



isec
Engenharia

DEFINITIVO

MESTRADO EM ENGENHARIA
MECÂNICA

**Desenvolvimento e Otimização de
Sistema de Separação Magnética de
Metais Ferrosos**

Autor

João Carlos Miranda Rosendo

Orientador

Professor Doutor Luís Filipe Pires Borrego

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Julho de 2022



isec
Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Desenvolvimento e Otimização de Sistema de Separação Magnética de Metais Ferrosos

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do
grau de Mestre em

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos
Mecânicos

Autor

João Carlos Miranda Rosendo

Orientador

Professor Doutor Luís Filipe Pires Borrego

Supervisores na empresa Quantal S,A

Engenheiro Carlos António Ferreira Furtado

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Julho de 2022

AGRADECIMENTOS

O Estágio de mestrado é a etapa final do meu percurso académico, porém este só foi possível com a ajuda de várias pessoas e instituições e por isso não poderia deixar de agradecer a todos os que contribuíram nesta etapa.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor Doutor Luís Borrego por todo o apoio, ajuda, orientação e disponibilidade prestada ao longo deste tempo.

Ao Engenheiro Paulo Quintal, que me abriu as portas da sua empresa para a realização do meu estágio, agradeço a oportunidade dada, visto que atravessávamos uma fase pandémica e a empresa não estava a aceitar estagiários.

Ao Engenheiro Carlos Furtado, meu supervisor, por me ter ajudado na integração na equipa de Engenharia e por toda a disponibilidade e simpatia prestada para comigo.

Ao Bruno Joel, meu supervisor e chefe de Engenharia de Prototipagem, quero agradecer por toda a ajuda prestada e por todos os desafios lançados que contribuíram bastante para o meu futuro profissional.

À equipa de Engenharia de Prototipagem, que me ajudou bastante no conhecimento dos processos de produção efetuados na empresa e pela formação no *Software CATIA V5*.

Aos meus amigos pela força e motivação que me deram nos bons e maus momentos.

À minha amiga Sílvia pela ajuda e apoio prestado pois sem os mesmos não seria possível chegar ao fim desta etapa.

Por fim e mais importante, um agradecimento muito especial à minha família, em especial aos meus pais e irmã, pelo apoio incondicional e por me incentivaram à conclusão desta última etapa.

RESUMO

Na indústria, uma empresa para apresentar uma boa gestão de resíduos, precisa de realizar a separação dos mesmos de forma correta.

A separação dos resíduos de forma apropriada faz toda a diferença na preservação do meio ambiente, pois esta evita que muitos materiais recicláveis acabem em aterros ou sucatas. Porém, o mais importante de tudo é que com a separação de resíduos evitamos que estes se esgotem na natureza.

A ideia de reciclagem é muito difundida, além de que se percebe que há um maior rigor por parte das indústrias quanto ao destino final de resíduo-devido à nova legislação em vigor, à qual as empresas têm que se adequar.

A empresa Quantal S.A, propôs-me este projeto visto ser uma das maiores lacunas da empresa. Como não estava a conseguir elaborar uma separação correta dos metais, a mesma não estava a realizar uma reciclagem correta.

O presente trabalho foi desenvolvido em várias etapas começando por fazer um levantamento de dados para percebermos como se poderia implementar o projeto. De seguida, depois de estar tudo bem definido, avançamos para o desenvolvimento do projeto onde começamos por modelar alguns componentes através do *software Catia v5*. Depois de termos o *template* do projeto definido, avançamos com a modelação dos restantes componentes.

Depois de finalizada a parte correspondente à modelação 3D de todos os componentes, tivemos de definir todos os processos de fabrico envolventes e em simultâneo, efetuamos uma avaliação de cotação para ter a perceção de todos os custos envolvidos para, futuramente, implementar o projeto na empresa.

Por fim, para completar o projeto, foi elaborada uma simulação de fadiga da estrutura para podermos concluir se esta estava apta para ser implementada.

Palavras-Chave: meio ambiente, reciclagem, resíduos, componentes, processos, cotação, simulação, elementos finitos...

ABSTRACT

In the industry, for a company to present good waste management, it needs to do its proper separation.

The correct separation of waste makes all the difference in preserving the environment, as it prevents many recyclable materials from ending up in landfills or scrap, but the most important of all, with the separation of waste, we prevent them from running out in the nature. The idea of recycling is very widespread, in addition to which it is perceived that there is greater rigor regarding the final destination of waste, due to the new legislation, which companies have to adapt to.

The company Quantal SA, proposed this project to me as it is one of the company's biggest flaws, as it was not managing to prepare a correct separation of metals, with this, the company was not performing a correct recycling.

This work was developed in several stages, starting with a survey of data to understand how the project could be implemented. Then, after everything is well defined, we move on to the development of the project, where we start to model some components, using the Catia v5 software. After we have the project template defined, we proceed with the modeling of the remaining components.

After completing the part corresponding to the 3D modeling of all components, we had to define all the surrounding manufacturing processes and, simultaneously, a quotation evaluation was carried out to understand all the involved costs so that, in the future, the project could be implemented in the company.

Finally, to complete the project, a fatigue simulation of the structure was prepared so that we could conclude if it was ready to be implemented.

Keywords: Environment, recycling, waste, components, processes, quotation, simulation, finite elements...

INDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Apresentação da empresa.....	1
1.2. Enquadramento do Estágio	4
1.3. Objetivos.....	5
1.4. Produção Quantal S.A.....	5
2. INTRODUÇÃO AO PROJETO.....	6
2.1. Reciclagem de metais na indústria.....	6
2.2. Estampagem.....	7
2.3. Prensa mecânica e ferramenta progressiva	8
3.1. Planeamento do trabalho.....	11
3.2. Componentes do projeto	11
3.3. Processos de fabrico.....	24
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	27
5. CONCLUSÃO	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Quantal S.A.....	1
Figura 2 - Quantal – Organograma.....	3
Figura 3 - Volume de Negócios em 2016.....	4
Figura 4- Diagrama de transformação de metais.....	6
Figura 5 - Porta de um automóvel	7
Figura 6 – Ferramenta.....	8
Figura 7 - Alimentador de bobinas de chapa.....	9
Figura 8 - Ferramenta progressiva.....	9
Figura 9 - Prensa mecânica e tapete transportador	10
Figura 10 - Tapete transportador de sucata	10
Figura 11 - Sistema atual de separação de metais ferrosos	12
Figura 12 - Estrutura do tapete transportador de sucata	12
Figura 13 - Sistema de separação de metais ferrosos	13
Figura 14 – Pavilhão.....	14
Figura 15 - Fim de curso tapete transportador.....	15
Figura 16 - Tapete <i>Harker Solutions</i>	15
Figura 17 - Eletromagnético <i>Felemang</i>	16
Figura 18 - Rampa de distribuição	17
Figura 19 - Estrutura principal de suporte	17
Figura 20 - Estrutura de fixação do tapete.....	18
Figura 21 - Estrutura de suporte do contentor pequeno.....	18
Figura 22 - Estrutura de fixação do Conjunto Rampa-Motor.....	19
Figura 23 - Caixa saída dos eletromagnéticos	19
Figura 24 - Conjunto moto-redutor	20
Figura 25 - Sistema de fixação do Eletromagnético.....	21
Figura 26 – <i>Trolleys</i>	21
Figura 27 - Barras de suporte dos eletromagnéticos e trolleys.....	22
Figura 28 - Tubos estabilizadores.....	23

Figura 29 - Contentor para aço carbono	23
Figura 30 - Contentor para aço inoxidável	24
Figura 31 - Condições de Fronteira e cargas - Estudo 1	28
Figura 32 - Tensões <i>Von Mises</i> - Estudo 1	29
Figura 33 - Tensões Von Mises - Estudo 1	29
Figura 34 - Tensões <i>Von Mises</i> – Estudo 1	30
Figura 35 - Erro nas tensões - Estudo 1	30
Figura 36 - Deslocamentos URES - Estudo 1	31
Figura 37 - Deslocamentos - Estudo 1	32
Figura 38 - Deslocamentos - Estudo 1	32
Figura 39 - Condições de fronteira e cargas - Estudo 2	33
Figura 40 - Tensões <i>Von Mises</i> - Estudo 2	34
Figura 41 - Tensões <i>Von Mises</i> - Estudo 2	35
Figura 42 - Erro nas Tensões - Estudo 2	35
Figura 43 - Deslocamentos URES - Estudo 2	36
Figura 44 - Deslocamentos – Estudo 2	36
Figura 45 - Erro nos Deslocamentos - Estudo 2	37
Figura 46 - Condições de fronteira e cargas - Estudo 3	38
Figura 47 - Tensões <i>Von Mises</i> - Estudo 3	38
Figura 48 - Tensões <i>Von Mises</i> - Estudo 3	39
Figura 49 - Erro nas Tensões - Estudo 3	39
Figura 50 - Deslocamentos URES - Estudo 3	40
Figura 51 - Deslocamentos	40
Figura 52 - Erro nos Deslocamentos	41

ÍNDICE DE QUADROS

Tabela 1 - Tabela de custos de produção.....	26
Tabela 2 - Propriedades do SAE 1020.....	27
Tabela 3 - Resultados do estudo 1	30
Tabela 4 - Resultados do estudo 2	34
Tabela 5 - Resultados do estudo 3	39

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

AISI - American Iron and Steel Institute

CNC - Computerized Numerical Control

2D – Duas Dimensões

i – Relação de Transmissão

Rpm – Rotações por minuto

3D – Três dimensões

N_1 – Velocidade de rotação de entrada

N_2 - Velocidade de rotação de Saída

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação da empresa



Figura 1 - Quantal S.A

A Quantal Laser Tecnologia S.A. representada na figura 1, foi a primeira empresa do grupo fundada em 1995, com a atividade de corte laser 2D e com uma pequena parte em protótipo. Desde logo começou a exportar a um nível elevado, sendo Espanha o seu primeiro mercado. Com o aumento da procura e do volume de produção a empresa viu-se obrigada a aumentar a área de produção de 400 m^2 para 900 m^2 em 1997 e em 1999 para 1350 m^2 , adquirindo ainda novos equipamentos, de modo a responder ao mercado.

Seis anos depois fundou-se em 2001 a empresa Formstampa Lda., com especialização em construção, portas de segurança e acabamentos, focada no mercado de África. A empresa tem como atividade principal o “Desenvolvimento e industrialização de produtos metálicos com aplicação de novas tecnologias”, empregando 34 funcionários.

O volume de exportação foi aumentado, para o mercado Francês em 2002 e o Alemão em 2005, obrigando a Quantal S.A. aumentar a sua área três vezes em cinco anos, cerca de 1650 m^2 .

Surgiu em 2006 a necessidade de criar uma empresa dedicada à seleção, tratamento e comércio de materiais recicláveis, fundando-se a Traed, com o objetivo de fazer face a elevada quantidade de material excedente e sobras das empresas do grupo Quantal. No entanto, atualmente esta empresa já não existe.

O setor automóvel começou a ter um elevado valor nas contas da empresa, sendo vantajoso criar uma empresa especializada em estampagem metálica, pelo que se formou em 2007 a Espam S.A., 85% direcionada para o setor automóvel. A empresa tem como atividade principal a fabricação de produtos forjados, estampados, localizando-se as suas instalações, em Ribeirão, Vila Nova de Famalicão, atualmente com 25 colaboradores.

Neste mesmo ano a Quantal S.A. começa a exportar para a Suíça e inaugura as novas instalações em Rio Mau, Vila do Conde, com 6000 m².

Para solucionar o excesso de consumo de azoto no setor de corte de laser e de modo à empresa tornar-se autossustentável foi criada a Nitrox, em 2008, especializada na produção de azoto. Porém esta empresa já não se encontra em atividade, sendo estes serviços contratados.

Respondendo as necessidades dos clientes, em 2011, criou-se a Growstamp S.A. dedicada à produção de equipamentos agrícolas e industriais, essencialmente direcionada para o mercado Nacional. Esta empresa tem atividade principal a fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis, operando nas antigas instalações da Quantal S.A., em Amorim, Póvoa de Varzim, apenas com 3 funcionários.

Empreendendo uma nova estratégia de marketing, a empresa em 2012 muda o seu nome para “Quantal Group”. De modo a reorganizar a Quantal Group S.A, em 14 de Outubro de 2016 formou-se a Quantal Investments Limitada com a atividade principal de “compra e venda de bens mobiliários, passando a gerir o imobiliário do grupo. Assim, em Agosto de 2017 passou a deter os imóveis da Quantal S.A., através de uma Cisão/Fusão e ainda o imóvel afeto a atividade da Espam por uma aquisição. Com a reorganização do Grupo Quantal, surgiu ainda a Quantal Management,Lda, com 15 funcionários, pretendendo-se com esta uma melhor racionalização e eficácia da gestão global das sociedades envolvidas, quer ao nível operacional, comercial, logístico e financeiro. A empresa tem como objeto social a prestação de serviços corporativos e de serviços de gestão, assim como diversos operacionais de natureza partilhada, como os administrativos, financeiros, recursos humanos, sistemas de informação, e compras de materiais, equipamentos e serviços.

A maior empresa do grupo, a Quantal S.A., tem como objeto social a atividade de processamento de materiais e operações de tecnologia laser” e fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis”, empregando mais de 250 colaboradores.

Neste momento a Quantal S.A é a empresa que sustenta a Quantal Group S.A, a mesma está organizada nos seguintes setores: Administração, Administrativo e Financeiro, Planeamento, Logística, Comercial, Engenharia, Qualidade, Manutenção, Informatica, Compras e subcontratação, Produção, tal como se apresenta no organograma seguinte, figura 2.

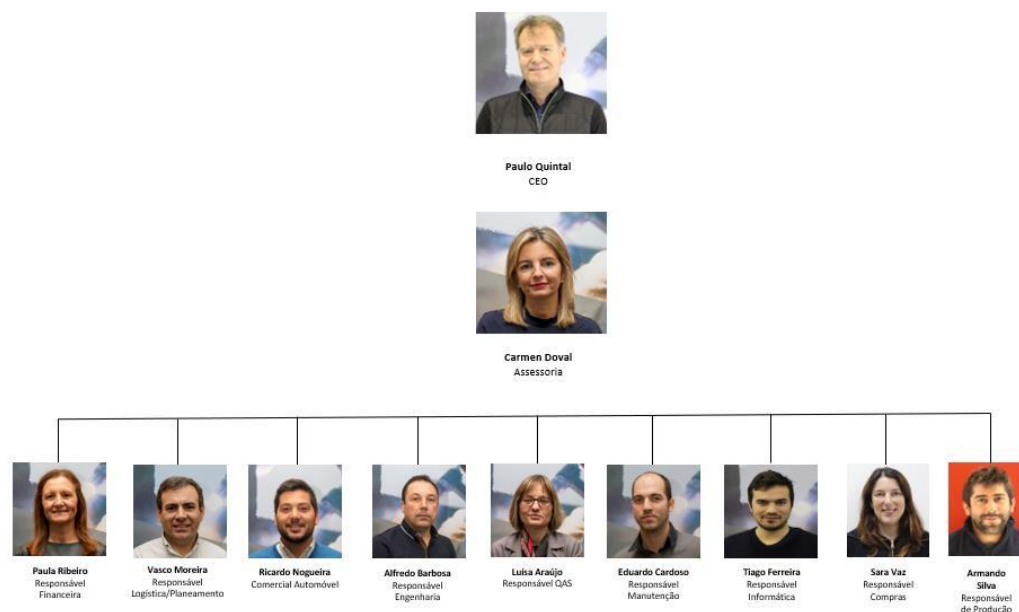


Figura 2 - Quantal – Organograma

Produção

Ao longo dos anos a empresa Quantal S.A foi evoluindo e esteve sempre focada em melhorar e procurar as melhores opções de fabrico dos componentes, apostando assim nas melhores tecnologias de fabrico. Neste momento a empresa apresenta os seguintes setores de produção:

- Corte de laser 2D e 3D
- Ferramentaria: Maquinação CNC, torneamento, corte de fio...
- Quinagem
- Estampagem (Protótipo)
- Estampagem Série
- Soldadura
- Soldadura Robotizada
- Qualidade
- Pintura
- Montagem
- Embalamento
- Logística

Desde o início que a empresa apostou na internacionalização, representando o mercado externo 83% do seu volume de negócios. Na figura 3, pode-se observar o volume de negócios obtido em cada país, sendo os mais significativos Espanha (22%), Suíça (19%), Alemanha (14%), e França (11%).

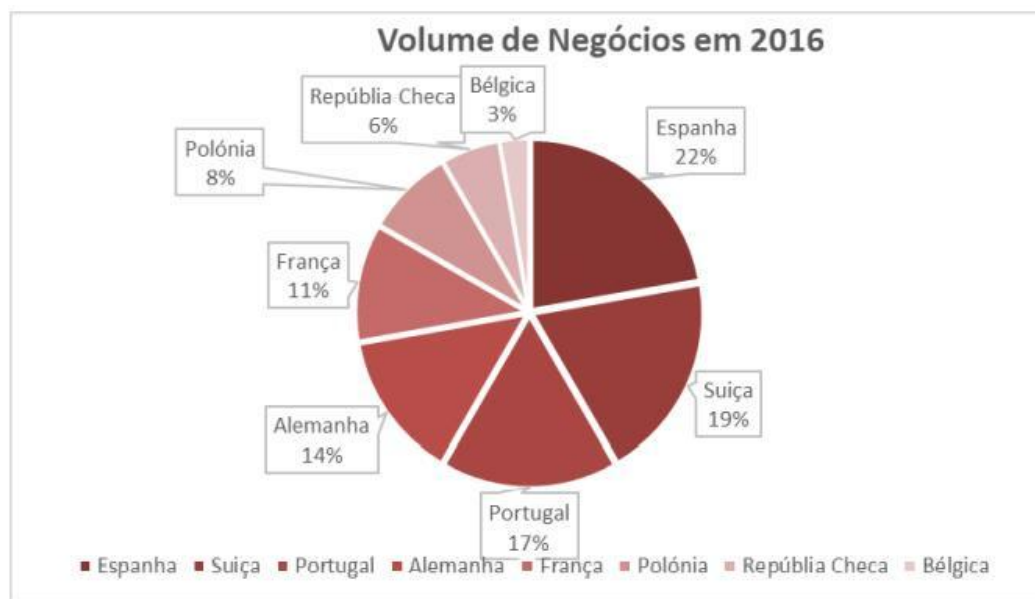


Figura 3 - Volume de Negócios em 2016

1.2. Enquadramento do Estágio

O presente relatório titulado de “Desenvolvimento e otimização do sistema de separação magnética de metais ferrosos”, foi elaborado no âmbito do estágio curricular desenvolvido na empresa Quantal S.A. Vila do Conde, a fim de concluir o Mestrado em Engenharia Mecânica, na área de Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos, pelo Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

O presente projeto de separação magnética de metais ferrosos insere-se no setor Série automóvel na empresa Quantal S.A., este setor está responsável pela produção em série de componentes mecânicos maioritariamente para automóveis através do processo de fabrico de estampagem. Os materiais mais utilizados frequentemente são os aços ao carbono e os aços inoxidáveis, mas em conjunto com estes temos também as ligas de alumínio e titânio, entre outros. A linha de produção Série A automóvel somente trabalha em simultâneo com metais ferrosos, os aços carbonos e os aços inoxidáveis. Devido às normas impostas, as empresas são obrigadas a realizar a separação dos diferentes materiais, posto isto, o presente projeto irá ajudar a empresa na separação dos materiais acima referidos, de uma forma eficaz e sustentável.

É importante referenciar que o sistema de separação dos metais, presente na empresa não tinha a capacidade de fazer a separação a 100 %. Isto era uma lacuna para a empresa, visto que esta estava a perder bastante dinheiro na venda da “sucata”. Com isto, foi-me proposto o desafio de elaborar um projeto para otimização e desenvolvimento de um sistema de separação magnética de metais ferrosos.

O presente projeto é composto por uma estrutura e um conjunto de equipamentos responsáveis pela separação de sucata, com um conjunto de eletromagnéticos cuja função é recolher os resíduos de aço carbono separando-os dos resíduos de aço inoxidável, pelos tapetes

transportadores responsáveis pelo transporte dos resíduos, por dois contentores cuja função é armazenar os resíduos de dois materiais distintos, o aço carbono e o aço inoxidável entre outros componentes.

1.3. Objetivos

O principal objetivo deste projeto englobado no estágio na Quantal, consiste no desenvolvimento de um método para conseguir obter o maior e melhor rendimento possível para o sistema de separação magnética de metais ferrosos.

Para que seja possível atingir este objetivo, foi necessário alcançar um conjunto de objetivos secundários:

1. Definição dos tipos de materiais utilizados;
2. Quantificar o desperdício produzido em média por semana;
3. Análise da área disponível para implementar o equipamento;
4. Definir uma alternativa para efetuar a troca de contentores sem que o sistema tenha de parar;
5. Obtenção de uma distribuição linear nos contentores de armazenamento;
6. Avaliação do sistema de manutenção.

1.4. Produção Quantal S.A

A Quantal S.A é uma empresa direcionada maioritariamente para a conformação de metais, sendo especializada em protótipos e peças de serie do setor automóvel. A empresa está sempre pronta a evoluir no que diz respeito à aquisição de novos equipamentos com tecnologias avançada, com o intuito de melhorar e otimizar os processos e métodos de produção, como por exemplo, a tecnologia de corte laser 2D, a tecnologia de corte laser, soldadura laser robotizada entre outros. É uma empresa com uma elevada autonomia no que diz respeito a ter que recorrer a subcontratações para concluir o ciclo de uma peça. O setor com maior impacto no volume de produção da empresa é o corte laser.

2. INTRODUÇÃO AO PROJETO

2.1. Reciclagem de metais na indústria

Além do incentivo financeiro, existe um imperativo ambiental para efetuar a reciclagem de metais. A reciclagem dos metais é uma mais-valia para preservar os recursos naturais, uma vez que, ao reciclar os mesmos, estamos a reduzir o consumo de energia utilizado no processo de fabrico, evitando assim o uso de matérias-primas virgens. O processo de refinamento das matérias virgens é bastante mais dispendioso tanto a nível monetário como a nível da sustentabilidade. Outras vantagens de reciclar os metais é a redução de emissões de dióxido de carbono, considerado um dos maiores problemas a nível mundial, mas também a redução de emissões de gases prejudiciais para a saúde. Outro fator não menos importante, é a redução de custos nas empresas de produção uma vez que estas conseguem comprar a matéria-prima mais barata. Se estas não reciclassem, o preço da matéria-prima era cada vez mais elevado, devido ao processamento das matérias-primas virgens ser mais dispendioso. A figura 4 representa em síntese o ciclo das matérias-primas na indústria.

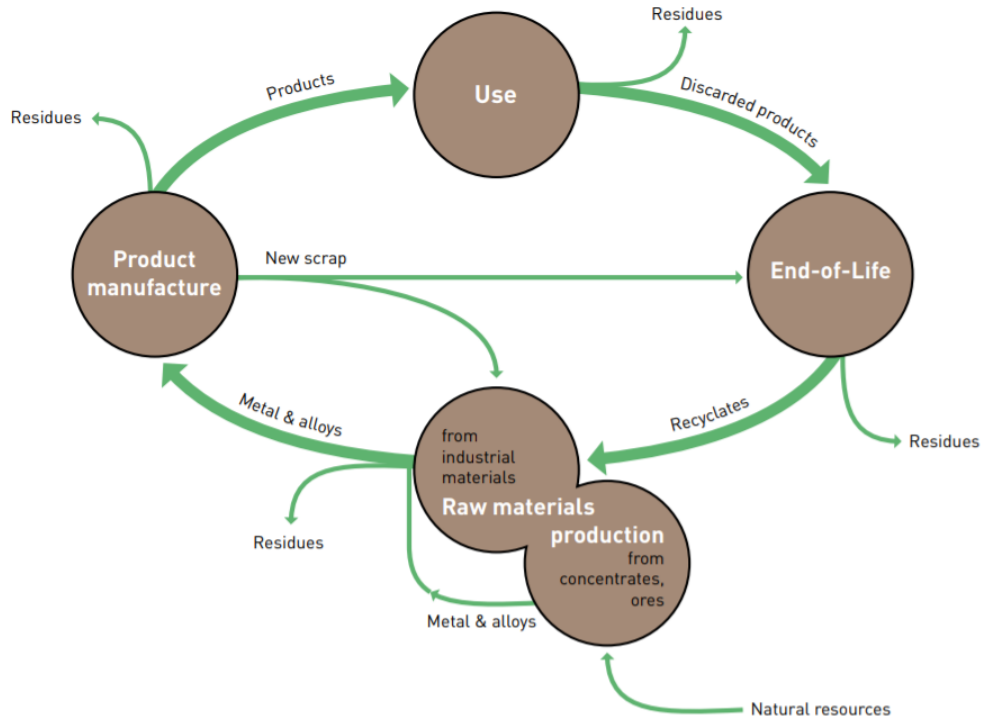


Figura 4- Diagrama de transformação de metais

2.2. Estampagem

A estampagem é um processo de alteração da forma através da deformação plástica do material (chapa). Através da estampagem são obtidos componentes não planificáveis, isto é, que não poderiam ser obtidos por dobragens sucessivas como no caso da quinagem. O método de estampagem em comparação com o método de quinagem impõe níveis de deformação plástica maiores.

Durante o processo de estampagem as peças são sujeitas a deformações de tração e compressão, dependendo da geometria que se quer obter. As peças mais comuns que se podem obter pelo método de estampagem são, por exemplo: portas para automóveis (figura 5), recipientes, utensílios de cozinha, latas de bebida, etc. Maior parte dos componentes fabricados por este método são usados/consumidos pelas seguintes indústrias: automóvel, alimentar e farmacêutica.



Figura 5 - Porta de um automóvel

Este processo é executado através de um conjunto de componentes designado por “Ferramenta” ilustrado na figura 6. Os principais componentes responsáveis pela obtenção da peça são o punção, a matriz e o serra-chapas.

O serra-chapas, por norma, é o elemento móvel enquanto o punção e a matriz são elementos fixos. Estes conjuntos têm de estar devidamente guiados entre si para não haver colisão entre eles, mas o fator predominante é garantir com elevada precisão a geometria final da peça.

Para tal ser possível, é necessário guiar o conjunto-matriz com o conjunto punção através de casquilhos de guiamento e colunas de guiamento.

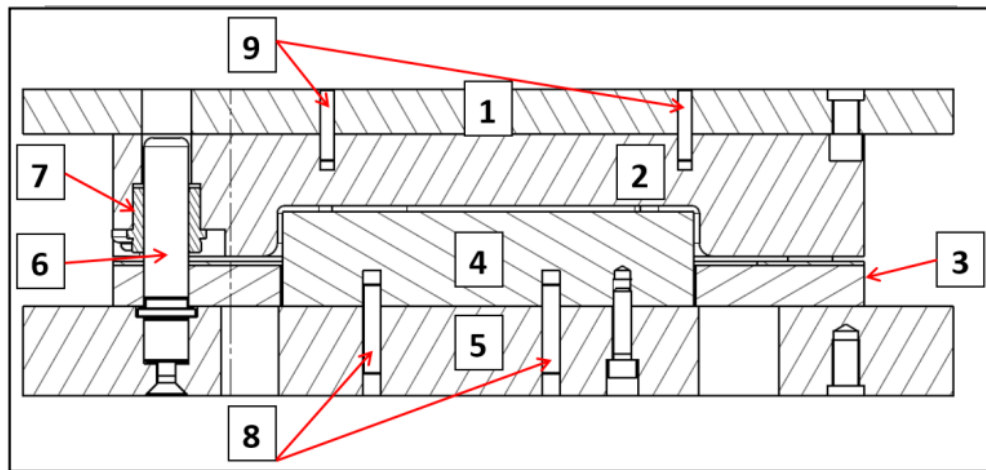


Figura 6 – Ferramenta

Legenda:

1. Base de aperto da matriz
2. Matriz
3. Serra-chapas
4. Punção
5. Base de aperto do punção
6. Coluna de guiamento
7. Casquilho de guiamento
8. Cavilhas de posicionamento entre punção e base de aperto
9. Cavilhas de posicionamento entre matriz e base de aperto

2.3. Prensa mecânica e ferramenta progressiva

Na produção em série os equipamentos utilizados para a produção dos componentes são as prensas mecânicas e estas necessitam de estar sempre alimentadas através de bobinas de chapa variando o tipo de material. Para tal, as bobinas de chapa estão num equipamento designado por alimentador de bobinas automático (figura 7) que é responsável pelo desenrolamento da chapa e pelo seu estiramento.



Figura 7 - Alimentador de bobinas de chapa

Neste contexto, as prensas mecânicas têm uma ferramenta acoplada a si designada por ferramenta progressiva (figura 8), sendo esta capaz, dependendo da complexidade do componente, produzi-lo em vastos passos, por exemplo, em 4 passos.



Figura 8 - Ferramenta progressiva

No fim do processo de estampagem, tal como já foi referido anteriormente, é gerada a “sucata”, sendo esta as sobras de material depois de estar concluída a conformação final da geometria do componente.

As ferramentas progressivas extraem a sucata automaticamente, sendo esta direcionada para um tapete transportador (figura 9) que está colocado por baixo das prensas. Normalmente, o tapete é responsável por receber a “sucata” de várias prensas sucessivamente.



Figura 9 - Prensa mecânica e tapete transportador

Esta “sucata” é direcionada para o fosso através dos tapetes transportadores (figura 10), que estão responsáveis por encaminhá-la para fora das periferias do pavilhão.



Figura 10 - Tapete transportador de sucata

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A execução deste projeto foi realizada de forma a simplificar e a cumprir os requisitos impostos pela empresa, como já foi referido. A ideia foi criar um projeto simples e funcional aproveitando o conceito do sistema já existente na empresa. Este projeto foi acompanhado semanalmente através de uma reunião onde se expunha a evolução do mesmo. As reuniões serviam para discutir os avanços feitos e para se proporem ajustes. Este foi acompanhado por vários elementos da empresa nomeadamente o CEO Paulo Quintal, o chefe da Engenharia Bruno Joel, o Chefe da produção de Série André Azevedo e o Comercial Ricardo Nogueira. O projeto teve seis versões distintas apresentando-se neste trabalho a versão final otimizada.

3.1. Planeamento do trabalho

Antes de iniciar o projeto, foi necessário acompanhar o sistema atualmente presente na empresa para percebermos como este funciona.

Primeiramente, observamos que a quantidade de produção de sucata não era linear devido a um fator que estava relacionado com a última prensa mecânica presente na linha de produção. Esta prensa é a que possui maiores dimensões o que proporciona a aplicação de uma ferramenta progressiva de elevadas dimensões, mas esta ferramenta progressiva não continha rampas para a extração de sucata. Com isto, o operador tem que empurrar manualmente a sucata para fora da ferramenta. Isto leva a que de repente o tapete transportador receba de uma só vez uma elevada quantidade de sucata.

Posto isto, tivemos de analisar a melhor forma de executar a separação da sucata sem comprometer o rendimento do futuro projeto na separação.

De seguida, como mencionado acima, foi necessário fazer um levantamento das dimensões da área onde o projeto irá ser implementado. Depois de termos tudo definido, iniciamos a modelação do projeto cumprindo os requisitos impostos pela empresa.

3.2. Componentes do projeto

Antes de iniciar o projeto foi necessário fazer um levantamento de dados do respetivo local onde irá estar inserido o sistema. Este teve de ser devidamente planeado, devido a só existir um possível local para a aplicação do mesmo.



Figura 11 - Sistema atual de separação de metais ferrosos

Como podemos visualizar na figura 11, o local onde está inserido o sistema atual de separação de metais não possui bastante área assim, foi necessário retirar todas as dimensões para podermos elaborar o projeto sem que este interferisse com as infraestruturas em seu redor.



Figura 12 - Estrutura do tapete transportador de sucata

Na figura 12, está representado o fim de curso do tapete transportador de sucata. Este é responsável por transportar a “sucata” para o exterior do pavilhão. Para não ocorrer lacunas no desenvolvimento do projeto, foi necessário retirar as suas dimensões, e representá-lo em modelo 3D, no *software CATIA V5*. De notar que este é o único componente do sistema antigo que iremos reaproveitar.

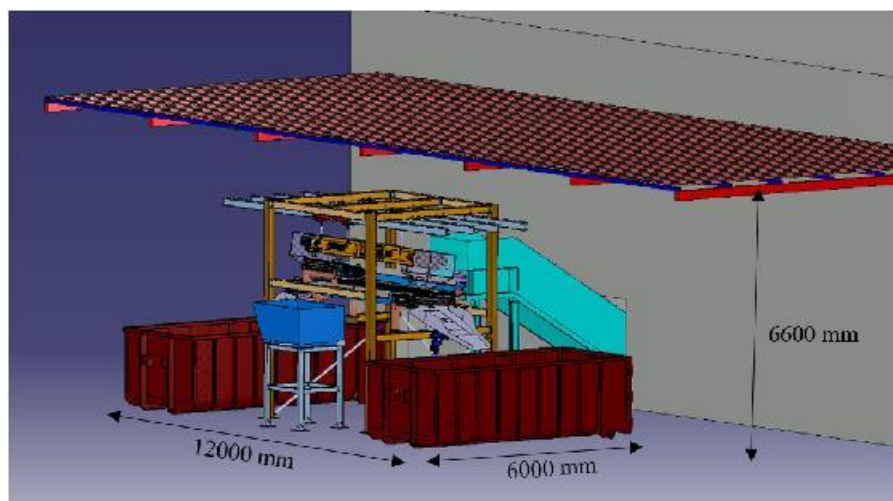


Figura 13 - Sistema de separação de metais ferrosos

1. Pavilhão
2. Tapete transportador principal
3. Tapete transportador *Harker Solutions*
4. Eletromagnético *Felemamg*
5. Rampa de distribuição
6. Estrutura principal de suporte
7. Estrutura para fixação do tapete à estrutura de suporte
8. Estrutura para o contentor pequeno
9. Estrutura de fixação do Conjunto Rampa-Motor
10. Caixa saída dos eletromagnéticos
11. Motor
12. Correntes
13. *Trolleys*
14. Barras de suporte dos eletromagnéticos
15. Tubos estabilizadores
16. Contentor para o aço carbono
17. Contentor para o aço inoxidável

Descrição

O pavilhão (1) é o local onde se encontram instaladas as prensas mecânicas cuja função é produzir componentes mecânicos de série automóvel. Este é o processo de onde resulta a “sucata”. Esta é reencaminhada para o tapete transportador (2) cuja função é transportar a mesma para o exterior.

De seguida, temos instalado um segundo tapete transportador (3), que recebe a sucata, onde tem acoplado a si um conjunto de dois eletromagnéticos (4). É nesta etapa onde se inicia o processo da separação. Os eletromagnéticos vão captar todos os metais ferríticos e vão encaminhá-los para a rampa de distribuição (5) que tem como função efetuar uma distribuição constante nos contentores (16) sem que haja um amontoamento no mesmo local. Neste equipamento temos instalados sensores de proximidade que comandam a posição da rampa de distribuição. Assim, conseguimos preencher o contentor de forma eficaz e uniforme.

De seguida, todo o restante material não ferrítico (o aço inoxidável) é encaminhado para o contentor pequeno (17).

1. Pavilhão

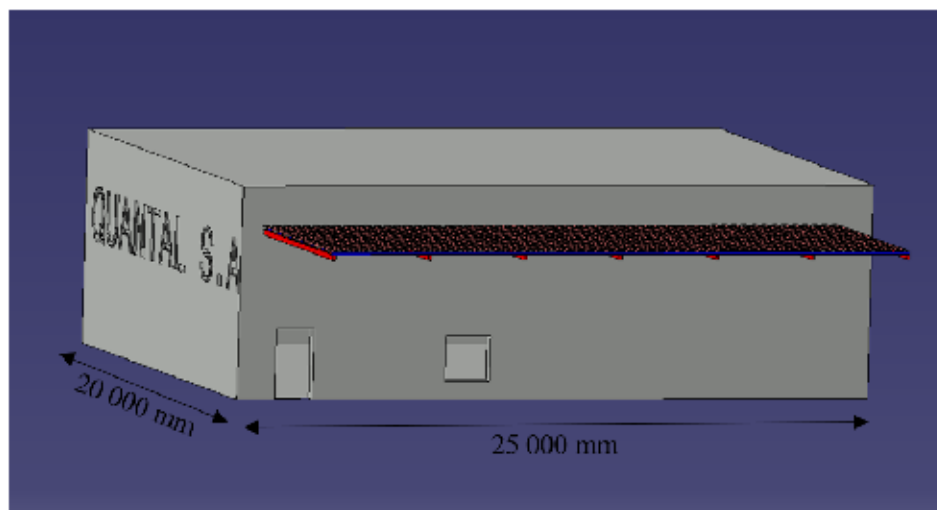


Figura 14 – Pavilhão

Primeiramente, foi modelado o pavilhão (figura 14), onde está inserido o setor de produção em série de componentes mecânicos, para podermos representar a saída da sucata e ter a sua localização exata.

2. Tapete Transportador

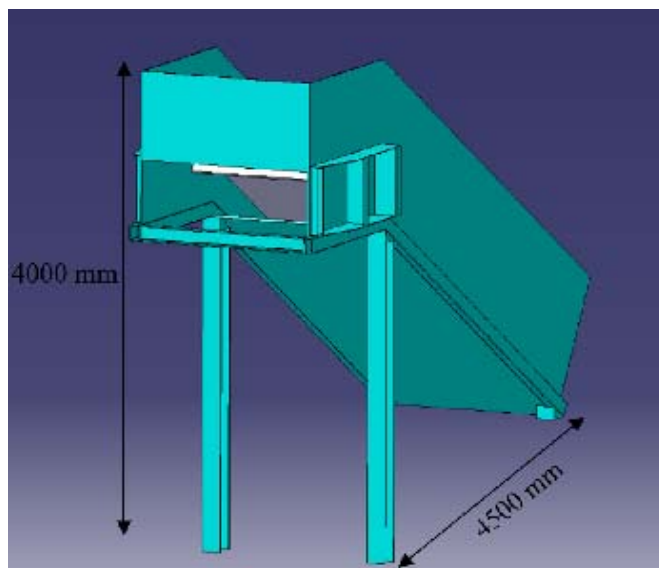


Figura 15 - Fim de curso tapete transportador

No tapete transportador (figura 15) apenas foi modelado o fim de curso do tapete uma vez que o que era relevante era a sua estrutura e localização. Como já referido, este componente foi reaproveitado para o novo projeto visto ser o tapete responsável por transportar a “sucata” para o exterior das imediações do pavilhão.

É de importante relevância referenciar que a sua estrutura foi modelada com rigor, ou seja, com as dimensões reais, uma vez que, esta estrutura poderá futuramente receber alterações quer para a aplicação de novos componentes quer para a otimização da mesma.

3. Tapete Harker Solutions

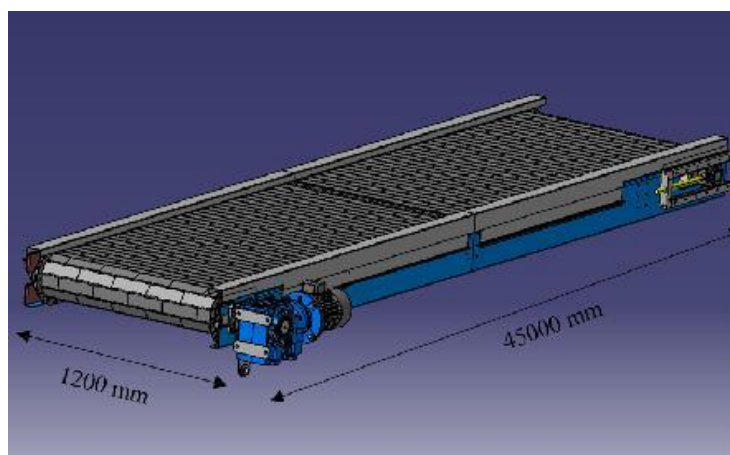


Figura 16 - Tapete *Harker Solutions*

Como podemos observar na figura 16, dispomos de um tapete transportador da empresa *Harker Solutions*. Este apresenta a função de transportar a “sucata” do tapete principal em direção ao eletromagnético onde irá ocorrer a separação dos metais.

Este tapete tem dois sentidos de rotação para que possamos retirar os metais para dois lados distintos, um aspeto importante visto que é um dos pressupostos impostos pela empresa.

4. Eletromagnético *Felemang*

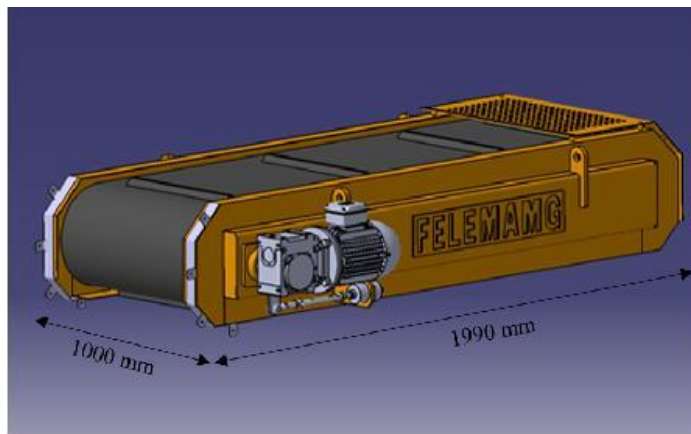


Figura 17 - Eletromagnético *Felemang*

A figura 17 ilustra o eletromagnético *Felemang*. Este é o outro componente reaproveitado do sistema atual da empresa Quantal S.A. O componente foi reaproveitado com o intuito de minimizar o custo de orçamento do projeto uma vez que este se encontra em perfeitas condições. De maior relevância é oportuno referenciar que este apresenta as funções desejadas para a finalidade do projeto.

O separador eletromagnético tem como função a extração e recuperação de materiais ferrosos de um ambiente onde possuam vários metais. No nosso caso, os vários metais correspondentes são os aços carbonos e os aços inoxidáveis.

5. Rampa de distribuição

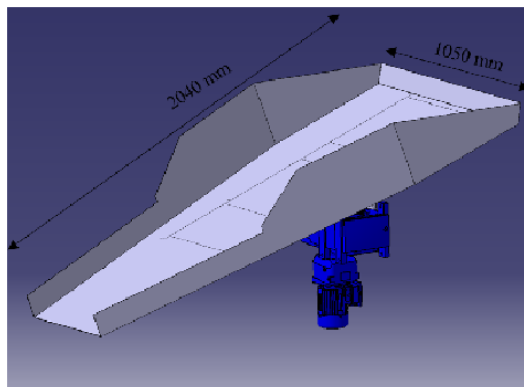


Figura 18 - Rampa de distribuição

Na figura 18 está presente a rampa de distribuição cuja função é a distribuição do aço carbono recebido pelo eletromagnético. Juntamente com a rampa está acoplado a si um motor elétrico possibilitando que esta tenha rotação para efetuar uma distribuição linear da sucata no contentor. Para que este sistema seja autônomo iremos aplicar uns sensores para delimitar o fim de curso de rotação da mesma. Outro fator importante é o uso de um sensor de proximidade que está aplicado na extremidade da rampa que evita que o motor elétrico esteja continuamente a trabalhar fazendo com que o motor só acione quando o monte de sucata esteja próximo da rampa. Posto isto, o motor é acionado e faz com que a rampa tenha uma rotação de x graus (graus de rotação ainda não estão definidos devida a ser um parâmetro a ajustar durante o processo). Estes conjuntos de sensores são uma mais-valia para o projeto visto que o sistema estará em funcionamento aproximadamente 24h/dia; que fará com que o consumo de energia dos motores elétricos seja menor.

6. Estrutura principal de suporte

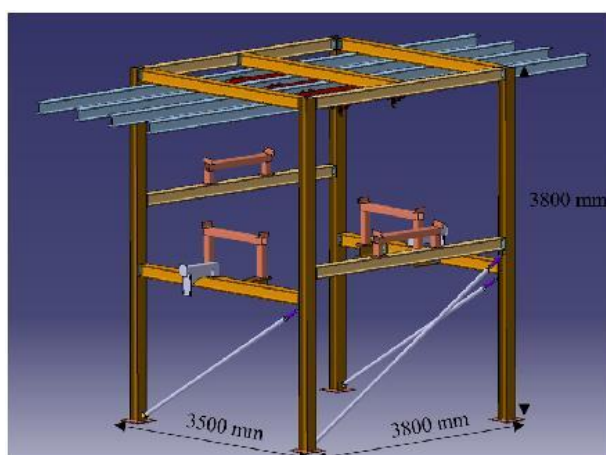


Figura 19 - Estrutura principal de suporte

A estrutura representada na figura 19 é responsável por suportar todos os componentes do projeto. A estrutura foi pensada de forma simples e eficaz uma vez que o sistema necessita de uma manutenção periódica. Esta foi concebida para que a intervenção da mesma seja rápida e de fácil acesso uma vez que, o sistema não pode estar parado durante muito tempo devido à produção ser em série.

7. Estrutura para fixação do tapete à estrutura de suporte

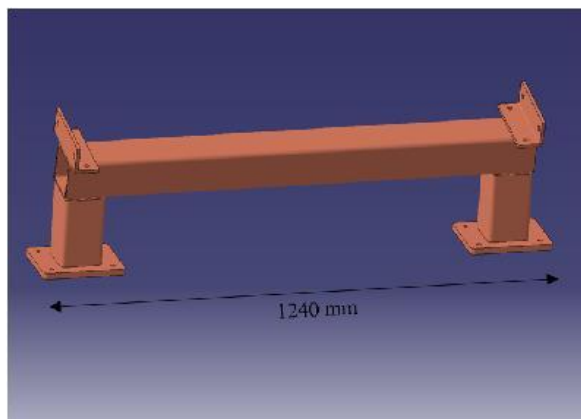


Figura 20 - Estrutura de fixação do tapete

A estrutura (figura 20) para fixação do tapete *Harker Solutions* tem como função fixar os tapetes à estrutura de suporte. Esta foi desenvolvida com base em sobras de materiais presentes na empresa. Mais uma vez utilizamos o princípio de aproveitamentos de materiais sem utilidade.

8. Estrutura para o contentor pequeno

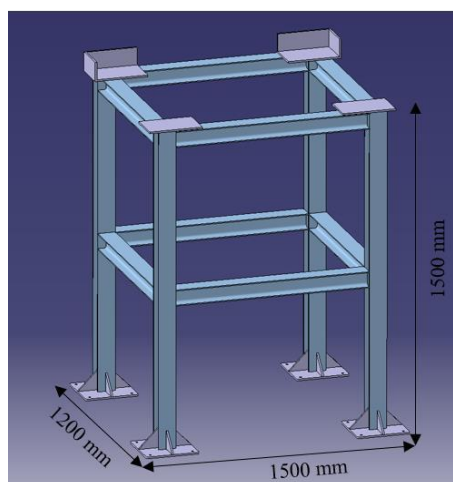


Figura 21 - Estrutura de suporte do contentor pequeno

Como podemos observar na figura 21, a estrutura de suporte para o contentor pequeno foi mais uma vez, desenvolvida através de sobras de matérias existentes na empresa. Esta estrutura tem a função de elevar o contentor para próximo do fim de curso do tapete transportador *Harker Solutinos* minimizando a queda bruta da sucata caso este estivesse assente no solo. Assim, evitamos que os materiais se espalhem quando o contentor estiver próximo de estar lotado.

Esta estrutura foi concebida-de forma que o contentor possa ser removido facilmente com o recurso de um empilhador.

9. Estrutura de fixação do Conjunto Rampa-Motor

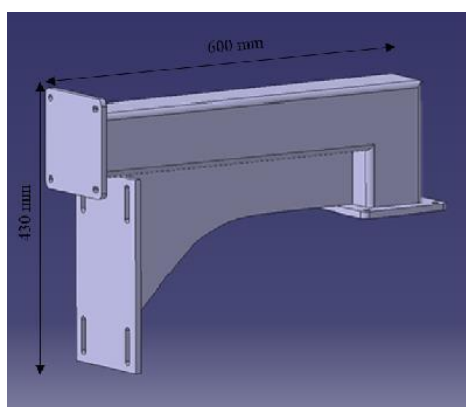


Figura 22 - Estrutura de fixação do Conjunto Rampa-Motor

Esta estrutura (figura 22) tem a função de suportar o conjunto da rampa de distribuição e o motor elétrico. Mais uma vez aproveitamos o material desperdiçado para a sua concessão.

10. Caixa saída dos eletromagnéticos

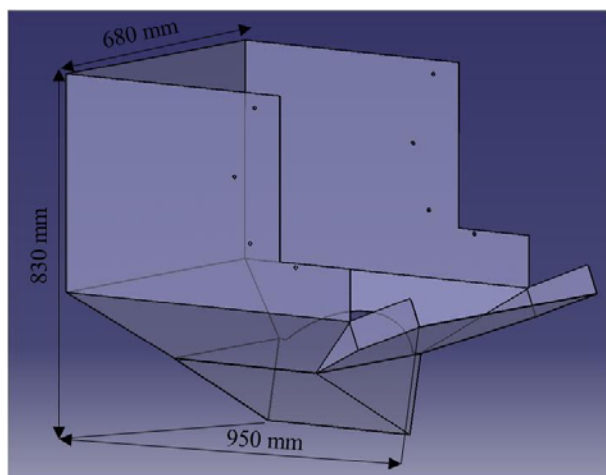


Figura 23 - Caixa saída dos eletromagnéticos

A figura 23 ilustra a caixa de saída dos eletromagnéticos. Esta é responsável por receber o aço carbono proveniente da recolha do eletromagnético e encaminhá-lo para o segundo tapete transportador. Foi necessário criar esta caixa de saída devido ao sistema de descarga do eletromagnético; caso esta não fosse criada os materiais iriam ser projetados com uma trajetória incerta.

11. Moto-redutor

O moto-redutor ilustrado na figura 24 tem como função conceber rotação há rampa de distribuição. Para a escolha do moto-redutor tivemos de ter em causa a velocidade de rotação uma vez que a rampa de distribuição deve apresentar uma baixa rotação.

Seleção do moto-redutor:

Motor elétrico: 1500 rpm

Para o projeto, foi definido que a rampa de distribuição tem 1 rpm e para tal acontecer tivemos de escolher um redutor de velocidade.

Para tal, escolhemos um redutor a partir da relação de transmissão (i)

$$i = \frac{N1}{N2},$$

$N1$ – N° Rotações de entrada

$N2$ – N° Rotações de saída

Logo,

$$i = \frac{1500}{1}$$

Assim, $i = 1500$.

Consequentemente, o nosso moto-redutor tem uma relação de transmissão (i) de 1500.

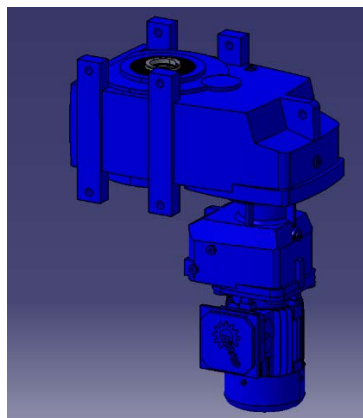


Figura 24 - Conjunto moto-redutor

12. Correntes de fixação

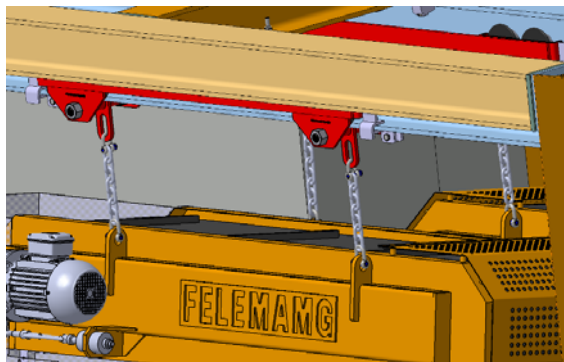


Figura 25 - Sistema de fixação do Eletromagnético

Na figura 25, está representado o sistema de fixação do eletromagnético à estrutura. Segundo o fabricante do eletromagnético *Felemang*, este deve ser fixado através de correntes devido a este estar suspenso.

Este método tem como objetivo minimizar o risco de danificar o equipamento caso ocorra o aparecimento de um monte de sucata que ultrapasse a altura de funcionamento (300 mm), uma vez que, devido a este método, o eletromagnético é móvel em vez de fixo. Ou seja, ao ter este tipo de fixação, este não está encastrado o que leva a que este tenha alguma mobilidade e ultrapasse a situação de amontoamento de sucata.

Outra vantagem da utilização deste tipo de fixação é para a sua manutenção uma vez que simplifica a sua remoção.

13. Trolleys

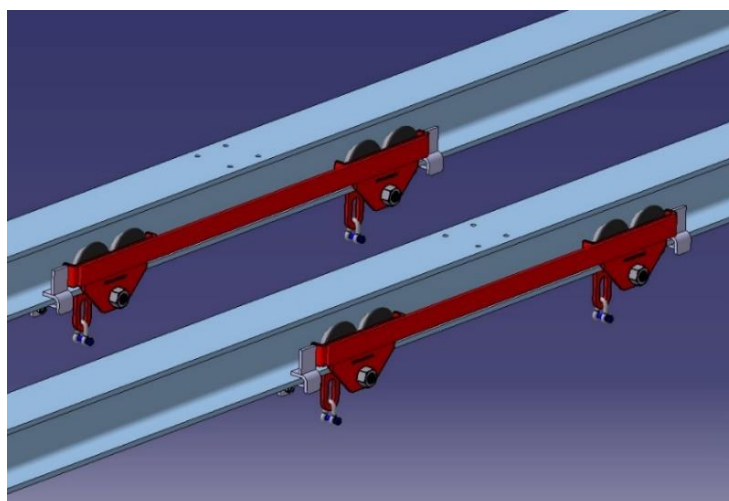


Figura 26 – Trolleys

Como ilustrado na figura 26 os *trolleys* foram o sistema escolhido para fixação dos eletromagnéticos à estrutura. A escolha deste componente foi baseada na simplicidade e na vantagem de este proporcionar afinação aos eletromagnéticos em relação ao tapete transportador uma vez que estes têm de ser regulados para um bom funcionamento garantido que estes estejam a captar toda a sucata que esteja no tapete.

Outro argumento para a escolha deste sistema foi a necessidade da remoção dos eletromagnéticos para a sua manutenção.

Visto que estes estão a uma altura considerável, cerca de 4000 mm, em relação ao solo, é necessário o uso de equipamentos para a sua remoção como, por exemplo, um empilhador. Os *trolleys* permitem deslocar os eletromagnéticos para as laterais da estrutura ficando assim fora da zona dos outros componentes permitindo um fácil acesso para a sua remoção.

14. Barras de suporte dos eletromagnéticos

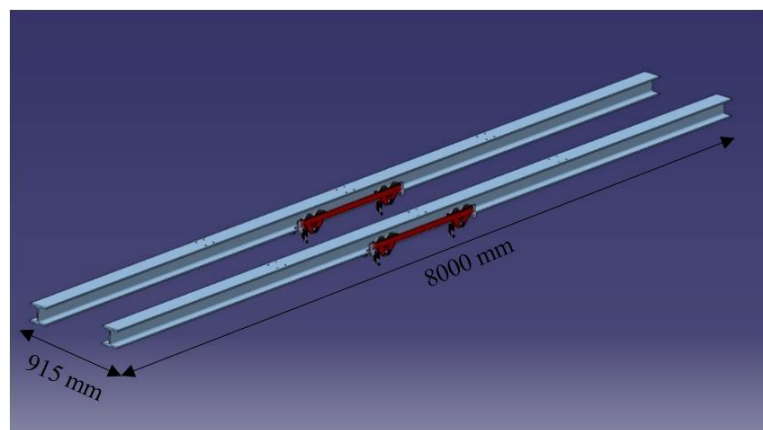


Figura 27 - Barras de suporte dos eletromagnéticos e trolleys

Na figura 27 podemos observar as barras de suporte para os eletromagnéticos. Para a fixação destes, podíamos usar outro mecanismo, uma vez que a estrutura o permitia. Porém, optamos por este mecanismo por vários motivos. Um dos motivos seria a posição dos eletromagnéticos não estar totalmente definida podendo necessitar de alterações, e caso esta fosse fixa, não é possível fazer os ajustes necessários. Outro motivo seria a necessidade de deslocar os eletromagnéticos para o exterior da estrutura para efetuar as devidas manutenções. Outro motivo é a substituição do sistema, ou seja, caso seja necessário a alteração do mesmo não necessitamos de alterar toda a estrutura uma vez que este tipo de sistema é independente da restante estrutura.

15. Tubos estabilizadores

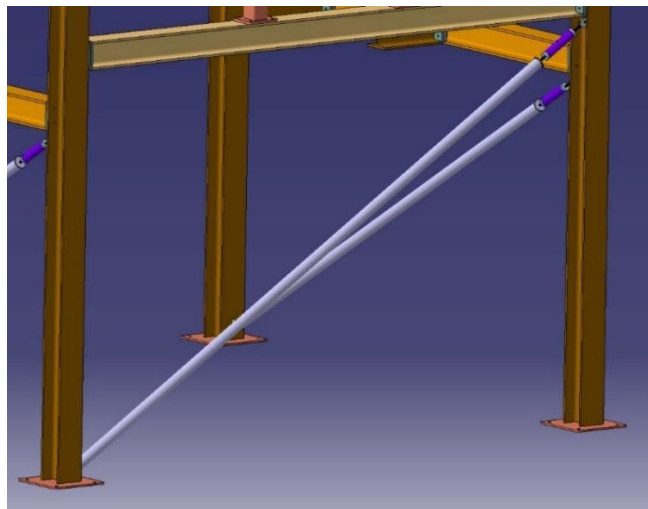


Figura 28 - Tubos estabilizadores

Uma vez que a estrutura é de uma dimensão considerável, e que esta estará sujeita a impactos causados pela descarga da sucata, optamos por acrescentar à mesma uns tubos estabilizadores como podemos observar na figura 28.

Estes terão como função estabilizar a estrutura evitando a torção que poderá ocorrer. Como iremos ver mais à frente, a estrutura foi simulada no *solidworks*.

16. Contentor de Aço carbono

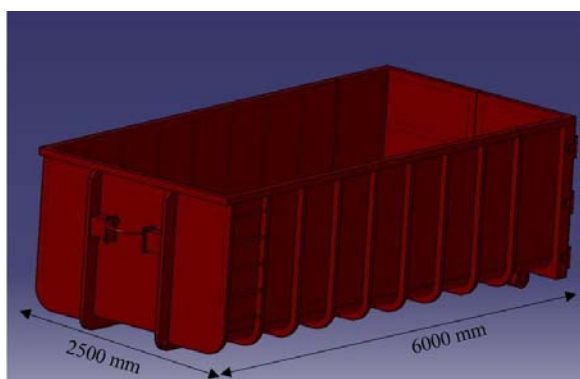


Figura 29 - Contentor para aço carbono

Como já foi inicialmente referido, o projeto terá de ter dois tipos de contentores distintos uma vez que existem dois metais que vão ser separados. Na figura 29 está ilustrado o contentor para o aço carbono que representa 80% do material utilizado na estampagem de série daí se compararmos os tamanhos dos contentores de aço carbono e do aço inoxidável os contentores para armazenar o aço carbono são bastante maiores. É de grande importância referenciar que

por semana retira-se 2 contentores de aço carbono cerca de 40 toneladas, e de aço inoxidável retira-se apenas 1 contentor com cerca de 8 toneladas.

17. Contentor de Aço inoxidável

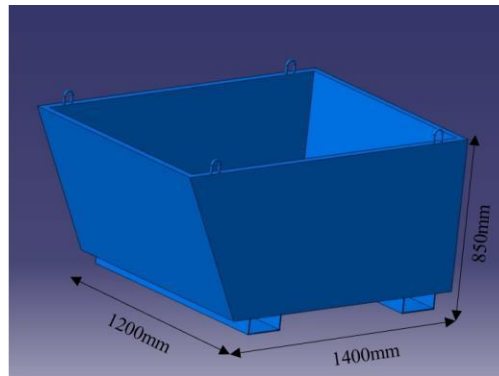


Figura 30 - Contentor para aço inoxidável

Como já referido acima a produção de componentes em aço inoxidável é bastante inferior comparado com a produção de componentes em aço carbono. Apenas 20% é a produção de componentes em aço inoxidável. Posto isto optamos por utilizar este tipo de contentor (figura 30) para o armazenamento deste. Estes contentores já existiam na empresa evitando assim a compra de novos contentores o que levaria a maiores gastos.

3.3. Processos de fabrico

Para a realização do projeto foi definido em conjunto com a empresa Quantal S.A que para minimizar os custos deste iríamos optar por produzir a maioria dos componentes internamente. No entanto, antes de avançar com a produção dos componentes, foi necessário fazer uma avaliação de custos de produção e de matéria-prima.

Primeiramente, definimos as matérias-primas dos componentes. No nosso caso, estas foram escolhidas baseadas nas solicitações que o componente irá estar sujeito, assim como o meio ambiente onde este vai estar situado e a sua durabilidade. Outro aspeto fundamental para a escolha do material foi o seu custo—onde fizemos uma avaliação para ter a perceção se compensava o investimento do mesmo.

Por último, definimos os processos de fabrico para cada componente tendo em conta que para a produção de cada componente existem várias alternativas. Com isto tentamos otimizar a produção de forma a torná-la menos dispendiosa para a empresa e também de forma a não ser muito demorada. Como já foi referido anteriormente, a empresa opera com vários clientes ao mesmo tempo portanto tem prazos de entrega muito curtos.

Corte laser 2D

O corte a laser 2D é, sem dúvida, um dos processos mais utilizados, na medida em que apresenta uma excelente relação qualidade/preço e é muito versátil podendo aplicar-se a todo o tipo de materiais nomeadamente a: aço carbono, aço inoxidável, alumínio, latão, titânio, cobre (...).

Com a ferramenta apropriada é possível cortar diversas espessuras de chapa de 0,5 até 30 milímetros. Este espectro de materiais extremamente extenso torna o laser a opção número 1 entre as ferramentas de corte para muitas aplicações na área de metais e não metais.

Para a produção dos nossos componentes que partiam inicialmente de uma chapa, utilizamos este processo para fazer o corte desejado.

Exemplos: Rampas de distribuição, flanges...

Quinagem

Depois de os materiais estarem cortados é necessário quinar para estes obterem a geometria final evitando assim a junção de vários componentes. Partimos de um planificado, cujo este é a representação da peça em duas dimensões, e através da operação de quinagem obtemos a peça com a geometria pretendida.

Soldadura

A soldadura é o processo utilizado para a união de componentes com a finalidade de obter a geometria final do “conjunto”. Utilizamos também a soldadura para unir os cantos das peças que foram quinadas.

Exemplos: União das Flanges às barras verticais

Serrote

A operação de corte de serrote irá ser utilizada para cortar as barras de Perfil HEB-160 com as medidas pretendidas.

Maquinação CNC

Este processo de fabrico irá ser utilizado para a produção de uma flange para encastrar o conjunto do rolamento axial.

Torno Convencional

O torno convencional irá ser utilizado para fabricar o veio responsável pela rotação das rampas de distribuição.

Pintura

No fim de todos os componentes estarem produzidos, utilizamos a operação de pintura para os embelezar. No caso dos componentes com o material de aço carbono, a pintura é uma mais-valia, uma vez que, dá proteção ao componente para este não oxidar.

Na tabela 1-está representado o orçamento do projeto incluindo os componentes que irão ser produzidos internamente e os componentes que irão ser comprados.

Tabela de Custos - Produção				
PRODUTO	Material	Quantidade	Custo unidade	Total:
Suporte Tapetes	DIN ST 12	2	176,89	353,78 €
Caixa Saída/Iman	AISI 304	2	266,87	533,75 €
Rampas de distribuição	AISI 304/ST-12	2	595,68	1 191,35 €
Estrutura principal	DIN ST 44-2	1	2 828,31	2 828,31 €
Trolley	-	2	1 416,12	2 832,24 €
Estrutura-Contentor pequeno	DIN ST 44-2	1	754,12	754,12 €
Motor + redutor	-	2	1 113,15	2 226,30 €
Eletromagnético	-	1	6 000,00	6 000,00 €
Tapete Harker Solutions	-	2	9 000,00	18 000,00 €
Rolamento Axial	-	2	50,00	100,00 €
Parafuso M12 A2 70	-	150	1,74	260,87 €
Porca M12 A2 70	-	150	0,27	40,43 €
Anilhas M12	-	150	0,06	9,70 €
Pintura	-	1		450,00 €
Montagem	-	1		880,00 €
Total:				36 460,85 €

Tabela 1 - Tabela de custos de produção

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Cargas correspondentes:

Eletromagnético

Segundo o a ficha técnica do fabricante *Felemang* [1], a massa de cada eletromagnético é de 1000 Kg. No nosso caso iremos utilizar dois eletromagnéticos. Estes dados permitem calcular a força vertical a aplicar na estrutura:

$$P = (1000) * 9.81$$

$$P \approx 10000 \text{ N}$$

Tapete Transportador

Segundo o fabricante *Harker Solutions* os tapetes transportadores que iremos utilizar no nosso projeto têm, cada um, uma massa de 1000 Kg, logo

$$P = (1000) * 9.81$$

$$P \approx 10000 \text{ N}$$

Uma vez que o projeto não estava totalmente concluído devido a parâmetros ainda por definir, um deles o tipo de material da estrutura, optamos por usar para todos os nossos casos de estudo o mesmo o material para toda a estrutura, o SAE 1020 um aço de construção.

Propriedade	
SAE 1005	
Módulo de elasticidade	210 GPa
Coefficiente de <i>Poisson</i>	0.28
Módulo de elasticidade transversal	79 GPa
Massa específica	7800 Kg/m ³
Resistência à tração	400 MPa
Tensão de cedência	220 MPa

Tabela 2 - Propriedades do SAE 1005

¹ https://www.felemang.com/magnetismo-industrial/separacion-magnetica/separadores-magneticos-sobre-cinta_82_1_ap.html acedido a 10

1º Estudo - Estrutura em funcionamento normal

Neste caso de estudo iremos avaliar somente a estrutura principal em condições normais de funcionamento, quer isto dizer, enquanto a mesma faz a separação da sucata.

Como podemos observar na figura 31, a estrutura está sujeita a cargas provenientes dos dois eletromagnéticos que estão localizados a meio da mesma, e a cargas provenientes dos dois tapetes transportadores.

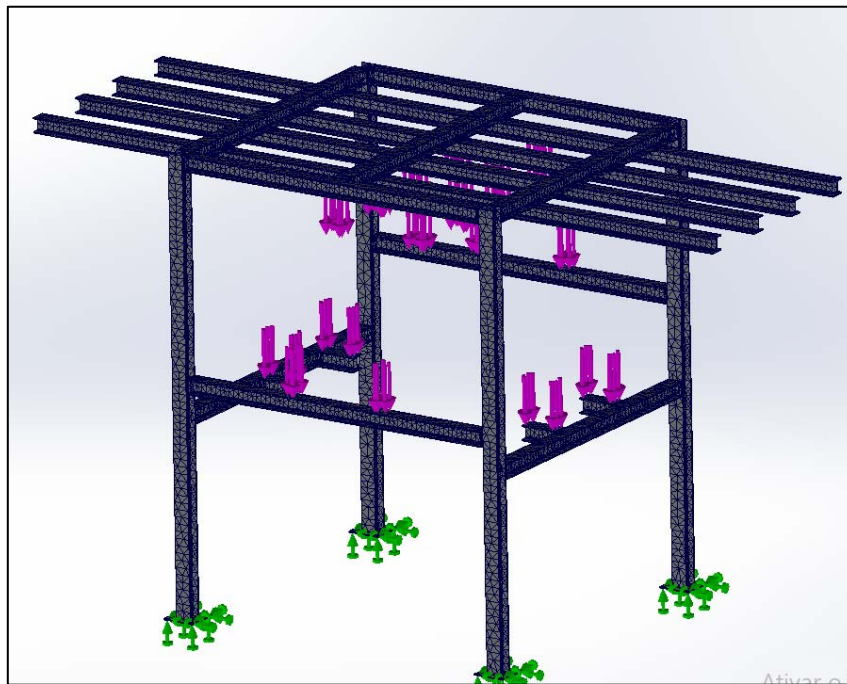


Figura 31 - Condições de Fronteira e cargas - Estudo 1

Através da figura-32, podemos verificar que a estrutura apresenta uma tensão razoavelmente baixa cerca de 110 MPa, valor que está muito abaixo do que esta é capaz de suportar, o que nos indica um coeficiente de segurança de aproximadamente 2 ($\sigma_{ced} = 220$ MPa).

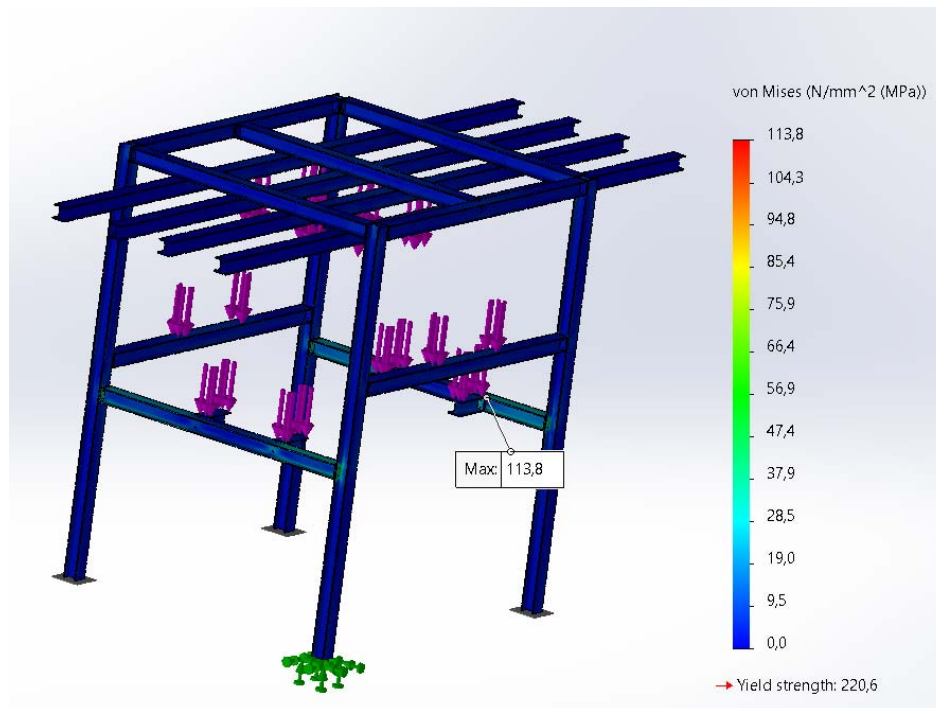


Figura 32 - Tensões *Von Mises* - Estudo 1

O local onde apresenta a tensão máxima, de 113.8 MPa, pode ser otimizado para que apresente uma tensão menor.

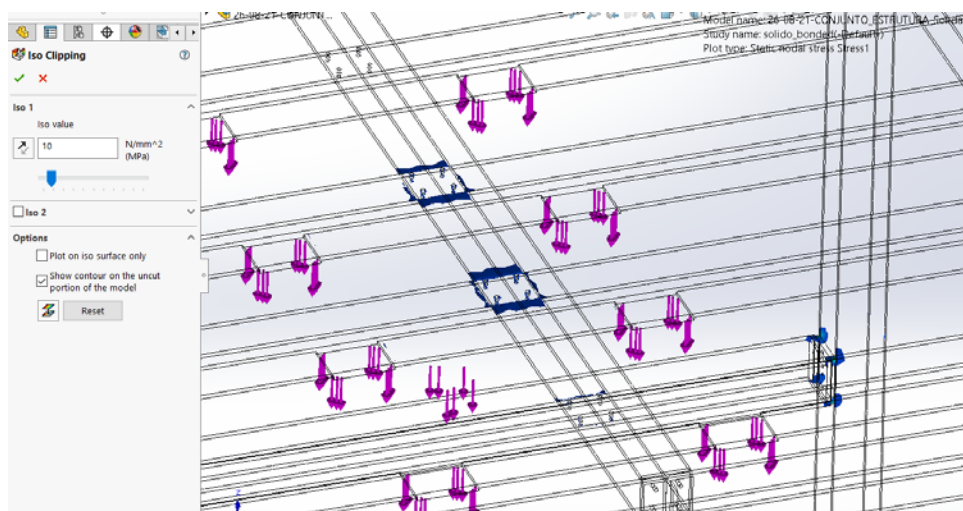


Figura 33 - Tensões *Von Mises* - Estudo 1

Como podemos observar na figura 33, a restante estrutura apresenta tensões bastante baixas, cerca de 10 MPa, o que leva a concluir que a mesma está devidamente dimensionada.

Resultados Obtidos:

Estudo com a carga aplicada ao centro							
Tamanho dos Elementos		Número Total		Tensões - VON MISES	Erro Tensões	Deslocamento - URES	Erro URES
[mm]		Nós	Elementos	[MPa]	[%]	[mm]	[%]
				Sólidos			
200	40	363441	176617	78,0		6	
182	36	427883	208615	70,6	9,49	6	0
160	30	523933	257433	83,2	17,85	6	0
120	22	769819	380967	84,2	1,20	6	0
80	16	1202719	601604	108,3	28,62	6	0
60	12	1663241	840965	112,2	3,60	6	0
40	8	1898449	978901	113,8	1,43	6	0
30	6	2083208	1090854	112,8	0,88	6	0

Tabela 3 - Resultados do estudo 1

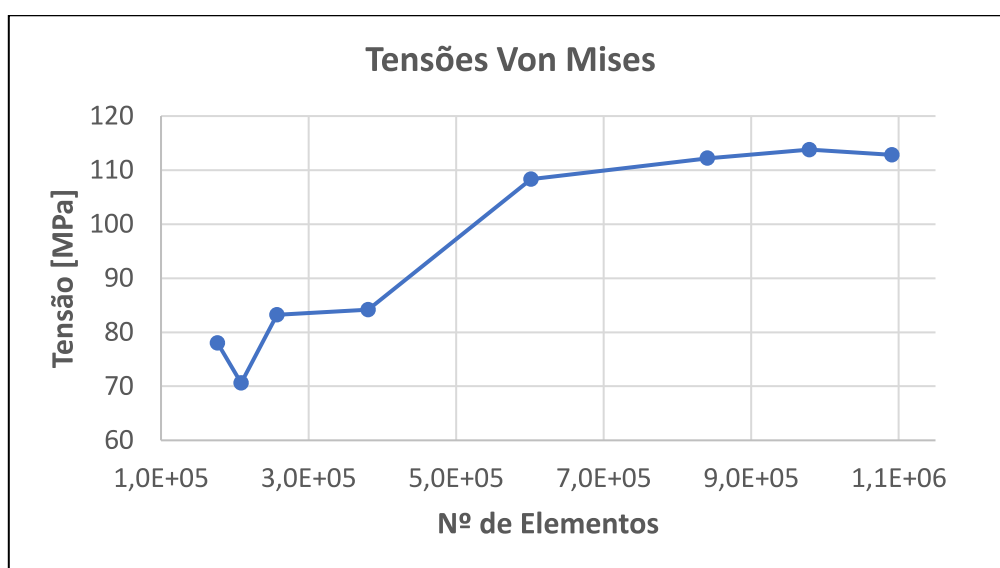


Figura 34 - Tensões *Von Mises* – Estudo 1

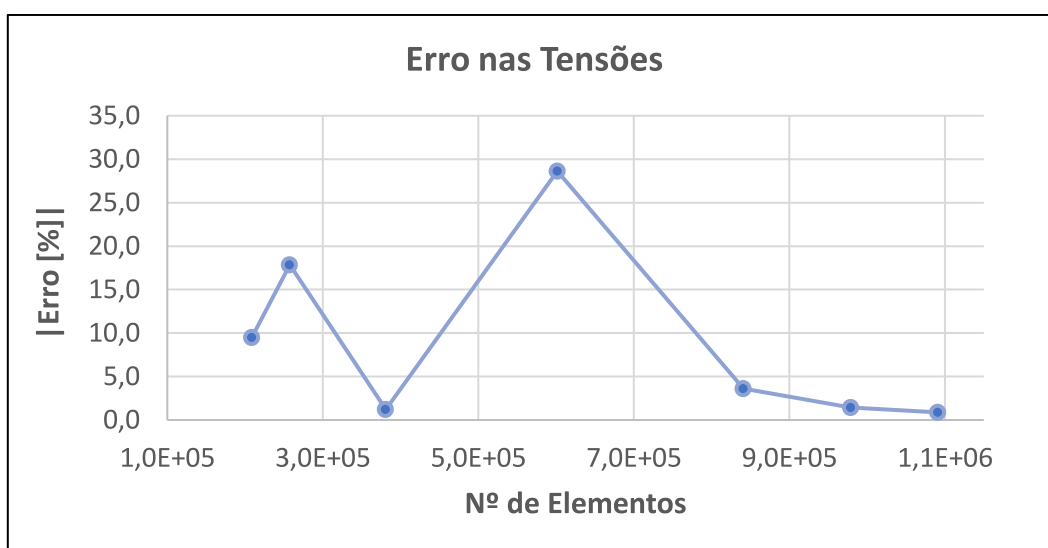


Figura 35 - Erro nas tensões - Estudo 1

Como podemos observar na tabela 3, tendo em consideração que se trata de uma estrutura complexa, os resultados obtidos são aceitáveis. A tensão máxima registrada é muito inferior à tensão de cedência do material e, analisando o gráfico, é possível verificar que o valor da tensão converge para aproximadamente para uma tensão de 110 MPa o que é bastante inferior à tensão de cedência do material. Podemos observar na figura 35 que o erro nas tensões é de 0.88 o que nos leva a concluir que há convergência de malha.

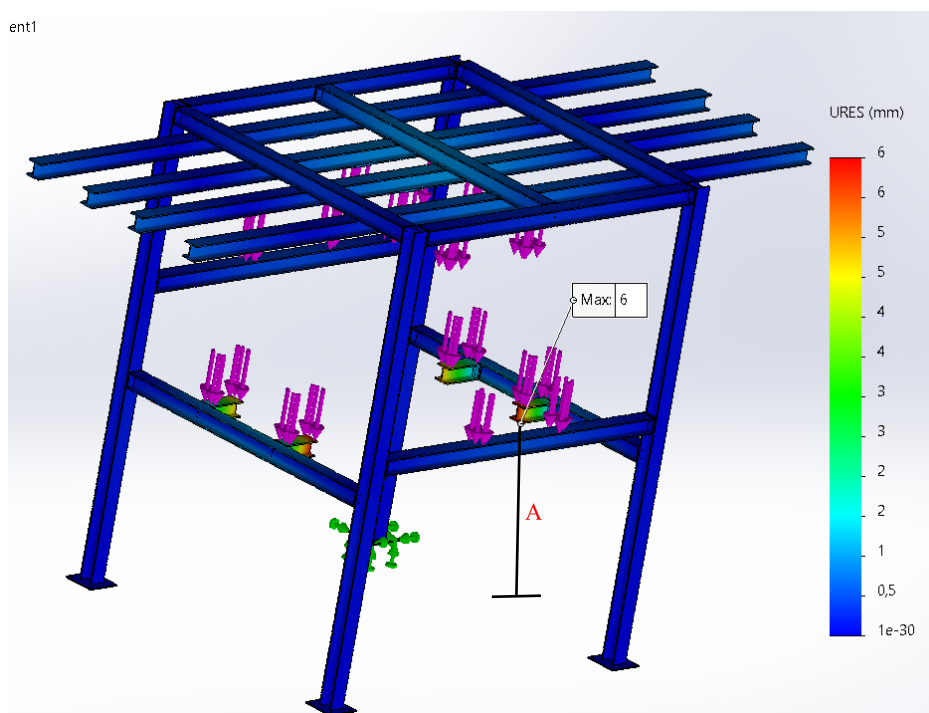


Figura 36 - Deslocamentos URES - Estudo 1

Quanto ao deslocamento (figura 36) que a estrutura apresenta, este é bastante baixo tendo em conta que esta está sujeita a uma carga total de 40000N. Posto isto, considerando que esta é uma carga considerável, a estrutura apresenta um deslocamento de 6 mm o que não é um problema para a nossa situação. Futuramente para otimizar este local, podemos instalar um pilar (A), na vertical para anular este deslocamento.

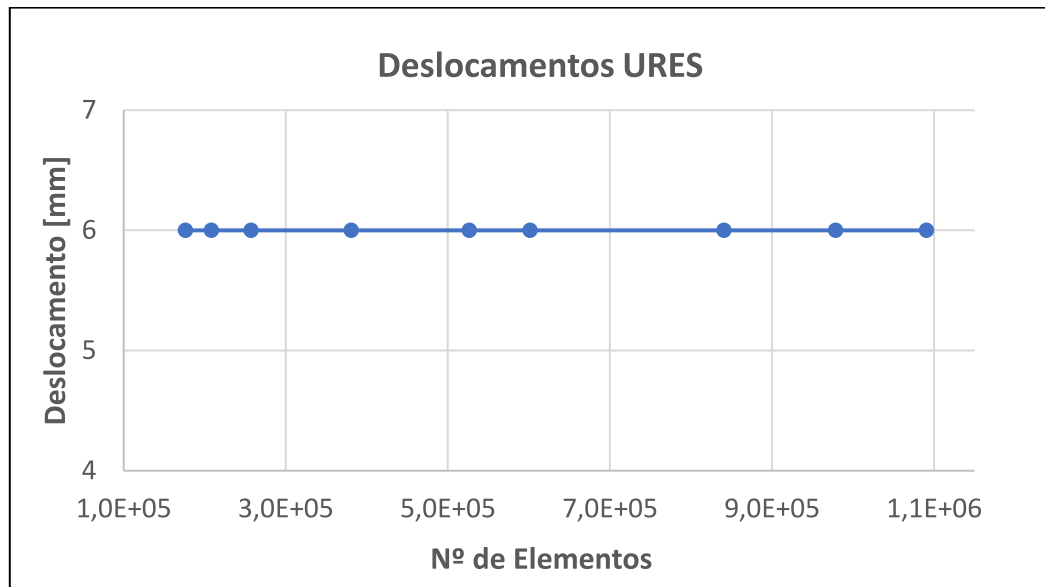


Figura 37 - Deslocamentos - Estudo 1

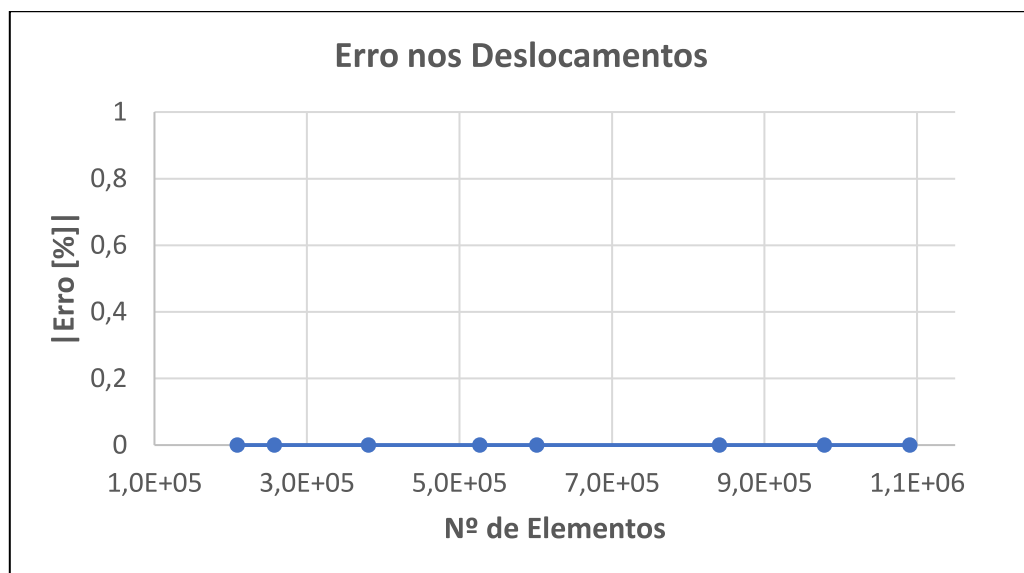


Figura 38 - Deslocamentos - Estudo 1

Observando a figura 37, a estrutura apresenta, em todos os estudos, o mesmo deslocamento, convergindo assim desde o início. Com isto, o estudo realizado é válido sem necessidade de ser repetido.

2º Estudo - Estrutura com carga aplicada na extremidade

Neste caso de estudo simulamos a situação de intervenção de manutenção à estrutura, neste caso, a manutenção de um eletromagnético. Para tal, a estrutura irá estar sujeita às mesmas cargas com a diferença de que uma das cargas correspondentes a um dos eletromagnéticos está

localizada numa das pontas da estrutura como podemos observar na figura 39. A estrutura está projetada de forma que seja possível realizar uma ação de manutenção sem que seja necessário interromper o seu funcionamento.

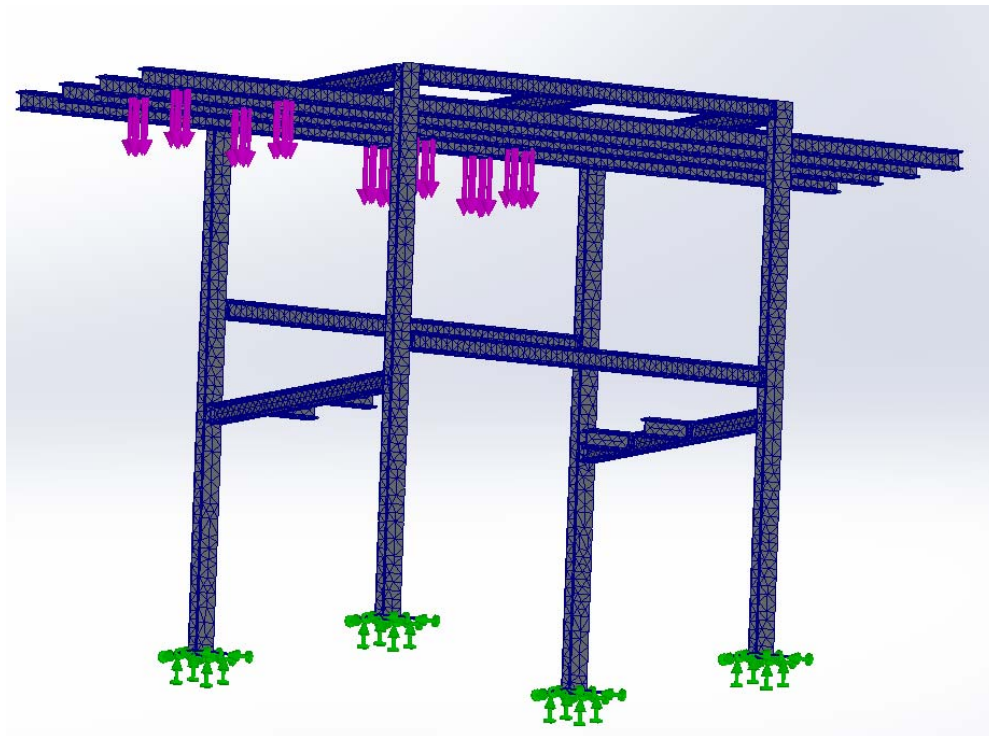


Figura 39 - Condições de fronteira e cargas - Estudo 2

No segundo estudo figura 39, desprezamos as cargas correspondentes aos tapetes transportadores (figura 16), uma vez que, ao longo dos estudos anteriores, a zona de concentração de tensões era sempre no mesmo local registando um valor de aproximadamente de 110 MPa. Posto isto, resolvemos não considerar as cargas dos tapetes transportadores para poder avaliar a estrutura em relação às cargas que estão descentradas.

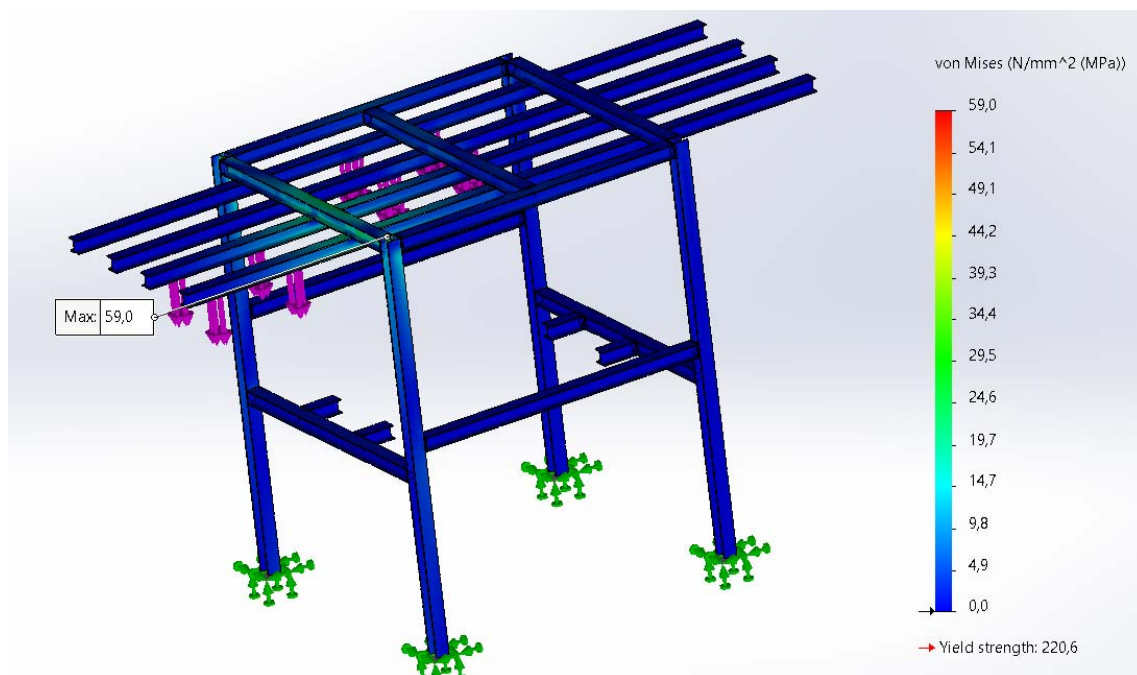


Figura 40 - Tensões *Von Mises* - Estudo 2

Estudo com a carga aplicada na ponta da Estrutura-Sem tapetes							
Tamanho dos Elementos		Número Total		Tensões - VON MISES	Erro VON MISES	Deslocamento - URES	Erro URES
[mm]		Nós	Elementos	[MPa] Sólidos	[%]	[mm]	[%]
200	40	363605	176620	59		5	
182	36	438464	213946	59,9	1,53	5	0,00
160	30	522517	256738	58,9	1,67	5	0,00
120	22	767277	379194	62,7	6,45	5	0,00
100	18	1054599	525858	61,5	1,91	5	0,00
80	16	1204023	603037	64,8	5,37	5	0,00
60	12	1677695	849985	65,7	1,39	5	0,00
40	8	1889352	973662	65,2	0,76	5	0,00
30	6	2083676	1090941	64,9	0,46	5	0,00

Tabela 4 - Resultados do estudo 2

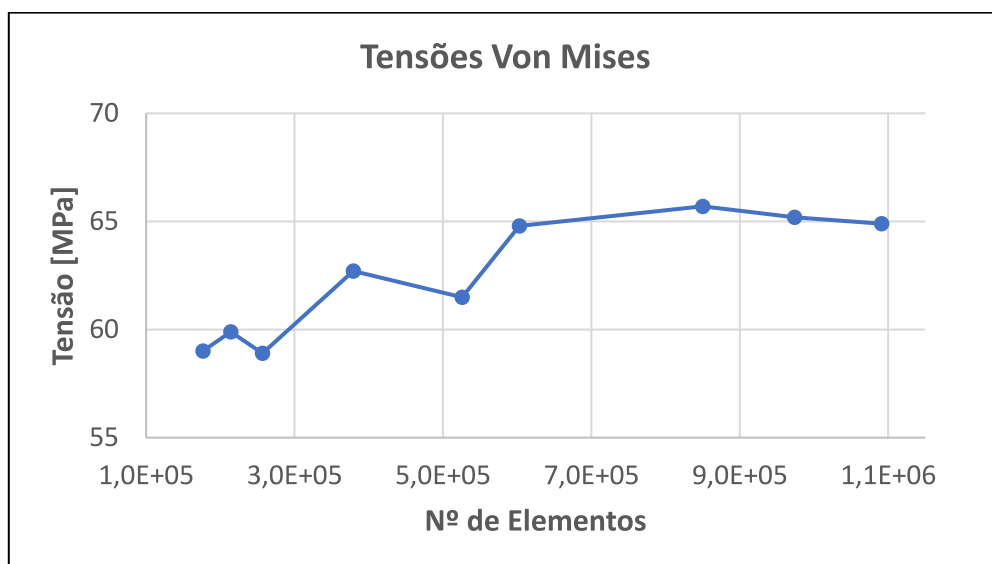
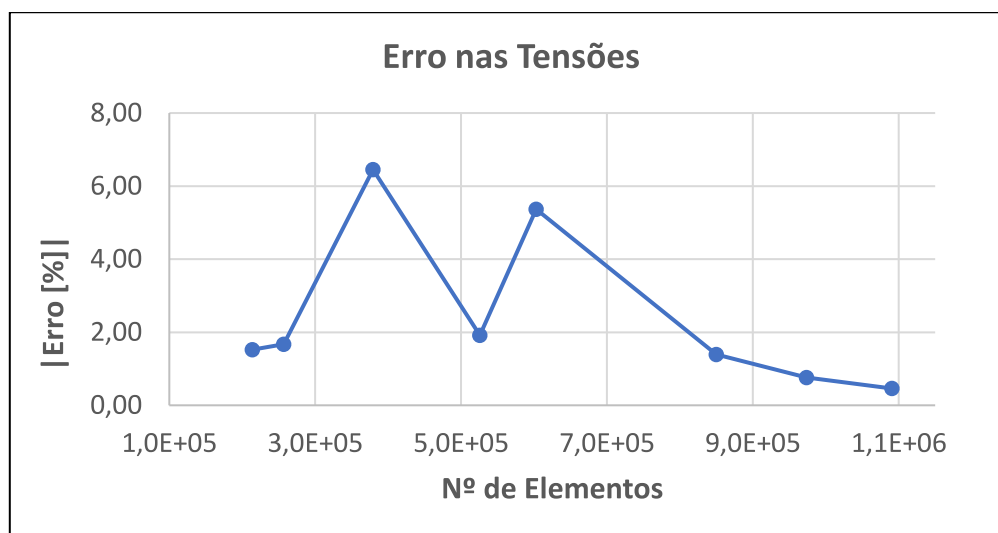
Figura 41 - Tensões *Von Mises* - Estudo 2

Figura 42 - Erro nas Tensões - Estudo 2

Analisando a figura 41, conseguimos perceber que as tensões estabilizaram, ou seja, houve convergência da malha. O valor para o qual as tensões convergiram é de aproximadamente 65 MPa, o que está bastante afastado do valor de tensão de cedência de 220 MPa.

Na figura 40, podemos observar a distribuição de tensões na estrutura. Observamos que a cor azul representa as tensões baixas (< 15 MPa) e a cor vermelha as tensões máximas (59 MPa) logo, tais resultados leva-nos a concluir que a estrutura, num caso de intervenção para manutenção dos eletromagnéticos, está perfeitamente dimensionada para tal.

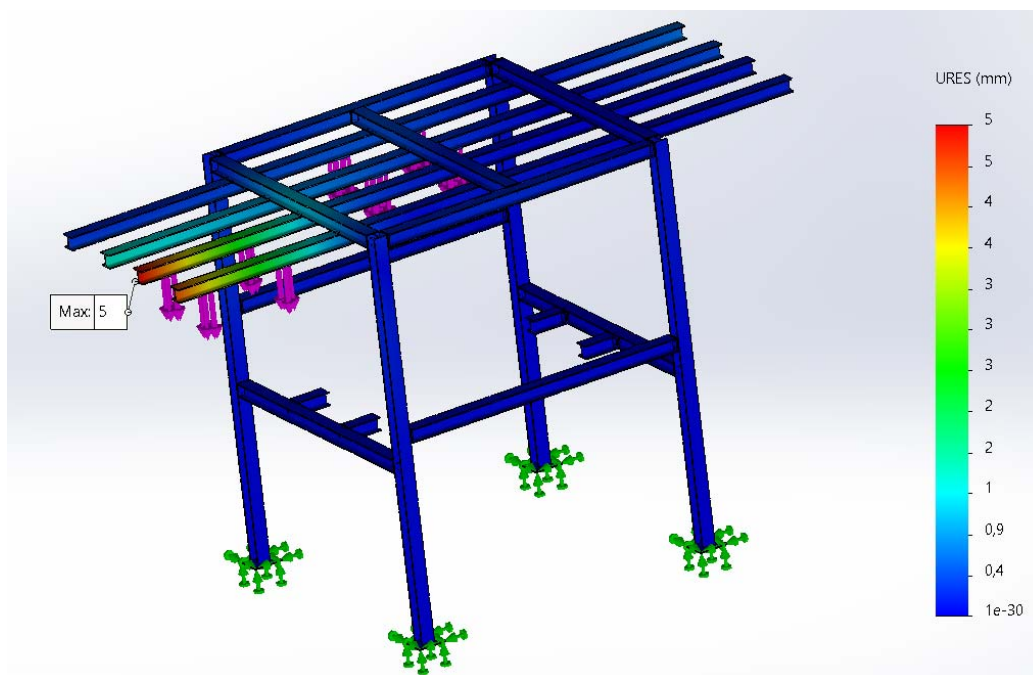


Figura 43 - Deslocamentos URES - Estudo 2

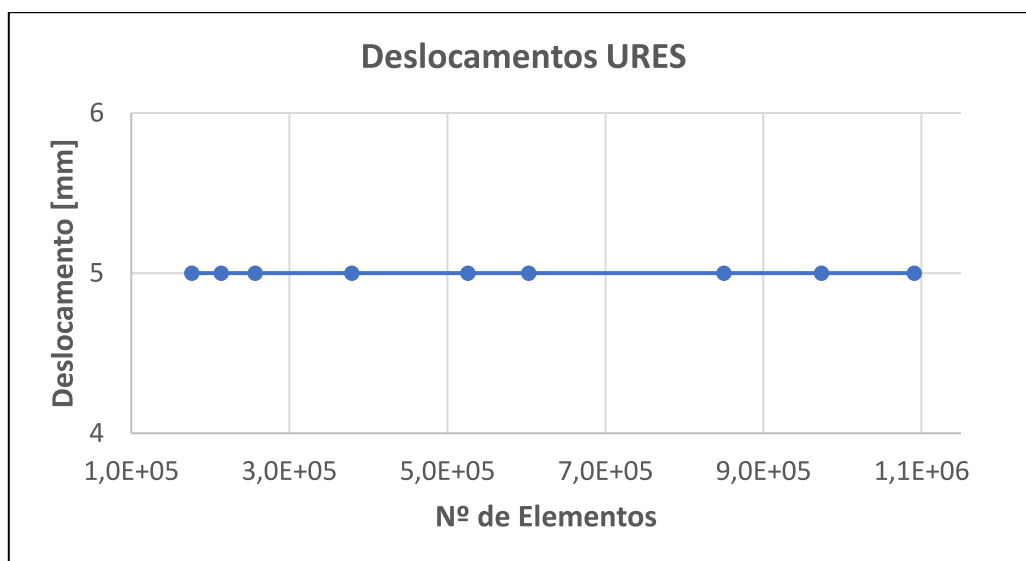


Figura 44 - Deslocamentos – Estudo 2

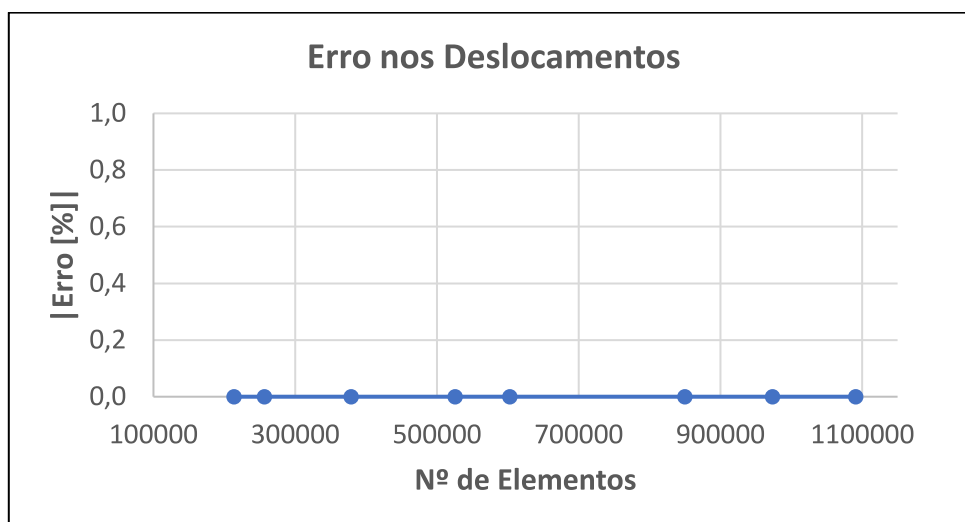


Figura 45 - Erro nos Deslocamentos - Estudo 2

Observando a figura 44, verificamos que o deslocamento foi exatamente o mesmo ao longo dos estudos, com um valor de 5 mm. Considerando que o caso aplicado seja uma viga “suspensa”, numa das extremidades com cerca de 2000 mm de comprimento e contabilizando a carga do eletromagnético de 10000N, o valor do deslocamento de 5 mm é perfeitamente aceitável.

3º Estudo – Suporte dos tapetes transportadores

Uma vez que o conjunto da estrutura principal era consideravelmente de elevada dimensão, para facilitar o estudo de elementos finitos, optamos por dividir a estrutura por partes.

Neste estudo iremos avaliar a estrutura de suporte do tapete transportador isoladamente para percebermos se a mesma está devidamente dimensionada. Uma vez que a estrutura era composta por tubos de secção retangular, optamos por utilizar outro método de simulação, o método de elementos casca. A utilização deste tipo de elementos exige menor poder computacional para executar os cálculos necessários que por si só é bastante mais rápido comparando com o estudo de elementos sólidos.

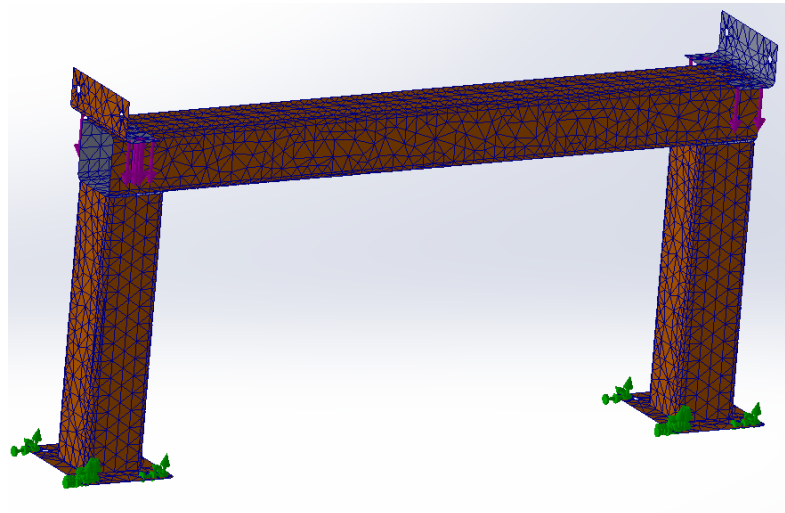


Figura 46 - Condições de fronteira e cargas - Estudo 3

Carga aplicada:

Como já foi referido acima, a carga do tapete transportador é de 10000N, mas para fixar o mesmo são utilizados 2 suportes logo a carga aplicada no suporte é:

$$P = ((1000)/2) * 9.81$$

$$P \approx 5000 \text{ N}$$

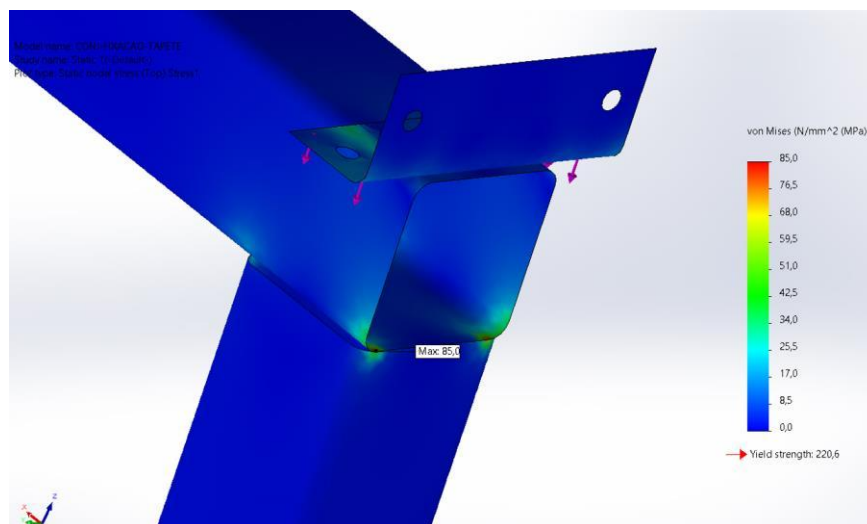


Figura 47 - Tensões *Von Mises* - Estudo 3

Resultados obtidos:

Estudo com a carga aplicada na Estrutura de suporte dos Tapetes							
Elementos - Casca							
Tamanho dos Elementos		Número Total		Tensões - VON MISES	Erro VON MISES	Deslocamento - URES	Erro URES
[mm]		Nós	Elementos	[MPa]	[%]	[mm]	[%]
				Elementos casca			
50	17	12840	6216	84,5		0,06	
40	13	19199	9383	82,4	2,49	0,06	0,00
10	2,5	50678	25022	85	3,16	0,05	16,67
5	1,25	183268	91066	87,3	2,71	0,04	20,00
2	0,5	931288	464478	87,1	0,23	0,04	0,00
1,8	0,45	1298460	647796	86,9	0,23	0,04	0,00

Tabela 5 - Resultados do estudo 3

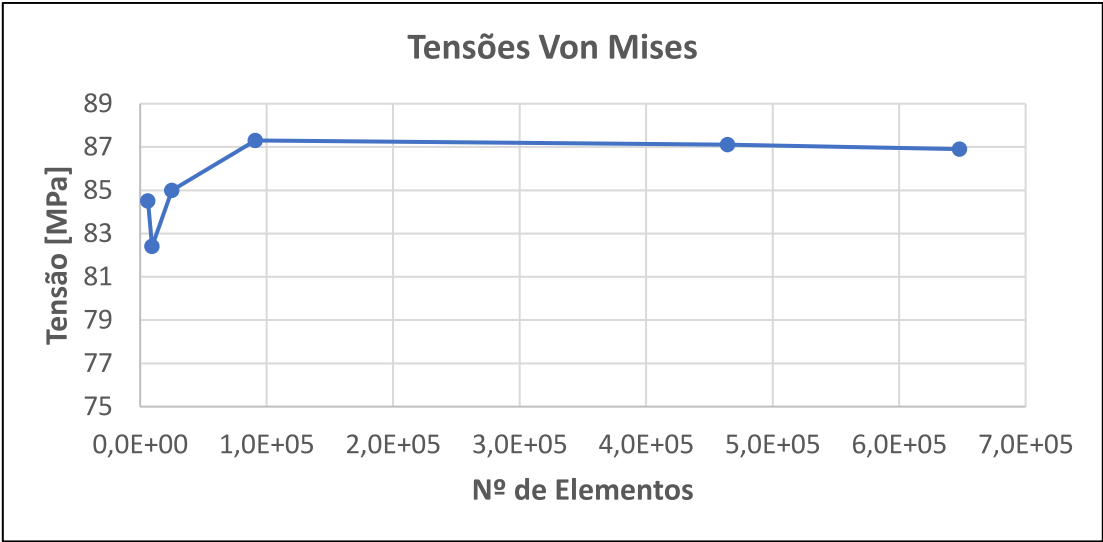


Figura 48 - Tensões Von Mises - Estudo 3

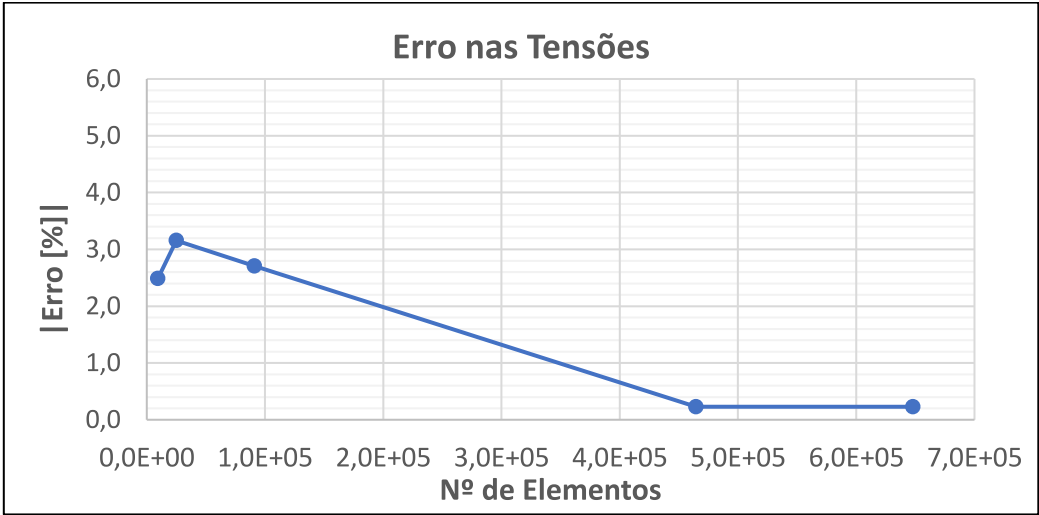


Figura 49 - Erro nas Tensões - Estudo 3

Como podemos observar na figura 48, os valores das tensões convergiram para cerca de 87 MPa, o que está bastante longe da tensão de cedência de 220 MPa. Este tipo de suporte está bem dimensionado.

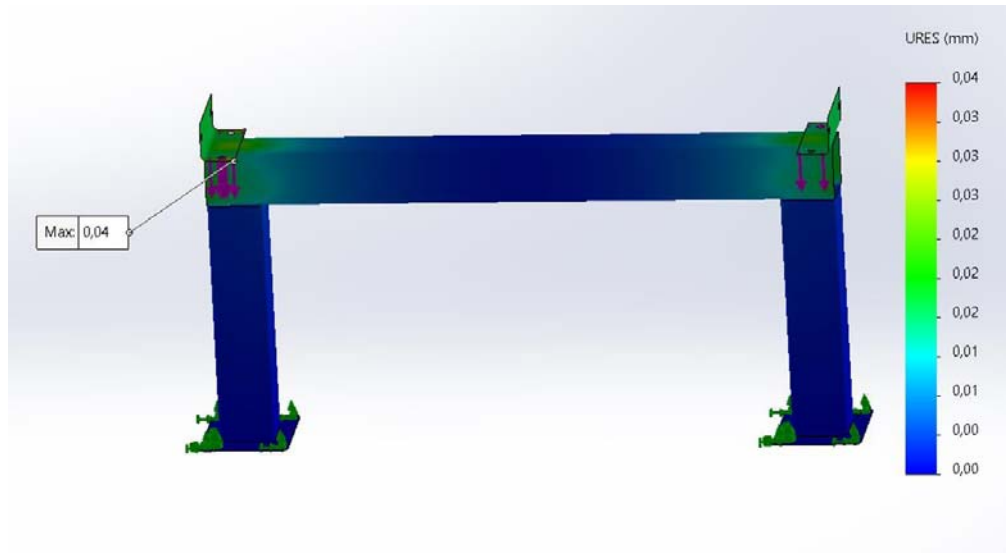


Figura 50 - Deslocamentos URES - Estudo 3

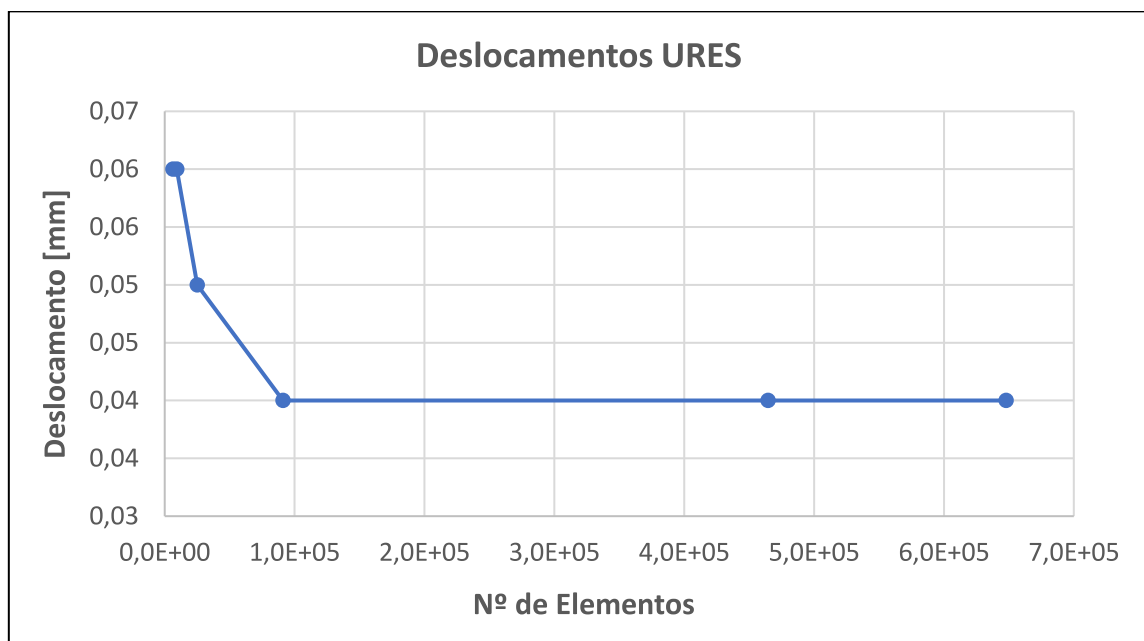
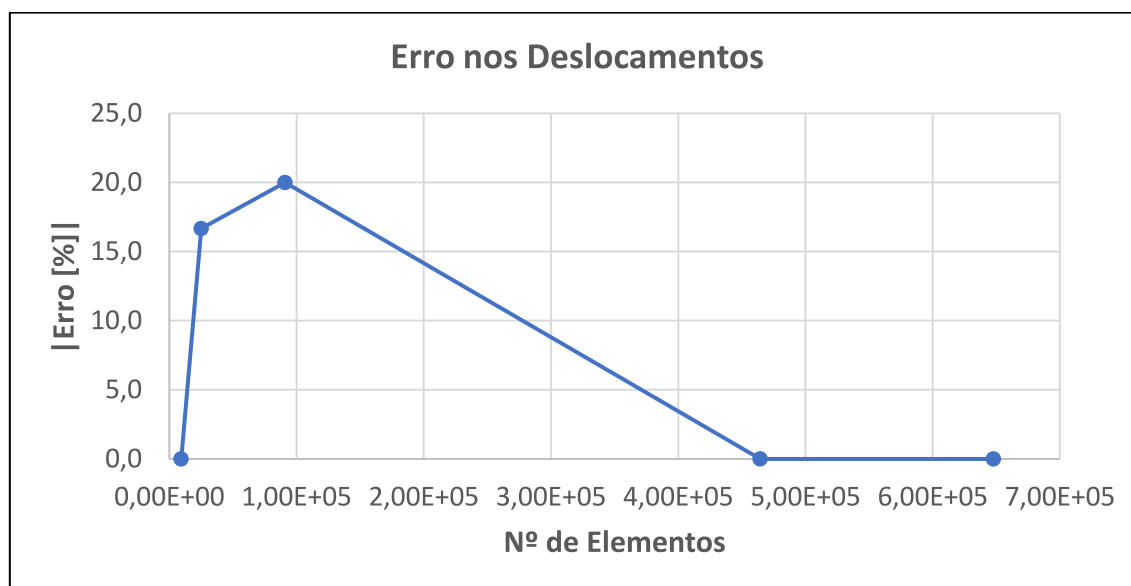


Figura 51 - Deslocamentos

**Figura 52 - Erro nos Deslocamentos**

Como podemos observar na figura 51, o valor do deslocamento convergiu para 0.04 mm, portanto podemos desprezá-lo. Isto acontece devido à flange onde assenta o tapete ter uma espessura de 8 mm comparando com a carga que está aplicada sobre a mesma de 2500 N.

Análise dos Resultados

No início dos estudos, a maior preocupação era se as vigas utilizadas para suportar os eletromagnéticos iriam sofrer uma elevada deformação, o que era uma complicação visto que os eletromagnéticos têm estabelecida uma altura de funcionamento. Analisando os resultados vemos que as mesmas irão sofrer uma deformação de 6 mm o que é irrelevante para o bom funcionamento dos eletromagnéticos. Outro fator, ainda mais importante, era se as vigas cediam mas analisando os resultados obtidos, cerca de 113 MPa, podemos afirmar que as mesmas estão longe da tensão de cedência de 220 MPa.

Relativamente ao estudo 2, podemos concluir que, para este caso, a estrutura está devidamente dimensionada e que uma intervenção de manutenção poderá ser executada da melhor forma visto que a tensão obtida foi cerca de 65 MPa o que está bastante longe da tensão de cedência de 220 MPa.

No terceiro estudo, podemos constatar que os suportes dos tapetes estão também devidamente dimensionados uma vez que apresentam uma tensão de cerca de 86 MPa o que também está bastante longe da tensão de cedência.

Outros trabalhos complementares:

É importante referenciar que o presente estágio não foi somente o desenvolvimento do presente projeto, este foi bastante mais do que isso. Este estágio foi a introdução de uma possível carreira profissional na empresa Quantal S.A. Mas para que tal fosse possível, foi preciso demonstrar empenho e vontade de apreender mais, só com isto é que me foi dada a liberdade e responsabilidade de poder acompanhar e de ajudar nos processos presentes na empresa, uma mais-valia para o meu futuro.

Outros trabalhos elaborados:

- Alternativa de fabrico de pulsão através de impressão 3D.
- Desenvolvimento de ferramenta de fabrico para o processo CIE- 3214761A0
- Desenvolvimento de gabarito de soldadura para o processo CIE – 3214761A0
- Desenvolvimento de caixa e rampa para a queda da sucata da prensa VI.
- Definição do processo de soldadura, para o processo VMS- 4688999A0.

Acima estão alguns trabalhos complementares, executados no estágio, para me ajudar a integrar na equipa Quantal S.A. Só com esta intervenção direta é que me foi possível perceber as dificuldades presentes no mundo do trabalho. Contudo foi me bastante útil para futuramente fazer parte da mesma.

5. CONCLUSÃO

O trabalho efetuado no âmbito deste estágio curricular permitiu desenvolver um projeto eficiente para o melhoramento de uma lacuna acomodada na empresa Quantal S.A.

O estudo deste projeto envolveu uma análise experimental e a implementação de um modelo numérico de elementos finitos para previsão do comportamento estrutural de toda a estrutura.

Para este estudo foram consideradas todas as situações a que esta estrutura irá estar sujeita, desde o seu funcionamento normal como a simulação de uma intervenção para manutenção.

Os resultados obtidos experimentalmente podem-se considerar adequados relativamente ao comportamento esperado para toda a estrutura. Perante os resultados obtidos, conclui-se que a estrutura principal de suporte estudada tem a resistência e rigidez estrutural adequadas, devendo suportar sem risco de rotura ou deformação permanente as solicitações previstas.

Por fim, não achando menos importante, quero referir que este estágio curricular foi bastante proveitoso no aspeto referente à diferença entre o percurso académico e o “mundo do trabalho”. Foi uma mais-valia visto que tive a oportunidade de perceber como temos de agir e como devemos lidar com certas situações para ultrapassá-las.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Solidworks. (s.d.). Obtido de:

[https://help.solidworks.com/2022/english/SolidWorks/sldworks/r_welcome_sw_online_help.
htm](https://help.solidworks.com/2022/english/SolidWorks/sldworks/r_welcome_sw_online_help.htm)

<https://www.thebalancesmb.com/an-introduction-to-metal-recycling-4057469>

<https://www.tecnicon.com.br/blog/400->

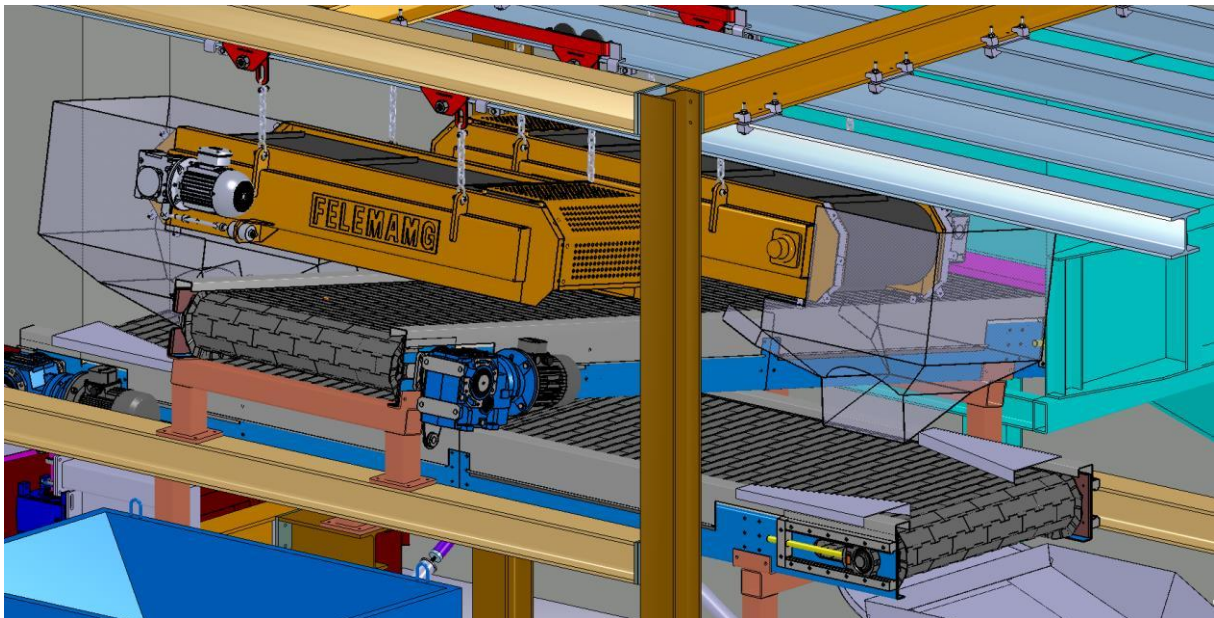
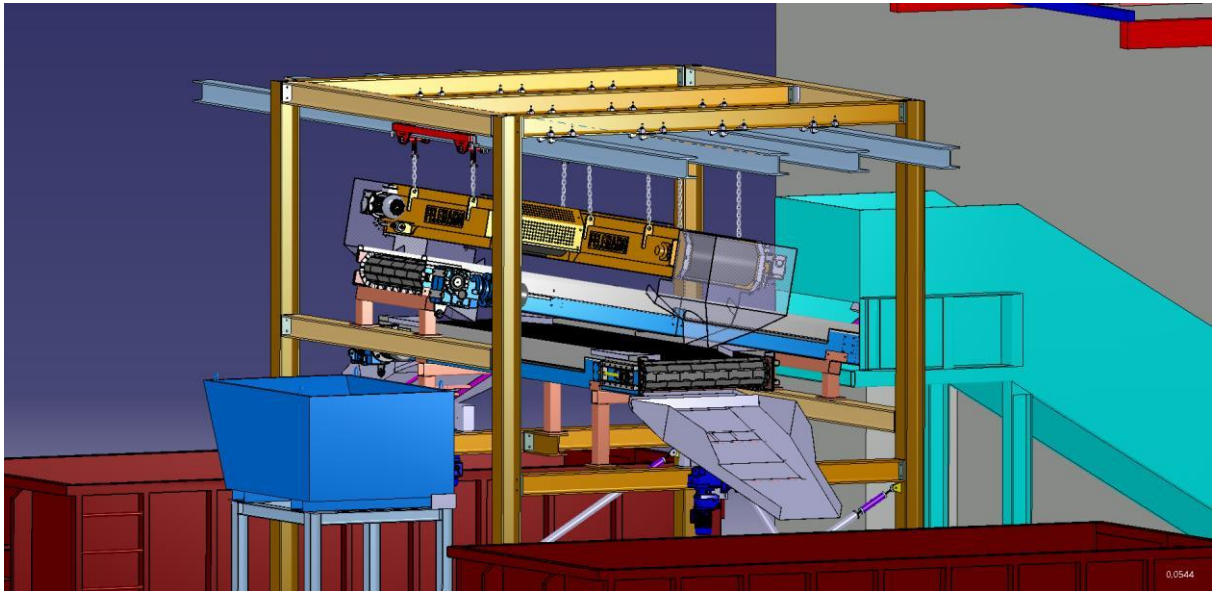
[Reciclagem_na_industria_como_implementar_de_maneira_sustentavel_](#)

<https://www.wastecare.com/Articles/industrial-materials-recycling.htm>

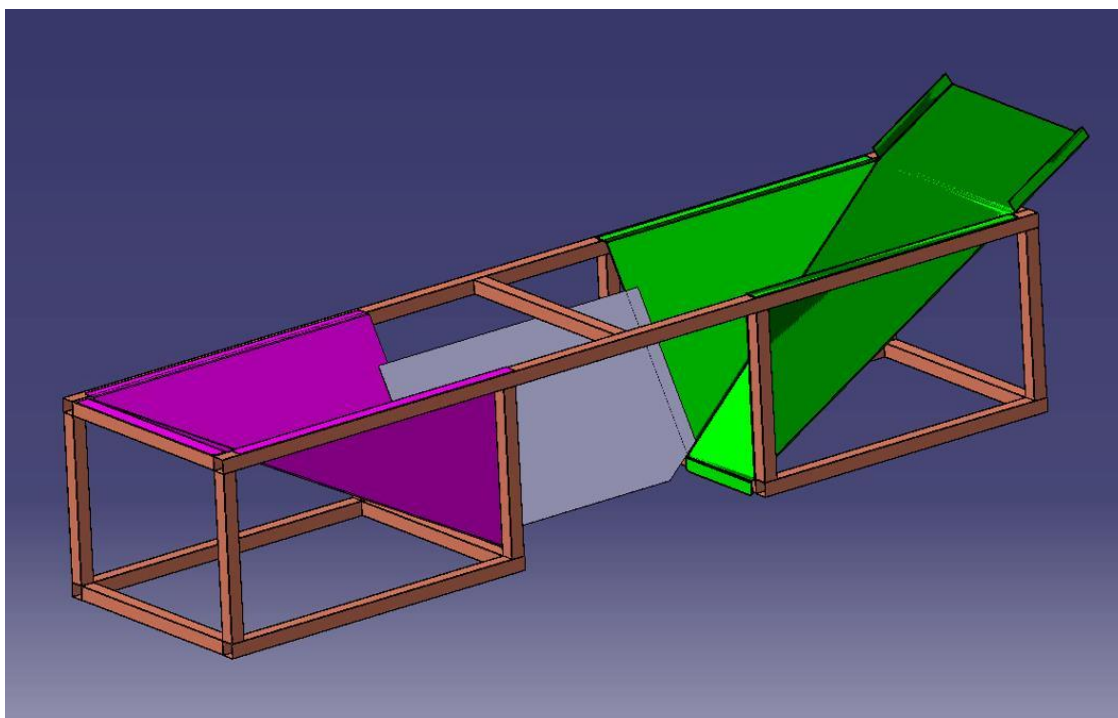
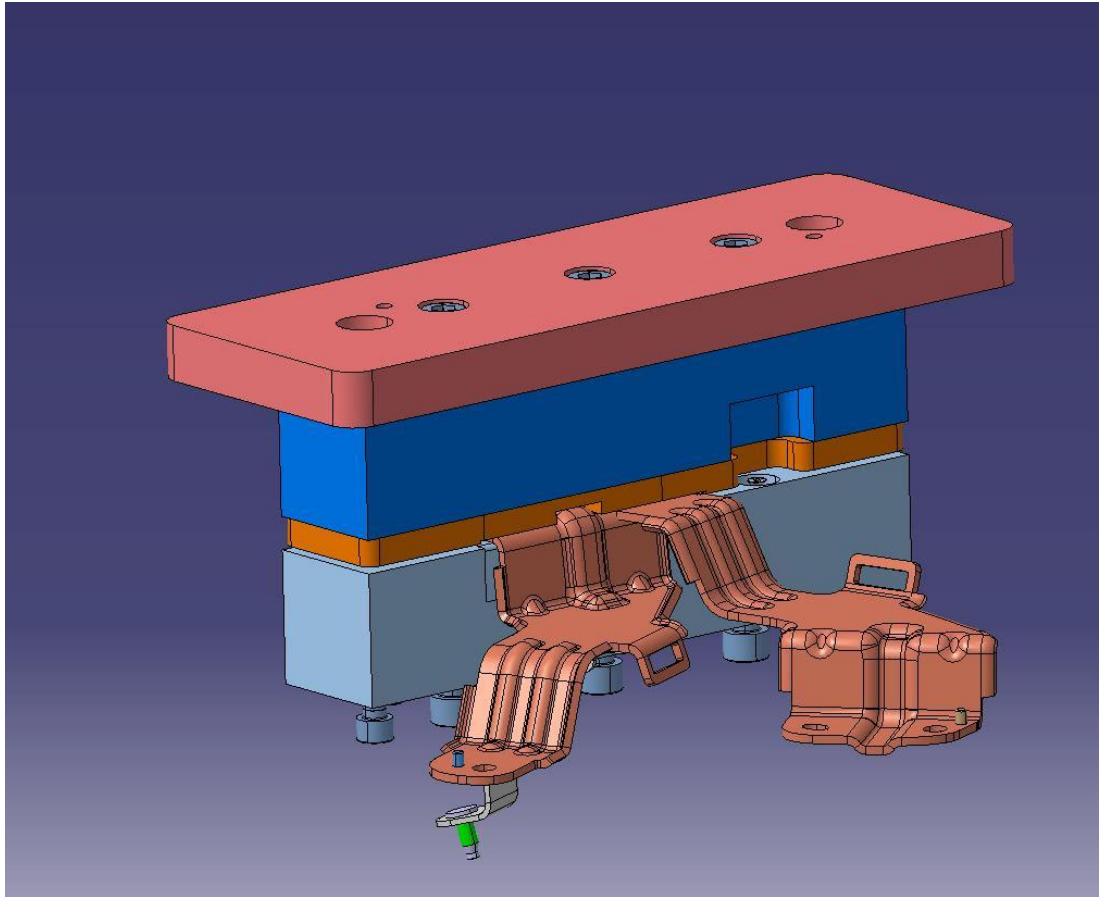
https://www.trumpf.com/pt_PT/solucoes/aplicacoes/corte-a-laser/

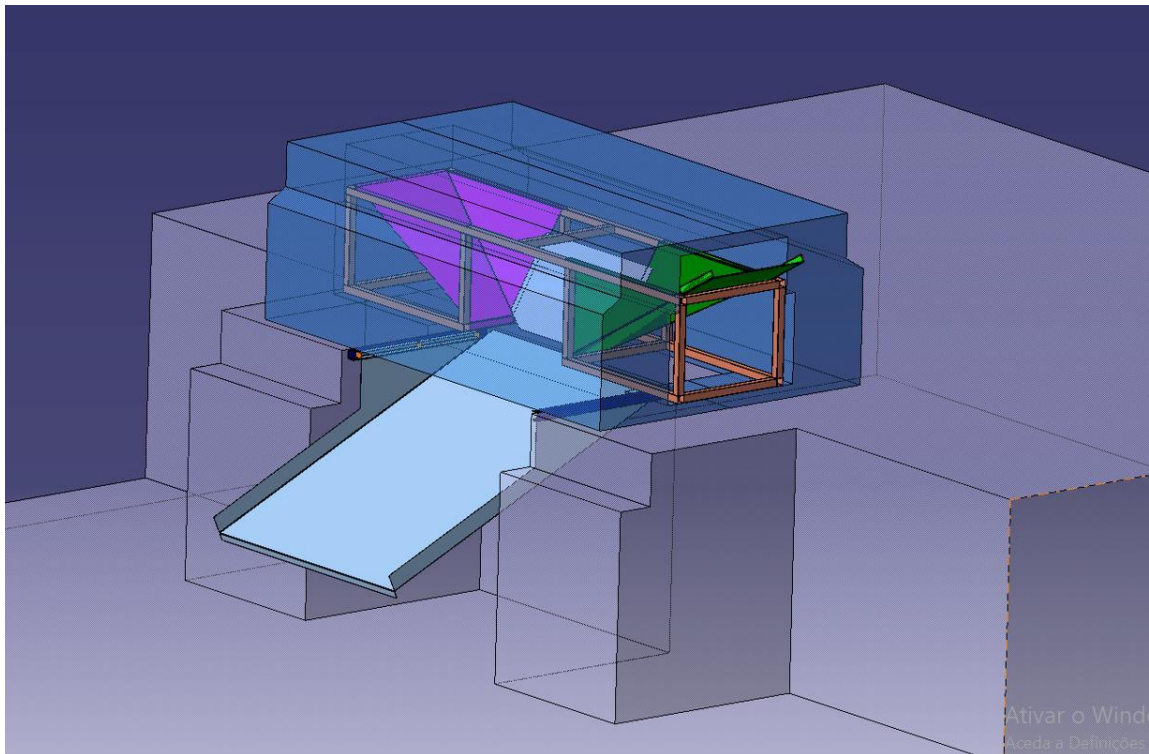
ANEXOS

Anexo 1 – Figuras referentes aos componentes do projeto

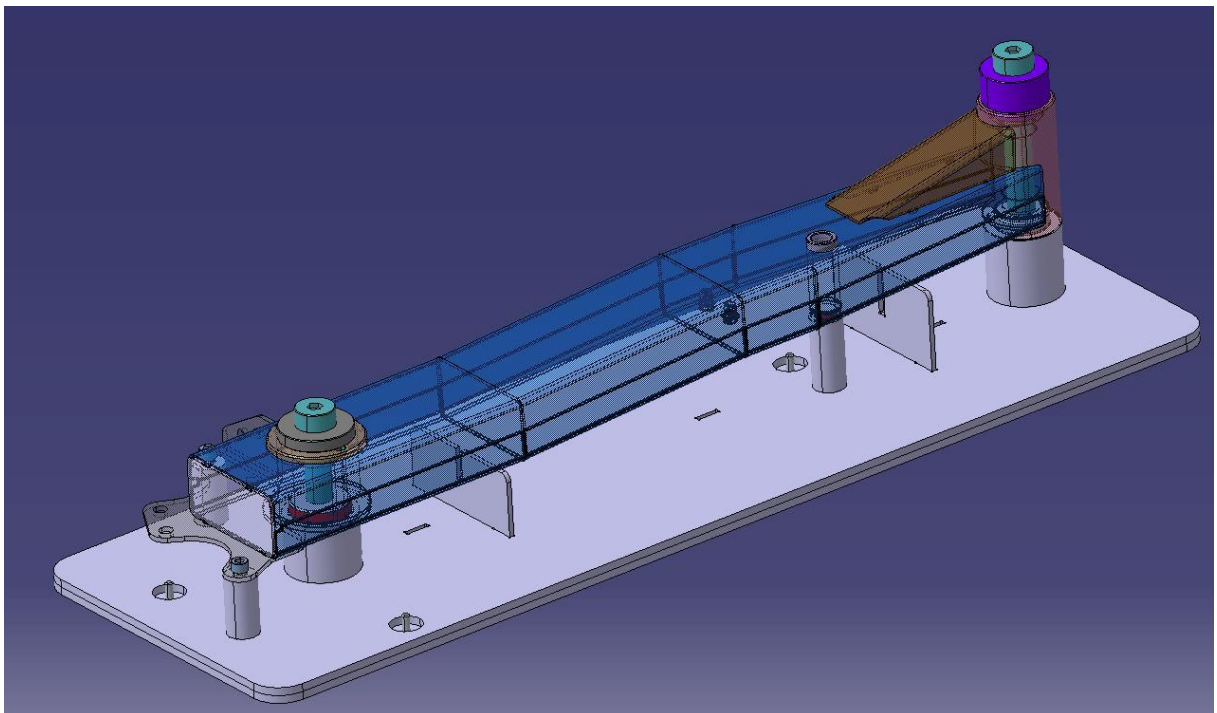


Anexo 2 – Figuras correspondente a trabalhos complementares

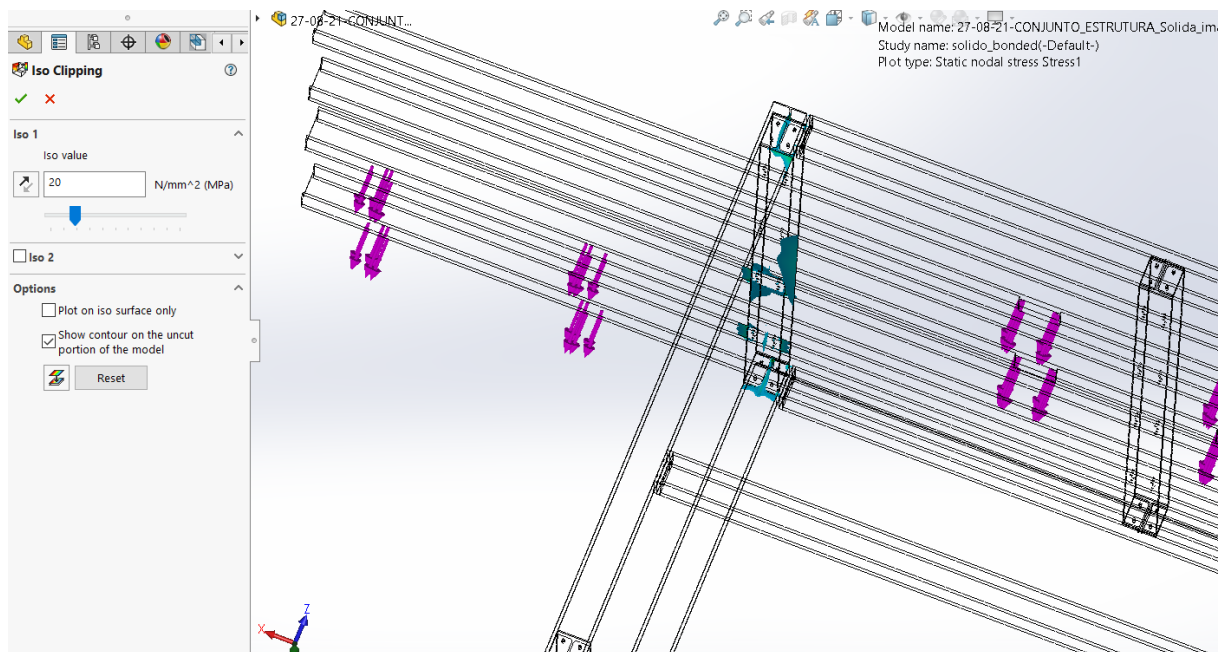
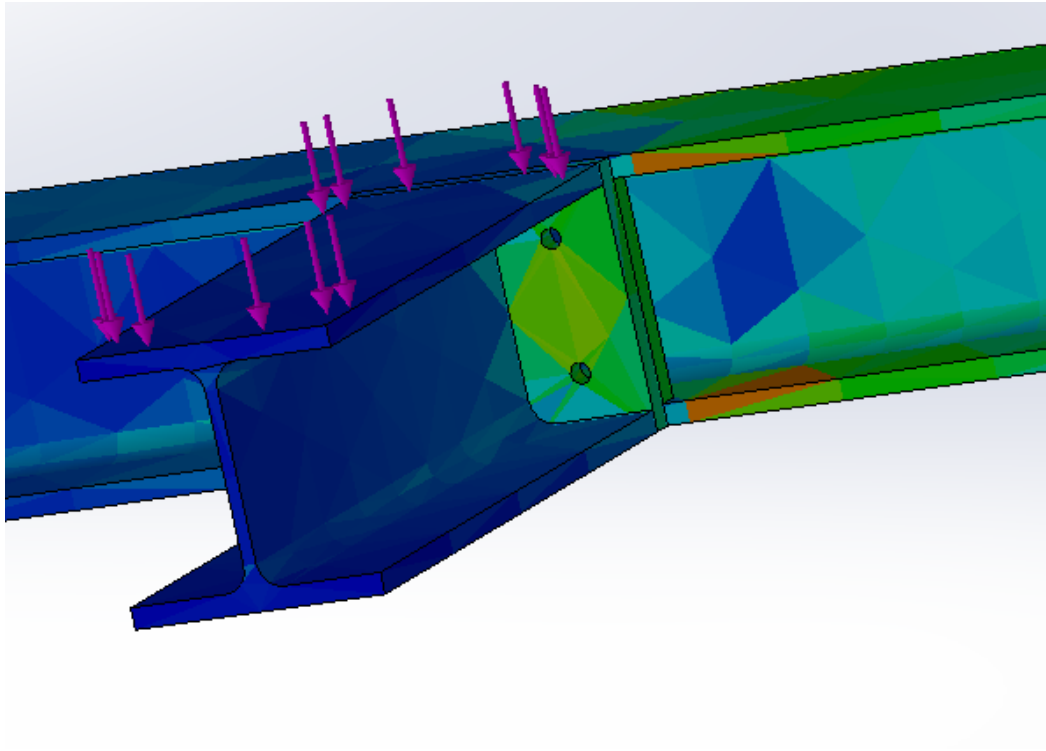




Anexo 3 – Figura referente ao gabarito de soldadura desenvolvido



Anexo 4 – Figuras correspondentes aos estudos de elementos finitos



Anexo 5 – Catálogo do fabricante do eletromagnético *Felemamg*

FELEMAMG

INFORMAÇÃO-2060-P



**LIMPEZA MANUAL
TIPO SF-RSP**

Extraí e retém as peças ferromagnéticas que ocasionalmente, se encontrem entre o material transportado.

As impurezas ferromagnéticas retidas pelo separador são eliminadas retirando a bandeja de limpeza, periodicamente em função do grau de contaminação presente no material transportado.

As características construtivas destes separadores são muito simples: um potente íman sob o qual é colocada uma bandeja deslizante para retirar o material magnético retido.



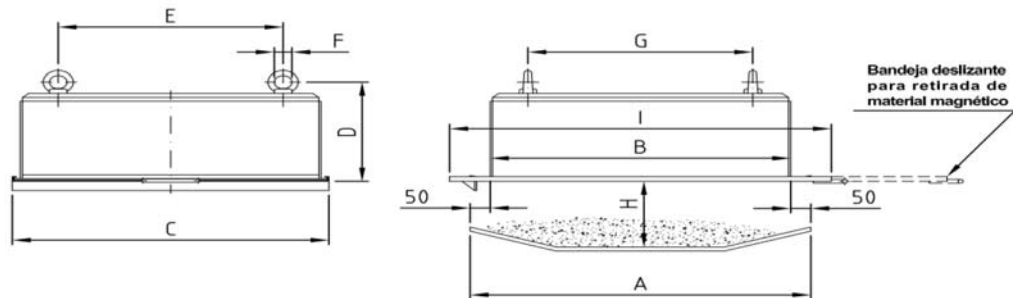
**LIMPEZA AUTOMÁTICA
TIPO SF1-RCP**

Extraí e recupera peças ferrosas, que se encontrem misturadas no material circulando num tapete transportador.

Os separadores de limpeza automática (Overband), asseguram uma elevada recuperação de material férreo. Uma cinta nervurada arrasta as peças atraídas pelo íman e solta-as fora do transportador.

Composto por um potente íman montado dentro duma estrutura principal. Nesta estrutura estão instalados os tambores tensor e motriz com o seu correspondente motor redutor accionamento da cinta nervurada que envolve o íman.

SEPARADORES MAGNÉTICOS DE ÍMAN PERMANENTE (SF-RSP & SF1-RCP)


SEPARADORES DE ÍMAN PERMANENTE SF-RSP


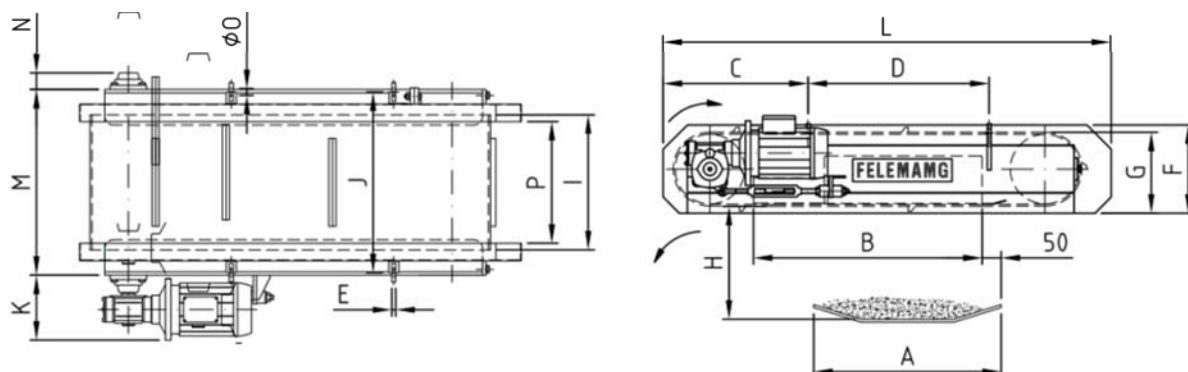
* Os separadores SF-16-RSP/ e SF-17-RSP/ são fornecidos com bainha de borracha amovível e não com bandeja deslizante

SEPARADOR TIPO	Campo magnetico de 400 Gauss a distancia de	Largura transport.	Comprimento circuito	Dimensoes (mm.)						Peso aprox.
	H	A	B	C	D	E	F	G	I	Kg.
SF-11-RSP/11	110	400	300	400	175	312	25	250	425	95
/12		500	400					350	525	125
/13		650	550					500	675	175
/14		800	700					650	825	220
SF-12-RSP/11	150	400	300	500	240	402	30	240	425	160
/12		500	400					340	525	215
/13		650	550					490	675	295
/14		800	700					640	825	375
/15		1000	900					840	1025	480
SF-13-RSP/12	200	500	400	600	255	500	35	338	525	285
/13		650	550					488	675	390
/14		800	700					638	825	500
/15		1000	900					838	1025	630
/16		1200	1100					1038	1225	780
SF-14-RSP/13	250	650	550	800	278	692	40	480	715	580
/14		800	700					630	865	740
/15		1000	900					830	1065	950
/16		1200	1100					1030	1265	1150
SF-15-RSP/14	300	800	700	1000	323	882	40	620	865	1050
/15		1000	900					820	1065	1350
/16		1200	1100					1020	1265	1650
/17		1400	1300					1220	1465	1950
*SF-16-RSP/15	350	1000	900	1150	410	980	60	780	1100	1920
/16		1200	1100					980	1300	2350
/17		1400	1300					1180	1500	2780
/18		1600	1500					1380	1700	3200
*SF-17-RSP/16	400	1200	1100	1250	465	1080	60	980	1300	2840
/17		1400	1300					1180	1500	3370
/18		1600	1500					1380	1700	3900
/19		1800	1700					1580	1900	4430

FELEMAMG reserva-se o direito de modificação de cotas e construção



SEPARADORES DE ÍMAN PERMANENTE SF1-RCP



SEPARADOR TIPO	Campo magnetico de 400 Gauss a distancia de	Largura transport.	Comprimento circuito	Dimensoes (mm.)																Peso aprox.	Potencia motor	Veloc. cinta
				H	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L	M	N	O	P	Kg.	Kw.	m/seg
SF1-11-RCP/21		400	530				382								1212					245		
/22	110	500	630				482								1312					280	0,75	1,5
/23		650	780			450	682	12	273	249	400	533	211		1462	548	55	20	360	340		
/24		800	930				782								1612					390		
SF1-12-RCP/21		400	530				420								1378					390		
/22	150	500	630				520								1478					450		
/23		650	780			503	670	15	367	334	500	634	218		1628	668	58	25	450	540	1,1	1,5
/24		800	930				820								1778					630		
/25		1000	1130				1020								1978					745		
SF1-13-RCP/22		500	630				472								1472					550		
/23	200	650	780				622								1622					665		
/24		800	930			550	722	15	367	335	600	775	220		1772	780	64	25	550	785	1,5	1,5
/25		1000	1130				972								1972					930		
/26		1200	1330				1172								2172					1090		
SF1-14-RCP/23		650	780				640								1710					940		
/24	250	800	930				790								1860					1110		
/25		1000	1130			576	990	20	413	371	800	975	261		2060	1000	65	30	750	1340	2,2	1,5
/26		1200	1330				1190								2260					1560		
SF1-15-RCP/24		800	930				780								1935					1520		
/25	300	1000	1130				980								2135					1840		
/26		1200	1330			613	1180	20	456	412	1000	1159	265		2335	1190	71	30	950	2160	2,2	1,7
/27		1400	1530				1380								2535					2480		
SF1-16-RCP/25		1000	1325				1150								2660					2900		
/26	350	1200	1525				1350								2860					3400		
/27		1400	1725			785	1550	25	570	508	1200	1405	300		3060	1440	79	35	1146	3900	4	1,7
/28		1600	1925				1750								3260					4300		
SF1-17-RCP/26		1200	1525				1350								2905					4100		
/27	400	1400	1725				1550								3105					4700		
/28		1600	1925			825	1750	25	620	571	1250	1455	310		3305	1490	86	35	1196	5200	4	1,7
/29		1800	2125				1950								3505					5800		

FELEMAMG reserva-se o direito de modificação de cotas e construção

A montagem de ambos os separadores pode ser efectuada de forma transversal sobre o tapete transportador (figuras 1 e 2) ou de forma longitudinal na cabeça da cinta (figuras 3 e 4).

A escolha do separador e tipo de montagem mais adequada, dependerá de vários factores:

- Tipo de produto
- Velocidade e caudal de transporte
- Granulometria
- Largura do tapete transportador

Os nossos técnicos estão á sua disposição para aconselhar e garantir a solução mais adequada para cada caso.

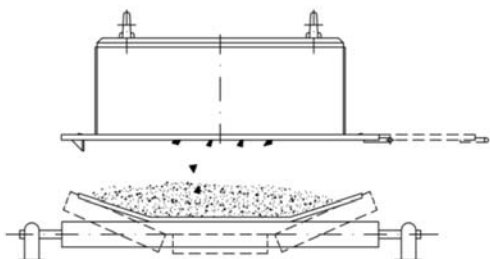


FIGURA 1

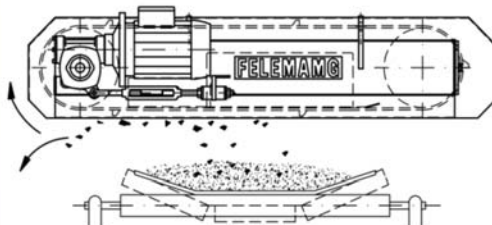


FIGURA 2

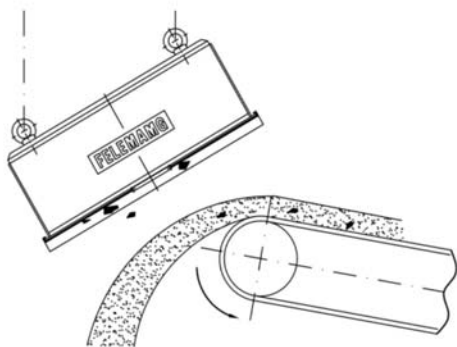


FIGURA 3

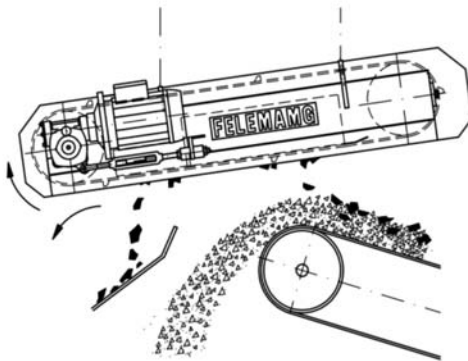


FIGURA 4

FABRICA - Dpto. TECNICO - VENTAS
C/ Agricultura, 15 - Pol. Bankuni3n, 2
33211 GIJON (ASTURIAS) - E
Tel3fono +34 985 324 408
Fax +34 985 324 226
E-mail: felemamg@felemamg.com

FELEMAMG
magnetismo
www.felemamg.com

ADMINISTRACION
C/ Demetria Su3rez, 20
33400 AVILES (ASTURIAS) - E
Tel3fono +34 985 561 918
Fax +34 985 520 437
E-mail: administracion@felemamg.com

Anexo 6 – Ficha técnica do moto redutor

**NORD DRIVESYSTEMS PTP, LDA**

Member of the NORD DRIVESYSTEMS Group

Reprint

NORD Drivesysteme PTP, Ltd. / Zona Industrial de Oitã / Rua da Etar, lote 8 / 3770-059 Oitã - Aveiro

Orçamento

Número Data	101960331 21.05.2021
Número de referência	Sr. João Rosendo (64 VKLJ.0)
Referência Data	21.05.2021
Código do cliente	550002023
NIF	503401269
NIF number	503401269
Representante de Vendas	Carlos Teixeira
E-Mail	Carlos.Teixeira@nord.com
Escritório de vendas	Portugal
Apoio área comercial	Rita Silva
Telefone	234 727 090
E-Mail	Rita.Silva@nord.com

QUANTAL, S.A.
LUGAR DA SERRA
VILA DO CONDE
RUA DE S. CRISTÓVÃO, N° 95
4480-430 RIO MAU

Endereço de entrega

QUANTAL, S.A.
LUGAR DA SERRA
VILA DO CONDE
RUA DE S. CRISTÓVÃO, N° 95
4480-430 RIO MAU

Item	Descrição	Código	Quantidade	Total
100	SK3282/12AX IEC63-63S/4			
	Descrição do produto	.Motoredutor Shaft Mount		
	Rotação do Motor	1.335 1/min		
	Redução	1.335,98		
	Rotação de Saída	1,000 1/min		
	Fator de Serviço	1,20		
	Torque de saída M2 (Nm)	765,00		
	Potência do Motor (KW)	0,120		
	Tensão (V)	230/400		
	Frequência (Hz)	50		
	Modo de Operação	S1		
	Proteção do Motor	IP55		
	Classe de Isolação	F		
	Corrente Nominal 1 (A)	0,95		
	Corrente Nominal 2 (A)	0,55		
	Fator de Potência 1	0,64		
	Posição de Montagem do Redutor	M2		
	Tipo de Carcaça	Eixo Oco/Pés		
	Adaptador de Entrada	IEC63		
	Adaptador de Entrada	IEC63 B5 A140		
	Dimensões do Eixo de Saída	40H7		
	Tipo de Respiro	Válvula de Respiro		
	Esquema de Ligação	Estrela		
	Posição da Caixa de Ligação	1/I		
	Tipo de Lubrificante	ISO VG 220 óleo mineral		
	Qtde. de Lubrificante (l)	4,000		
	Tipo de Lubrificante Redutor	Óleo Mineral ISO VG 220		
	Classificação do Óleo	CLP 220		
	Qtde. de Lubrificante 2 (l)	0,850		
	Cor	RAL 5010 Azul		
	Tipo de Pintura	Pintura Padrão		
	Opção de Pintura	Pintura tipo 2		
	Opção de Pintura	Basic		
	Logo CE	Sim		
	Logo CCC	Não		
	Mexico Certification NOM	Não		
	UL	Não		
	CSA	Não		
	DoE CC	Não		
	CSA ev	Não		

Dados Bancários: Banco Santander Totta / Balcão de Oitã
(NIB) 001800031702556002052 (IBAN) PT50 0018 000317025560020 52 (BIC) TOTAPTPL