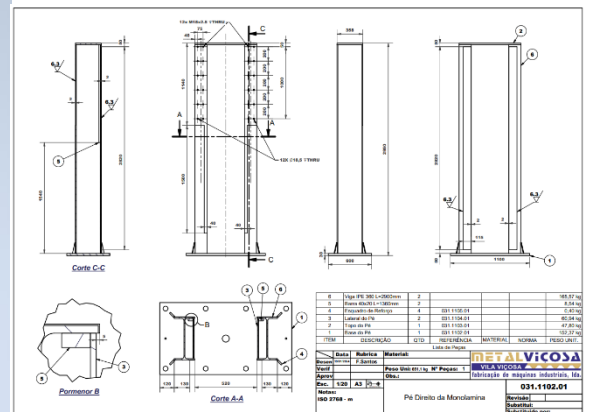


Figura 59-Desenho de construção da estrutura da Monolâmina

Todos estes desenhos tiveram um processo iterativo, em que no princípio eram meramente representativos e à medida que a máquina se desenvolveu, foi também desenvolvido o conhecimento sobre o funcionamento da mesma, que por fim levou ao desenvolvimento pormenorizado de cada conjunto. É necessário referir que devido à antiguidade desta máquina todos os funcionários no departamento de engenharia nunca tinham tido contacto direto na produção desta máquina e sendo assim era como se de uma nova máquina se tratasse.

A seguir passou-se para o desenvolvimento do conjunto motorizado. Usando um desenho de conjunto existente, que mencionava todos os subconjuntos pertencentes a este, foi possível determinar as peças constituintes deste conjunto.

Na figura 61 podemos observar o desenho de conjunto do Grupo do suporte motor.

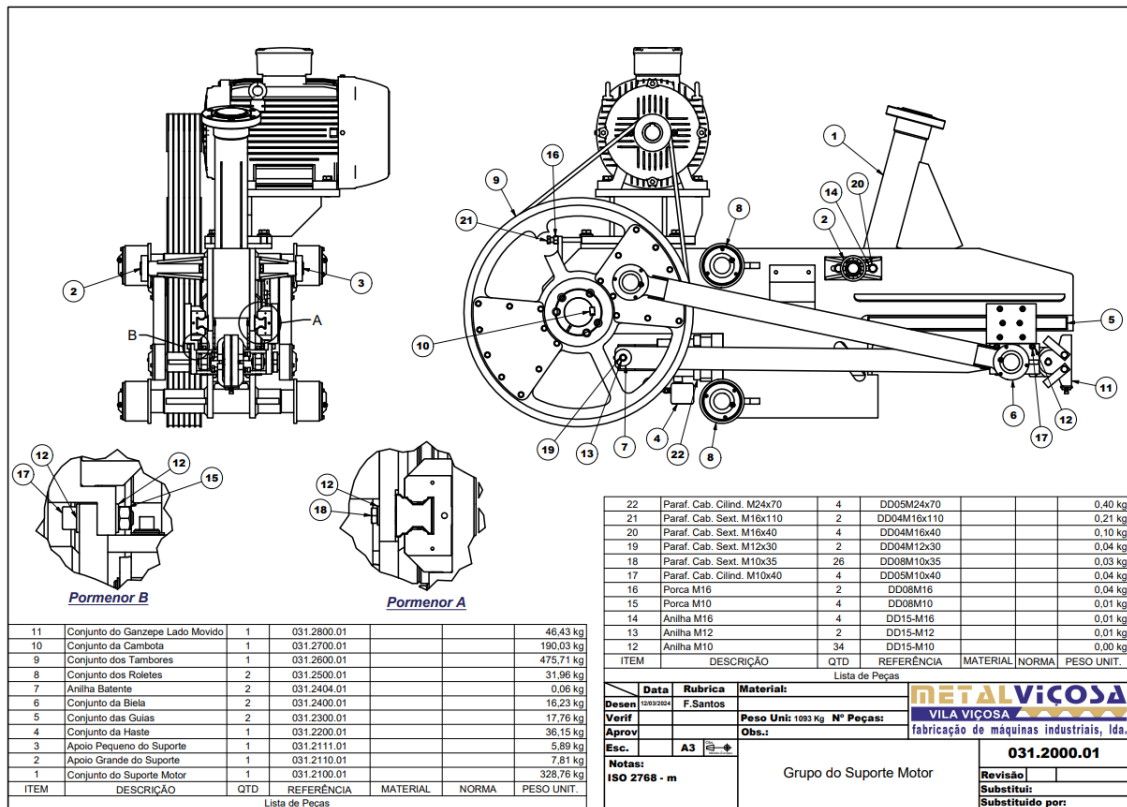


Figura 60-Desenho de construção do grupo do suporte motor

Este conjunto era constituído por:

- Conjunto do Suporte Motor
- Conjunto da Haste
- Conjunto das Guias
- Conjunto da Biela
- Conjunto dos Roletes
- Conjunto dos Tambores
- Conjunto da Cambota
- Conjunto do Ganzepe

Sendo que nunca tinha havido um contacto com esta máquina antes deste momento, era ainda desconhecida qual a função destes conjuntos e como estes integravam a máquina sendo que por esse motivo e visto que muitos dos desenhos existentes não estavam identificados, existiu alguma dificuldade na identificação das peças constituintes desses conjuntos. No entanto com o desenvolver do projeto tornou-se claro todo o funcionamento da máquina, o que ajudou no desenvolvimento dos conjuntos menos documentados.

Na figura 62 podemos observar uma imagem 3D da máquina onde podemos observar todos os seus componentes.

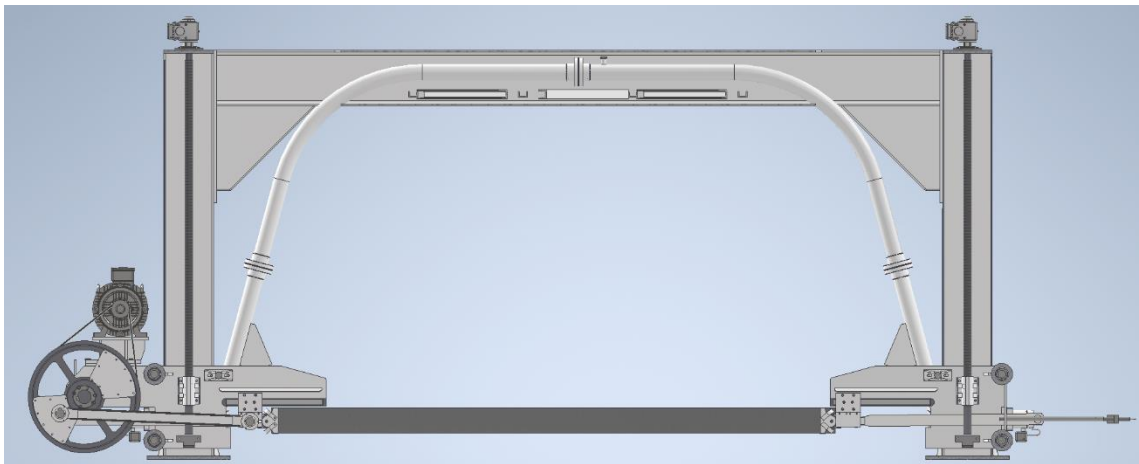


Figura 61-Desenho 3D da Monolâmina

De forma a se entender melhor o projeto da máquina e todas as alterações realizadas, será feita uma breve explicação do seu funcionamento.

Esta máquina é uma máquina que utiliza uma lâmina diamantada para cortar pedras. O seu funcionamento pode ser comparado ao de um serrote de lâmina, no qual é realizado um movimento linear oscilante para realizar o corte.

Para a realização do corte com lâminas existem três forças envolvidas, uma força para realizar o movimento linear oscilante, outra força linear perpendicular ao movimento oscilante na direção do corte, ou força radial ao objeto cortado, e outra força de tensionamento da lâmina.

Como podemos ver na imagem acima o movimento linear oscilante é realizado através duma cambota, que converte o movimento giratório criado pelo motor elétrico em movimento linear.

A força de corte radial é feita através de fusos e porcas posicionados nos corpos que suportam a lâmina, criando um movimento descendente sobre a lâmina.

O tensionamento da lâmina é realizado hidráulicamente através de um sistema de cilindros hidráulicos, no entanto estes cilindros tem uma configuração e funcionamento que não é muito usual de se ver. Este sistema é um dos pontos fundamentais para o funcionamento da máquina.

Na figura 63 temos a lâmina e os seus pontos de fixação.



Figura 62-Pontos de fixação da Lâmina

Para tensionar a lâmina são necessárias duas forças, de direções opostas, uma em cada ponta da lâmina, caso só exista uma a lâmina irá mover-se e não tensionar. Tendo em conta que são necessárias essas duas forças, existem teoricamente duas formas de a tensionar, sendo que apenas uma viável.

Começando pela que não viável, mas não é impossível. No funcionamento normal da máquina, é aplicada uma força linear que a faz oscilar. Esta força não sendo contrariada não irá produzir qualquer tensão na lâmina, apenas irá criar o movimento linear oscilante. Chamemos a esta força de “F1”. Do lado oposto é colocado o mesmo sistema de cambota acionada por motor elétrico, a realizar uma força “F2” igual a força “F1”, mas em direção oposta. Sendo estas forças, iguais e em direções opostas, a lâmina não irá sofrer qualquer movimento, mas irá ser tensionada por essas forças.

Se agora alterarmos por exemplo a força F2 para metade da força F1, temos que a força resultante das duas não irá ser igual, o que quer dizer que estas forças iram criar um deslocamento na lâmina, mas também iram criar uma força de tensionamento na mesma.

Temos assim que a força usada para deslocar a lâmina é igual a $F1-F2=F1/2$, e a restante força $F1/2+F2=F1$, é usada para tensionar a lâmina. Ou seja, precisamos neste caso para tensionar a lâmina do dobro da força usada para a mover. Sabendo que a lâmina é tensionada com uma força de aproximadamente 50.000 N e usando as características da máquina para realizar esta força iríamos precisar de dois motores elétricos com mais de

100 kW cada tornando esta solução pouco viável. Poderiam ser usados em vez dos motores elétricos, cilindros hidráulicos para realizar essa força visto que estes são mais eficientes nesse aspeto, mas ao contrário dos motores elétricos estes não conseguem realizar movimentos com a velocidade necessária de forma eficaz.

Sendo assim a melhor solução é separar estas duas componentes das forças, de forma que o movimento seja feito com um motor elétrico e o tensionamento seja feito com cilindro hidráulico.

Esta separação implica que as forças necessárias para tensionar a lâmina não interajam com as forças que a movimentam, ou seja, o cilindro hidráulico que irá fazer o tensionamento não pode realizar qualquer força fora da lâmina, pondo isto por outras palavras o cilindro hidráulico tem de estar diretamente ligado nas pontas da lâmina de forma que a força resultante seja nula. Na imagem abaixo temos a explicação teórica de como é feito o tensionamento da lâmina.

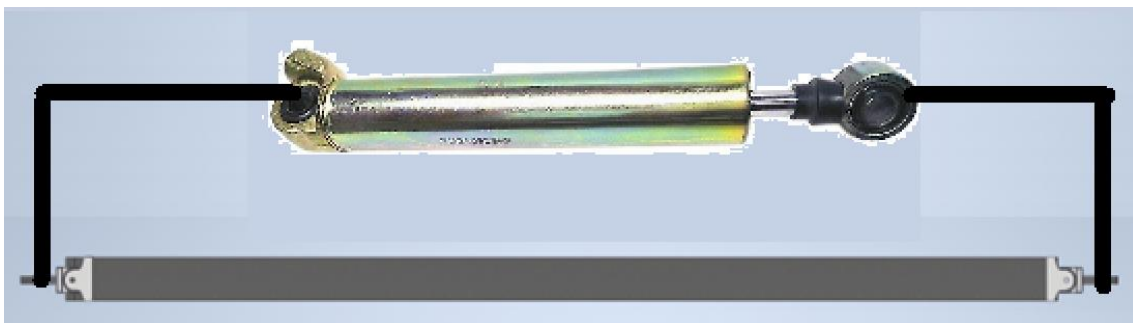


Figura 63-Tensionamento teórico da lâmina

Sendo que não é de todo prático fixar um cilindro nas pontas da lâmina como na imagem acima, o sistema de tensionamento funciona como sendo dois cilindros de simples efeito opostos em que a sua tomada de pressão é partilhada e sendo esta pressão rigorosamente igual, cada um destes cilindros irá produzir a mesma força na lâmina.

Estando estes interligados é possível manter a pressão nos cilindros mesmo quando estes estão em movimento com a lâmina visto que o volume total do circuito não é alterado, apenas ocorre uma movimentação do fluido hidráulico entre cilindros, ou seja, é por não existir alterações volumétricas no movimentar dos cilindros que se consegue manter a pressão constante e consequentemente uma força constante na lâmina.

Na figura 65 podemos observar como é realizado na prática o tensionamento da lâmina.

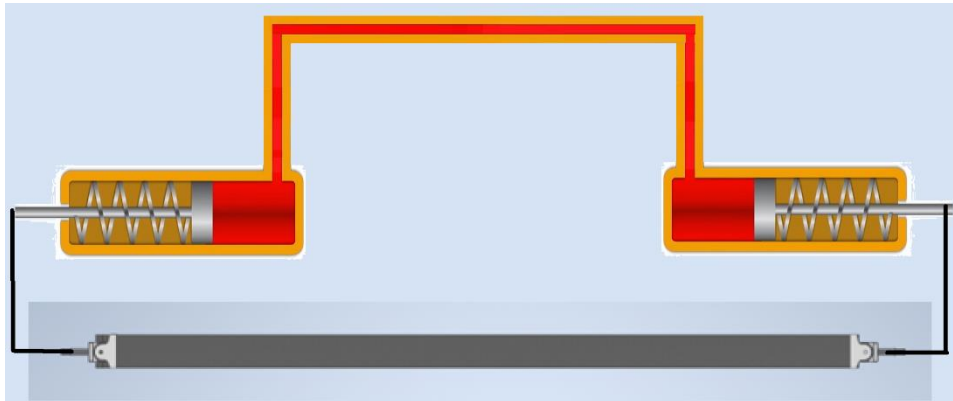


Figura 64-Tensionamento da lâmina

Na figura 66 podemos observar, em corte, todo o sistema hidráulico.

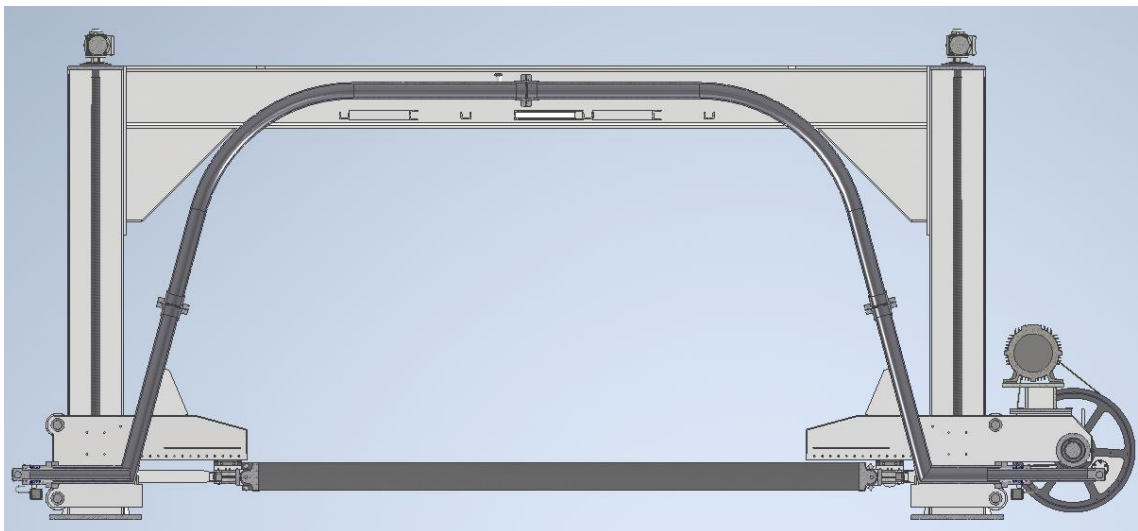


Figura 65-Desenho com vista de corte do sistema hidráulico

Podemos observar na imagem acima os cilindros hidráulicos interligados por um tubo.

Sabendo agora como funciona a máquina será mais fácil entender o funcionamento e a interligação dos conjuntos de peças, tal como foi durante a criação do projeto.

O conjunto do suporte motor e o conjunto do suporte movido, também chamados de carro motor e movido, são as estruturas que vão suportar todos os componentes que fazem trabalhar a Monolâmina.

Nas figuras abaixo podemos observar os desenhos 3D do suporte movido e motor.

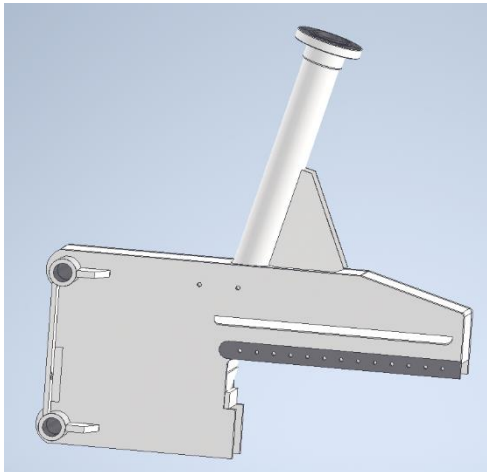


Figura 67-Conjunto do suporte movido

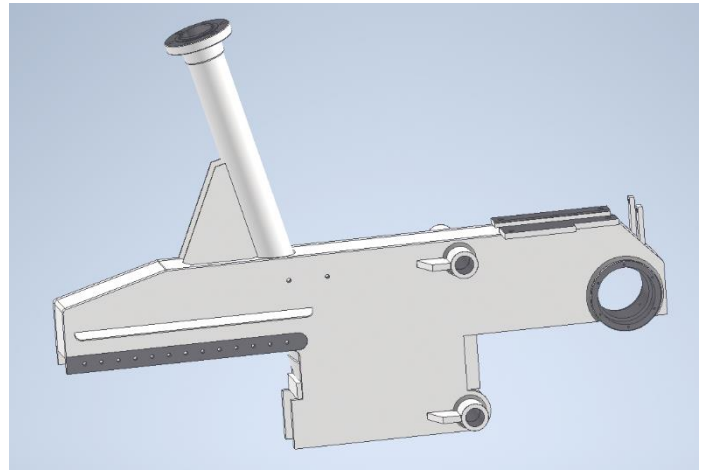


Figura 66- Conjunto do suporte motor

De seguida foi desenhado o conjunto da haste. Este conjunto faz parte do sistema de tensionamento da lâmina, sendo este, como o nome indica, a haste do cilindro.

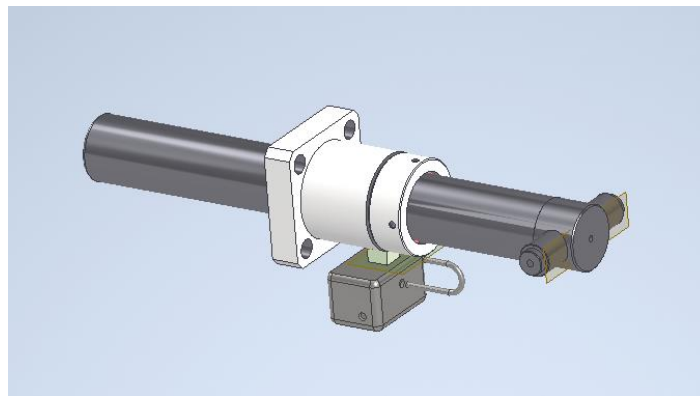


Figura 68-Haste do cilindro

Este conjunto sofreu algumas alterações em relação ao projeto original. Uma dessas alterações foi a substituição de uma peça de fundição por uma peça de fabrico próprio e outra foi a alteração do sistema de arrefecimento da haste.

Podemos observar na figura 70 o conjunto da haste antes e depois das alterações.

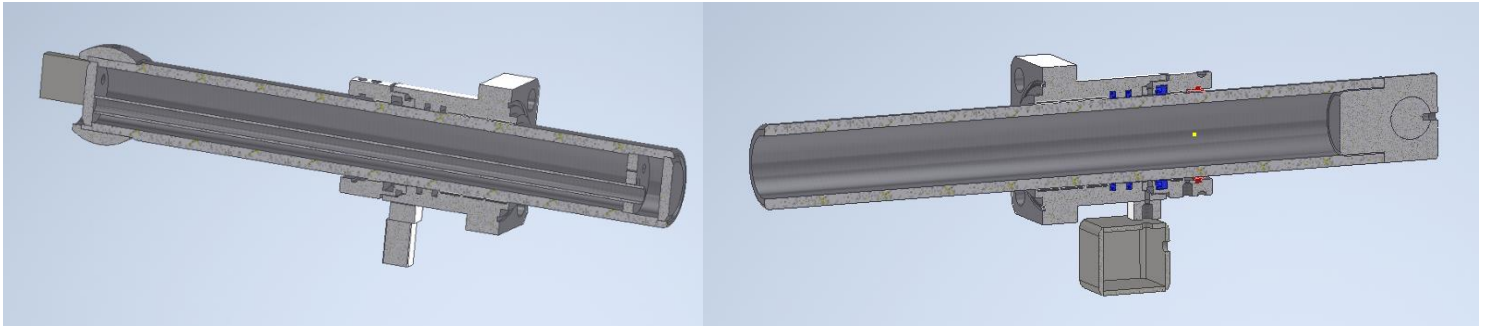


Figura 69-Comparativo das alterações da haste

Podemos observar na imagem acima que a haste antes das alterações era completamente fechada de forma que esta pudesse ser arrefecida com água no seu interior.

Esta foi depois alterada de forma que este arrefecimento fosse feito através do óleo hidráulico, sendo que foi removida a barreira interior da haste que separava o óleo da água de forma que esta ficasse completamente embebida no óleo.

A peça de fundição foi substituída devido a já não existirem moldes da mesma, no entanto a peça que será fabricada na empresa deverá ter um custo inferior devido à sua simplicidade, resultante da alteração do sistema de arrefecimento.

De seguida foi desenhado o conjunto das guias.

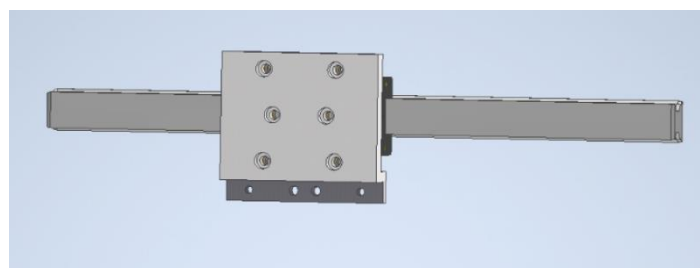


Figura 70-Desenho 3D do conjunto das guias

Este conjunto é constituído por uma guia, um patim e uma chapa de ligação. É neste que irá ser fixo os suportes da lâmina e é através destas guias lineares que a esta se irá mover.

A seguir foi desenhado o conjunto da biela (figura 72).

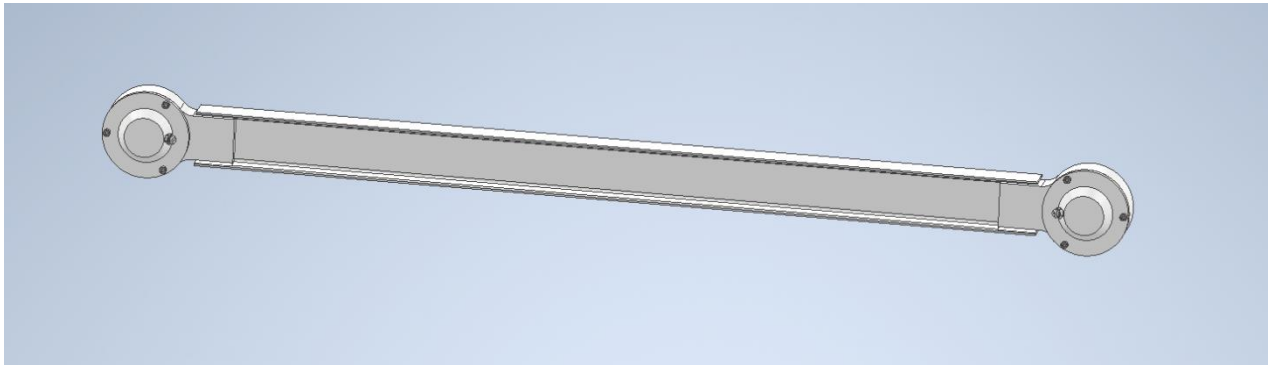


Figura 71-Desenho 3D da biela

Esta peça irá fazer a ligação entre a lâmina e a cambota da polia movida, de forma a transformar o movimento de rotação criado pelo motor elétrico num movimento linear.

De seguida deu-se lugar ao conjunto dos roletes (figura 71).

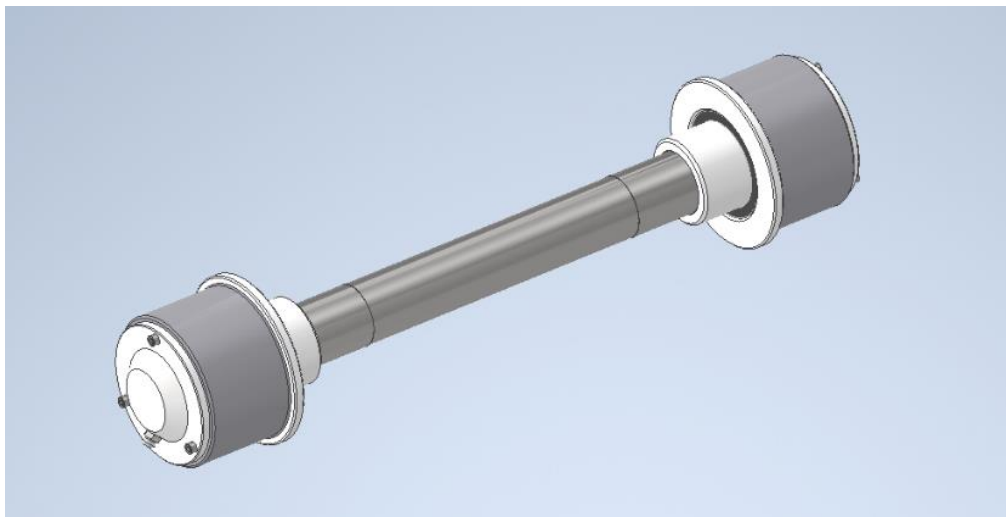


Figura 72-Desenho 3D do conjunto dos roletes

O deslocamento vertical da máquina é feito usando como guia uma face maquinada nos pés da máquina, e nos carros são colocados estes roletes que em conjunto com essas faces maquinadas permitem o seu deslocamento.

A seguir foi feito o conjunto dos tambores (figura 74).

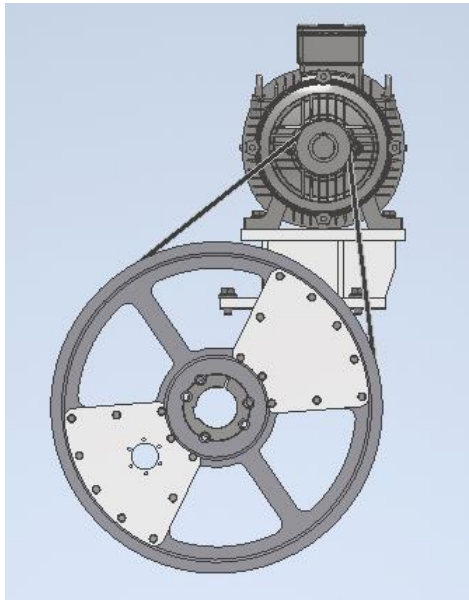


Figura 73-Desenho 3D do conjunto dos tambores

Este conjunto tem este nome porque era comum chamarem às polias de tambores. Ele demonstra como é feita montagem das polias no motor elétrico.

A Monolâmina utilizava uma polia com 800 mm de diâmetro que seria uma peça de fundição, mas não sabendo qual a fundição que a produzia e não havendo moldes da mesma tentou-se saber se existiam polias standard com estas dimensões. Foi observado que de facto existem, mas para esta ser usada na máquina seria necessário realizar algumas alterações à mesma.

Nas imagens abaixo podemos observar a polia de fundição e a polia standard de compra.

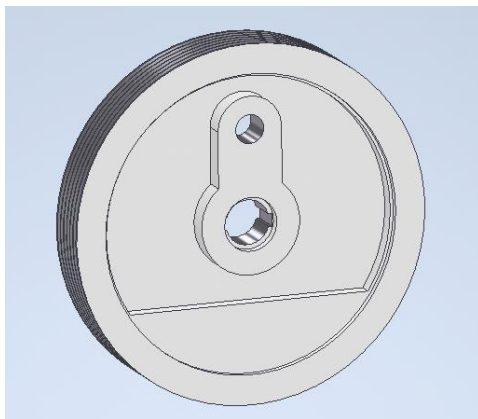


Figura 74-Polia de fundição



Figura 75-Polia standard de compra

Podemos observar que as polias são completamente diferentes, a de fundição vem preparada com um furo descentrado e contrapeso e a standard vem com raios.

Para esta poder ser adaptada à máquina foram projetadas duas chapas para serem fixas entre os raios da polia.

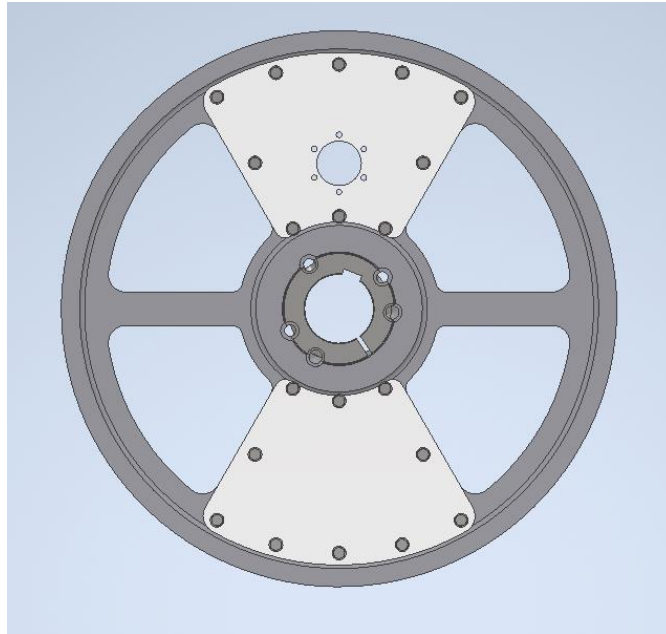


Figura 76-Montagem da polia

Essas chapas têm como objetivo criar o apoio necessário para a fixação da cambota e fazer o contrapeso para equilibrar a roda.

De seguida, e de forma realizar-se um estudo das forças a que esta chapa iria estar sujeita, foi determinado a força linear gerada pelo motor no eixo da cambota.

Sabendo que a potência do motor elétrico usado é de 22 kW, o seu binário é de 213 Nm, a relação de transmissão das polias é de aproximadamente 6:1 e o ponto de aplicação da força esta descentrado 211mm e sabendo que a força tangencial é igual ao binário a dividir pela distância temos que:

$$F_T = \frac{M}{r} = \frac{213 * 6}{0,211} = 6056 \text{ N}$$

Usando esta força foi realizado uma análise de tensões na peça.

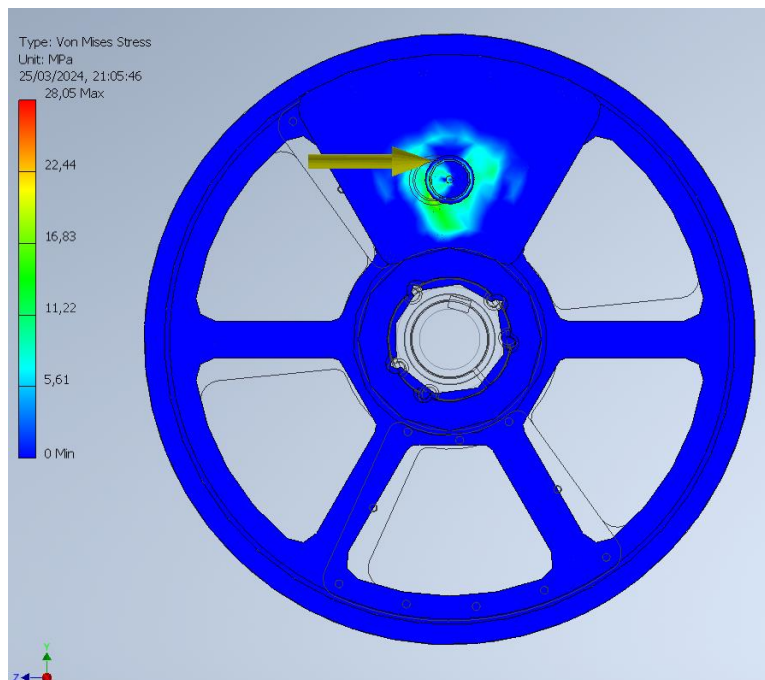


Figura 77-Análise de tensões

Podemos observar que as tensões na peça são muito baixas, não ultrapassando os 20 MPa, sendo que o material usado será um aço S275JR com uma tensão de cedência de 275 MPa, podemos observar que estamos dentro da capacidade de carga desta peça.

De seguida foi desenhado o conjunto da cambota (figura 79).

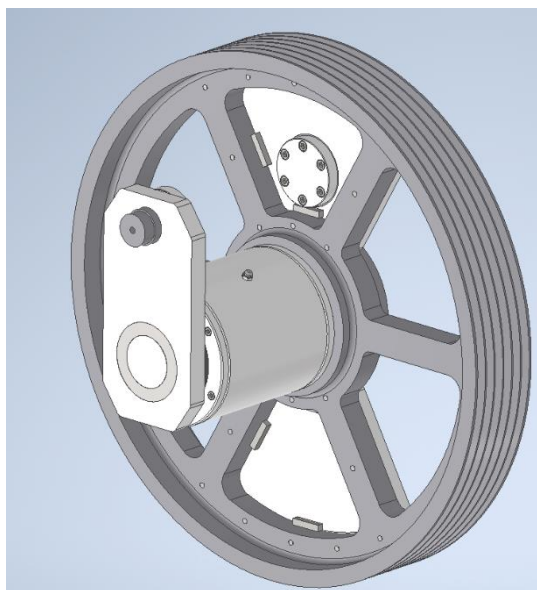


Figura 78-Desenho 3D do conjunto da cambota

A cambota é o mecanismo responsável, em conjunto com a biela, por criar o movimento linear da lâmina.

Este conjunto foi alterado de forma a acomodar a nova polia, onde a principal alteração foi no veio da cambota.

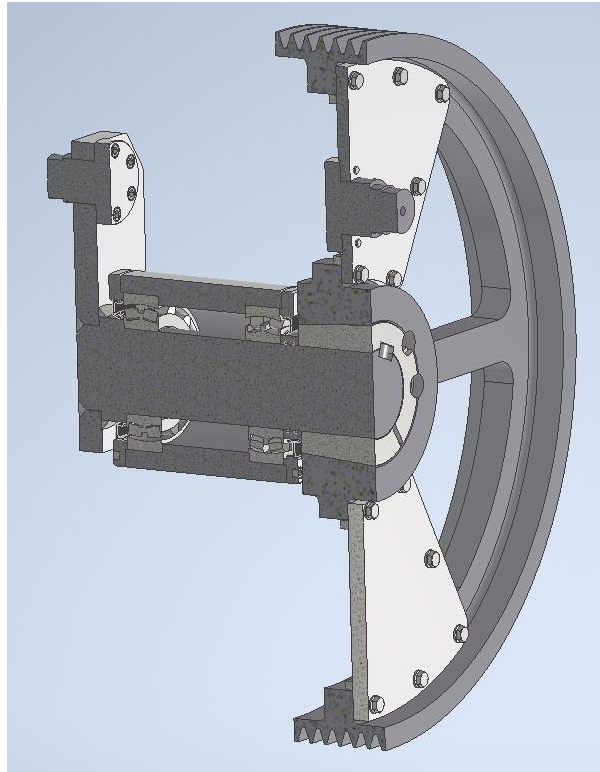


Figura 79-Vista de corte do conjunto da cambota

Podemos observar na figura 80 que a polia é fixa no veio através de um casquilho cónico, sendo que anteriormente ela era diretamente acoplada no veio, onde este tinha uma ponta cónica. Para esta polia foi necessário alterar o veio de forma que este acoplasse ao casquilho cónico.

A seguir foi desenhado o conjunto do ganzepe (figura 81).

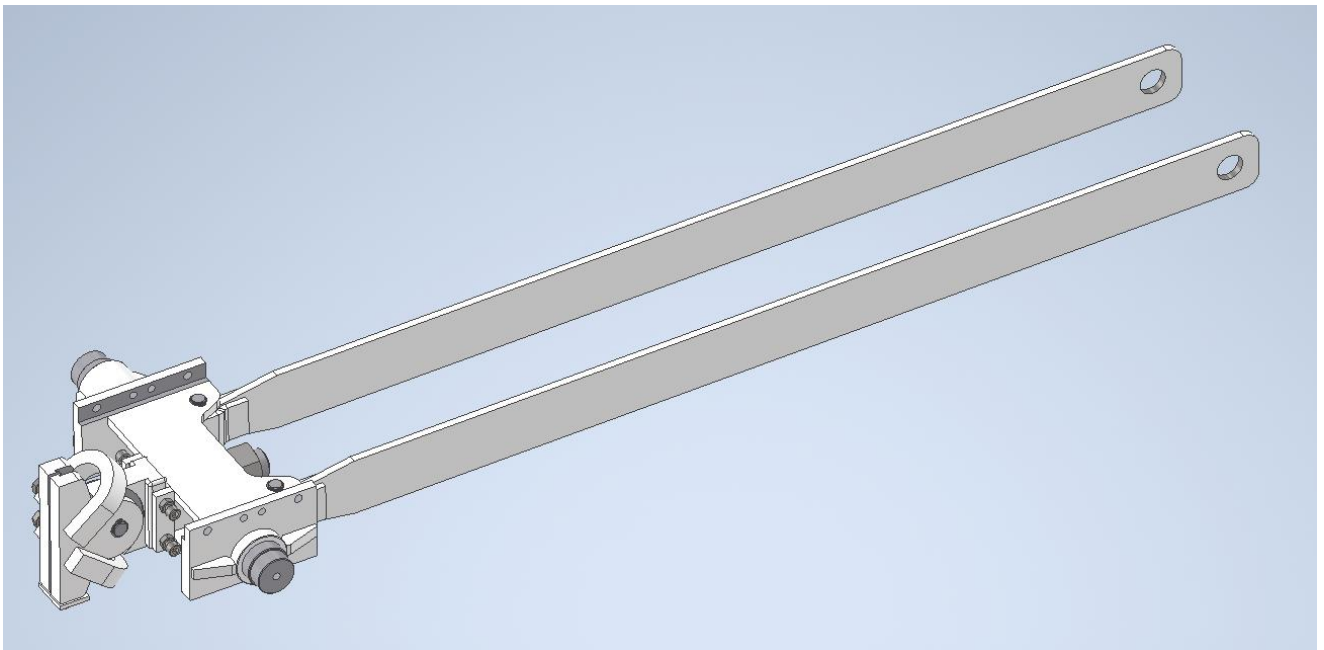


Figura 80-Desenho 3D do conjunto do ganzepe

Este conjunto é muito importante, sendo que é ele que interliga a lâmina a todos os sistemas da máquina.

Este conjunto é constituído por três subconjuntos:

-Ganzepe

-Tirantes

-Suporte do Ganzepe

A este conjunto é dado o nome de conjunto do ganzepe devido à peça que segura a lâmina. Esta peça, o ganzepe, possui uma geometria especificamente criada para segurar a lâmina. Esta geométrica é chamada de ganzepe, que segundo o dicionário português significa, “entalhe na madeira, que vai alargando de cima para baixo”.

Podemos observar nas imagens abaixo a peça ganzepe e a geometria em ganzepe que liga a lâmina a esta peça.

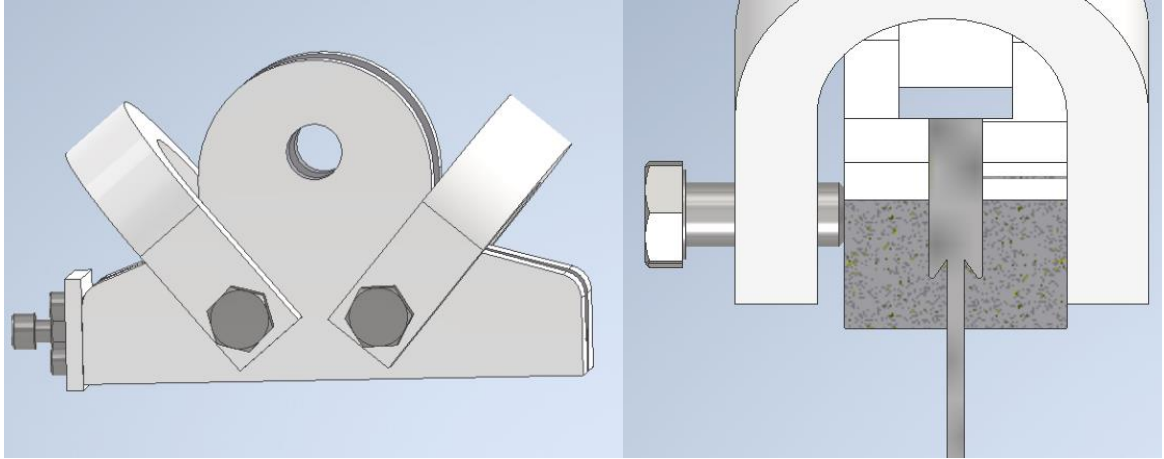


Figura 81-Ganzepe

Esta peça permite o aperto da lâmina de forma a não existirem quaisquer folgas, e devido à geometria da ligação, durante o funcionamento da máquina este aperto tornar-se-á ainda mais forte.

Os tirantes são peças que fazem a ligação entre o conjunto do ganzepe e o conjunto da haste. Pode ser observado figura 83 o tirante.

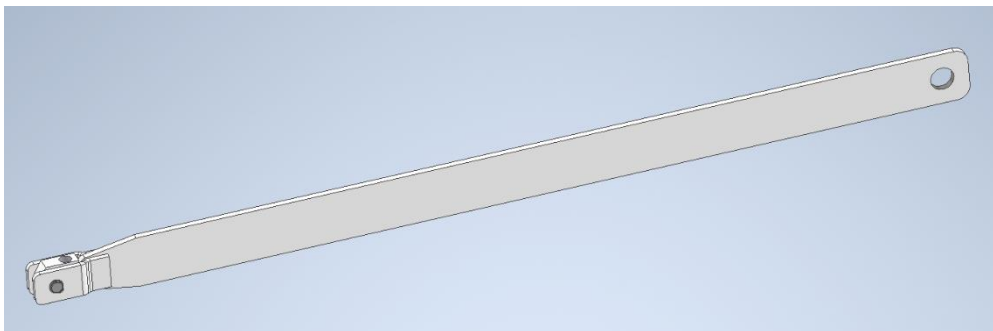


Figura 82-Desenho 3D do Tirante

É através desta peça que o conjunto da haste transfere toda a força para tensionar a lâmina.

O suporte do ganzepe é a peça que irá interligar a lâmina á restante máquina (figura 84).

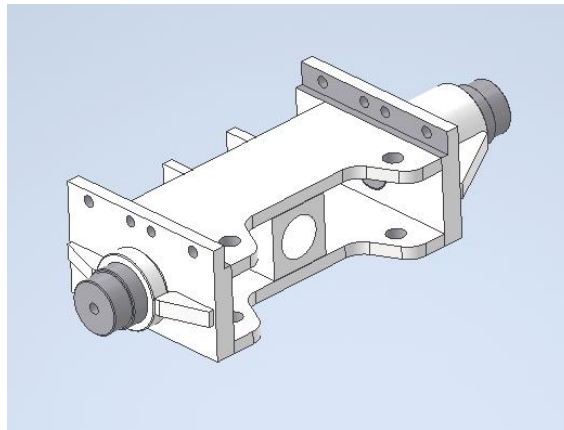


Figura 83-Desenho 3D do suporte do ganzepe

Esta peça interliga o ganzepe, que segura a lâmina, aos conjuntos das guias, da biela e ao conjunto da haste.

Com todos estes conjuntos desenhados, a máquina foi testada no *software* de desenho de forma a perceber se todos os seus componentes trabalhavam livres sem interferências.

Foram identificados alguns pontos de interferência e corrigido o seu posicionamento, e foram identificados casos que serão testados posteriormente à construção da máquina.

Podemos observar na imagem abaixo que a cambota passa a uns meros 3,5 mm do parafuso de fixação do tirante da haste.

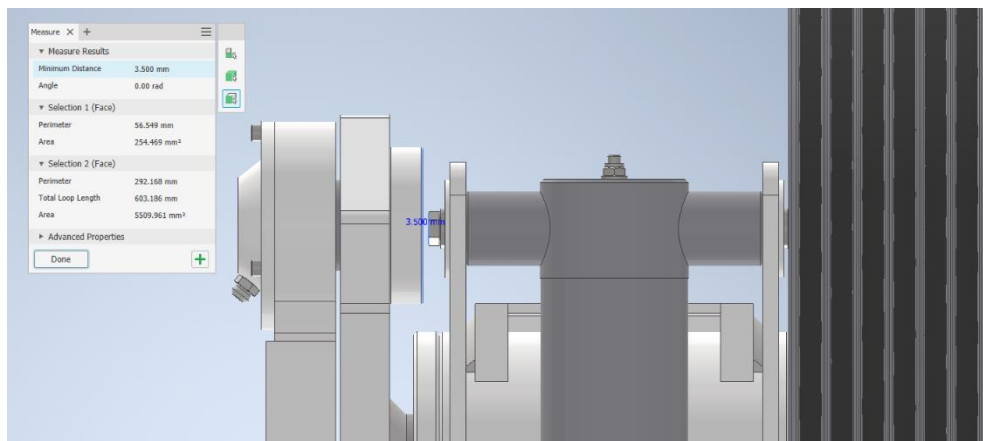


Figura 84-Folga entre peças

Esta situação será revista após construção da máquina onde serão aplicadas as medidas necessárias caso se verifique que esta folga não é suficiente.

À data deste relatório, a máquina encontrasse ainda na fase inicial de produção.

5.2.Monofio

Um Monofio é uma máquina, que por meio de um fio diamantado, realiza o corte de pedras. Esta máquina pode ser observada como sendo uma evolução tecnológica da máquina Monolâmina, sendo esta adaptada para trabalhar com fio diamantado em vez de uma lâmina. O corte por fio diamantado substituiu maioritariamente o corte por lâmina devido à sua velocidade de corte mais elevada e a sua eficiência.

Na figura 86 podemos observar um desenho 3D de um Monofio Poeirás.

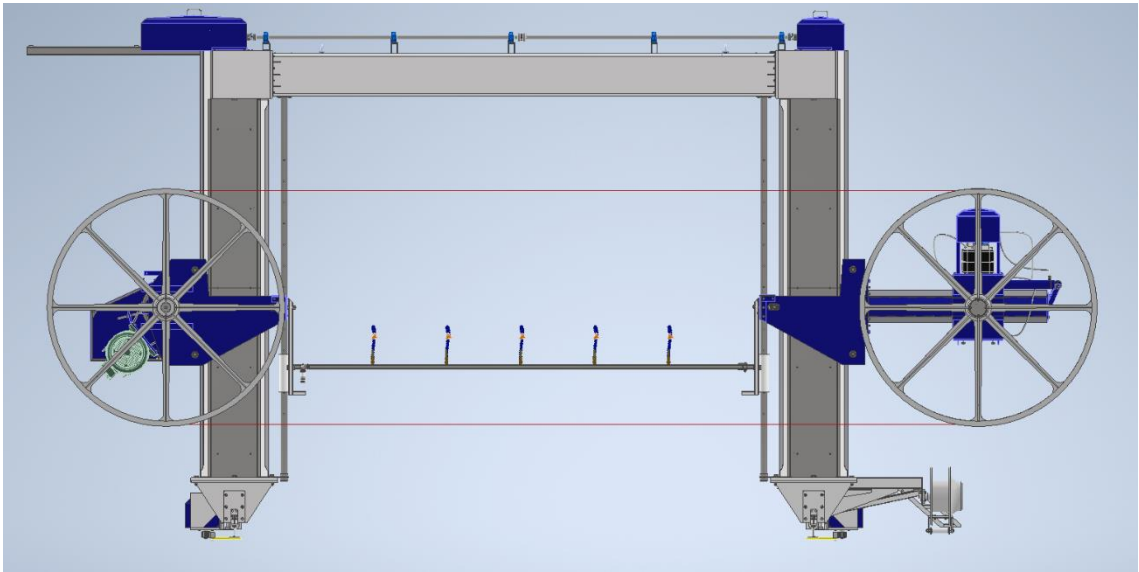


Figura 85-Monofio Poeirás

Podemos observar pela imagem que esta máquina possui duas rodas de grandes dimensões que iram incutir no fio um movimento linear contínuo. Este movimento linear do fio diamantado é semelhante no seu funcionamento à lâmina de uma Monolâmina, no entanto o fio mantém uma velocidade constante durante todo o corte, contrariamente à Monolâmina que produz um movimento oscilante em que a velocidade varia constantemente entre a velocidade máxima pretendida e zero, o que quer dizer que em alguns momentos a lâmina chega mesmo a parar. Sendo assim podemos atribuir a melhor eficiência do fio a esta diferença de velocidades.

Tal como na Monolâmina também existe a necessidade de tensionar o fio diamantado, só que neste caso este processo é mais simples, visto que esta tenção pode ser obtida através do afastamento das rodas.

Esta máquina deslocasse verticalmente através de guias maquinadas e roletes, acionada através de fusos e portas posicionados nos corpos que suportam as rodas. Esta deslocação vertical será o seu eixo de corte.

Para além da deslocação vertical esta máquina faz também uma deslocação horizontal de forma a posicionar-se para os diferentes cortes. Esta deslocação é feita sobre carris usando acionamentos diretos nas suas rodas ou por carreto e cremalheira.

5.2.1. Monofio Block24

No início de 2023 a Metalviçosa pensou na inovação do Monofio, visto que, para além de se tratar de uma máquina com mais de 20 anos, era necessário inová-la tornando-a mais atrativa e competitiva no mercado.

Após essa ideia de inovação, começou-se por analisar o modelo existente, analisando os vários pontos a melhorar e a inovar.

Nesta análise, foi realizado um estudo profundo ao Monofio, desde o início da sua produção até à sua colocação em funcionamento. Foi também observado como este era usado pelos clientes e o *feedback* existente dos mesmos sobre o Monofio.

Foi visto que de forma geral os clientes gostavam da máquina, visto que esta é extremamente precisa e possui um corte limpo e sem vibrações o que produz um melhor acabamento nas pedras.

Sendo assim decidiu-se que o sistema de corte seria mantido bem como as suas dimensões de trabalho. Observando, no entanto, o seu funcionamento foi possível observar que para área de trabalho que o Monofio estava desenhado, as suas dimensões podiam ser reduzidas.

Observando a produção do mesmo foi observado que o Monofio possuía sistemas com um elevado número de peças de produção interna. Ficou então decidido também que seria necessário reduzir o número de peças de produção interna, utilizando sistemas de inovação como por exemplo: a utilização de motoredutores em substituição de sistemas de transmissão por polias, a alteração de eixos mecânicos para eixos eletrónicos e a eliminação de sistemas hidráulicos, substituindo-os por acionamentos elétricos.

Começou-se por alterar as dimensões gerais da máquina.

Foi definido que, de forma que a máquina pudesse ser transportada inteira, esta teria de ter uma altura de aproximadamente 3,5m e um comprimento de 2,5m, a realização do transporte da máquina completamente montada permite reduzir os custos de produção e montagem visto que desta forma a máquina só necessitará de ser montada uma em vez em fábrica, o que por si só traz a vantagem desta poder ser completamente testada antes de ser entregue ao cliente.

Para realizar esta alteração foi necessário ter em atenção alguns aspetos importantes, em primeiro lugar, as dimensões de trabalho não podiam ser alteradas, ou seja, os trabalhos realizados pelo modelo anterior teriam também de ser realizados por este. Depois, as guias e o fuso teriam de ter o curso necessário para que a máquina conseguisse trabalhar, nessas condições.

É de notar que todas estas alterações foram realizadas de forma iterativa, onde houve diversas versões até se chegar à final. Este conjunto tal como os restantes foram desenvolvidos em simultâneo porque que existe uma interligação entre todos eles, mas para efeitos de fluidez de leitura serão explicadas as alterações em separado. Podemos observar nas imagens abaixo o antes (figura 87) e o depois (figura 88) do pé do Monofio.

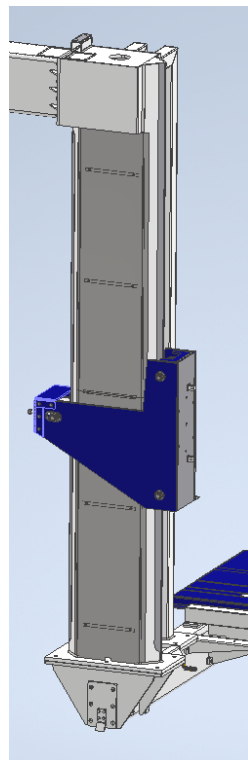


Figura 86-Pé do Monofio antigo

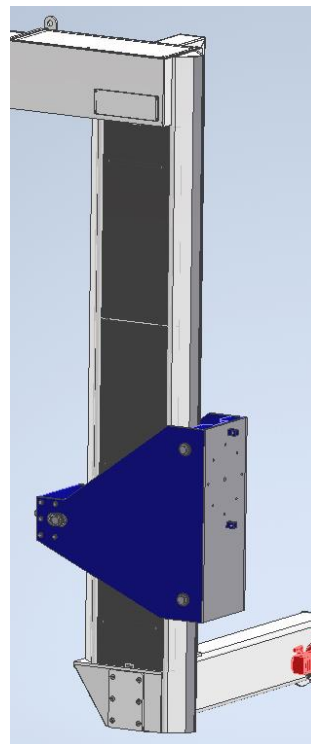


Figura 87-Pé do novo Monofio

Foi observado durante a análise á máquina existente que esta não utilizava por completo as guias do movimento vertical. Sendo que estas ditam em grande parte a altura máxima da máquina. Foi observado que dos 4 m de guia que esta possuía, aproximadamente 800mm não estavam a ser usados. Para além destes 800mm as guias estavam posicionadas em cima de um corpo o que faz este valor aumentar em mais 400mm. Ou seja, só aqui foi observado que 1,2 metro da altura da máquina não estariam a ser usados.

Então de forma a reduzir-se a altura, foram reduzidas as guias, em aproximadamente 600mm, e construído o pé de forma que o ponto inferior da guia fosse o ponto mais baixo do conjunto, conseguindo assim uma redução total nesta estrutura de um metro.

Não foi possível uma maior redução devido as características dos componentes do eixo vertical, sendo esta medida uma otimização para as medidas máximas de trabalho.

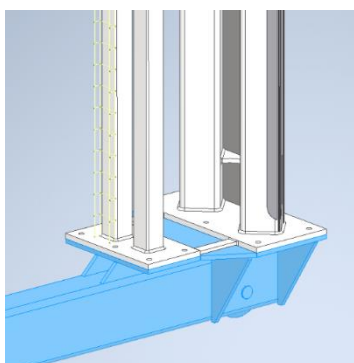


Figura 88-Estrutura aparafusada do pé

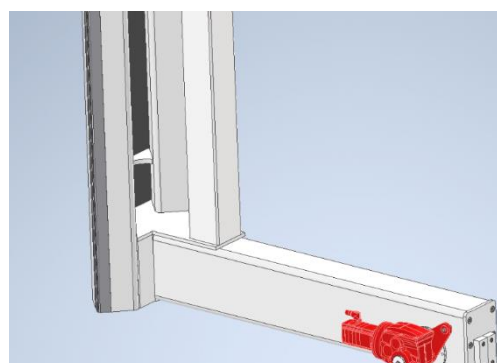


Figura 89-Nova estrutura única do pé

Esta alteração levou à criação de uma nova estrutura única, um novo pé, sendo que anteriormente era constituída por duas peças aparafusadas.

Em relação ao comprimento, de forma a manter a proporcionalidade e o equilíbrio da estrutura do Monofio, foi reduzida de igual forma a base, ou seja, reduziu-se um metro na altura e conseqüentemente um metro no comprimento, ficando este com aproximadamente 2 m.

A largura da máquina não é alterada porque essa alteração iria causar a incompatibilidade da montagem do novo Monofio em carris existentes, visto que se essa fosse alterada também a bitola dos carris teria de ser alterada.

Na figura 90 podemos observar a diferença de altura entre a estrutura dos dois Monofio. Essa diferença é de aproximadamente 1 metro.

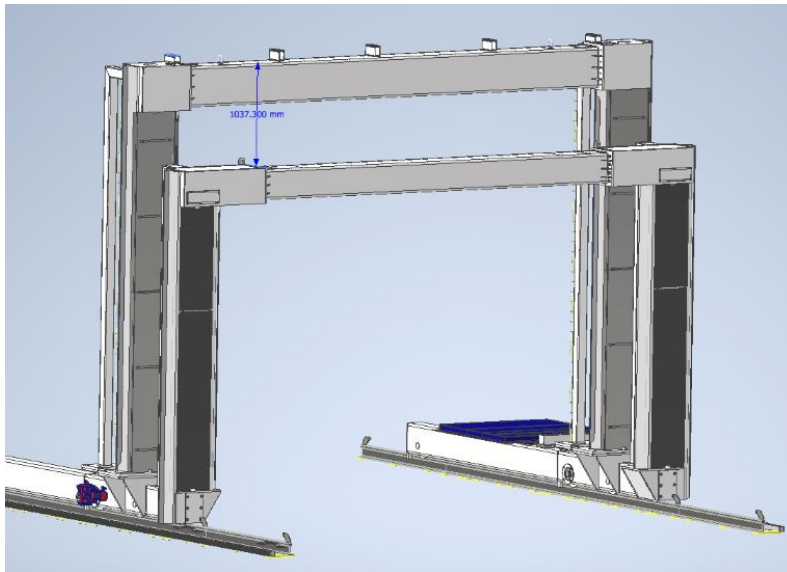


Figura 90-Comparativo das alturas do Monofio

Na imagem abaixo podemos observar a diferença de comprimento entre a estrutura dos dois Monofio. Essa diferença é de aproximadamente 1 metro

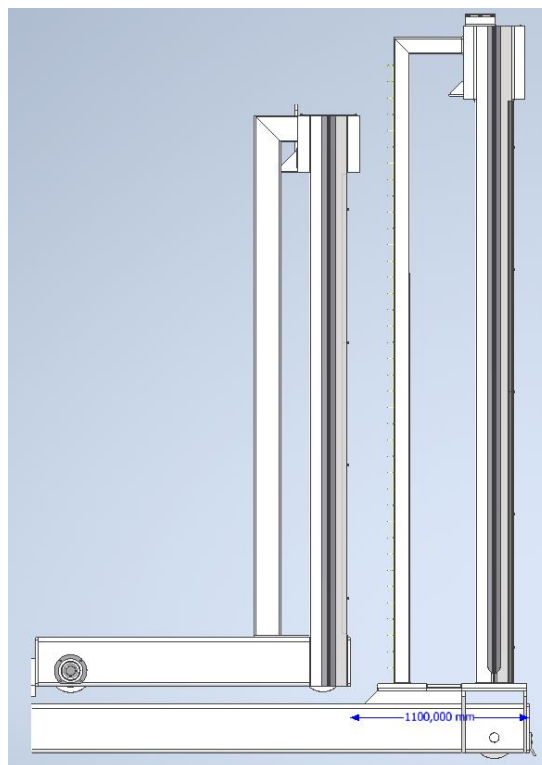


Figura 91-Comparativo do comprimento entre Monofios

De seguida foram realizadas as alterações as estruturas que suportam as rodas. Estas estruturas são chamadas de Suporte Motor e Suporte Movido, dependendo se suporta a roda motora ou movida.

Na figura abaixo podemos observar o Suporte Motor da versão antiga do Monofio.

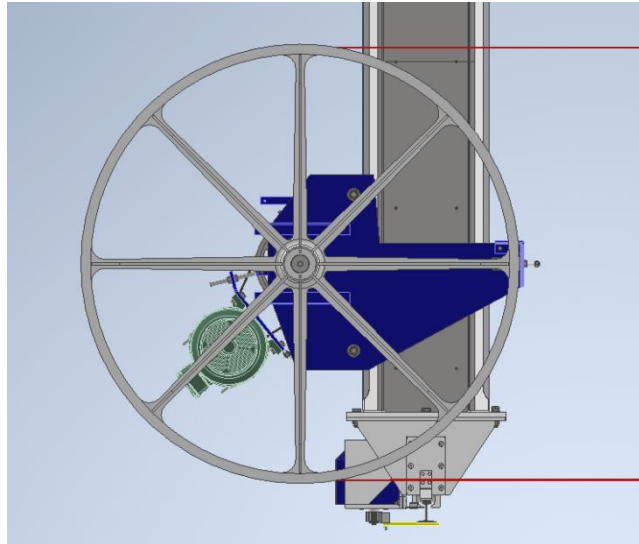


Figura 92-Suporte Motor

Na figura 92, podemos observar o suporte motor no seu limite de deslocamento inferior, ou seja, já não pode descer mais. Esta limitação ocorre porque o fio diamantado já se encontra perto do carril, sendo que por essa razão este não pode descer mais. Podemos observar, no entanto, que ainda existe espaço na guia para este se deslocar, espaço este que não é utilizado durante todo o funcionamento da máquina.

Na figura 93 podemos observar o suporte motor do novo Monofio, criado de forma a aproveitar todo o espaço existente.

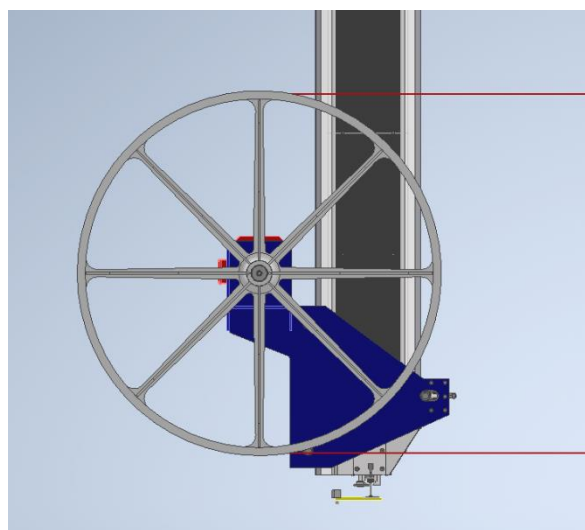


Figura 93-Suporte Motor do novo Monofio

Observando as duas imagens do suporte motor em simultâneo (figura 92 e 93), podemos observar que a roda, em ambas as situações, esta posicionada à mesma distância do carril, sendo que de forma a aproveitar todo o espaço livre abaixo do carro, foi criado um novo ponto de fixação para a mesma.

Esta distância é tão importante porque a altura do Monofio esta diretamente ligada ao deslocamento que o suporte motor realiza, ou seja, a roda independentemente do posicionamento do suporte, vai ter de se deslocar 2,2 m do seu ponto mais baixo ao mais alto, para ela se deslocar o suporte motor irá também se mover 2,2 m. Sendo assim se o suporte começar esse deslocamento o mais baixo possível, a estrutura não terá de ser tão alta. Por exemplo se o suporte motor começar o seu movimento no ponto 0 m, este irá subir para os 2,2 m e irá precisar de uma estrutura com 2,2 m (situação do novo Monofio). Se este começar o seu movimento a 0,7 m do ponto 0, este irá subir $2,2+0,7=2,9$ m e irá precisar de uma estrutura de 2,9 m (situação do Monofio antigo).

Nas imagens abaixo podemos observar o desenho 3D do suporte motor e a construção do mesmo a ser realizada.

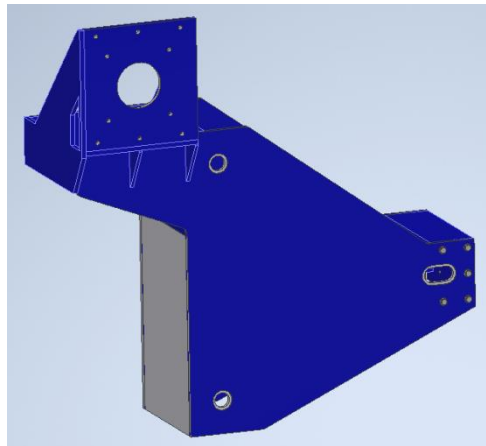


Figura 94-Desenho 3D do suporte motor



Figura 96-Chapas cortadas para o suporte motor



Figura 95-Suporte motor em construção

A subida do ponto de fixação da roda trouxe uma possibilidade que antes não era viável de se fazer.

Na imagem abaixo podemos observar a motorização da roda, no Monofio antigo e no novo.

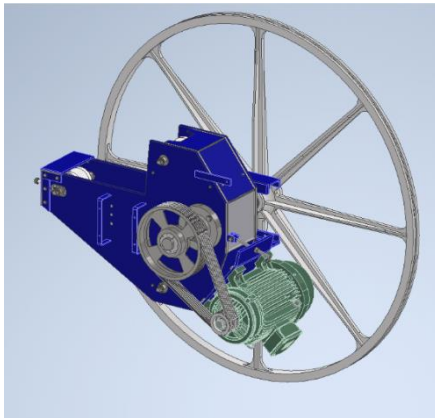


Figura 97-Motorização do Monofio antigo

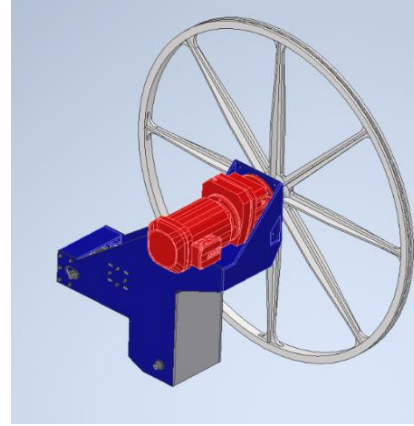


Figura 98-Motorização do novo Monofio

Podemos observar nas imagens que no Monofio antigo a motorização da roda era realizada usando um sistema complexo, onde era utilizada um motor elétrico acoplado a uma transmissão por polias e correias trapezoidais, ligadas a um veio que atravessava todo o suporte motor, que por fim fazia a roda girar.

No novo Monofio, foi substituído todo esse sistema por um motoredutor. Com esta alteração foi possível retirar da máquina todo um conjunto de peças de fabrico interno com custos elevados, e melhorar a fiabilidade da máquina, retirando o sistema de correias.

O suporte movido, que suporta a poleia movida, tal como o suporte motor teve de ser alterado de forma a subir o ponto de fixação da roda. Nas figuras 99 e 100 podemos observar o modelo antigo e o novo.

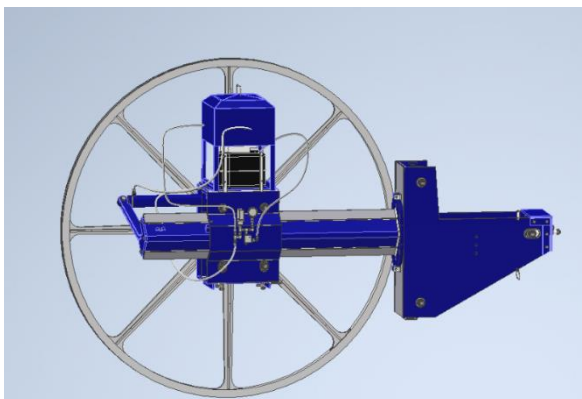


Figura 99-Suporte movido Monofio antigo

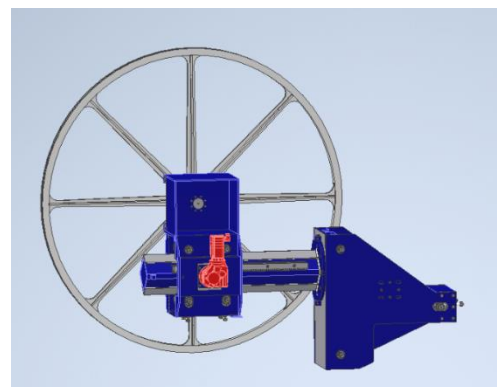


Figura 100-Suporte movido novo Monofio

Este conjunto para além de suportar a roda movida é também responsável pelo tensionamento do fio diamantado. Este tensionamento é realizado através do afastamento entre a roda movida e a motora, em que a roda movida, através do seu suporte, desloca-se na direção oposta à roda motora. Este deslocamento realizado através de guias maquinadas e roletes tal como o movimento vertical da máquina.

Nas imagens acima podemos observar as alterações realizadas neste conjunto, onde para fixar o veio da roda movida foi necessário criar uma estrutura em cima da já existente. Esta deslocação do ponto de fixação foi feita em proporção com a alteração do suporte motor, ou seja, a altura que a roda movida teve de subir no suporte movido foi a mesma que a roda motora subiu no suporte motor.

O tensionamento, no Monofio antigo, era realizado através de um cilindro hidráulico que deslocava todo o conjunto de suporte da roda sobre as guias. Devido a este, era colocada na máquina uma central hidráulica com o único propósito de acionar o cilindro. Nas figuras 101 e 102 pode ser observado o sistema de tensionamento do Monofio antigo e do novo.

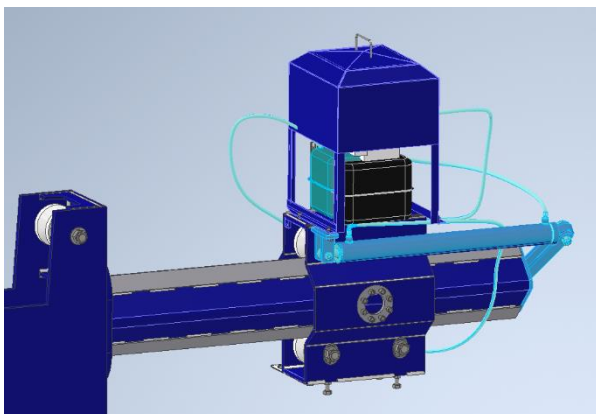


Figura 101-Sistema de tensionamento do Monofio antigo

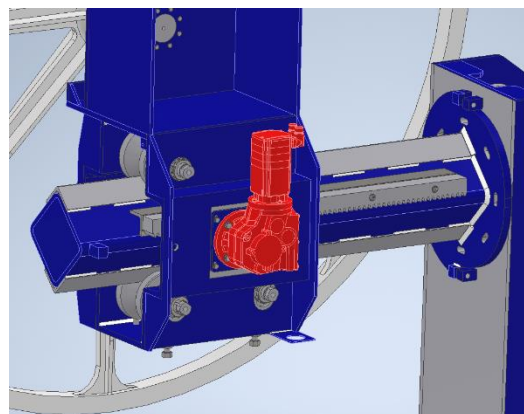


Figura 102-Sistema de tensionamento do novo Monofio

Para o novo Monofio este sistema de tensionamento foi alterado, onde foi substituído o cilindro hidráulico por um motoredutor que em conjunto com um pinhão e cremalheira, irão fazer o deslocamento deste conjunto e tensionamento do fio.

Para realizar o tensionamento do fio este sistema terá de ser reativo, ou seja, terá de estar em constante adaptação as condições do corte. Para tal o motoredutor tem de estar em constante funcionamento. Como é de esperar o controlo do motor não pode ser realizado da forma típica, ou seja, para o realizar não será feito um controlo de velocidade.

Este sistema requer que o motor mantenha um binário constante, mesmo que este não esteja em movimento. Este binário, através do pinhão e cremalheira, irá realizar uma força linear constante sobre a roda, tencionando assim o fio diamantado. É de notar que as características de motoredutor têm de permitir que este seja também movido, ou seja, o motoredutor deve permitir um “*Backdrive*” de forma que se a tenção no fio aumentar, este poderá mover o motoredutor na direção contrária de forma a aliviar essa tenção e evitar a quebra do fio.

Com a remoção do cilindro hidráulico, foi também possível diminuir o tamanho da guia necessária para o deslocamento do suporte da roda. Esta foi reduzida em aproximadamente 400mm.

Com esta alteração, foi eliminada da máquina a necessidade de esta ter uma central hidráulica, que aliado aos custos de produção do cilindro hidráulico, representa uma redução de custos e um aumento da fiabilidade da máquina.

A próxima alteração realizada foi no conjunto da elevação. Este conjunto é responsável pelo movimento vertical da máquina.

Na figura 103 podemos observar como era realizada a elevação no Monofio antigo.

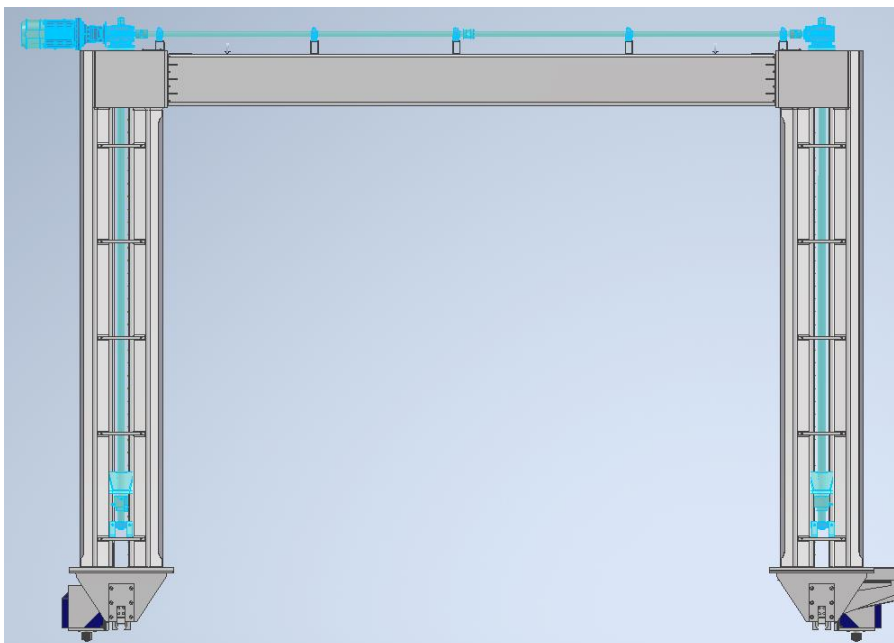


Figura 103-Sistema para movimentação vertical do Monofio antigo

Na imagem podemos observar todo o sistema que realiza a elevação da máquina, em que este é constituído, da esquerda para a direita, por: um motoredutor acoplado a um fuso vertical, de seguida este motoredutor e interligado, por meio de um veio de transmissão, a um redutor que por sua vez esta ligado a outro fuso vertical. Nestes fusos trabalham duas porcas que serão fixas nos suportes motor e movido fazendo assim a movimentação dos mesmos.

Este sistema permite que os dois suportes se desloquem exatamente a mesma distância e sempre á mesma velocidade. Este sistema é comumente chamado de eixo mecânico, visto que os dois fusos estão mecanicamente ligados.

Na imagem abaixo podemos observar o sistema adotado para o novo Monofio.

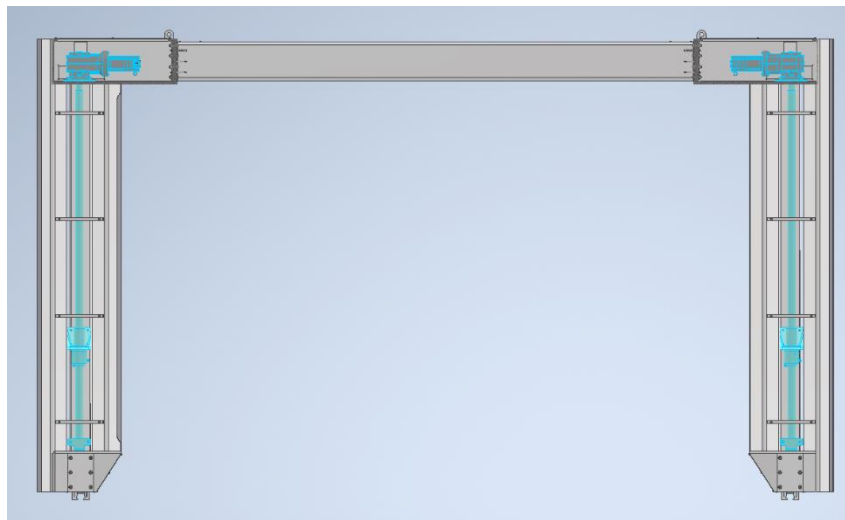


Figura 104-Sistema de movimentação vertical do novo Monofio

Podemos observar na imagem acima que no novo sistema serão utilizados dois motoredutores, em que cada um deles irá acionar um fuso. Como foi observado anteriormente, é necessário que os fusos se movam em sincronia. Sendo que não existe uma ligação mecânica entre eles, esta sincronia vai ser obtida usando um sistema de eixo eletrónico.

Este sistema funciona usando *encoders* nos motores eléctricos, de forma que os variadores de velocidade possam saber exatamente a posição e velocidade dos motores, ao saberem essa posição e velocidade estes fazem todos os ajustes necessários para manterem o perfeito sincronismo entre ambos os motores. Desta forma é possível, mesmo sem uma ligação física entre os fusos, que estes funcionem como no Monofio antigo.

Esta alteração teve vários motivos, sendo que a mais importante foi baixar a altura total do Monofio.

Nas figuras abaixo podemos observar a montagem dos motoredutores no Monofio antigo e no novo.

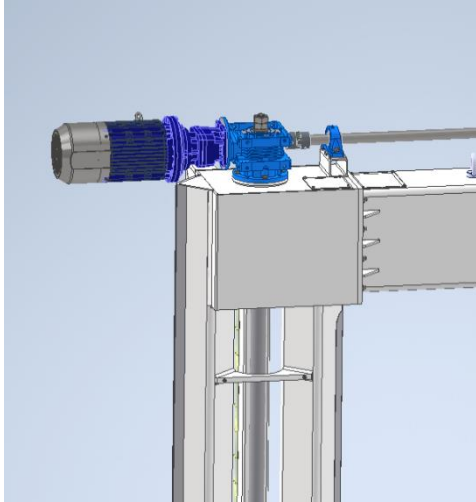


Figura 106-Posicionamento do motoredutor no Monofio antigo

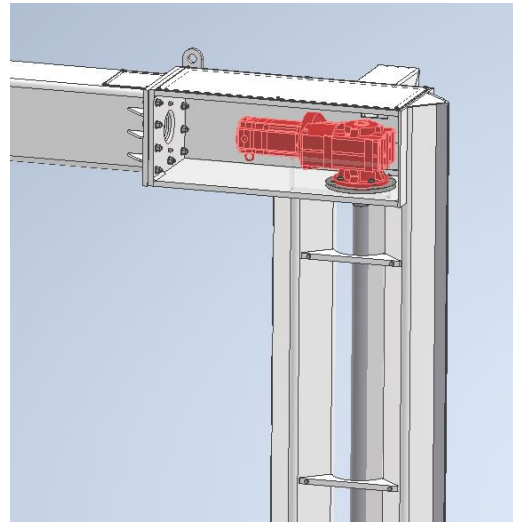


Figura 105-Posicionamento do motoredutor no novo Monofio

Podemos observar pelas imagens que no Monofio antigo o motoredutor e todo o sistema de transmissão estava montado em cima da estrutura. Por estes estarem por cima da estrutura, fazem com que a altura do Monofio seja aproximadamente 400mm maior.

Sendo assim decidiu-se que os motoredutores seriam montados no interior da estrutura. Para tal houve a necessidade de alterar a caixa onde este iria ser posto de forma que ela coubesse e pudesse ser facilmente montado e desmontado. Pode-se observar nas figuras 107 e 108 o desenho 3D dessa caixa e a construção da mesma.

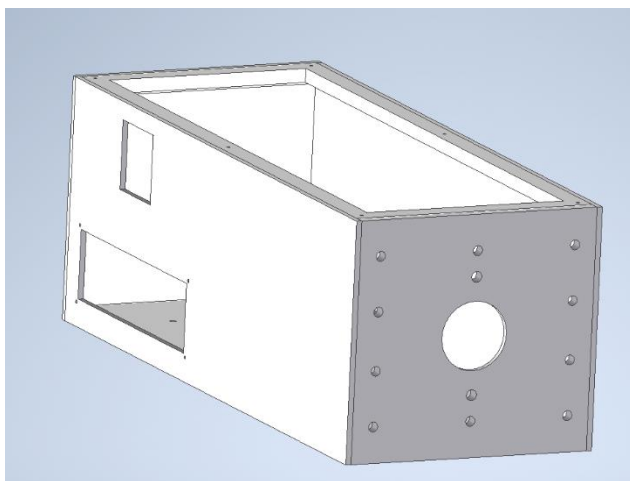


Figura 107-Desenho 3D da caixa



Figura 108-Construção da caixa

Esta alteração permite a redução dos componentes usados neste sistema, componentes esses como veios de transmissão e chumaceiras, para além disso, para realizar o alinhamento do veio de transmissão eram necessárias maquinações nas bases das chumaceiras de forma que este ficasse perfeitamente nivelado com os motoredutores. Sendo assim deixa de ser necessário realizar estas maquinações o que reduz o tempo de produção da máquina bem como o seu custo, para além disso torna a montagem mais rápida e fácil, visto que não existe a necessidade de alinhar os motoredutores.

Por fim foi realizada uma alteração ao acionamento do eixo horizontal da máquina.

Na figura 109 podemos observar como era realizado a movimentação do Monofio antigo.

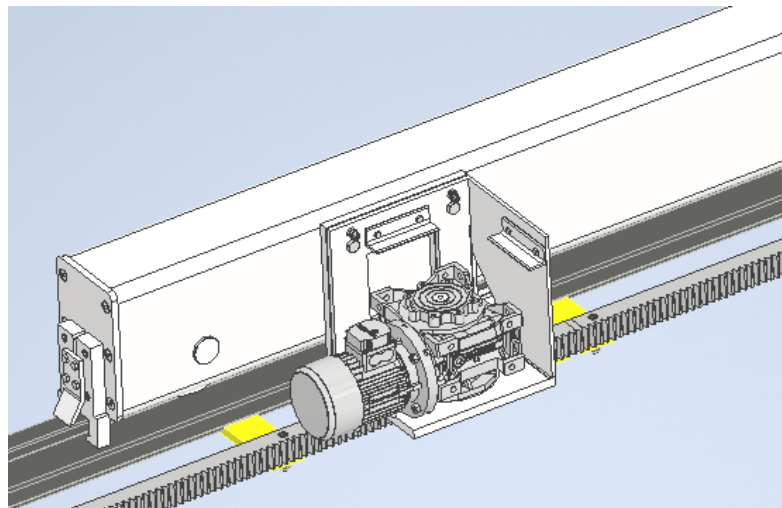


Figura 109-Sistema de movimentação do Monofio antigo

Existem dois tipos de sistemas de movimentação usados nos Monofios, ou por pinhão e cremalheira ou por acionamento direto na roda.

A utilização do acionamento direto na roda é usado na versão mais baixa do Monofio, também chamado de Monofio sem programador, em que este é usado para realizar apenas um corte de cada vez.

O acionamento por pinhão e cremalheira é usado na versão mais avançada do Monofio, também chamada de Monofio com programador, em que este tem um modo de funcionamento automático que lhe permite realizar vários cortes de forma autónoma.

A utilização, no Monofio com programador, do sistema de pinhão e cremalheira deve-se a este teoricamente ser mais preciso e fiável, uma vez que neste modo é necessária precisão milimétrica. No entanto existem também outras máquinas que conseguem tal precisão usando o acionamento direto nas rodas. Para além de outras máquinas existem também Monofio sem programador que foram adaptados para corte automático, sendo que a adaptação feita foi só à montagem de motoredutores com *encoder*.

Sendo assim decidiu-se que para o novo Monofio iria ser usado o sistema de acionamento direto nas rodas, onde serão também usados *encoders* nas rodas movidas de forma que qualquer escorregamento das rodas motoras possa ser detetado e corrigido.

Na imagem abaixo podemos ver o sistema de acionamento.

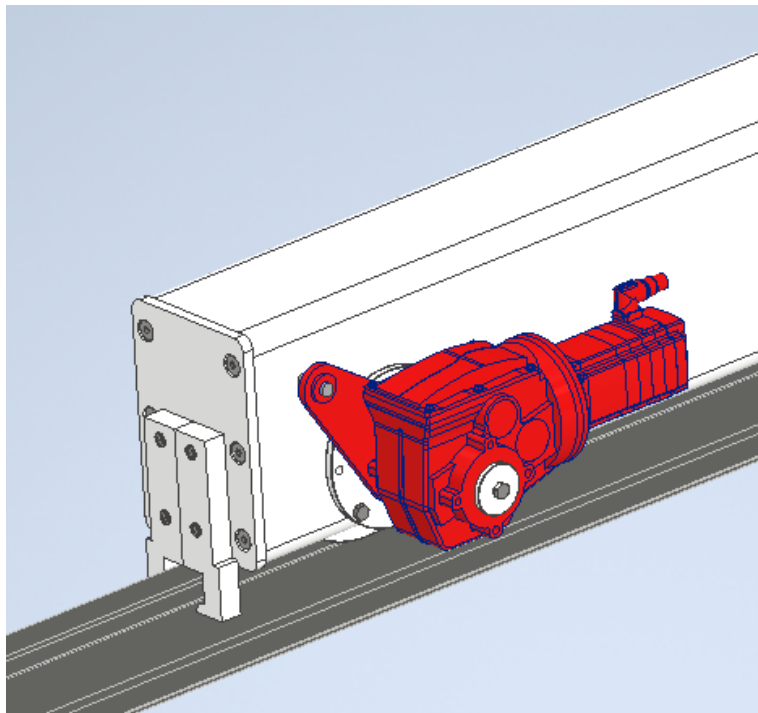


Figura 110-Sistema de movimentação do novo Monofio

A razão pela escolha deste sistema, mesmo sabendo que o sistema, pinhão e cremalheira, é mais fiável devido a não haver a necessidade de montar uma cremalheira ao longo de todo o carril. Neste sistema é necessário aplicar em todo o carril essa cremalheira e para tal são necessários maquinar barras de ligação para unir o carril e a cremalheira.

Na figura 111 podemos observar o carril e cremalheira unidos por barras maquinadas.

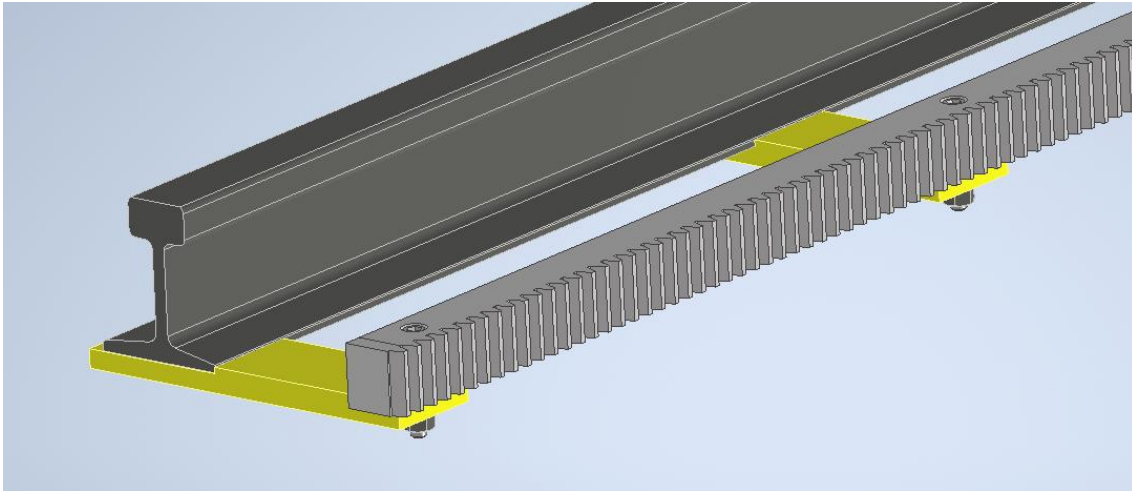


Figura 111-Carril do Monofio com cremalheira

Numa linha de carril de 15 m para o Monofio, serão necessários 30 m de cremalheira e perto de 50 barras maquinadas. Não usando este sistema é possível reduzir todo este custo com materiais e maquinações, e também será possível reduzir o custo da montagem do carril, que sem a cremalheira todo esse processo será mais rápido e simples.

Por fim todos os sistemas de acionamento e automação vão ser implementados pela SEW-Eurodrive Portugal. Com esta parceria a Metalviçosa pretende implementar nesta nova máquina, a qualidade e renome do material SEW, bem como atualizar todo o sistema de automação, de forma a melhorar o controlo da máquina. Pretende também implementar sistemas de monitorização para ajuda na manutenção, através da deteção e previsão de avarias, usando como por exemplo o esforço dos motores elétricos como referência, ou a análise estatística do tempo de utilização de consumíveis de forma que estes possam ser substituídos ou comprados com antecedência.

Será também objetivo a utilização da tecnologia 4.0, utilizando a centralização da informação, e possivelmente do controlo, de todas as máquinas, de forma que seja possível a análise geral de dados de corte e controlo de toda uma linha de produção quase autónoma partir de um espaço central.

Nas figuras abaixo podem ser observadas as duas versões do Monofio num único desenho de forma a poderem ser comparados.

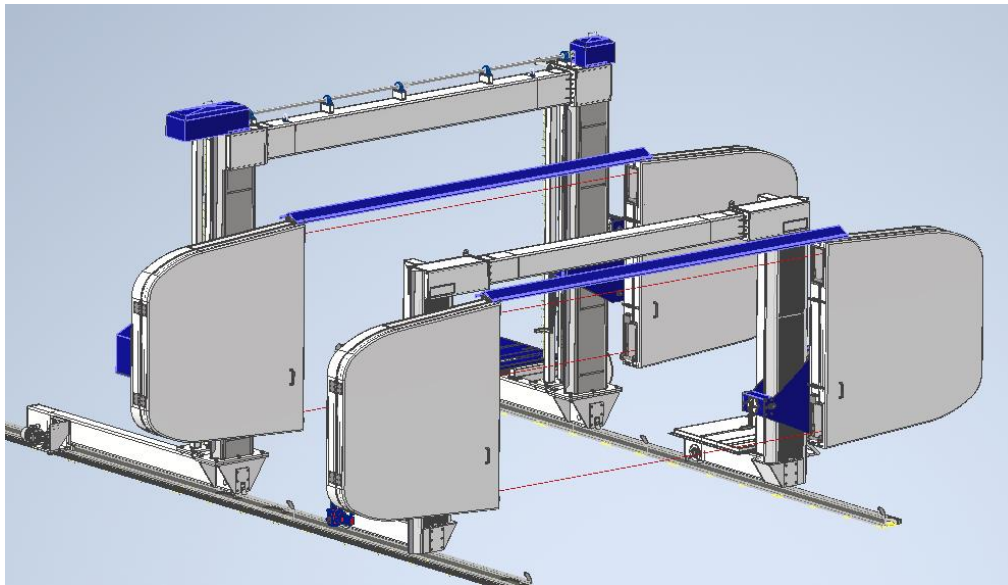


Figura 112-Comparativo dimensional dos Monofios

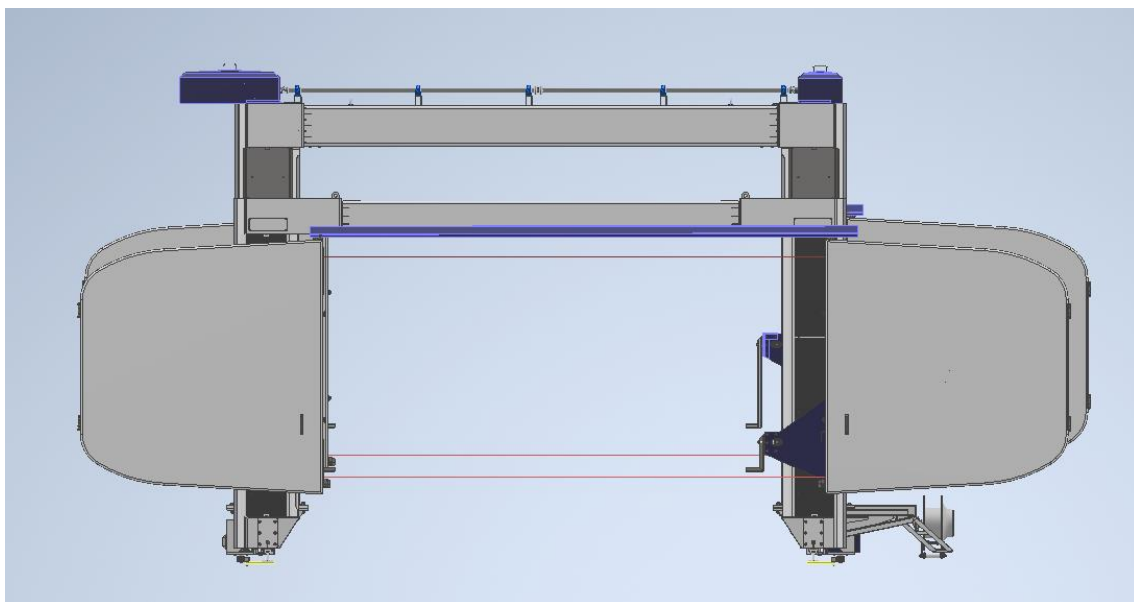


Figura 113- Comparativo da altura dos Monofios

Dos objetivos iniciais, foi possível reduzir a altura da máquina para aproximadamente 3,6m, e o comprimento para aproximadamente 2,5m.

Apesar do valor da altura estar 10cm acima do objetivo inicial, é esperado que esta possa ser na mesma transportada completamente montada.

À data deste relatório a máquina encontrasse em fase de construção.

6. Comissionamento de Máquinas e Assistência técnica

Durante o estágio foram colocadas em funcionamento várias máquinas e também realizadas várias assistências técnicas. Estas intervenções baseiam-se nos sistemas de automação das máquinas, onde foram realizadas a programação de autómatos, variadores e HMIs, e feitas todas as alterações necessárias para o correto funcionamento das máquinas.

6.1.MasterCut

A MasterCut é uma máquina que através de um fio diamantado realiza o corte das pedras. Esta máquina possui uma roda que faz girar o fio na pedra e ao mesmo tempo desloca-se sobre carris na direção oposta à pedra para tensionar o fio contra a mesma.

Podemos observar na figura 114 a máquina MasterCut.



Figura 114-MasterCut

Esta máquina possui um PLC, para realizar o controlo, e dois variadores de velocidade, um para controlar o motor elétrico que faz girar o fio diamantado e outro para controlar o motor elétrico que faz a deslocação da máquina.

O funcionamento da máquina é bastante simples, em que utilizando como referência o consumo em Amperes do motor que faz girar o fio, e a força linear que está a ser feita no mesmo, é realizado um controlo por PID no motor do deslocamento de forma a manter a carga e ou a corrente do motor do fio constantes num valor escolhido.

Nas imagens abaixo podemos observar o quadro elétrico da máquina e o variador do motor do fio.

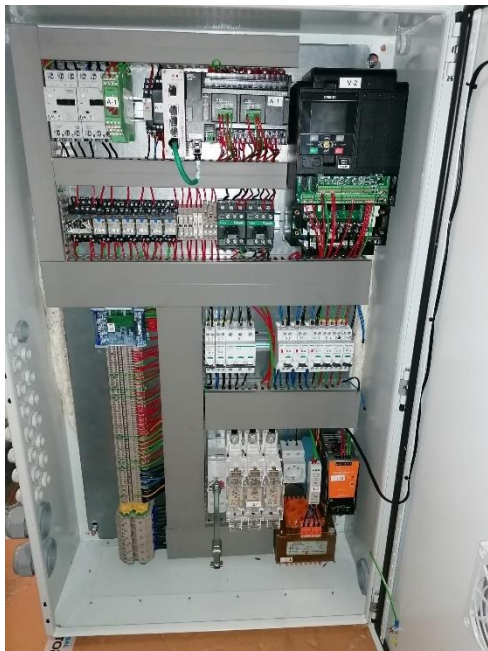


Figura 115-Quadro elétrico da MasterCut

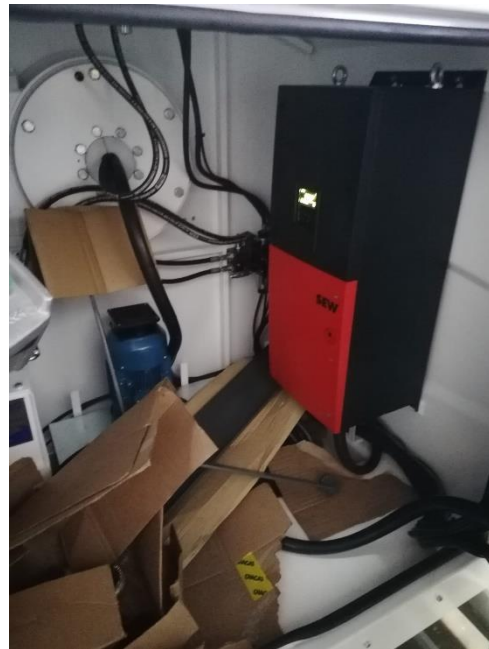


Figura 116-Variador do motor principal da MasterCut

Para realizar o comissionamento da máquina é primeiro transferido para o PLC (CP1L-EM40DT1-D), HMI (NB7W-TW01B) e variadores todos os programas e parametrizações necessárias ao seu correto funcionamento. Se não houver nenhuma alteração aos componentes da máquina, normalmente este processo é standard, sendo que não é necessário alterar nada nos mesmos.

De seguida é realizada a calibração de todos os sistemas da máquina, onde são realizadas a calibração da célula de carga e a calibração dos valores lidos pelo PLC das velocidades e consumos dos motores.

A calibração das células de carga é o processo cujo seu objetivo é a medição do valor, real e correto, da carga pelo PLC. A célula ao ser carregada com uma carga irá converter essa carga para um sinal elétrico que será depois enviado para o PLC. No PLC irá ser feita uma conversão desse valor lido para um valor equivalente em kg.

Para tal, é primeiro criada uma carga na máquina e medida através de uma balança o seu valor em kg, depois, na máquina, é ajustado através duma constante o valor lido até este ser igual ao valor da balança.

Este método de calibração implementado no programa do PLC assume que a célula de carga faz a conversão da carga para tensão de forma linear, o que na verdade não ocorre, e ao usar a máquina desta forma, se for usado um valor de carga diferente daquele para o qual ela foi calibrada, a máquina não irá realizar a conversão correta. Sendo este um defeito observado na mesma, será para futuras máquinas alterado o método de calibração da célula, usando métodos de interpolação para criar uma equação que melhor descreva o comportamento da célula de carga.

Para calibrar os valores lidos da corrente e velocidade, são também usadas constantes na programação do PLC para realizar a conversão dos sinais elétricos para valores em Amperes e m/s. Estas conversões podem ser realizadas usando a multiplicação por valores constantes visto que as suas características são lineares.

Para a realização do corte são utilizadas como referência a velocidade linear do fio e a velocidade de deslocamento da máquina. Para calcular a velocidade linear do fio é primeiro calculada a velocidade angular da roda usando como referência a velocidade em Hz do motor e depois sabendo o valor do perímetro da roda, é calculada a velocidade linear do fio.

A velocidade linear da translação é calculada da mesma forma que a velocidade do fio, mas com uma diferença, entre as rodas motoras e o motor existe uma relação de transmissão que tem de ser incluída nos cálculos.

Com as calibrações realizadas são depois realizados testes à máquina onde são testadas as suas seguranças e são verificados todos os modos de funcionamento da mesma, não sendo possível o teste real do corte visto não haver condições para o mesmo se realizar.

A nível de assistências técnicas dadas a estas máquinas, foram realizadas algumas nomeadamente na alteração de variadores de velocidade, no diagnóstico de avarias, e na afinação dos parâmetros da máquina.

Houve a necessidade de alterar um dos variadores de velocidade desta máquina visto que a versão utilizada tinha sido descontinuada. Para o substituir foi usado um variador do mesmo fabricante, mas a versão mais recente, sendo que houve a necessidade de criar de novo toda a parametrização do mesmo.

Noutra reparação foi identificado pelo cliente que a máquina não estava a mostrar a velocidade de corte. Para realizar o diagnóstico da máquina foi feita uma ligação remota à mesma através de um computador do cliente de forma a criar uma ligação com o PLC. Desta forma foi possível identificar avarias sem haver a necessidade dum deslocamento ao local.

Nesta operação foi identificado que o *encoder* não estaria a fazer a contagem, o que levava a máquina a não registar qualquer alteração na sua velocidade de corte.

Sabendo o motivo da avaria o cliente foi informado e o *encoder* foi substituído.

Outra situação em que foi necessária intervenção foi, numa máquina, em que um variador tinha sido substituído por um de marca diferente, e ao serem alterados os parâmetros não foi alterada a entrada para realizar o rearme de avaria do variador.

De forma a colocar a máquina em funcionamento sem ser necessária a deslocação de um técnico ao local, foi alterado na programação do PLC o rearme deste variador.

Sendo que a entrada digital do variador, que fazia o rearme, era a mesma que a da ordem de rotação dada pelo PLC, foi possível através apenas da programação resolver o problema, sem haver a necessidade de colocar mais ligações entre estes. Foi adicionado no programa um bloco que iria enviar um impulso para o terminal da rotação do variador para realizar o rearme, sendo este impulso temporizado de forma que o variador o reconhecesse como rearme e não como ordem de rotação.

Na figura 117 podemos observar as alterações realizadas ao programa para realizar o rearme do variador.

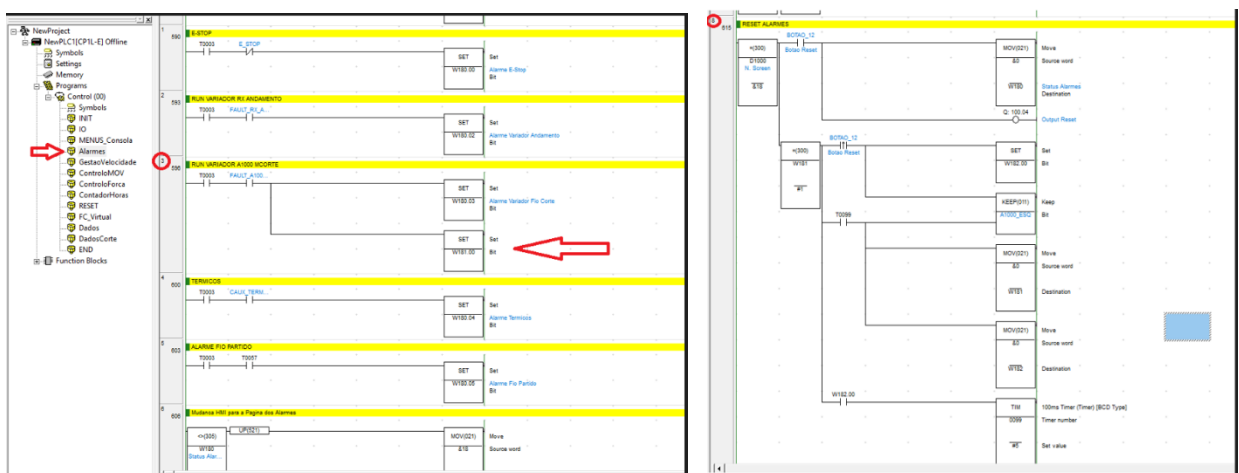


Figura 117-Alteração do programa do PLC

6.2.Monofio

O comissionamento da máquina Monofio é em tudo semelhante a MasterCut, no entanto em termos de complexidade o sistema do Monofio é mais complexo.

O Monofio possui um PLC para realizar todo controlo e quatro variadores de velocidade, um para controlar o motor elétrico que faz girar o fio diamantado, outro para controlar o motor elétrico que faz a deslocação vertical da máquina, e os dois últimos variadores são utilizados para fazer o deslocamento horizontal da máquina. Sendo utilizadas duas motorizações para deslocar o mesmo eixo, estas têm de estar em sincronismo uma com a outra, por isso é utilizado um sistema em que apenas um dos motores é comandado e o outro faz, através de *encoders*, o seguimento do primeiro.

Este sistema é normalmente chamado de controlo mestre/escravo ou de eixo eletrónico, visto que um dos motores irá copiar todos os movimentos do outro. Na figura 118 podemos observar um Monofio.



Figura 118-Monofio Poeiras (Antigo)

O comissionamento desta máquina é feito em duas fases, na primeira é testado o quadro elétrico em fábrica e na segunda é feito um teste á máquina nas instalações do cliente. Este processo é realizado desta forma porque devido as grandes dimensões da máquina ela terá de ser transportada desmontada de fábrica, então não pode ser instalada toda a parte elétrica na máquina.

Sendo assim o comissionamento da máquina começa pela programação e parametrização do PLC (CP1L-EM40DT1-D), HMI (NB7W-TW01B) e variadores.

Na figura 119 podemos observar o quadro elétrico da máquina a ser programado.



Figura 119-Quadro elétrico Monofio

No projeto desta máquina foram substituídos todos os variadores de velocidade para a versão mais recente, sendo que teve de ser criada toda a parametrização para esta nova versão. Usando como referência a parametrização antiga e o manual do variador, foram alterados todos os parâmetros necessários ao seu correto funcionamento.

De seguida foram ligados ao quadro os motores da elevação e translação de forma a serem testados. Neste passo é testado de forma rigorosa o sistema de motorização da translação, onde o sincronismo é crucial.

Neste passo é verificado se estes mantêm um posicionamento correto em diferentes gamas de velocidade, onde pode ser observado através de parâmetros de monitorização dos variadores a diferença da contagem dos pulsos dos *encoders* do motor mestre e do escravo. Foi possível observar que a velocidades baixas de aproximadamente de 0 a 20 hz o motor escravo seguia o mestre com um atraso de 350 pulsos de *encoder*, o que sabendo as características do *encoder* (1024 pulsos por revolução), a relação de transmissão (1:100) e o perímetro da roda dentada (220mm), este pode ser convertido para um atraso de 0,75 mm. A velocidades altas de aproximadamente 50 a 75 hz o atraso observado foi de 5000 pulsos o que equivale a aproximadamente 10 mm. E de referenciar que estas diferenças são observadas a velocidades constantes, sendo que quando os motores param, o motor escravo irá compensar esse desvio de forma a obter um movimento relativo ao ponto inicial exatamente igual ao mestre. Sendo assim estas diferenças são admissíveis porque o posicionamento final será sempre o correto independentemente do atraso que estes tenham durante a sua movimentação.

No entanto não existe, presentemente, um segurança para quando este desvio se torna demasiado elevado, o que leva a que quando existe algum erro ou problema com os variadores ou motores, onde apenas um dos motores entra em funcionamento, toda a estrutura do Monofio irá sofrer uma torção, até os variadores entrarem em erro por carga excessiva nos motores. Futuramente deverão ser configurados os variadores de forma que haja uma monitorização ao desvio posicional entre o motor mestre e o escravo, de forma que se o motor escravo não estiver dentro de um limite máximo desse desvio, o variador irá dar um alarme para paragem da máquina.

Estando os variadores e os motores em completo funcionamento, é de seguida realizada uma simulação ao funcionamento autónomo da máquina. Nesta simulação são inseridos na HMI os dados referentes aos cortes a realizar e de seguida é dada a ordem de corte. Dada a ordem de corte todo o processo deverá iniciar-se, onde todos os sistemas auxiliares serão automaticamente ligados e os variadores irão entrar em funcionamento, será possível assim observar se a ordem correta deste funcionamento está a ser cumprida.

Após estes testes a máquina é transportada para o cliente, onde serão depois ligados todos os componentes ao quadro elétrico. Com a máquina completamente montada é realizado um teste ao seu funcionamento.

A nível de assistências técnicas dadas a estas máquinas, foram realizadas algumas nomeadamente, no diagnóstico de avarias e alteração de programação.

Foi realizada uma alteração a uma máquina de um cliente, em que este se queixava que as correias das polias de acionamento do fio diamantado, estariam constantemente a escorregar, o que gerava um desgaste prematuro das mesmas. De forma a resolver este problema foi colocado um sensor indutivo, e uma barra metálica na polia, de forma que o sensor pudesse detetar a rotação da polia.

Na figura 120 podemos observar o sensor indutivo montado, de forma a detetar o movimento da polia.



Figura 120-Montagem do sensor indutivo

Na programação da máquina foi adicionado um pequeno bloco que faz a leitura do sensor indutivo e determina através de temporizadores se a polia esta a girar.

Na imagem abaixo podemos observar o programa adicionado.

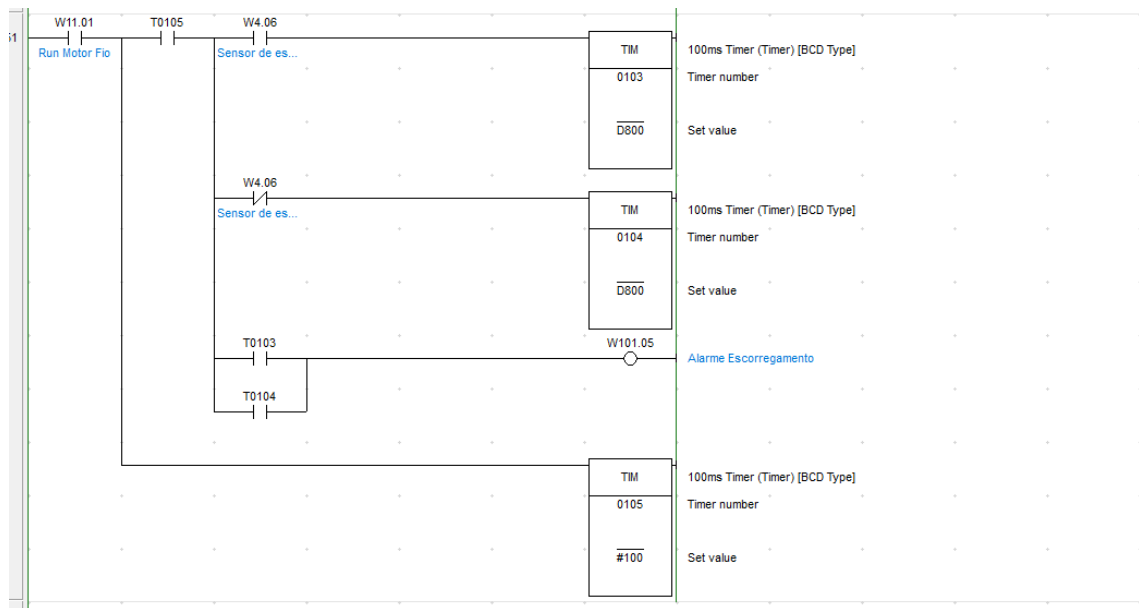


Figura 121-Programa para detecção do escorregamento

Podemos observar na figura 121 que sempre que a ordem de ativação do motor for dada, são esperados 10 segundos e depois será iniciada uma verificação contínua da velocidade da polia. A polia ao girar irá ativar e desativar o sensor indutivo, por um período de tempo determinado. Este período será depois temporizado pelo PLC de forma que se a polia parar de girar, ou alterar subitamente de velocidade devido ao escorregamento, esse período de tempo irá aumentar e será detetado pelo PLC ativando um alarme na máquina.

Durante esta alteração foi observado que nem sempre era detetado, pelo PLC, a alteração do sinal do sensor indutivo, sendo que era possível observar no sensor que este estaria a fazer a deteção correta da chapa fixada na polia.

Esta situação ocorre devido à velocidade de leitura das entradas digitais do PLC, onde estas precisam de manter o sinal por um determinado tempo mínimo de forma a detetarem a alteração do mesmo. Visto isto foi alterada a barra fixada na polia, onde foi aumentado o seu comprimento de forma que o ângulo de deteção do sensor fosse maior e o sinal detetado tivesse um período de tempo mais elevado permitindo assim que o PLC detetasse a sua alteração.

Outra intervenção realizada foi a alteração do quadro elétrico de um Monofio.

Todos os Monofios mais antigos usavam, para comunicar entre PLC e variadores, uma ligação RS485 ModBus. Por alguma razão essa ligação foi substituída, nos Monofios mais recentes, e foi implementada uma ligação através das entradas e saídas analógicas dos variadores.

Numa reparação a um Monofio antigo, foi necessário substituir um dos variadores de velocidade que estava danificado. Como era habitual foi feito a substituição, com a diferença de que o variador a ser substituído estava descontinuado. A substituição foi feita por um da mesma marca, mas a versão mais nova, onde foi necessário refazer a sua parametrização.

Foi realizada a sua instalação, e todas as comunicações entre PLC e variadores deixaram de funcionar. A introdução do variador da versão mais recente na malha de comunicação dos variadores fazia com que nenhum destes comunica-se com o PLC.

Chegado a este bloqueio foi realizado um pedido de assistência à marca para tentar que este problema fosse resolvido, o que após alguns dias de trabalho onde os técnicos da marca estiveram diretamente ligados à máquina, foi determinado que não seria possível, para esta máquina, ser realizada a comunicação usando variadores de versões diferentes.

Devido à necessidade por parte do cliente de que a máquina fosse rapidamente reparada, não foi possível determinar a causa do problema de comunicação e foi decidido que essa comunicação seria substituída pelo sistema atual dos Monofios, onde são utilizadas as entradas e saídas analógicas para realizar a comunicação.

Foi então substituído no PLC a carta de comunicação RS485 por duas cartas de entradas e saídas analógicas, foi adicionado um conversor lógico para fazer a conversão dos sinais do *encoder* de 5 V para 24 V de forma a poder ser feita a leitura da posição da máquina pelo PLC, foi substituída a programação de todos os componentes e foram alteradas todas as ligações de forma a corresponderem ao esquema elétrico atual. Desta forma foi possível colocar a máquina de novo em funcionamento.

A alteração das comunicações em Monofios mais recentes deve-se ao facto da comunicação RS485 implementada nestes PLC não ser muito fiável, onde a existência de muitas avarias relacionadas com estas levaram a que todas as comunicações passassem a ser feitas de forma analógica.

7. Conclusão

Este estágio teve como objetivo principal o desenvolvimento de projetos de máquinas e estruturas metálicas.

Durante o período de estágio na Metalviçosa foi-me atribuído alguns projetos da empresa, sendo que foi necessário fazer uma gestão temporal dos mesmos, de forma a dar resposta aos diversos setores produtivos. A gestão temporal destes foi feita de forma que todos os projetos cumprissem com os prazos de conclusão e ao mesmo tempo não houvesse setores da produção parados. O desenvolvimento dos projetos não foi feito de forma contínua do princípio ao fim, estes foram intercalados nas diversas etapas, de forma que toda a produção ocorresse de forma contínua, e não existissem períodos de espera para desenvolvimento de projeto, o que iria criar interrupções na fluidez dos trabalhos.

Esta dinâmica de trabalho permitiu desenvolver a capacidade de organização temporal de um projeto, bem como a capacidade para realizar todo um conjunto de projetos em simultâneo, conseguindo, de forma eficaz e organizada, o desenvolvimento dos mesmos de forma a dar uma resposta contínua aos diferentes setores da produção.

Foram realizados quatro projetos ao longo do estágio, onde foi possível ter contacto com diferentes processos e áreas de trabalho.

O projeto de construção das estruturas para o jardim de Pardais, permitiu ter um contacto direto com outros setores da engenharia, como o setor da construção civil, onde foi possível usando como base desenhos fornecidos por arquitetos e topógrafos, criar todo um projeto de construção de uma estrutura metálica, atendendo às características das construções existentes no local.

Este projeto foi de extrema importância para o desenvolvimento das capacidades e aptidões profissionais. Houve uma saída da zona de conforto, onde as dimensões geométricas do projeto foram alteradas do milímetro para o metro, ou seja, devido as grandes dimensões da estrutura projetada houve alguma preocupação se no final do projeto este teria a precisão necessária para que tudo batesse certo.

Usando métodos inovadores como a digitalização 3D do terreno, foi possível aliviar algumas dessas preocupações, dando a confiança necessária de que se todas as medidas fossem respeitadas todo o projeto seria bem concretizado.

O projeto de construção dos contentores de resíduos permitiu ter um contacto direto com o cliente, sendo que foi possível analisar as necessidades deste setor, onde pela inexistência de empresas de produção destes contentores, estes estariam a perder oportunidades de negócio. Tal como este cliente, existem muitos mais onde a necessidade de equipamentos específicos cujos produtores não lhes conseguem dar resposta, não lhes permite expandir o negócio. Sendo assim a procura ativa destas lacunas nos diversos setores e a divulgação das competências polivalentes da Metalviçosa, podem ser uma mais-valia para o crescimento da mesma.

A Monolâmina foi um projeto desafiante, pelo facto de toda a informação necessária à sua construção estar presente, mas devido à sua antiguidade, todo o conhecimento sobre o seu projeto e o seu funcionamento foi perdido. A reconstrução de toda a máquina, peça a peça, permitiu não só refazer o projeto, mas também obter um conhecimento profundo sobre o seu funcionamento. Foi possível observar o tipo de tecnologias usadas na mesma possibilitando um desenvolver dos conhecimentos gerais sobre as mesmas, nomeadamente do sistema de tensionamento.

O projeto do novo modelo de Monofio, o Monofio Block24, foi também ele um desafio importante. Tendo como objetivo principal a diminuição dos custos de produção, foi necessário realizar um estudo de forma a identificar pontos fortes e pontos onde seria possível melhorar. Foram observados dois pontos cruciais de possível redução de custos, o primeiro foi a redução das dimensões totais da máquina, de forma que a máquina pudesse ser transportada de fábrica completamente montada, e o segundo foi a redução da complexidade dos sistemas mecânicos.

Durante todo este processo de alteração foram desenhadas/estudadas várias possibilidades para o Monofio, desde a utilização de guias e patins á utilização de quatro rodas em vez das duas presentes na versão final. Em todo este processo foi dada a oportunidade de “criar”, ou seja, usar a criatividade para criar um *desing* diferente para as diferentes estruturas do Monofio e reestruturar todos os seus sistemas, coisa que nos restantes projetos era limitada.

Toda a criação do projeto foi realizada de forma iterativa onde foram criadas diferentes versões para o Monofio, algumas dessas foram descartadas, outras mantiveram-se e ainda outras que serão futuramente estudadas para possível integração noutra modelo da máquina.

Para projetos futuros, a empresa tem como objetivo um desenvolvimento contínuo de todas as suas máquinas, bem como a implementação da tecnologia 4.0 de forma a tornar as máquinas mais proactivas e desenvolvidas tecnologicamente.

A curto prazo irá ser desenvolvido o projeto de uma MasterCut de dimensões e potência inferiores a atualmente comercializada, de forma a dar resposta as necessidades dos clientes que não necessitam de uma máquina com tanto poder de corte.

Será também desenvolvido o projeto de plataformas flutuantes, para comercialização, sendo este outro setor onde existe pouca oferta para a constante procura.

Para o futuro a empresa tem como objetivo o desenvolvimento do projeto da máquina “Bifio”, visando a simplificação dos seus sistemas tal como realizado no Monofio, tem também como objetivo desenvolver um Monofio CNC e por fim a criação de um Multifios.