



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior Tecnologia de Abrantes

Conceção de Máquina de Corte de Barras Energéticas

Projeto

Marcos Felipe Almeida Neves Gonçalves

Mestrado em Engenharia Mecânica
Projeto e Produção Mecânica

Abrantes/novembro/2022



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior Tecnologia de Abrantes

Marcos Felipe Almeida Neves Gonçalves

Conceção de Máquina de Corte de Barras Energéticas

Orientado por:

Doutor Bruno Miguel Santana Chaparro – ESTA – IPT

Projeto apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários
à obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Dedico este trabalho à minha família...

Resumo / Palavras-Chave

As barras energéticas são bastante úteis quando necessitamos de energia rápida, desta forma a indústria alimentar tem vindo a apostar na sua produção e comercialização visto que há cada vez mais procura no mercado por ser um alimento prático e saudável.

O presente projeto, foi desenvolvido na empresa HJDP – Alimentar, e tem como objetivo a conceção de um equipamento de corte de barras energéticas para indústria alimentar (confeitarias). O equipamento desenvolvido pretende suprimir as necessidades do cliente, garantindo um produto fiável, seguro e autónomo, fazendo cumprir as normas de segurança de máquinas NP EN ISO 121000 2018 assim como os requisitos descritos na Diretiva n.º 2006/42/CE, transposta no Decreto-Lei n.º 103/2008 de 24 de junho.

Foi conduzida uma revisão bibliográfica, com temáticas importantes que serviu de base para realização deste projeto. O equipamento foi desenvolvido com recurso ao *software CAD SolidWorks*, que possibilitou a modelação e simulação dos componentes que integram o produto.

Com base no trabalho desenvolvido, foi possível obter um produto de fácil fabrico, manutenção, e mais importante ainda, seguro, fiável, de custo relativamente baixo possibilitando ao cliente utilizar uma máquina autónoma com vida útil prolongada, adequada para o local de trabalho com menor risco de acidente para os operadores assim como a segurança alimentar.

Palavras-Chave: *Máquinas, Indústria Alimentar, Segurança de Máquinas, Diretiva Máquinas, SolidWorks.*

Abstract / keywords

The energy bars are very useful when we need quick energy, so the food industry has been investing in its production and marketing since there is increasing demand in the market for being a practical and healthy food.

This project was developed in the company HJDP - Alimentar, and aims to design an equipment for cutting energy bars for the food industry (confectioneries). The equipment developed aims to meet customer needs, ensuring a reliable, safe and autonomous product, complying with the machine safety standards NP EN ISO 121000 2018 as well as the requirements described in the Directive No 2006/42/EC, transposed into Decree-Law No 103/2008 of June 24.

A literature review was conducted, with important themes that served as a basis for the realization of this project. The equipment was developed using SolidWorks CAD software, which enabled the modeling and simulation of the components that make up the product.

Based on the work developed, it was possible to obtain a product that is easy to manufacture, maintain, and most importantly, safe, reliable, and relatively low cost, enabling the customer to use an autonomous machine with extended life, suitable for the workplace with lower risk of accident for operators as well as food safety.

Keywords: *Machines, Food Industry, Machine Safety, Machinery Directive, SolidWorks.*

Agradecimentos

Na realização deste projeto, contei com o apoio de várias pessoas e instituições às quais expresso aqui os meus agradecimentos. Assim, começo por agradecer aos meus orientadores.

Ao Professor Doutor Bruno Chaparro, do departamento de Engenharia mecânica da Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, por toda a disponibilidade e apoio prestado, assim como todo o ensinamento e conhecimento passado, durante o meu percurso académico.

À empresa HJDP, por acreditar no meu potencial para realizar este trabalho. A todos os colegas de trabalho, pois sem eles não seria possível o desenvolvimento e a produção deste e outros produtos.

Ao cliente Tradifana Confeitaria Lda. na pessoa do Sr. Fernando, pela cooperação e confiança nos trabalhos desenvolvidos pela HJDP.

Por último e não menos importante, um agradecimento especial à minha família por todo o tempo que tive ausente e pelo apoio que me proporcionaram, durante todo o percurso escolar, pessoal e profissional, que me deu a força e a vontade para continuar e nunca desistir dos meus sonhos.

A todos os amigos e colegas, pelo companheirismo e incentivo.

A todos, o meu sincero e profundo **MUITO OBRIGADO!**

Índice

Resumo / Palavras-Chave	V
Abstract / keywords	VI
Agradecimentos	VII
Índice	VIII
Índice de Figuras	XI
Índice de Tabelas	XIII
Lista de abreviaturas e siglas	XIV
Lista de Simbologia	XV
Termos e definições	XVI
1 Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Organização do relatório / Projeto	3
1.5. HJDP - Alimentar, Unipessoal Lda.	4
1.5.1. Organograma da Empresa HJDP	5
2 Revisão Bibliográfica	6
2.1. Corte ultrassónico	6
2.1.1. Funcionamento do corte ultrassónico e os seus componentes.....	7
2.1.1.2 Um gerador ultrassónico (fonte de alimentação).....	7
2.1.1.3 Um conversor ultrassónico (transdutor)	7
2.1.1.4 Um <i>booster</i> ultrassónico	7
2.1.1.5 Uma ferramenta de corte ultrassónica	7
2.1.1.6 Um sistema de manuseamento de materiais	8

2.1.2.	Parâmetros a ter em conta no processo de corte dos alimentos.....	9
2.1.2.1	Tempo de vibração inicial	9
2.1.2.2	Amplitude a vibração.....	9
2.1.2.3	Velocidade de corte	10
3	Desenvolvimento	11
3.1.	Caracterização do problema.....	11
3.2.	Caderno de encargos	12
3.2.1.	Requisitos gerais.....	12
3.2.2.	Requisitos específicos	12
3.2.3.	Requisitos técnicos	12
3.2.3.1.	Fonte de alimentação elétrica.....	12
3.2.3.2.	Compatibilidade com outras máquinas/ equipamentos.....	13
3.2.3.3.	Manutenibilidade.....	13
3.2.3.4.	Ergonomia	13
3.2.4.	Requisitos legais	14
3.3.	Planeamento do projeto	15
3.4.	Projeto.....	15
3.4.1.	Seleção de materiais e dos elementos funcionais que integram o equipamento	15
3.4.1.1.	Seleção dos materiais da estrutura inferior de suporte.....	16
3.4.1.2.	Seleção dos materiais da estrutura superior de suporte.....	18
3.4.1.3.	Estrutura de suporte do sistema de corte.....	24
3.4.1.4.	Dispositivos de comandos da máquina	26
3.4.2.	Modelação 3D dos componentes e conjuntos da máquina	28
3.4.3.	Validações estruturais por MEF (Método de Elementos Finitos)	31
3.4.4.	Perigos típicos e sinalização	40
4	Conclusão	44

Referências	45
ANEXOS	47
ANEXO I – Simulação por Método de Elementos Finitos EST. – 1	48
ANEXO II – Simulação por Método de Elementos Finitos EST. – 2.....	58
ANEXO III – Desenhos Técnicos	68
ANEXO IV – Ficha técnica do Motoredutor SK 02040	73
ANEXO V – Fichas técnica da tela transportadora em PVC	74
ANEXO VI – Ficha técnica do cilindro pneumático MGPWM63TF-100.....	77
ANEXO VII – Ficha técnica do PE HD (Polietileno de alta densidade)	79
ANEXO VIII – Ficha técnica da lâmina – AISI 420.....	80
ANEXO IX – Fichas técnicas da chumaceira e dos sistemas de guiamento.....	81
ANEXO X – Certificados do aço inox AISI 304 (Dados do fornecedor).....	84
ANEXO XI – Representação esquemática de uma máquina	86

Índice de Figuras

Figura 1 - Indústria alimentar antiga VS moderna. Adaptada de [3]	1
Figura 2 - Metodologia de trabalho	2
Figura 3 - Organograma da empresa HJDP [4]	5
Figura 4 - Corte ultrassónico de diferentes produtos. Adaptada de [7].....	6
Figura 5 - Componentes do sistema de corte ultrassónico. Adaptada de [7].....	8
Figura 6 - Máquina de corte ultrassónico industrial. Adaptada de [8]	10
Figura 7 - Equipamento de corte manual de barras energéticas	11
Figura 8 – Esquema de funcionamento inicial	15
Figura 9 - Primeiro desenho 3D	15
Figura 10 - Subconjuntos da máquina de corte de barras energéticas.....	16
Figura 11 - Pés de apoio reguláveis.....	18
Figura 12 - Conjunto de tração	19
Figura 13 - Veio de transmissão.....	20
Figura 14 - Descrição do motoredutor e do encoder.	20
Figura 15 - Chumaceiras a aplicar.....	21
Figura 16 - Tambor mandante e mandado.....	21
Figura 17 - Tela transportadora em PVC	22
Figura 18 - Sistemas de guiamento.....	23
Figura 19 - Componentes do subconjunto 3.....	24
Figura 20 - Cilindro pneumático MGPWM63TF-100. Adaptada de [12].....	24
Figura 21 - Lâmina de corte	25
Figura 22 - interruptor geral de corte.....	26
Figura 23 - Botoneira dupla de arranque e paragem	27
Figura 24 - Botoneira de emergência	27
Figura 25 - Estrutura superior de suporte	28
Figura 26 – Vistas da modelação da estrutura superior de suporte	28
Figura 27 - Estrutura inferior - a) vista em conjunto e b) vista explodida	29
Figura 28 - Estrutura suporte do sistema de corte	29
Figura 29 - Modelação final - Vista frontal.....	30
Figura 30 - Modelação final - Vista Lateral	30

Figura 31 – Vista em perspetiva frontal do projeto final da máquina de corte de barras energéticas	30
Figura 32 - Vista em perspetiva posterior do projeto final da máquina de corte de barras energéticas	30
Figura 33 - Exemplo de uma simulação realizada no SolidWorks.....	31
Figura 34 - Modelo simplificado para análise MEF- EST - 1	32
Figura 35 - Condições de fronteira para a estrutura – EST 1.....	32
Figura 36 - Cargas aplicadas – EST 1	33
Figura 37 - Malha para análise MEF – EST 1	33
Figura 38 - Cálculo das tensões de <i>von Mises</i> – EST 1.....	34
Figura 39 - Cálculo do deslocamento através do MEF – EST 1	34
Figura 40 - Cálculo do fator de segurança pelo MEF – EST 1	35
Figura 41 – Modelo simplificado para análise por MEF- EST-2.....	36
Figura 42 – Condições de fronteira – EST 2	36
Figura 43 – Esforços aplicados à estrutura superior – EST 2.....	37
Figura 44 – Malha para análise por MEF EST -2.....	38
Figura 45 - Cálculo das tensões de <i>von Mises</i> - EST 2	38
Figura 46 - Cálculo do deslocamento através do MEF – EST 2	39
Figura 47 - Cálculo do fator de segurança pelo MEF – EST 2	39
Figura 48 - Sinalização de perigo de entalamento. Adaptada de [14].....	42
Figura 49 - Sinalização de perigo de corte. Adaptada de [14]	42
Figura 50 - Sinalização de perigo de choque elétrico. Adaptada de [15].....	42
Figura 51 - Dispositivos de proteção	43
Figura 52 - Proteção fixa e móvel	43

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Propriedades do material aço AISI 304.....	17
Tabela 2 - Propriedades do PE - HD [11].....	22
Tabela 3 - Valores de força em função das pressões de operação. Adaptada de [12]....	25
Tabela 4 - Quadro B.2 de perigos. Adaptada de [9].....	40

Lista de abreviaturas e siglas

AISI – *American Iron and Steel Institute*

Alim. – Alimentar

CAD – *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador)

CE – Conformidade do produto

DL – Decreto-Lei

EFSA – *European Food Safety Authority*

ESTA – Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

FDA – *Food Drug and Administration*

FOS – *Factor of Safety* (Fator de Segurança)

Ind. – Indústria

IPT – Instituto Politécnico de Tomar

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para a Estandarização)

LQ – Laminado a Quente

MEF – Método de Elementos Finitos

NP – Norma Portuguesa

PE HD – Polietileno de alta densidade

PVC – Cloreto de polivinilo

Lista de Simbologia

3D – Três Dimensões

°C – Grau Celsius

A – Área

% Percentagem, de cem

Bar – Unidade de pressão (1 bar = 0,1 MPa)

m³ – Metro cúbico

m² – Metro quadrado

GPa – Giga Pascal

MPa – Mega Pascal

Kg – Quilograma

kW – Kilowatt (unidade de potência)

m – Metro

mm – Milímetro

N – Newton

N.m – Newton metro

V – Volt

Hz – Hertz

Ni – Níquel

Cr – Crómio

ρ – Massa específica

$\sigma_{ced.}$ – Tensão de cedência [MPa]

$\sigma_{rot.}$ – Tensão de rotura [MPa]

ν – Coeficiente de Poisson (Adimensional)

K – Kelvin (grandeza da temperatura)

HB – Dureza em *Brinell*

E – Módulo de Elasticidade (GPa), ou *Young's Modulus*, em inglês

J – Joule

Rpm – Rotações por minuto

Termos e definições

Máquina	Conjunto, equipado ou destinado a ser equipado com um sistema de acionamento, composto por peças ou componentes ligados entre si, dos quais pelo menos um é móvel, reunidos de forma solidária com vista a uma aplicação definida.
Fiabilidade (de uma máquina)	Capacidade de uma máquina (ou dos seus componentes ou equipamentos) executar sem falhas uma função requerida sob condições especificadas e durante um determinado período.
Manutenibilidade (de uma máquina)	Capacidade de uma máquina para ser mantida num estado que lhe permita desempenhar a sua função nas condições de utilização normais, ou de ser restabelecida em tal estado, através da realização das ações necessárias (manutenção) de acordo com as práticas estabelecidas e com os meios especificados.
Perigo	Fonte potencial de dano.
Risco	Combinação da probabilidade de ocorrer um dano e da gravidade desse dano.
Tensão de Cedência	Máxima tensão que um material é capaz de suportar no seu domínio elástico.
Bonded	Superfícies juntas ou coladas, como se fossem parte integrante uma da outra.
Design	Processo de conceção de algo, projetar, desenvolver, conceber.

1 Introdução

Este relatório surge no âmbito da unidade curricular de Projeto, do curso de Mestrado em Engenharia Mecânica – Projeto e Produção Mecânica, ministrado pela Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, do Instituto Politécnico de Tomar.

1.1. Enquadramento

Este projeto, foi desenvolvido na empresa HJDP – Alimentar, e tem como objetivo a conceção de um equipamento de corte de barras energéticas para indústria alimentar.

Antigamente, salgados, biscoitos, pães, bolos eram produzidos em pequena escala, sendo necessário recorrer à mão de obra em larga escala. Atualmente, a produção de alimentos evoluiu de uma indústria artesanal para uma indústria tecnológica tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento [1].

O desenvolvimento tecnológico da indústria alimentar Figura 1, tornou possível controlar a qualidade dos alimentos, reduzir o custo da mão de obra, diminuir o risco de contaminação alimentar para além de facilitar a tarefa ao trabalhador evitando trabalhos monótonos e repetitivos obtendo assim mais produtividade no trabalho. Apesar dessa evolução, torna-se necessário recorrer a trabalhadores qualificados para operar com as máquinas, devendo estes cumprir um determinado conjunto de requisitos essenciais garantindo as condições de segurança e saúde por excelência, estabelecidos na Diretiva n.º 2006/42/CE, transposta no Decreto-Lei n.º 103/2008 de 24 de junho, de forma a minimizar os riscos por acidente de trabalho aos utilizadores e às pessoas que se encontram na proximidade das máquinas [2].

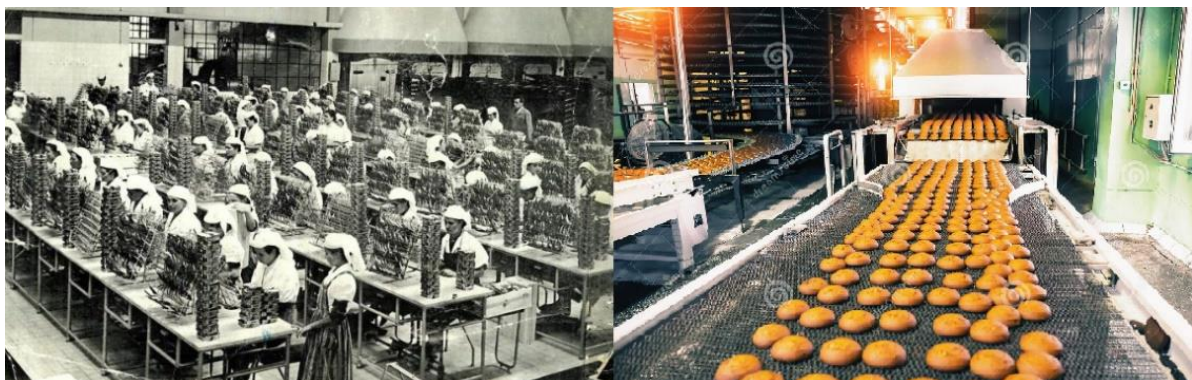


Figura 1 - Indústria alimentar antiga VS moderna. Adaptada de [3]

Os consumidores procuram cada vez mais soluções que complementem as suas necessidades de saúde e bem-estar físico e mental, e é neste contexto que surge a necessidade de desenvolver esta máquina de corte de barras energéticas, com o objetivo de aumentar o volume de produção indo ao encontro das exigências e expectativas solicitadas pelo cliente. De salientar que o equipamento desenvolvido, é compatível com as novas soluções de corte, como é caso do corte ultrassónico, que embora se encontra num processo de extrema exigência no seu desenvolvimento tem ainda margem de progressão.

1.2. Objetivos

A realização deste trabalho, teve como principal objetivo, a conceção e o desenvolvimento de uma máquina de corte de barras energéticas, tendo sido impostas as seguintes exigências:

- Respeitar as leis e normas para utilização na indústria alimentar;
- Cumprir com os requisitos de segurança e saúde das pessoas;
- *Design* adaptado para ser de fácil higienização;
- Aumentar o volume de produção;
- Ter uma boa relação qualidade/custo.

1.3. Metodologia

Para a realização deste projeto, seguiu-se a metodologia que se encontra descrito na Figura 2.



Figura 2 - Metodologia de trabalho

1.4. Organização do relatório / Projeto

O relatório encontra-se estruturado de modo a apresentar ao leitor o enquadramento, os conceitos teóricos, os objetivos, as dificuldades e por fim as soluções desenvolvidas e implementadas, bem como os resultados daí provenientes.

Assim:

No primeiro capítulo é apresentada uma introdução e enquadramento do presente relatório;

No segundo capítulo, fez-se uma revisão bibliográfica com temáticas importantes dedicados à matéria.

O terceiro capítulo, evidencia a caracterização do problema, o caderno de encargos, assim como as etapas de desenvolvimento do projeto.

O quinto e último capítulo, faz abordagem às conclusões.

No fim do relatório apresentam-se as referências bibliográficas e os respetivos anexos, com os desenhos técnicos.

1.5. HJDP - Alimentar, Unipessoal Lda.

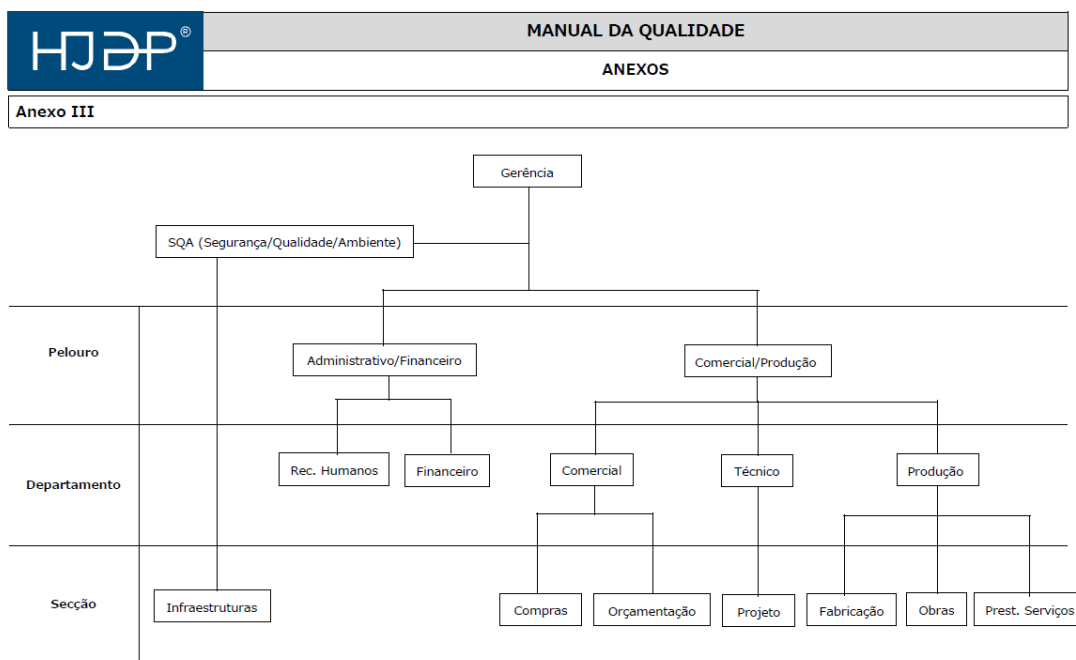
A empresa HJDP – Alimentar, Lda. dedica-se à produção metalomecânica de máquinas e equipamentos para a indústria alimentar, tais como sistemas de higiene, misturadora de carnes e sistemas de drenagens. Dedica-se também à produção de estruturas metálicas, manutenção industrial, programação e automação.

Com sede no Tecnopolo do Vale do Tejo, conhecido por TagusValley, as instalações fabris encontram-se na Zona Industrial de Montalvo (Distrito de Santarém). A HJDP tem como objetivo, especializar-se e evoluir cada vez mais, oferecendo soluções industriais, garantindo sempre a satisfação do cliente indo de encontro às suas necessidades, exigências e expectativas, apresentando uma vasta gama de produtos e serviços tais como:

- **Máquinas:** Máquina de Corte de Queijo, Misturadora de Carnes, Sistemas de Higiene, Máquina de Produção de Sal, Transportadores, Máquina de Lavar Caracóis;
- **Equipamentos:** Bancadas, Cacifos, Lava Mãos, Lava botas, Lava solas, Carros de Transporte, Carros Fumeiro, Carros Porta Tabuleiros entre outros;
- **Sistemas de Drenagens:** Caleiras, Canalinas, Caixa de Visita, Caixas Sifonadas, Algeroz;
- **Manutenção industrial:** Elétrica, Pneumática, Hidráulica;
- **Prestação de Serviços:** Soldadura de Diversas Ligas, Corte e Quinagem, Corte Laser, Maquinação;
- **Serralharia Civil:** Telheiros, Vedações, Corrimões, Escadas, Portões;
- **Eletricidade:** Instalação e Fabrico de Esquemas/ Quadros Elétricos, Luminárias interiores e exteriores, Projeto elétrico
- **Programação e automação:** Projeto, Automatismos, Programação de Autónomos e Quadros de Automação;

1.5.1. Organograma da Empresa HJDP

A HJDP conta com uma equipa dinâmica de 16 colaboradores de diversas áreas, mas todos com o mesmo objetivo, levar a empresa ao próximo patamar. Conforme a Figura 3 é possível observar o organograma da empresa, que permite descrever a organização interna a nível de cargos e departamentos da empresa.



ANEXO III

Figura 3 - Organograma da empresa HJDP [4]

2 Revisão Bibliográfica

2.1. Corte ultrassónico

Os processos de corte têm como objetivo a realização de combinações complexas que envolvem fenómenos físicos, incluindo fratura, deformação e atrito [5].

A tecnologia de corte na indústria alimentar teve uma grande evolução nas últimas décadas, o trabalho era muito demorado e complexo, atualmente os processos foram evoluindo, o que antes era feito em vários dias ou mesmo semanas, atualmente pode ser feito rapidamente com recurso a máquinas tecnicamente evoluídas. Um dos principais exemplos dessa tecnologia é processo de corte ultrassónico de alimentos, que é uma tecnologia de corte comum aplicada em quase todas as indústrias modernas de processamento de alimentos [6]. Este tipo de corte ultrassónico, é um processo que utiliza ferramentas que vibram em alta frequência. A aplicação de vibração ultrassónica aplicada na ferramenta, cria uma superfície de corte quase sem atrito, fazendo com que a aderência entre a ferramenta e a superfícies a cortar seja reduzida, resultando em cortes consistentes e limpos. Esta superfície de corte de baixa fricção pode ser utilizada numa infinidade de produtos alimentares de forma limpa, sem deformação, sem manchas e sem contaminação [7].

Os sistemas de corte ultrassónico Figura 4, são frequentemente utilizados para cortar alimentos tais como:

- Queijos duros e macios, pães, bolos, sanduíches, *wraps* e pizzas;
- Barras de chocolate, barras de granola e barras energéticas;
- Carnes e peixes semicongelados;



Figura 4 - Corte ultrassónico de diferentes produtos. Adaptada de [7]

2.1.1. Funcionamento do corte ultrassónico e os seus componentes

Os sistemas de corte ultrassónico de alimentos são geralmente compostos pelos seguintes componentes:

2.1.1.2 Um gerador ultrassónico (fonte de alimentação)

O gerador ultrassónico converte a corrente de alimentação elétrica de 110VAC ou 220VAC num sinal elétrico de alta frequência e alta tensão.

2.1.1.3 Um conversor ultrassónico (transdutor)

O conversor ultrassónico utiliza o sinal elétrico de alta frequência do gerador convertendo num movimento linear e mecânico. Essa conversão ocorre através do uso de discos cerâmicos piezoelétricos que se expandem quando uma tensão é aplicada. Os conversores usados por estes sistemas de corte de alimentos, são projetados especificamente para serem completamente estanques para operações em ambientes húmidos e incorporam portas de entrada e saída de ar para resfriamento.

2.1.1.4 Um *booster* ultrassónico

O *booster* ultrassónico é um componente sintonizado que ajusta mecanicamente a quantidade de movimento vibratório linear do conversor para o nível adequado para produzir um desempenho de corte ideal. Os *Boosters* usados em sistemas de corte de alimentos devem ser de titânio, formando uma peça, compacta de forma a garantir a máxima precisão de corte. Além disso, o *design* de peça única permite uma lavagem completa, ao contrário dos *boosters* ultrassónicos de várias peças que podem originar infiltrações para o seu interior e a probabilidade de alojamento de bactérias nas uniões dos componentes.

2.1.1.5 Uma ferramenta de corte ultrassónica

A cabeça de corte ultrassónico é uma ferramenta personalizada, projetada para vibrar numa frequência específica. Essas ferramentas são minuciosamente projetadas, usando tecnologia de modelagem computacional para obter um bom desempenho. As ferramentas ultrassónicas devem ser ajustadas para corresponder à frequência do sistema. Este procedimento de afinação requer consideração da massa, comprimento e geometria da peça. O titânio é o material de escolha para ferramentas ultrassónicas devido às suas propriedades de ressonância e resistência à fadiga. O titânio também é compatível com os requisitos de higiene e segurança na indústria alimentar. Devido às altas tensões

inerentes às geometrias das lâminas finas, a fabricação deve ser feita usando uma técnica de electroerosão a fio e subsequente processo de alívio de tensões para maximizar a vida útil das ferramentas.

2.1.1.6 Um sistema de manuseamento de materiais

Máquinas automatizadas são necessárias para o posicionamento e movimentação adequada dos produtos alimentícios e ferramentas ultrassónicas. A automação é fundamental para alcançar a localização, direcção e taxa de corte corretas. Normalmente, esses sistemas de manuseamento, utilizam mecanismos de servo motores para controlo preciso de velocidades e posições dos produtos alimentícios e/ou ferramentas de corte.

Na Figura 5, é possível observar cada componente de um sistema de corte ultrassónico. De salientar que dependendo da aplicação pode-se alterar o formato da ferramenta de corte assim como as quantidades das mesmas, e até aumentar a potência do gerador.

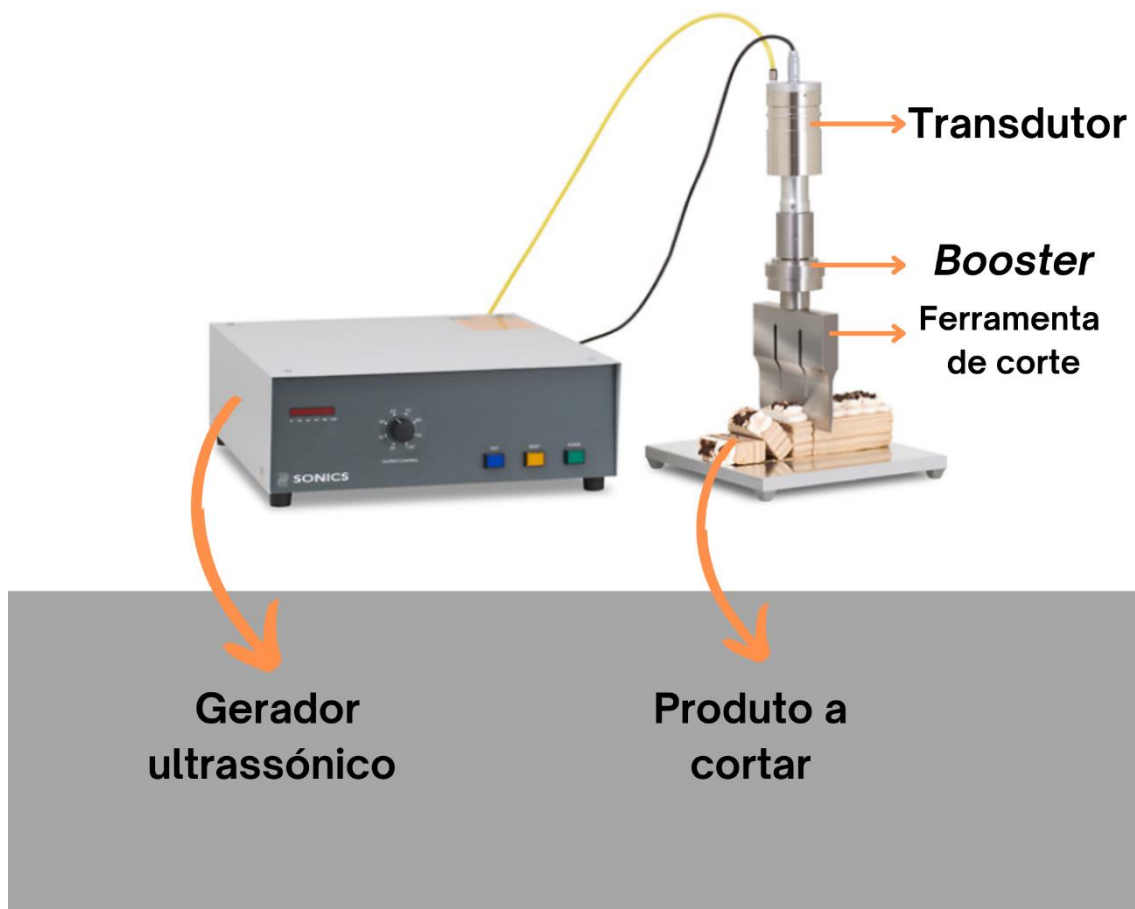


Figura 5 - Componentes do sistema de corte ultrassónico. Adaptada de [7]

2.1.2. Parâmetros a ter em conta no processo de corte dos alimentos

Como em qualquer equipamento, há sempre cuidados que deveremos ter em conta para que o processo seja feito corretamente. Assim sendo, estes parâmetros são:

2.1.2.1 Tempo de vibração inicial

O processo de desenvolvimento de fabrico das ferramentas de corte ultrassónicas pode ser trabalhoso, devido ao fato das laminas apresentarem aos *designs* complexos. Vibrar as ferramentas em amplitude total sem carga, pode causar falhas prematuras, desta forma, o sinal do gerador ultrassónico deve ser sincronizado adequadamente com a máquina automatizada para que as ferramentas atinjam a vibração total antes do início do processo de corte. A vibração inicial antes do contato é necessária para evitar a deformação do produto alimentar que seria causada pelo contato de uma superfície de corte não vibratória.

2.1.2.2 Amplitude a vibração

O termo amplitude, descreve a distância microscópica de vibração da superfície de corte da ferramenta. Esta é ajustada mecanicamente pelo *booster*, e de forma digital pelo gerador. O grau de amplitude tem efeito no processo de corte e deve ser ajustado de acordo com as necessidades de cada aplicação. Assim sendo, para alimentos mais macios e que contêm uma variedade de texturas, normalmente requerem amplitudes maiores, como por exemplo:

- Doces macios e *nougat*;
- Queijos de pasta mole e que contenham frutos secos ou pedaços de fruta;
- Bolos e pães.

Por outro lado, alimentos rígidos requerem uma amplitude de vibração mais baixa como por exemplo:

- Alimentos congelados;
- Queijos duros;
- Legumes.

2.1.2.3 Velocidade de corte

Dependendo da consistência do material a ser cortado, estes tendem a aderir à lateral da ferramenta de corte após a vibração ultrassónica ter sido desligada. Portanto, manter a vibração ultrassónica no processo de remoção da ferramenta de corte do produto cortado, ajuda que estes saiam sem atrito e sem deformação de forma mais limpa e consistente.

Assim sendo, pode-se concluir que o corte ultrassónico pode não ser adequado para todas as operações de corte de alimentos. No entanto, a vibração de alta frequência aplicada às ferramentas de corte oferece benefícios significativos, uma vez que consegue melhorar a qualidade e a consistência do corte, oferecendo a capacidade de cortar produtos alimentares com várias texturas de forma limpa, segura, sem deformação, mais eficiente e com maior rapidez.

A Figura 6, evidencia uma máquina industrial de corte ultrassónico com dois estágios de corte, permitindo processar grandes quantidades de produtos cortados de forma mais rápida e higiénica.



Figura 6 - Máquina de corte ultrassónico industrial. Adaptada de [8]

3 Desenvolvimento

3.1. Caracterização do problema

Em 2019 a HJDP desenvolveu um equipamento manual de corte Figura 7 para uma empresa de confeitaria, que tinha como objetivo, o corte de barras energéticas de requisições ocasionais que a empresa tinha na altura. Porém mais tarde, veio-se a verificar um aumento considerável de encomendas em que este equipamento manual de corte já não era capaz de cumprir com as exigências. Foi lançado o desafio à HJDP de desenvolver uma máquina automática de corte de barras energéticas, que permitisse o aumento do volume de produção e ao mesmo tempo, cumprisse com todos os requisitos, normas e regulamentação aplicadas à indústria alimentar com vista á garantia da segurança alimentar e das pessoas.



Figura 7 - Equipamento de corte manual de barras energéticas

De salientar que o equipamento da Figura 7, foi construído em aço AISI 304, que oferece boa resistência à corrosão, sendo também de fácil higienização.

3.2. Caderno de encargos

Após a caracterização do problema, abordou-se os requisitos essenciais de forma a cumprir com as normas e diretivas para a execução deste projeto.

3.2.1. Requisitos gerais

A máquina de corte de barras energéticas deve ser concebida de acordo com as exigências impostas na indústria em que será aplicado. A sua utilização será essencialmente na indústria alimentar, devendo respeitar as leis e normas fundamentais de segurança e saúde ligados aos utilizadores e às pessoas que se encontram nas suas proximidades. Os elementos constituintes da máquina, também devem ser adequados para o ramo alimentar garantindo um equipamento fiável, seguro, eficiente, de fácil fabrico, utilização e manutenção.

3.2.2. Requisitos específicos

Um dos requisitos impostos para esta máquina de corte, prende-se com o fato de estar habilitada a efetuar o corte de 30 ou mais tabuleiros por hora, dependendo da forma das barras. Os elementos constituintes da máquina devem assegurar este aumento do volume de produção, sem colocar em risco a segurança das pessoas. Assim sendo estes devem ser apropriados para uso na indústria alimentar, isentos de possíveis fontes de contaminação para os produtos a cortar assim como cumprimento das diretivas especiais no ambiente de utilização, nomeadamente a nível de ruídos, vibrações, entre outros. Deve também possuir um *design* simples que facilita a sua utilização e higienização.

3.2.3. Requisitos técnicos

3.2.3.1. Fonte de alimentação elétrica

A máquina deve ser alimentada por corrente trifásica a 400v e 50 Hz, apresentando um alto desempenho com uma potencia constante e não pulsada.

3.2.3.2. Compatibilidade com outras máquinas/ equipamentos

A pensar nas novas tecnologias, a máquina de corte deve ser compatível com as novas soluções de corte em estudo e com a possibilidade de ser incorporada numa linha de produção de barras energéticas, desde a sua confeção, processo de corte, processo de cozedura até ao embalamento.

3.2.3.3. Manutenibilidade

A manutenção deste equipamento visa assegurar o seu bom estado de funcionamento e conformidade nas condições normais de utilização. Para tal, as operações a realizar devem ser planeadas e programadas e a segurança ser integrada nas várias fases do processo assegurando dessa forma, a disponibilidade, qualidade e a total segurança para os utilizadores ao longo do ciclo de vida. Assim sendo, os elementos sujeitos a maior desgaste, ou com ciclo de vida útil limitado, deve ser de fácil acesso, para facilitar a sua substituição. De realçar que as operações de manutenção devem ser registadas e com histórico contendo todas as intervenções e ou eventos significativos, garantindo que estas sejam efetuadas apenas por trabalhadores devidamente habilitados e qualificados, para tal.

3.2.3.4. Ergonomia

Em relação ao cumprimento dos requisitos pelos princípios de ergonomia, na conceção desta máquina, deve-se considerar a redução da fadiga mental, física, o esforço do operador assim como os movimentos monótonos e repetitivos. Assim sendo, a máquina deve ser o mais autónoma possível, evitando posturas e movimentos fatigantes durante a sua utilização. Deve-se também garantir que a máquina seja operada facilmente tendo em conta o esforço humano exigido. Os órgãos de comando e emergência, devem estar bem identificados, visíveis e de fácil acesso, para que possam ser manobrados em segurança, sem hesitação, o mais rápido possível e sem qualquer equívoco conforme o ponto (6.2.8 da NP EN ISO 12100 2018) [9].

3.2.4. Requisitos legais

A máquina deve cumprir com os requisitos essenciais exigidos, nomeadamente o cumprimento da Norma Portuguesa NP EN ISO 12100 2018 de Segurança de Máquinas, que tem como objetivo proporcionar aos projetistas o enquadramento e orientações sobre as decisões a tomar durante o desenvolvimento das máquinas tendo em vista a sua conceção de forma segura e nas condições previstas de utilização, assim como os requisitos essenciais de saúde e segurança de máquinas destinadas à utilização na indústria alimentar de acordo com o ponto 2 do Anexo I do Decreto – Lei n.º 103/2008, de 24 de abril, que transpõe a Diretiva n.º 2006/42/CE [2]. Assim sendo, existem alguns aspetos importantes a referir:

A seleção criteriosa dos materiais, o *design*, escolha dos órgãos que a integram, assim como os respetivos processos de fabrico, pois estes devem cumprir com as normas e leis em vigor acima descritos.

3.3. Planeamento do projeto

A primeira etapa a efetuar, é o planeamento do projeto. Este deve ser realizado de acordo com a Figura 8, onde se apresenta um esquema de princípio de funcionamento da máquina, de forma a se obter a aprovação do modelo. O passo seguinte é efetuar o primeiro desenho 3D Figura 9, antes de dar início à seleção dos materiais e do projeto 3D dos componentes em CAD *SolidWorks*.

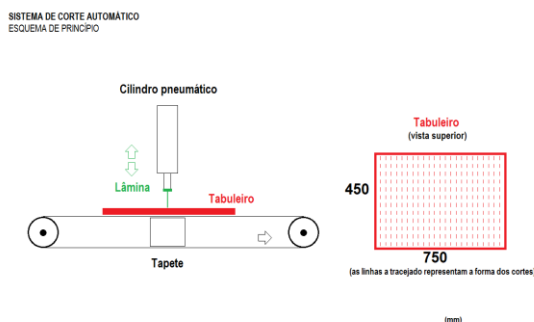


Figura 8 – Esquema de funcionamento inicial

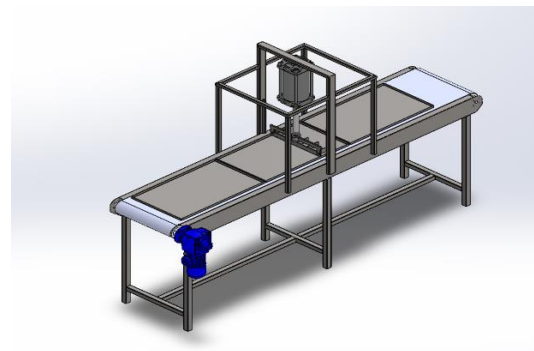


Figura 9 - Primeiro desenho 3D

3.4. Projeto

Após a aprovação do esquema de funcionamento inicial (Figura 8) e do modelo idealizado (Figura 9), partiu-se para a seleção dos materiais, de modo a ir de encontro com os requisitos descritos em (3.2) e os exigidos pelo cliente.

3.4.1. Seleção de materiais e dos elementos funcionais que integram o equipamento

Uma das fases mais importantes no desenvolvimento de um produto é sem dúvida o processo de seleção dos materiais e os processos de fabrico. Estes visam encontrar as soluções que mais se adequam ao projeto. De acordo com as necessidades e as funções que os materiais se destinam, há aspetos a considerar para que estes cumpram com os requisitos propostos. Estes aspetos são as propriedades dos materiais, tais como, o peso, a resistência à fadiga, a resistência à corrosão, a resistência à fratura, entre outras, que tem desta forma um papel importante no desempenho de um componente.

Para este projeto, selecionou-se os componentes com base nos objetivos e requisitos a cumprir (1.2 e 3.2). Assim sendo, para melhor perceção, subdividiu-se o *Assembly* em três subconjuntos conforme indicado na Figura 10.

1. Estrutura inferior de suporte;
2. Estrutura superior de suporte;
3. Estrutura de suporte do sistema de corte.

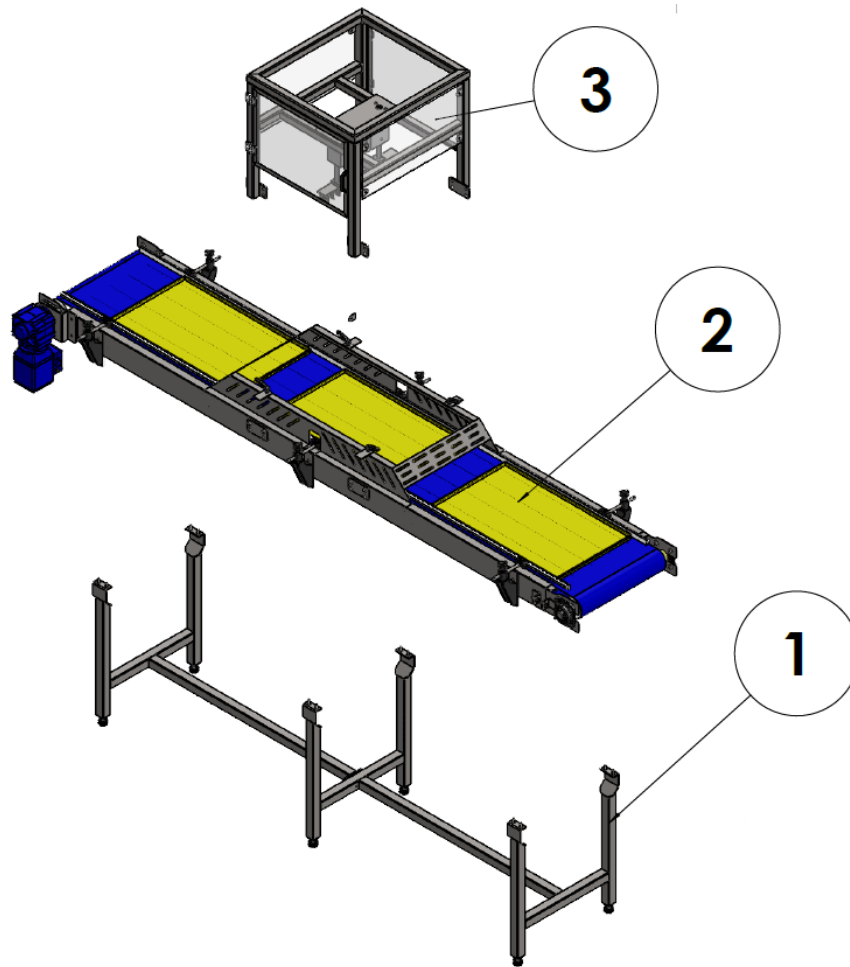


Figura 10 - Subconjuntos da máquina de corte de barras energéticas

3.4.1.1. Seleção dos materiais da estrutura inferior de suporte

Os subconjuntos acima descritos (2 e 3), devem ser suportados por uma estrutura, que ofereça uma boa resistência e que seja de fácil fabrico, manutenção e higienização. Assim sendo, para este subconjunto o material fornecido deverá ser em tubo de aço INOX

AISI 304, e chapa INOX 304 L/Q conformada com os processos de fabrico existentes na empresa com o intuito de obter a forma final desejada.

A escolha do aço AISI 304, vulgarmente conhecido como aço inox, é devido às vantagens que oferece e por ser adequado para aplicação na indústria alimentar. A sua composição química é dada pela forma de 18Cr – 8Ni, com pequenas quantidades de carbono e manganês. As vantagens são [10]:

- Alta resistência à corrosão;
- Material Higiénico;
- Relação custo/benefício acessível;
- Facilidade de limpeza;
- Aparência higiénica;
- Material inerte;
- Facilidade de conformação;
- Resistência às variações de temperatura;
- Baixo custo de manutenção;
- Material reciclável.

A Tabela 1 apresenta todas as informações técnicas, das propriedades do aço INOX AISI 304, existentes na base de dados do *SolidWorks*

Tabela 1 - Propriedades do material aço AISI 304

Aço AISI 304		
Propriedades	Valores	Unidades
Modulo de elasticidade, E	190	GPa
Massa especifica, ρ	8000	kg/m ³
Coefficiente de poisson, ν	0.29	N/A
Tensão de rotura, σ_{rot}	517.17	MPa
Tensão de cedência, σ_{ced}	206,807	MPa
Condutividade térmica	16.2	W/(m.K)
Dureza	215	HB
Temperatura de fusão	1450	°C
Calor específico	500	J/(kg.K)
Coefficiente de expansão térmica	1.72x10 ⁻⁵	1/K

De salientar que a escolha do tipo de aço INOX a usar, é o AISI 304, dá-se pelo fato da aplicação ser em um ambiente sem salinidade e sem lavagens com produtos químicos altamente corrosivos. De outra forma, teria que ser utilizado o aço INOX AISI 316 que oferece melhores propriedades para essas aplicações.

Não menos importante, a estrutura contempla com pés de apoio reguláveis (Figura 11) com núcleo interno de poliamida, revestimento externo em aço inox AISI 304 com ausência de cavidades, que o torna extremamente higienizável e a base composta com anti vibratório em PVC maleável 68 *shore* preto, que permite uma boa aderência ao pavimento, garantindo a estabilidade do equipamento.

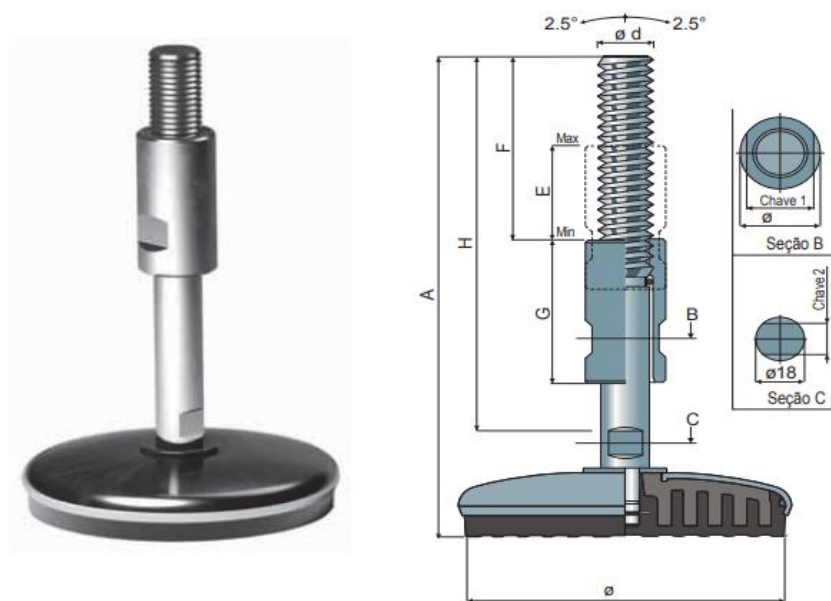


Figura 11 - Pés de apoio reguláveis

3.4.1.2. Seleção dos materiais da estrutura superior de suporte

Este subconjunto, denominado estrutura de suporte superior é composta por vários elementos de máquinas funcionais, assim como chapa conformada que permite um *design* higiênico de forma a garantir a resistência estrutural das peças na forma final desejada. São eles:

- **Motoredutor**

Para o deslocamento dos tabuleiros sobre a tela transportadora é preciso um conjunto composto por um motoredutor e um tambor, mostrado na Figura 12, acoplados entre si de forma a proporcionar tração à tela. O motoredutor selecionado, contempla com uma velocidade que permite a passagem de trinta ou mais tabuleiros hora, a posição é conhecida através de um *encoder* NORDAC Pro SK 530P-550-340-A, que permite definir os comprimentos das barras energéticas a cortar. O mesmo é adequado para indústria alimentar pois o seu *design* não tem superfícies que acomodam a sujidade. O tipo de lubrificante é certificado como óleo p/ Ind. Alim. ISO VG 680 com classificação CLP PG H1 680.

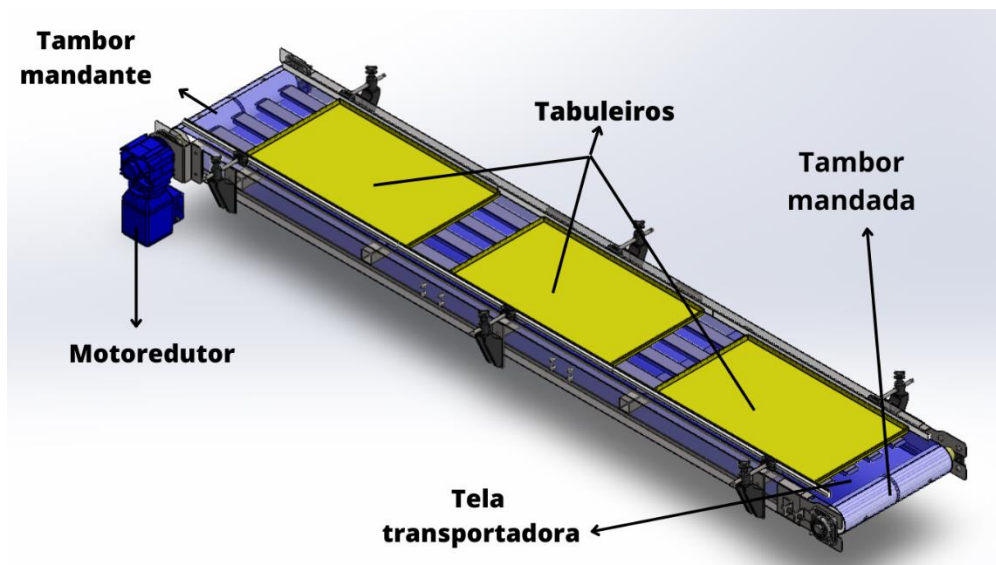


Figura 12 - Conjunto de tração

Consultando o nosso fornecedor *Nord Drive Systems*, verificou-se que o motoredutor adequado para esta aplicação é o do tipo sem fim modelo SK02040.1AXFH-71N1/8 TF IG61P8, com uma velocidade de 29 rpm a uma potencia de 0.35 Kw oferecendo um binário de 77 N.m tendo em conta as especificações como o peso dos tabuleiros, peso da tela, diâmetro dos tambores, que se revela mais que suficiente para garantir a tração dos tabuleiros ao longo da tela transportadora.

Quanto ao veio de transmissão acoplado ao motoredutor Figura 12, deve ter um diâmetro 20 mm a chavetar no motoredutor no que resulta num veio de 30 mm diâmetro exterior. O mesmo é em aço Inox AISI 304 devido às vantagens descritas em 3.4.1.1

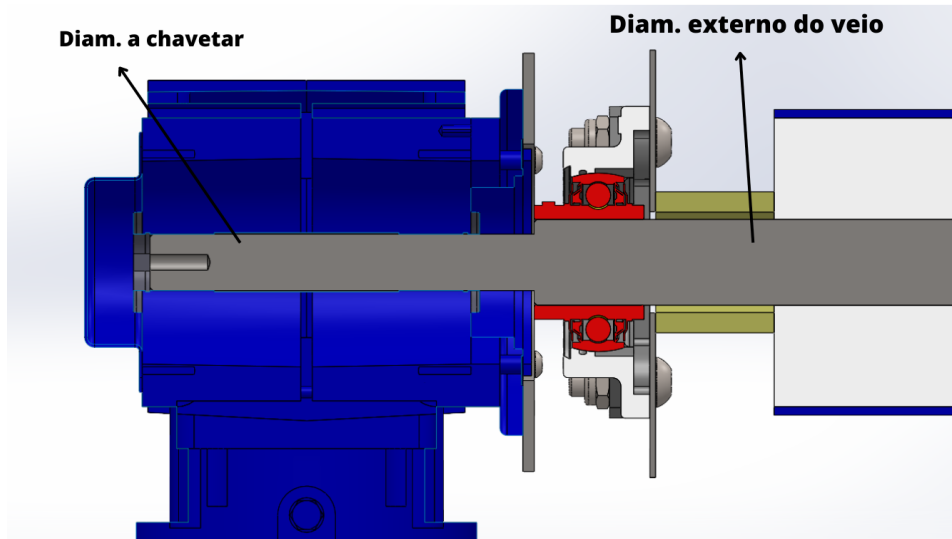


Figura 13 - Veio de transmissão.

- A Figura 14 evidencia todas as descrições do motoredutor selecionado assim com o *encoder* e os demais acessórios.

<p>100 SK02040.1AXFH-71N1/8 TF IG61P8</p> <p>Descrição do produto .Motoredutor Sem-Fim Motor series Synchronmotor IE5+ HYG Tipo do Motor IE5+ PM synchron motor</p> <p>Permanent Magnet Synchronous Motor - Use with VFD only</p> <p>Rotação do Motor 2.100 1/min Redução 72,00 Rotação de Saída 29,000 1/min Fator de Serviço 1,10 Torque de saída M2 (Nm) 77,00 Potência do Motor (KW) 0,350 Tensão (V) 210-240 Frequência (Hz) 140 Classe de Rendimento IE5 Modo de Operação CONT-S1 Proteção do Motor IP55 Classe de Isolação B Temperatura Ambiente do Motor 0...+ 40°C Posição de Montagem do Redutor M1 Tipo de Carcaça Elxo Oco/Dés/Flange B5 Dimensões do Eixo de Saída 20H7 Diâmetro do Flange (mm) 120 Posição do Flange Flange Lado A Material do Flange Alumínio Tipo de Respiro Válvula de Respiro Proteção Eixo de Saída Tampa de Proteção do Eixo Posição da Tampa de Proteção Tampa no lado B Proteção Térmica do Motor Termistor, 3x130°C Tipo de Ventilador Sem Vent./Sem Calota Esquema de Ligação Estrela Posição da Caixa de Ligação 1/I Encoder Incremental 10 KU 10-30V TTL 2048 P8 Tipo de Lubrificante Óleo p/ ind. Alim. ISO VG 680 Fornecedor do Lubrificante Klüber Classificação do Óleo CLP PG H1 680 Qtd. de Lubrificante (l) 0,120 Cor RAL 7031 Cinza Escuro Tipo de Pintura Pintura Padrão</p>	<p>200 530P-550-340-A</p> <p>Type NORDAC PRO Código do Inversor 275293305 Potência do Inversor (kW) 0,550 Potência do Inversor (HP) 0,750 Mains incoming voltage 3AC 380-480V, -20%/+10%,47-63Hz Output Current: 1,8A* / FLA 1,6A Overload capacity 150% for 60s / 200% for 3,5s Frequência de Saída (HZ) 0 Hz ... 400 Hz Proteção Inversor IP20 Versão/ tipo NDP</p> <p>SK 530P-550-340-A 275293305 0,550 0,750 3AC 380-480V, -20%/+10%,47-63Hz 1,8A* / FLA 1,6A 150% for 60s / 200% for 3,5s 0 Hz ... 400 Hz IP20 Variador de Frequência CE, UL, cUL, EAC EMC de acordo com EN 61800-3 Interruptor de travagem SDI 2DO 2AI/DI 1AO/DO 2x Relé Int. 24VDC ext. 24VDC for parameterizatio Diagnóstico via RS232/485 RJ12 Diagnóstico via USB-C USS / Modbus RTU / CANopen Slot para cartão MicroSD Encoder-interface (HTL, TTL) ControlBox SK TUS-CTR Footprint Braking Resistor EMV-KIT12 for motorcable EMV KIT1 for I/O signals aprox. 2,100 KG /PC</p>
--	---

Motoredutor

Encoder

Figura 14 - Descrição do motoredutor e do encoder.

- **Chumaceiras**

Em relação às chumaceiras a aplicar na máquina, devido à aplicação na indústria alimentar, tendo os requisitos a cumprir, as mesmas serão as do tipo DF30 UCF 206 quadradas, com suporte em poliamida reforçado com aprovação pela EFSA e rolamento em aço inox ASI 440C conforme a Figura 15.

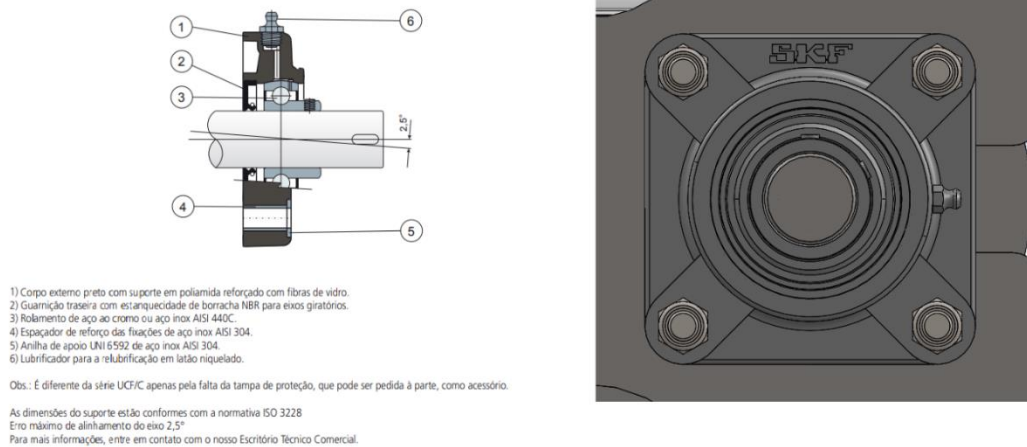


Figura 15 - Chumaceiras a aplicar.

- **Tambor mandante e mandado**

A transmissão do movimento neste caso é dada pelos tambores Figura 16, e pela tela transportadora Figura 17. O tambor que está acoplado ao motor é o que transmite o movimento, é chamado tambor mandante, o que recebe o movimento é denominado o mandado. Para cumprimento dos requisitos descritos em 1.2 e 3.2, estes devem ser contruídos em polietileno, que é um material que apresenta boa resistência mecânica, resistência química e com aprovação FDA.

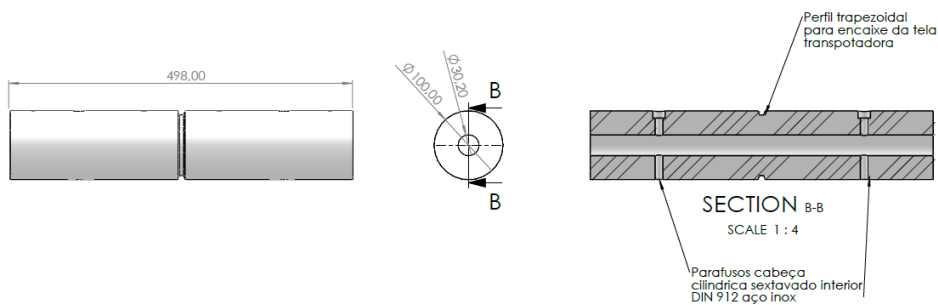


Figura 16 - Tambor mandante e mandado.

Através da tabela 2 é possível observar as propriedades do PE – HD, disponível na ficha técnica do fornecedor [11].

Tabela 2 - Propriedades do PE - HD [11].

Polietileno de alta densidade		
Propriedades	Valores	Unidades
Modulo de elasticidade, E	>0,7	Gpa
Massa especifica	930	kg/m ³
Tensão de rotura	>30	Mpa
Dureza	60-65	Shore D
Temperatura de serviço	-60>+80	°C

- **Tela transportadora em PVC**

Tendo em conta o motoredutor, os tambores e os outros componentes de tração a utilizar, implica na escolha da tela transportadora Figura 17, o material escolhido foi o PVC, pelo fato de ter aprovação na indústria alimentar, boa relação custo/qualidade e por ser de fácil higienização, evitando a contaminação dos produtos. Esta tem um perfil trapezoidal que serve de guia de forma a evitar que se desvie dos tambores.

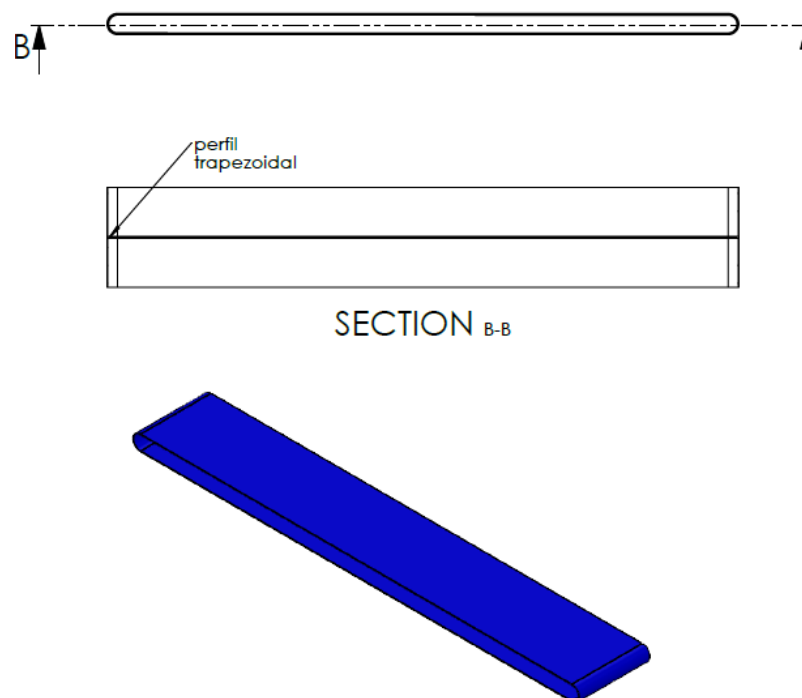


Figura 17 - Tela transportadora em PVC

- **Sistemas de guiamento**

Com o intuito dos tabuleiros efetuarem o percurso no transportador na posição correta, deve-se utilizar meios de guiamento. Assim sendo, selecionou-se os suportes com cabeça orientável Figura 18, que permitem ajustar os tabuleiros para posição correta, com a ajuda de perfis em PE – HD que apresenta baixo atrito e elevada resistência ao desgaste ideal para esta aplicação. O método de fixação é através de um fixador porta-guia Figura 18. O fixador porta-guia e o suporte de cabeça orientável, são contruídos em poliamida reforçado com o perno roscado em aço inox AISI 304, com aprovação para aplicação na indústria alimentar de fácil manutenção e higienização.

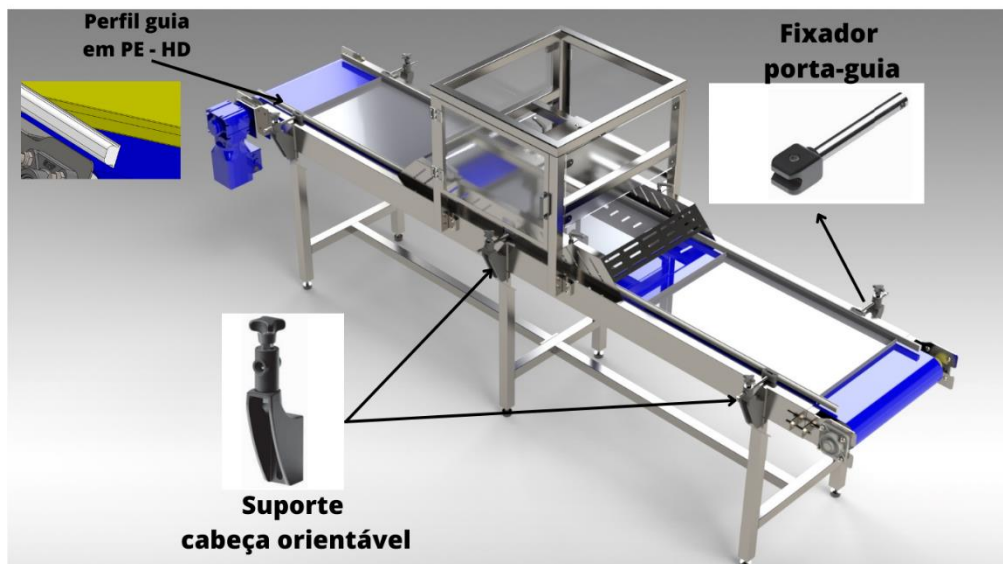


Figura 18 - Sistemas de guiamento

- **Componentes de suporte, fixação e proteção**

Os demais componentes que fazem parte da estrutura superior de suporte, como os perfis quinados de suporte, tubos, chapas de fixação e perfis conformados de proteção são de construção em aço Inox AISI 304 pelas razões explicitas em 3.4.1.1 referentes à utilização do aço inox da indústria alimentar bem como as vantagens da sua aplicação. Com intuito de facilitar o processo de fabrico, o *design* destes componentes é bastante cuidadoso, que visa eliminar “quinas vivas” e pontos de concentração de sujidade facilitando o processo de higienização.

3.4.1.3. Estrutura de suporte do sistema de corte

Este subconjunto também é constituído por vários componentes conforme a Figura 19.

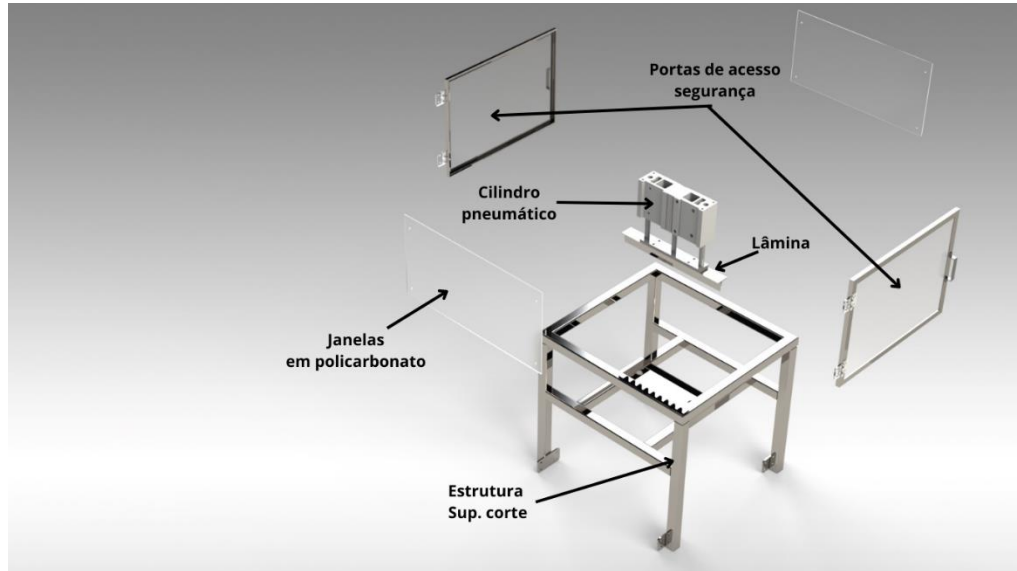


Figura 19 - Componentes do subconjunto 3

- **Cilindro pneumático**

A escolha desse cilindro pneumático MGPWM63TF-100 Figura 20, é da série “*clean series and water resistant*”, que é indicado para aplicação em linhas transportadoras de processamento de alimentos, com proteção contra lavagens. Esta série oferece um *design* compacto já com sistema de guiamento incorporado, que implica uma vantagem uma vez que não será necessário fazê-lo.

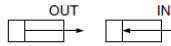


Figura 20 - Cilindro pneumático MGPWM63TF-100. Adaptada de [12]

Para além de apresentar benefícios em termos de *design* e guiamento, o mesmo também garante uma força de extensão na ordem dos 1559 N operando a uma pressão de serviço na ordem dos 0.5 MPa conforme a Tabela 3, que se revela mais que suficiente para cortar as barras energéticas no processo de corte e pós cosadura caso for necessário.

Tabela 3 - Valores de força em função das pressões de operação. Adaptada de [12]

Theoretical Output

 (N)

Bore size (mm)	Rod size (mm)	Operating direction	Piston area (mm ²)	Operating pressure (MPa)									
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
12	6	OUT	113	23	34	45	57	68	79	90	102	113	
		IN	85	17	26	34	43	51	60	68	77	85	
16	8	OUT	201	40	60	80	101	121	141	161	181	201	
		IN	151	30	45	60	76	91	106	121	136	151	
20	10	OUT	314	63	94	126	157	188	220	251	283	314	
		IN	236	47	71	94	118	142	165	189	212	236	
25	12	OUT	491	98	147	196	246	295	344	393	442	491	
		IN	378	76	113	151	189	227	265	302	340	378	
32	16	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804	
		IN	603	121	181	241	302	362	422	482	543	603	
40	16	OUT	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257	
		IN	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056	
50	20	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963	
		IN	1649	330	495	660	825	990	1154	1319	1484	1649	
63	20	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117	
		IN	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803	
80	25	OUT	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027	
		IN	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536	
100	30	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854	
		IN	7147	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147	

Note) Theoretical output (N) = Pressure (MPa) x Piston area (mm²)

- **Lâmina de corte**

Para que o processo de corte seja possível, é necessário ter em conta vários fatores, um deles é a lâmina de corte. Para esta aplicação, a lâmina terá um *design* específico conforme a Figura 21, pois permite que os cortes sejam feitos tanto na transversal como na longitudinal simultaneamente, com o intuito de acelerar o processo de produção. A construção da lâmina será em aço inoxidável AISI 420, que apresenta uma boa resistência à corrosão quando exposta ao ataque ou influencia de ácidos fracos ou de água salgada, oferecendo também boas propriedades mecânicas, químicas, físicas e ser recomendada para uso na indústria alimentar.

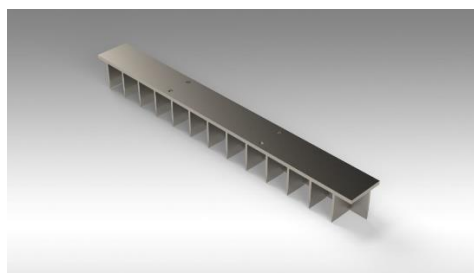


Figura 21 - Lâmina de corte

- **Componentes de suporte, fixação e proteção**

Os componentes de suporte de fixação e proteção que integram este subconjunto Figura 19, também utilizam o mesmo princípio que descrito no 3.4.1.2, cujo as vantagens da utilização do aço inox e dos materiais em poliamida na indústria alimentar esta referenciado no 3.4.1.1.

3.4.1.4. Dispositivos de comandos da máquina

Em relação aos dispositivos de comando, conforme referido no 3.2.3.4 , devem ser claramente visíveis e identificáveis, localizados fora das zonas perigosas e fabricados de forma a resistirem aos esforços previsíveis. Assim sendo a máquina deve possuir:

- **Interruptor de corte geral de energia**

Dispositivo de comando, visa efetuar o on/off de energia da máquina Figura 22.

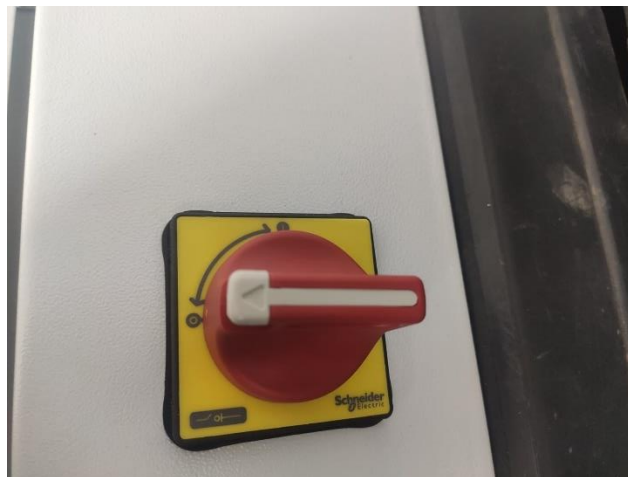


Figura 22 - interruptor geral de corte

- **Dispositivo de comando para arranque e paragem**

Na Figura 23 observa-se os dispositivos de comando para arranque e paragem da máquina. Este podem ser montados em blocos sendo uma solução mais económica, podendo ser também montados de forma individual dependendo das necessidades e exigências.

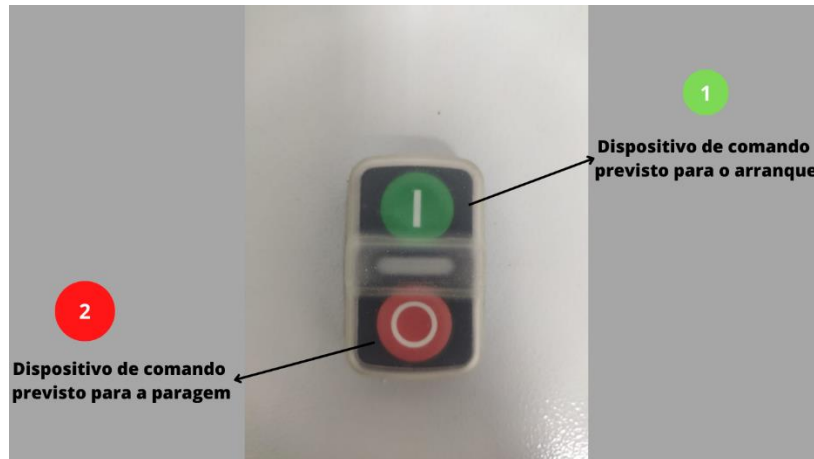


Figura 23 - Botoneira dupla de arranque e paragem

1 – Dispositivo de comando previsto para o arranque, é o responsável pelo acionamento do motoredutor. O arranque de uma máquina só pode ser efetuado por ação voluntária sobre o dispositivo de comando previamente montado para esse efeito.

2 – Dispositivo de comando previsto para a paragem, tem como função desligar o motoredutor impedindo o movimento da tela transportadora em condições de segurança.

- **Paragem de emergência**

A máquina deve estar equipada com um ou vários dispositivos de paragem de emergência Figura 24, de modo a evitar situações de perigo iminentes ou existentes. Por norma, coloca-se um em cada extremidade da máquina, claramente identificáveis, bem visíveis e rapidamente acessíveis.



Figura 24 - Botoneira de emergência

3.4.2. Modelação 3D dos componentes e conjuntos da máquina

Como ponto de partida para a realização do projeto 3D, definiu-se as dimensões da máquina em função do local de instalação e do número de tabuleiros, que foi um dos requisitos do cliente. De seguida, projetou-se a estrutura superior de suporte Figura 25, com base no planeamento realizado e na seleção de materiais. A metodologia do processo de modelação foi projetada de forma a facilitar o processo de fabrico, a montagem, a manutenção e manutenibilidade.

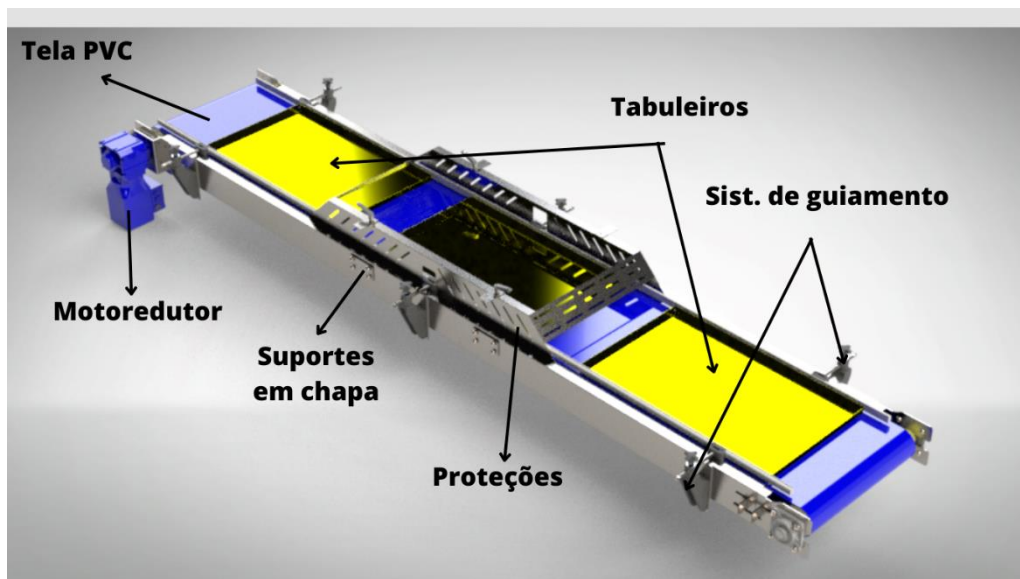


Figura 25 - Estrutura superior de suporte

A Figura 26 mostra-nos as vistas (isométrica, frontal e lateral) da estrutura superior de suporte após modelação.

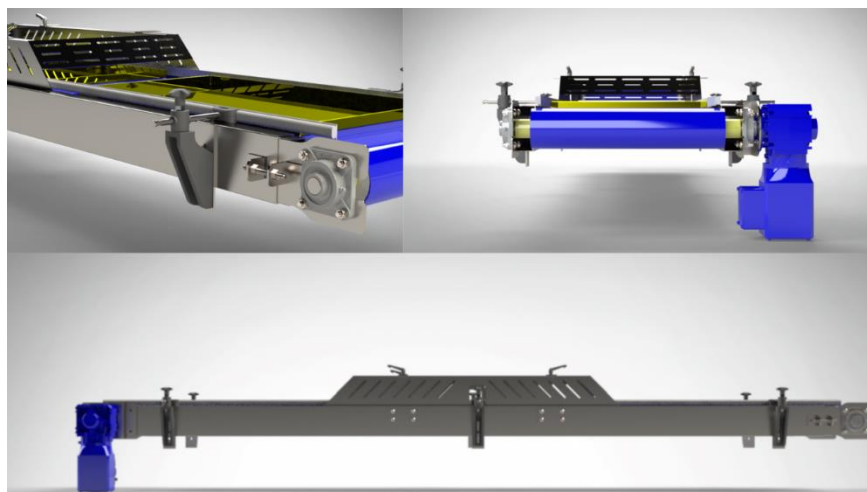


Figura 26 – Vistas da modelação da estrutura superior de suporte

De seguida, modelou-se, a estrutura inferior de suporte Figura 27, com componentes em chapa conformada (quinada), e tubo quadrado. Para a ligação entre a estrutura superior de suporte e inferior, colocou-se apoios devidamente soldados, permitindo a fixação das duas estruturas. Optou-se por sistema de fixação por parafusos uma vez que facilita o processo, de fabrico, transporte, montagem e manutenção.

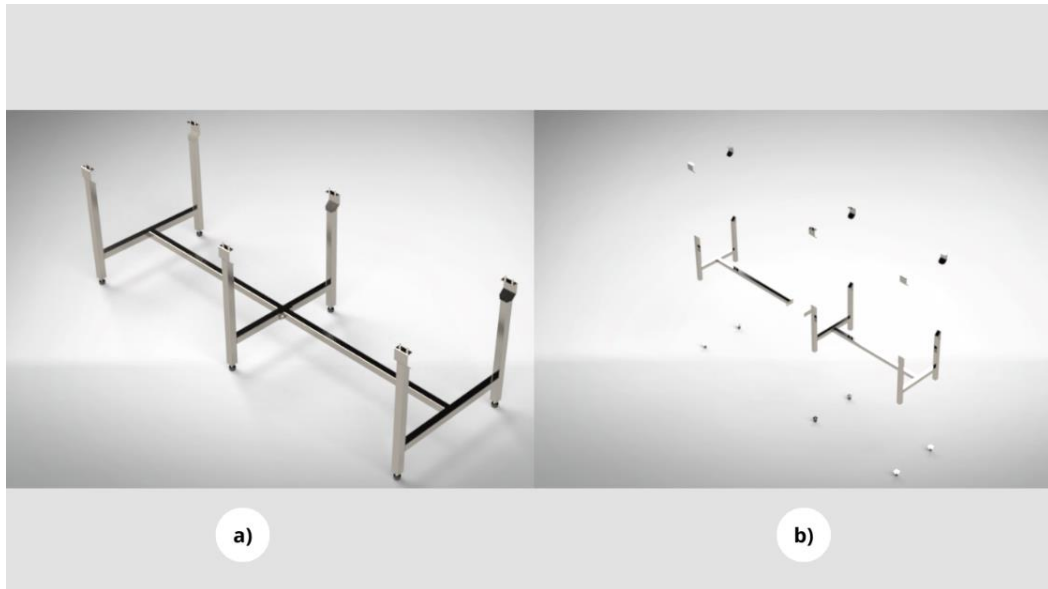


Figura 27 - Estrutura inferior - a) vista em conjunto e b) vista explodida

A seguir, avançou-se para a modelação da estrutura de suporte do sistema de corte como se pode observar na Figura 28. Os componentes são em estrutura tubular e chapas de suporte e fixação, com portas de acesso e janelas em placas de policarbonato compacto.



Figura 28 - Estrutura suporte do sistema de corte

Por último, é possível visualizar na Figura 29, Figura 30, Figura 31 e Figura 32, a máquina de corte de barras energéticas aproximado ao real para verificação de medidas e validações em termos de cálculos estruturais por MEF – Método de Elementos Finitos.

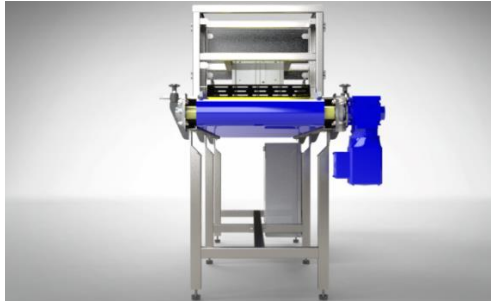


Figura 29 - Modelação final - Vista frontal



Figura 30 - Modelação final - Vista Lateral



Figura 31 – Vista em perspetiva frontal do projeto final da máquina de corte de barras energéticas

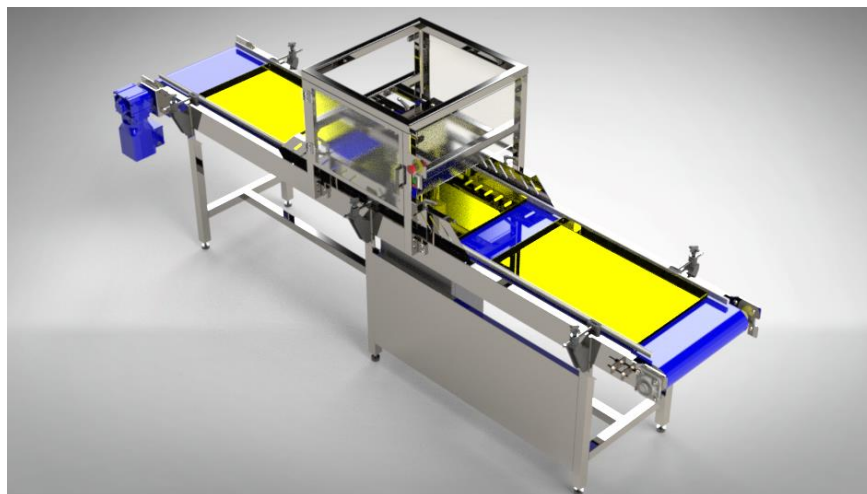


Figura 32 - Vista em perspetiva posterior do projeto final da máquina de corte de barras energéticas

3.4.3. Validações estruturais por MEF (Método de Elementos Finitos)

Na conceção de novos projetos, é necessário definir a forma e dimensões dos componentes, para que estes suportem da melhor maneira os diferentes esforços e solicitações a que estão sujeitos [13]. No programa *SolidWorks*, é possível fazer essa simulação por MEF tendo por base a seguinte sequência:

1. Tipo de estudo;
2. Tipo de material;
3. Condições de fronteira;
4. Tipos de ligações;
5. Tipo de solicitações e cargas aplicadas;
6. Criação da malha;
7. Processamento da análise;
8. Análise de resultados.

Os resultados do estudo Figura 33, podem ser visualizados em forma de análise de tensões, deformações e de coeficientes de segurança, possibilitando tomar decisões mais sustentadas sobre esforços a que estes estão sujeitos, garantindo produtos de melhor qualidade a baixo custo sem comprometer as suas funcionalidades.

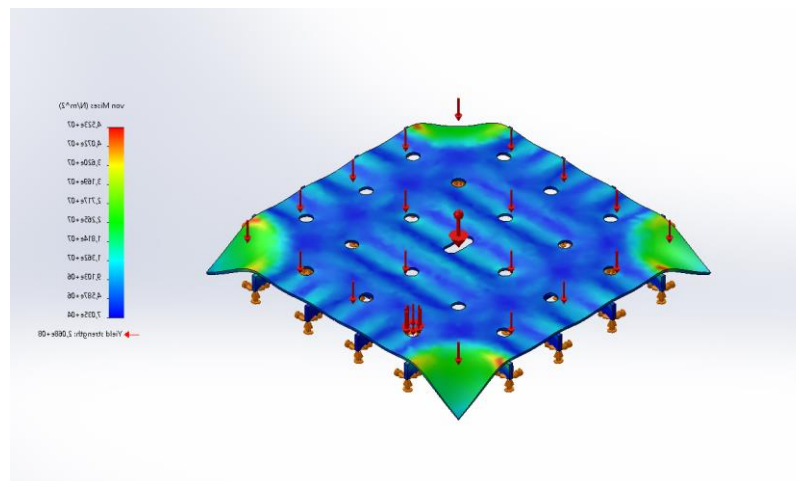


Figura 33 - Exemplo de uma simulação realizada no SolidWorks

Com o intuito de analisar, verificar e validar o comportamento dos componentes projetados, procedeu-se à análise por MEF, aos componentes/conjuntos mais importantes.

Efetuiu-se a simulação das cargas aplicadas na estrutura inferior de suporte, e dado à geometria complexa e às limitações do *software*, simplificou-se o modelo Figura 34, para análise por MEF. O peso total da máquina é de 435 kg, englobando o peso da carga mais a força de corte do cilindro pneumático. Por questões de segurança admitiu-se 500 kg (4905 N) para a estrutura toda. Para simplificar o processo, dividiu-se a carga total pelos 6 apoios da máquina, onde o valor foi de aproximadamente de 83,3 kg (817, 5 N) por apoio.

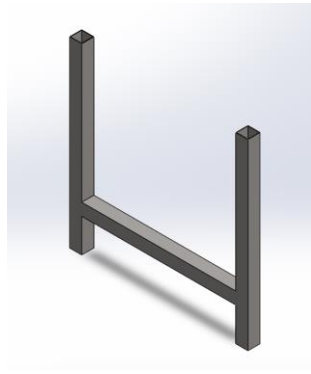


Figura 34 - Modelo simplificado para análise MEF- EST - 1

1. **Tipo de estudo** – Estático.
2. **Tipo de material** – Tubo quadrado 40 x 1,5 [mm] em aço AISI 304.
3. **Condições de fronteira**

Nesta estrutura inferior, definiu-se como pontos de fixação rígida, a área de aplicação dos apoios reguláveis, que são os pontos onde a máquina está apoiada conforme se pode observar na Figura 35.

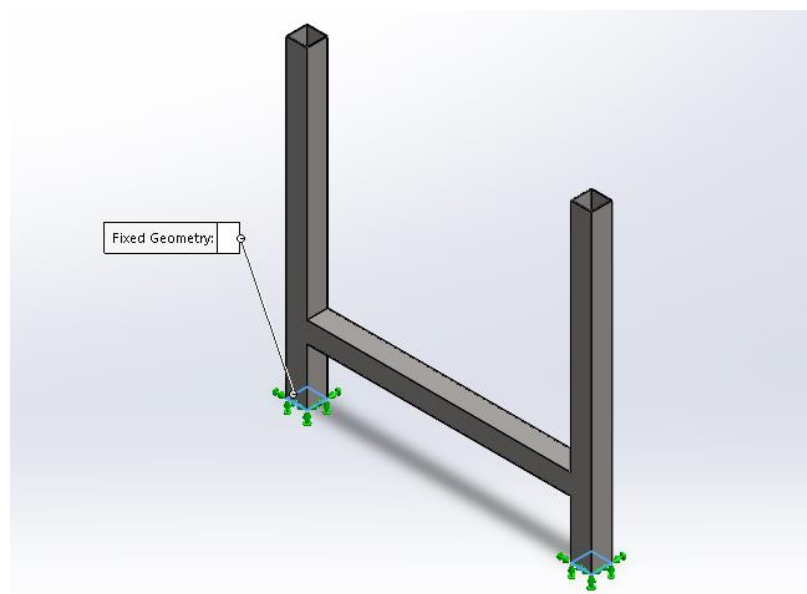


Figura 35 - Condições de fronteira para a estrutura – EST 1

4. Tipo de Ligações

Todas as superfícies em contato das peças, foram assumidas como *Bonded* que significa que as superfícies são integrantes umas das outras.

5. Esforços aplicados

O peso da máquina (200 kg) acrescido da carga (60 kg) mais a força de corte (159 kg) a dividir pelos 6 apoios, resulta numa carga de 817,5 N por apoio
Figura 36.

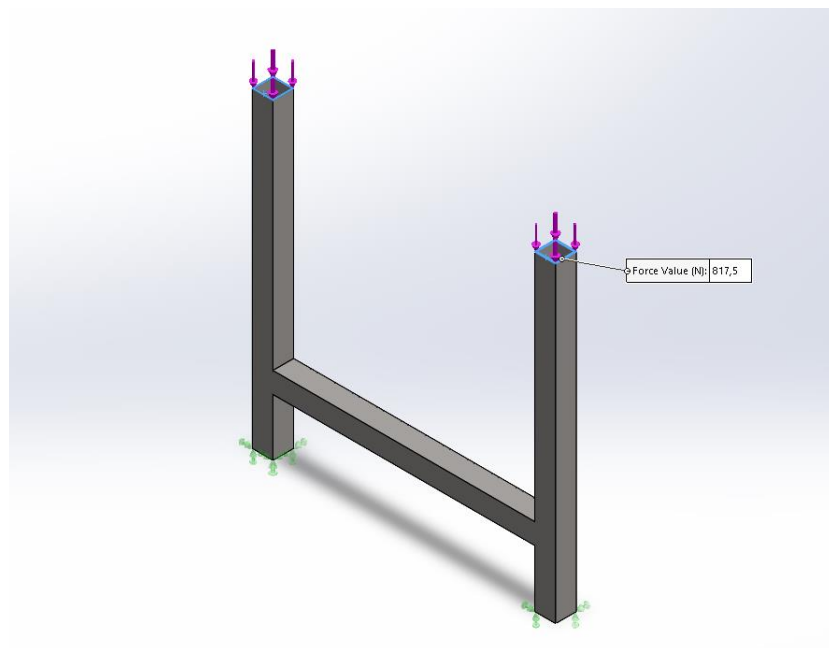


Figura 36 - Cargas aplicadas – EST 1

6. Criação da malha

Procedeu-se à criação da malha para análise, definida por 22318 elementos e 47496 nós, conforme a Figura 37.

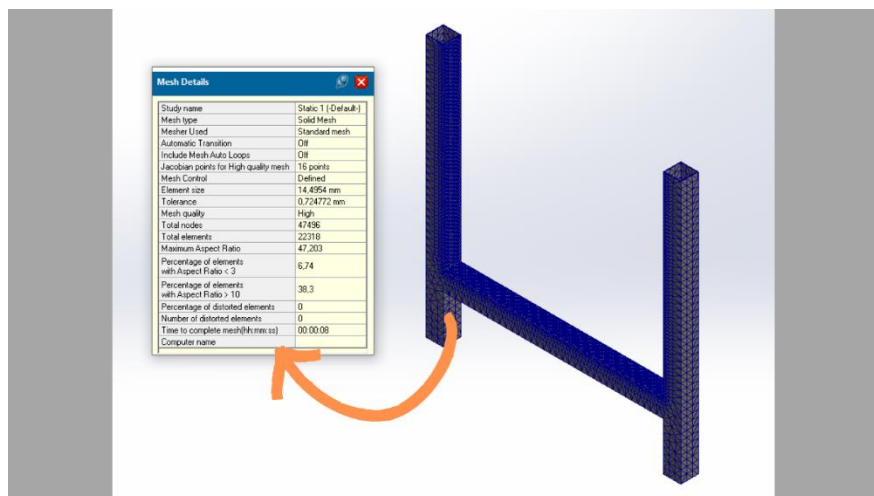


Figura 37 - Malha para análise MEF – EST 1

7. Processamento da análise

A tensão máxima de *von Mises*, foi determinada como um valor máximo de 4,41 MPa conforme a Figura 38.

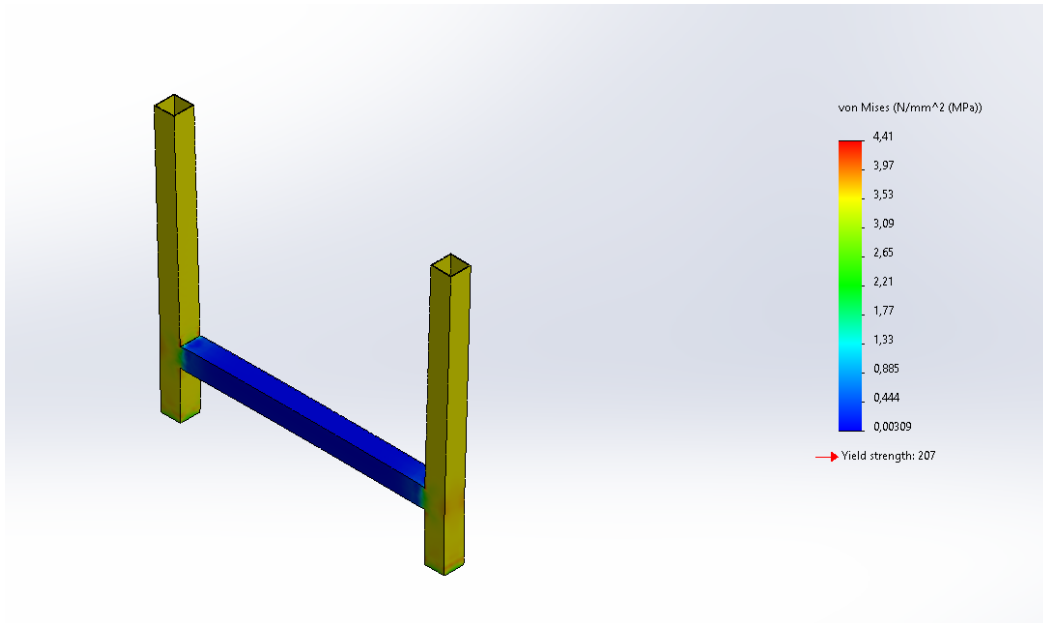


Figura 38 - Cálculo das tensões de *von Mises* – EST 1

O deslocamento máximo obtido neste estudo foi de 0.012 mm, nos pontos indicados conforme a Figura 39.

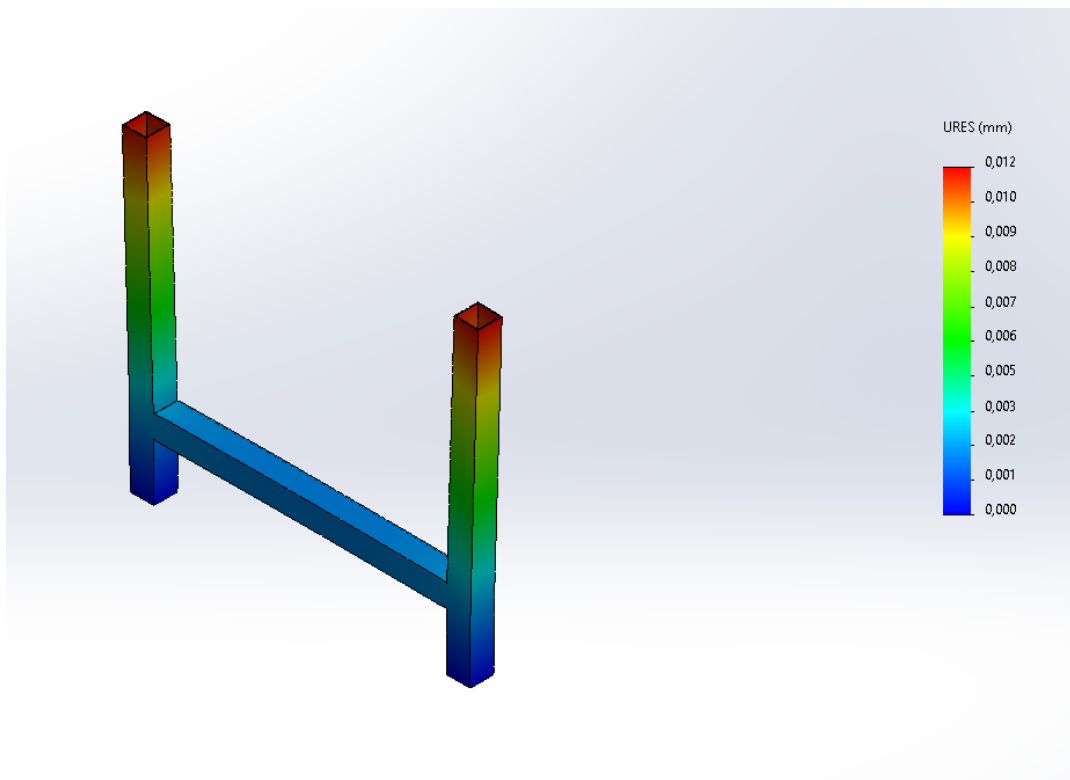


Figura 39 - Cálculo do deslocamento através do MEF – EST 1

O fator de segurança mínimo obtido, foi de 47 indicado na Figura 40.

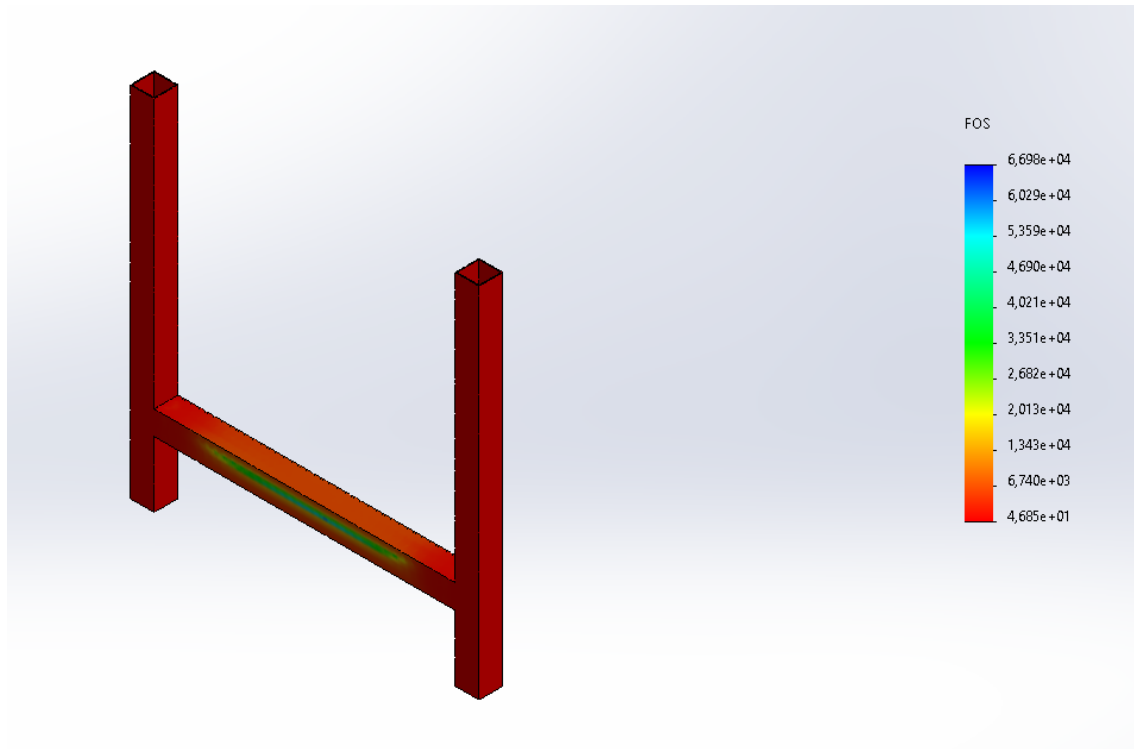


Figura 40 - Cálculo do fator de segurança pelo MEF – EST 1

8. Análise dos resultados

Após os resultados obtidos neste estudo, verifica-se que:

- ✓ A tensão máxima de *von Mises* neste estudo foi de 4.4 MPa inferior à tensão de cedência do material que é 207 MPa, o que significa que não temos deformações plásticas.
- ✓ A deformação máxima encontrada neste estudo de acordo com as solicitações foi de 0.012 mm com um fator de segurança de mínimo de 47. Este valor é dado pela razão entre a tensão máxima admissível do material e a tensão máxima encontrada na análise.

Com esta análise, conclui-se que o tubo quadrado 40 x 40x1,5 [mm] em aço inox AISI 304, suporta as cargas aplicadas, apresentando deformações mínimas e completamente dentro do domínio elástico. (Ver o ANEXO I – Simulação por Método de Elementos Finitos EST. – 1).

Outro componente importante a analisar é as laterais do transportador, assim como os reforços Figura 41, para ver se suportam os diferentes esforços e solicitações. Para isso, procedeu-se da mesma maneira da simulação por MEF da estrutura inferior de suporte. Neste caso as cargas aplicadas são o peso da tela, o peso da estrutura do sistema de corte, a força de corte e o peso dos tabuleiros, que contabiliza um total de $((17+60+159+60) \text{ kg})$ 2900 N.

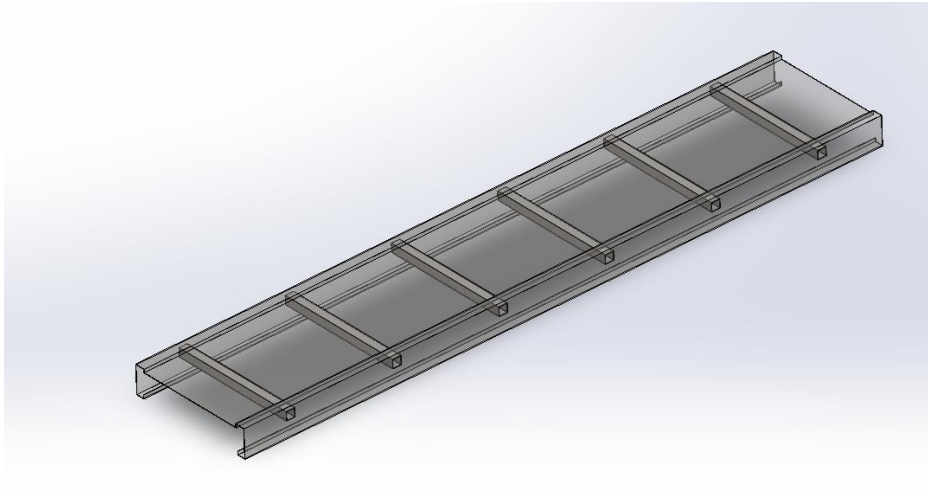


Figura 41 – Modelo simplificado para análise por MEF- EST-2

1. **Tipo de estudo** – Estático.
2. **Tipo de material** – Chapa conformada em aço AISI 304.
3. **Condições de fronteira**

Nesta estrutura em chapa conformada, definiu-se apoios de fixação rígida, na área que se pode observar na Figura 42.

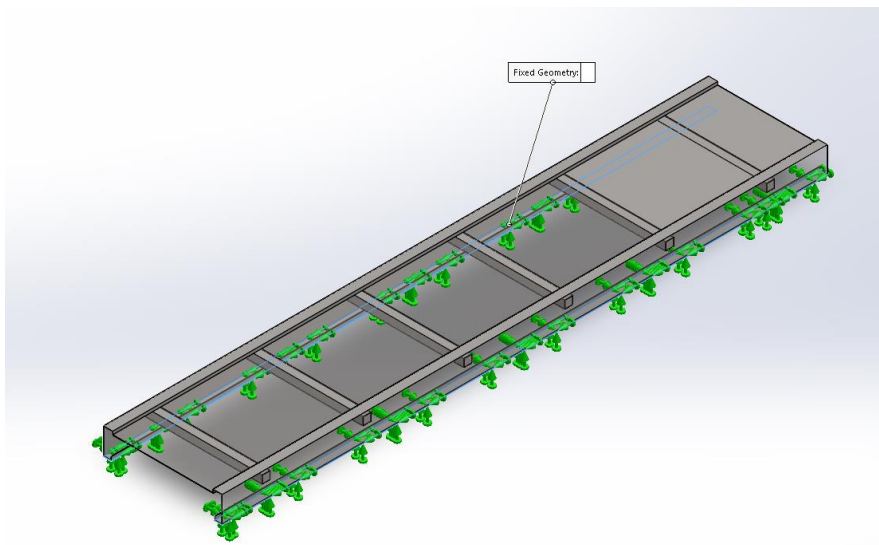


Figura 42 – Condições de fronteira – EST 2

4. Tipo de Ligações

Todas as superfícies em contato com as peças, foram assumidas como *Bonded* que significa superfícies juntas integrantes umas das outras.

5. Esforços aplicados

Os esforços neste caso foram as cargas de pressão Figura 43 numa determina área.

Σ de todas as forças sujeitas igual a 2900 N

Largura do transportador – 585 mm

Comprimento – 3000 mm

$$Press\tilde{a}o = \frac{\Sigma for\tilde{c}as}{Area} = \frac{2900 N}{3 \times 0.585 m^2} = 1652,4 N/m^2 \quad (1)$$

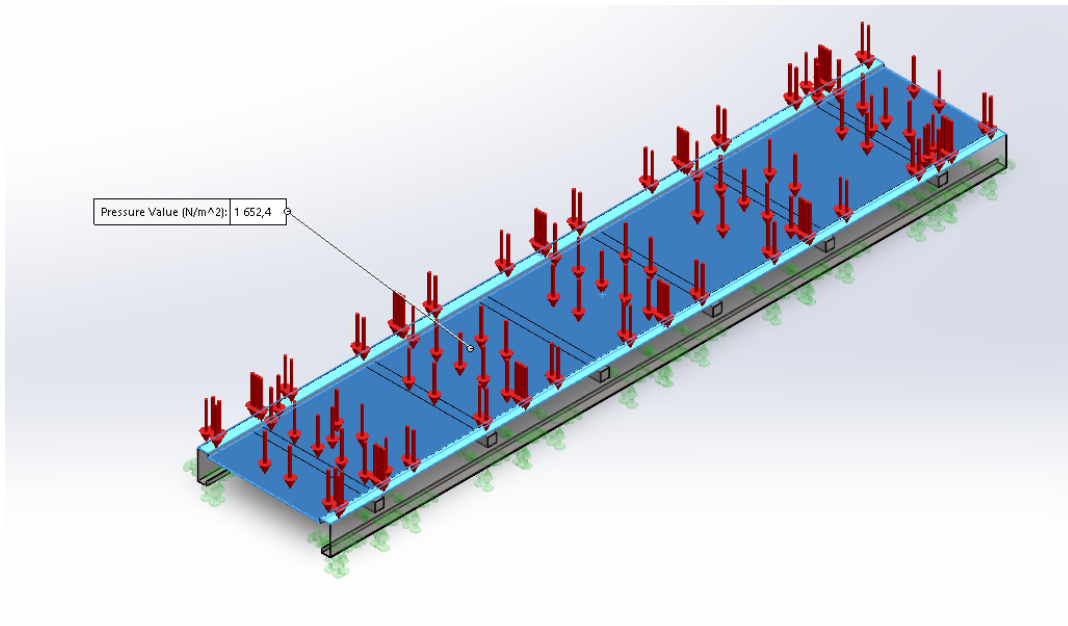


Figura 43 – Esforços aplicados à estrutura superior – EST 2

6. Criação da malha

Procedeu-se à criação da malha para análise, foi definida por 3379 elementos e 66615 nós. Obteve-se 74,9 % de rácio dos elementos conforme a Figura 44.

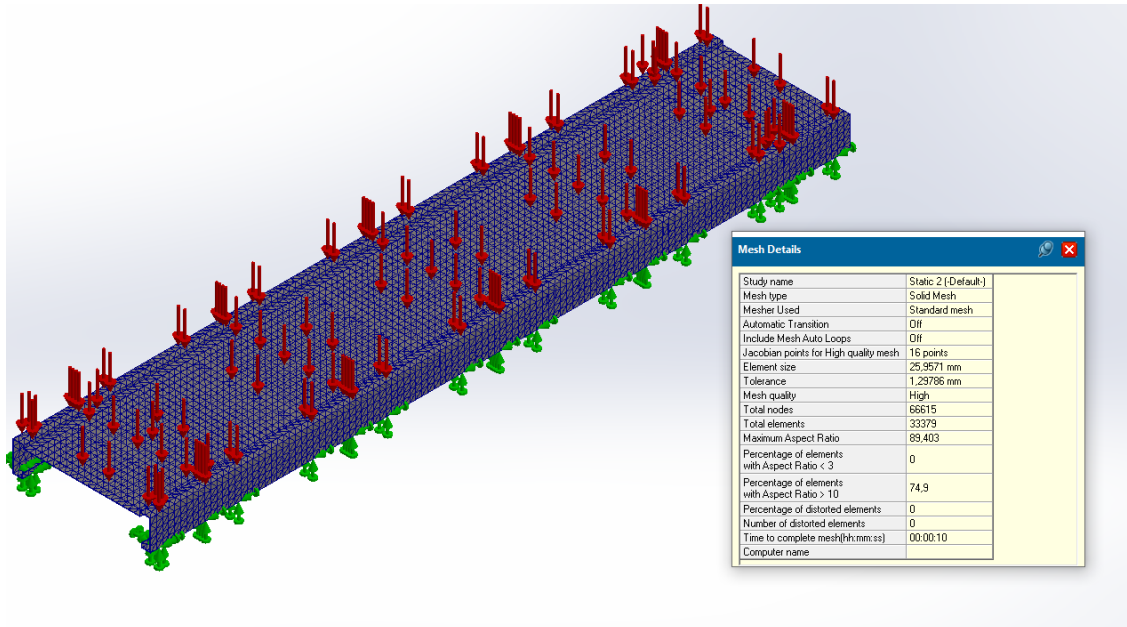


Figura 44 – Malha para análise por MEF EST -2

7. Processamento da análise

A tensão máxima de *von Mises*, foi determinada como um valor de 11,75 MPa conforme a Figura 45.

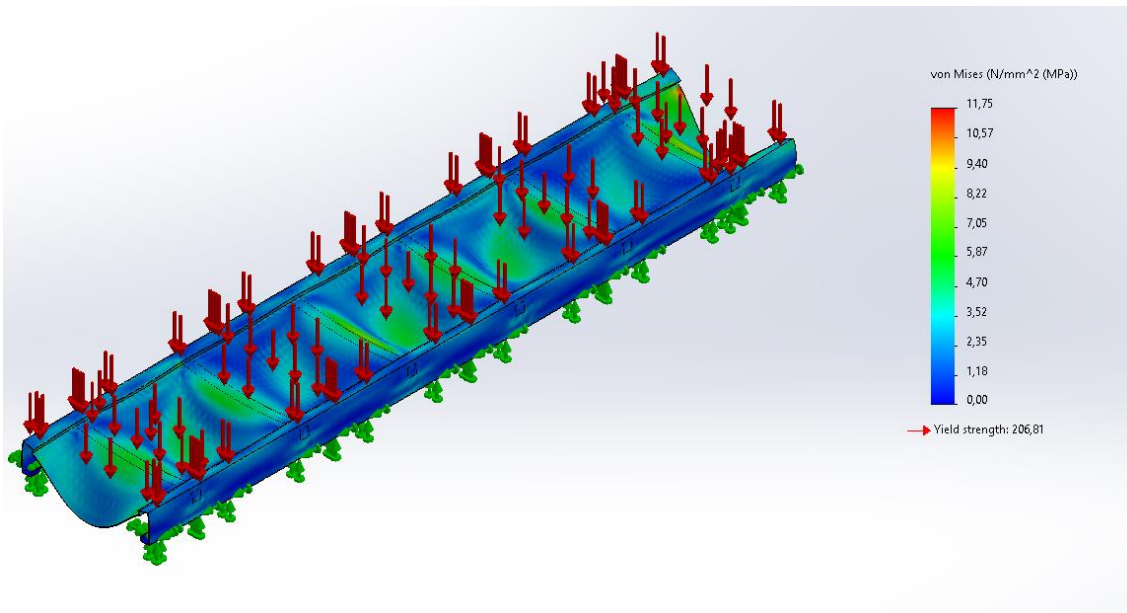


Figura 45 - Cálculo das tensões de *von Mises* - EST 2

O deslocamento máximo obtido neste estudo foi de 0.6 mm, nos pontos indicados conforme a Figura 46.

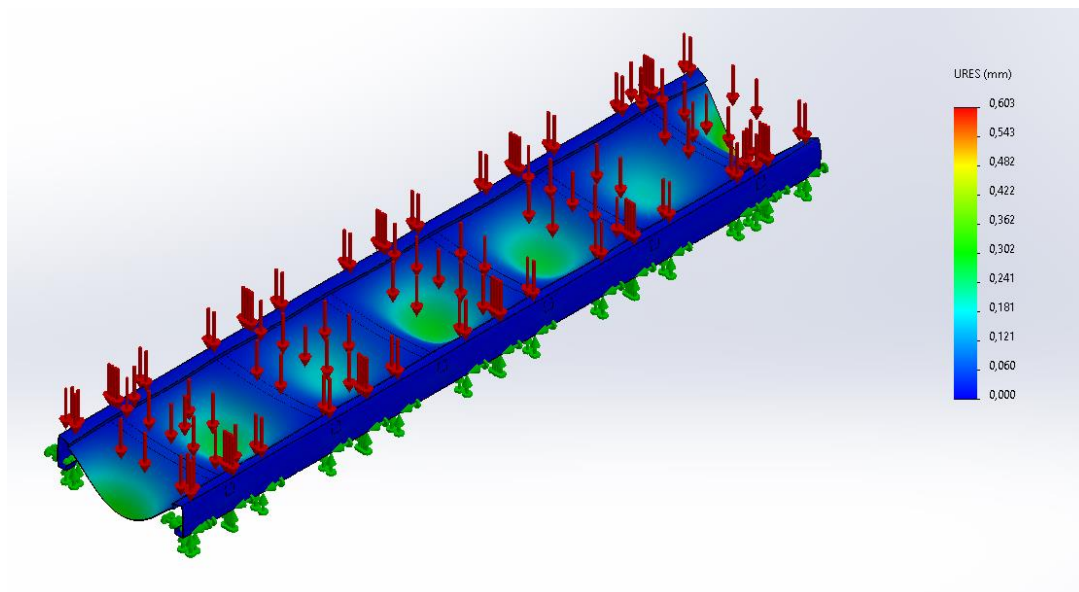


Figura 46 - Cálculo do deslocamento através do MEF – EST 2

Na Figura 47, é possível visualizar o cálculo do fator de segurança mínimo, este é calculado através da fórmula (2) e o valor obtido foi de 17,6.

$$FOS = \frac{\sigma_{ced \text{ do material}}}{\sigma_{max. \text{ von Mises}}} = \frac{206,81 \text{ Mpa}}{11,75 \text{ Mpa}} = 17,6 \quad (2)$$

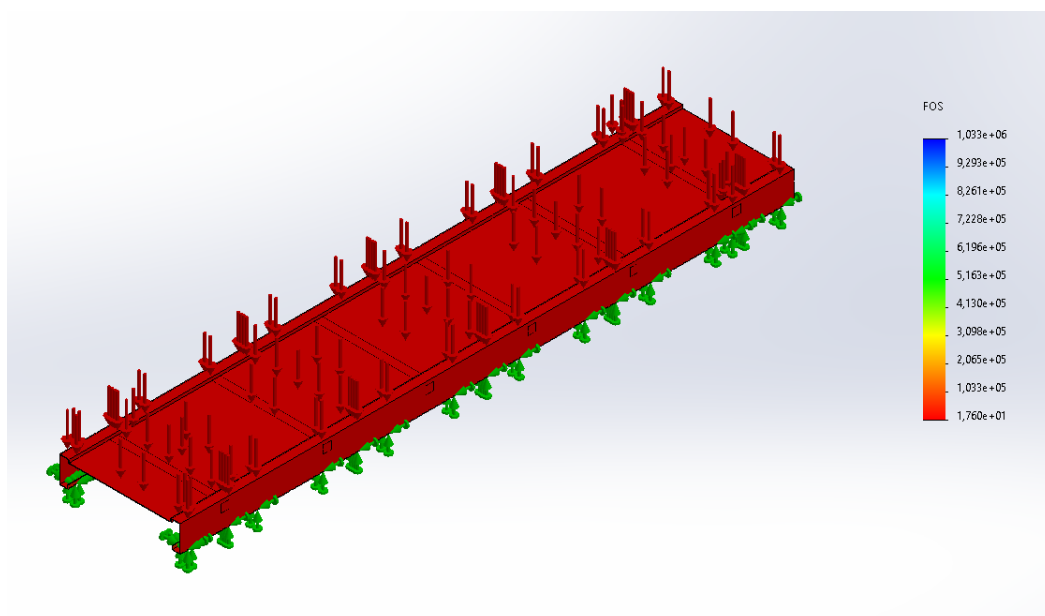


Figura 47 - Cálculo do fator de segurança pelo MEF – EST 2

9. Análise dos resultados

Após os resultados obtidos neste estudo, verifica-se que:

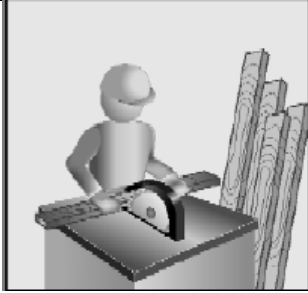
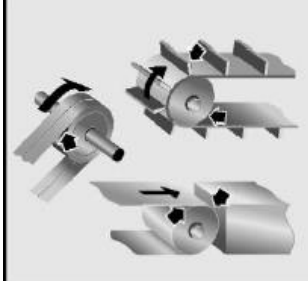
- ✓ A tensão máxima de *von Mises* neste estudo foi de 11,75 MPa inferior à tensão de cedência do material que é 207 MPa, o que significa que não temos deformações plásticas.
- ✓ A deformação máxima encontrada neste estudo de acordo com as solicitações foi de 0.6 mm com um fator de segurança de mínimo de 18 dado pela razão entre a tensão máxima admissível para o material e a tensão máxima encontrada na análise.

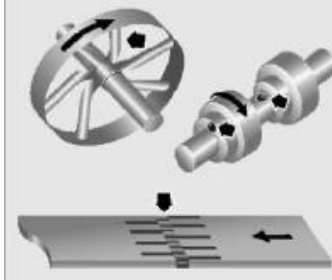

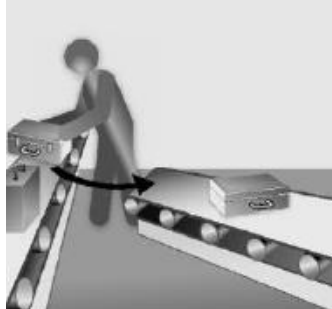
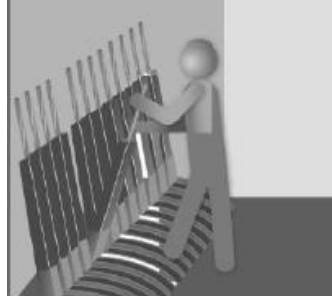
Com esta análise, verificou-se que a estrutura em chapa conformada em aço inox AISI 304 de 2,5mm, suporta as cargas aplicadas, apresentando deformações mínimas e completamente dentro do domínio elástico. (Ver o ANEXO II – Simulação por Método de Elementos Finitos EST. – 2).

3.4.4. Perigos típicos e sinalização

A máquina deve cumprir os requisitos de segurança no trabalho, para isso devem ser considerados alguns aspetos importantes. No quadro B.2 que deriva do quadro B.1 do anexo B da NP EN ISO 121000 2018, evidencia alguns exemplos de perigos que está associado às consequências significativas possíveis.

Tabela 4 - Quadro B.2 de perigos. Adaptada de [9]

Perigo	Origem	Possíveis Consequências
	- Elementos cortantes	- Corte; - Decepamento
	- Elementos Moveis	- Arrastamento; - Fricção; - Abrasão; - Impacto.

	<p>- Elementos em movimento ou rotação</p>	<p>- Decepamento; - Entalamento.</p>
	<p>- Partes elétricas ativas</p>	<p>- Choque elétrico - Perfuração; - Queimadura.</p>
	<p>- Postura</p>	<p>- Desconforto; - Fadiga; -Lesões musculo esqueléticas.</p>
	<p>- Localização dos dispositivos de comando</p>	<p>- Todas as resultantes de erro humano; - Stress.</p>

Exposta as situações perigosas, há que trabalhar nas soluções para redução de riscos, minimizando a ocorrência das mesmas. Com intuito de reduzir os riscos e cumprir com os requisitos, a máquina deve estar devidamente sinalizada com avisos ou outra sinalização indispensável para garantir a segurança dos trabalhadores, conforme prevê o art.º 22.º do Decreto-Lei n.º 50/2005, de 25 de fevereiro. Neste contexto:

Uma vez que a máquina possui elementos moveis e cortantes, a sinalização deve ser colocada no equipamento de forma visível com o sinal de perigo associado. Figura 48
Figura 49 .



Figura 48 - Sinalização de perigo de entalamento.

Adaptada de [14]



Figura 49 - Sinalização de perigo de corte.

Adaptada de [14]

Na porta do quadro elétrico, deve ser colocado também o sinal de perigo associado ao choque elétrico evidenciado na Figura 50.



Figura 50 - Sinalização de perigo de choque elétrico. Adaptada de [15]

Em relação protetores e os dispositivos de proteção Figura 51, estes devem ser adequadamente concebidos para a utilização prevista, tendo em conta, os perigos mecânicos e os outros perigos. Os protetores e os dispositivos de proteção devem ser compatíveis com o ambiente de trabalho da máquina e ser concebidos de modo que não possam ser facilmente neutralizados, protegendo as pessoas das zonas perigosas, podendo estes serem fixos ou moveis:

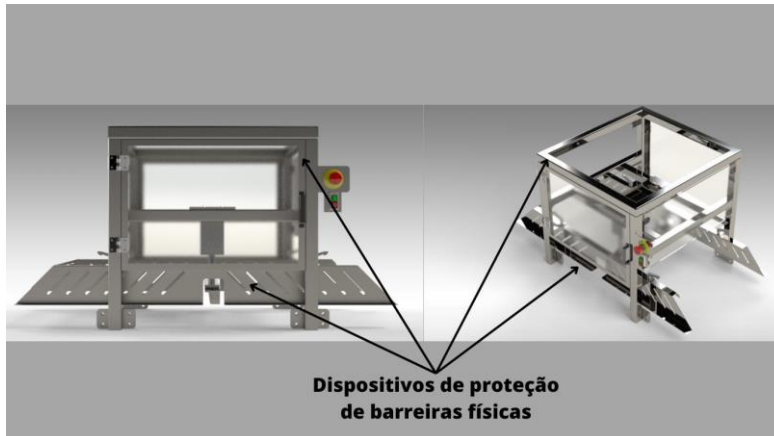


Figura 51 - Dispositivos de proteção

No caso dos protetores fixos, a máquina contempla com uma estrutura de proteção Figura 52 na zona de corte, em que o mesmo é fixo por parafusos, impossibilitando a sua remoção sem o uso da ferramenta própria.

Quanto aos protetores moveis Figura 52, estes são as portas de acesso à zona de corte que trabalha em conjunto com sensores eletromagnéticos de proximidade, em que ao serem acionados pela abertura da porta, os mesmos devem desligar de imediato a máquina.

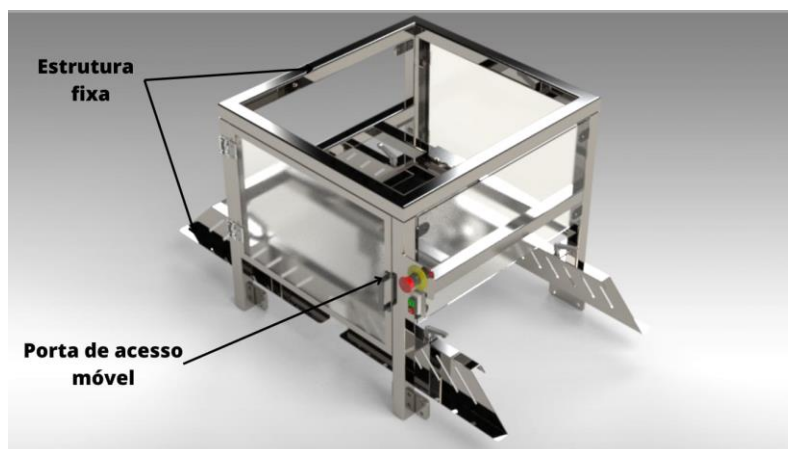


Figura 52 - Proteção fixa e móvel

4 Conclusão

O objetivo deste trabalho consistiu em desenvolver uma máquina, para cortar barras energéticas que cumprisse com todos os requisitos propostos. Durante o seu desenvolvimento, foram feitas várias pesquisas que possibilitaram não só, um entendimento mais abrangente das novas tecnologias de corte, como também um melhor enquadramento das normas e regulamentações aplicadas às máquinas para utilização na indústria alimentar, garantindo desta forma a segurança e saúde das pessoas.

Neste projeto, foi necessário ter conhecimentos técnicos e metodológicos na seleção criteriosa dos materiais a aplicar, na modelação e simulação 3D, assim como, nos processos de fabrico envolvidos, conseguindo desta forma desenvolver uma máquina de fácil fabrico, com uma ótima relação preço qualidade, de fácil higienização e manutenção, respeitando as leis e normas fundamentais de segurança e saúde das pessoas e ao mesmo tempo, contribuindo para o êxito deste projeto.

Em relação à análise por elemento finitos, privilegiou-se o estudo dos componentes mais críticos, nomeadamente a estrutura inferior de suporte e o transportador. Foi necessário otimizar o modelo uma vez que a análise em montagens complexas conduz inevitavelmente a tempos de preparação e processamento elevados tornando-se difícil obter resultados. De salientar que estes estudos e simulações, permite detetar problemas de projetos simples, permitindo alcançar melhores soluções, contudo é importante que o utilizador observe os resultados com algum sentido crítico uma vez que se trata de um *software* e o mesmo poderá apresentar erros ou desvios à realidade.

Este projeto mostrou-se bastante auspicioso e muito promissor, possibilitando a aplicação e aprofundamento dos conhecimentos e valores adquiridos ao longo da formação académica.

De um modo geral, pode-se concluir que foi possível obter um produto de fabrico simples, de fácil higienização e manutenção, e mais importante ainda, seguro, fiável, de custo relativamente baixo, possibilitando ao cliente utilizar uma máquina autónoma com vida útil prolongada, adequada ao posto de trabalho, pois protagoniza um menor risco de acidente para os operadores, contribuindo para a segurança alimentar, respeitando o cumprimento dos requisitos gerais, específicos, técnicos e legais em vigor, garantindo sobretudo a satisfação do cliente.

Referências

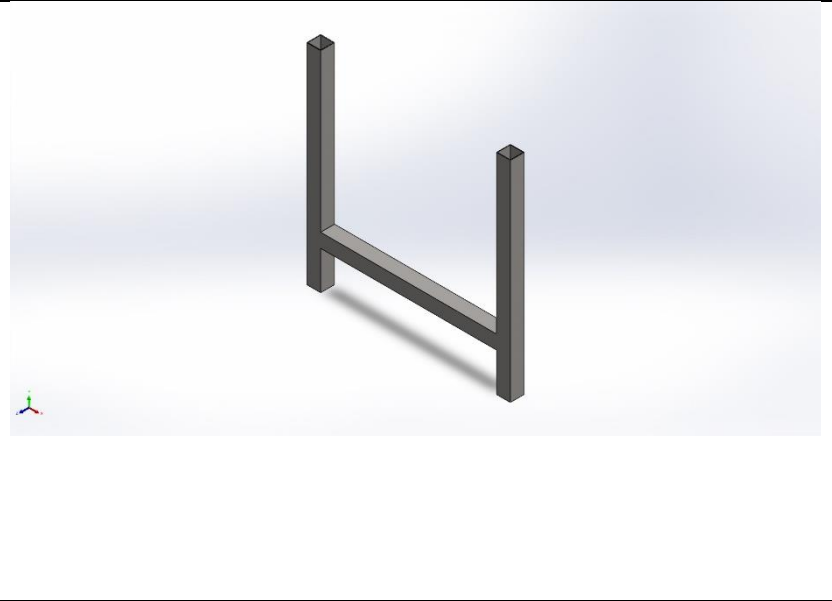
- [1] L. Cheng, *Food Machinery: For the Production of Cereal Foods, Snack Foods and Confectionery*, Woodhead Publishing, 1992.
- [2] *Decreto-Lei n.º 103/2008 de 24 de Junho. Diário da República, 1.ª série — N.º 120 — 24 de Junho de 2008.*
- [3] Dedmityay, “Dreamstime,” [Online]. Available: <https://pt.dreamstime.com/linha-de-produ%C3%A7%C3%A3o-panifica%C3%A7%C3%A3o-com-biscoitos-doces-na-esteira-transportadora-em-f%C3%A1brica-confec%C3%A7%C3%B5es-alimentos-image172032431>.
- [4] *Documentação Interna da HJDP - Alimentar.*
- [5] S. Z. C. S. H. R. Yvonne Schneider, “Ultrasonics,” *Ultrasonic excitation affects friction interactions between food materials and cutting tools*, pp. 1-2, 3 Março 2009.
- [6] “PACKAGING WITH ROBOTS,” [Online]. Available: <https://www.pwrpack.com/ultrasonic-food-cutting/>. [Acedido em Setembro 2022].
- [7] I. sonics & Materials, “Sonics.com,” 2019. [Online]. Available: <https://www.sonics.com/food-cutting/contact/>. [Acedido em Setembro 2022].
- [8] “MERCHANT SCHMIDT,” [Online]. Available: <https://www.marchantschmidt.com/projects/>. [Acedido em Outubro 2022].
- [9] NORMA PORTUGUESA, “NP EN ISO 12100 Segurança de máquinas: Princípios gerais de conceção Apreciação do risco e redução do risco,” 2018.
- [10] “WIKIPEDIA,” [Online]. Available: https://pt.wikipedia.org/wiki/A%C3%A7o_inoxid%C3%A1vel. [Acedido em Outubro 2022].
- [11] Sove, “SOVE Plásticos Técnicos,” [Online]. Available: <https://sovesite.s3.eu-west-2.amazonaws.com/Documentos+para+download/Pl%C3%A1sticos+T%C3%A9cnicos/FOLHETO+PLASTICOS.pdf>. [Acedido em Setembro 2022].

- [12] SMC, “COMPACT GUIDE CYLINDER SERIES MGP,” [Online]. Available: <https://docs.rs-online.com/0fb7/0900766b810c9cad.pdf>. [Acedido em 2022].
- [13] A. Costa e H. Cravo, Projeto 3D em SolidWorks e SolidCam, Lisboa: FCA - Editora de Infomática, Lda., 2021.
- [14] “Sinalux,” [Online]. Available: <https://www.sinalux.eu/pt/catalogo/sinalux/perigo/sinalizacao-de-advertencia-e-perigo/p-11-11/>.
- [15] “TecJob,” [Online]. Available: <https://www.tecjob.pt/catalogotecjob.php?c=1&cat=5>.

ANEXOS

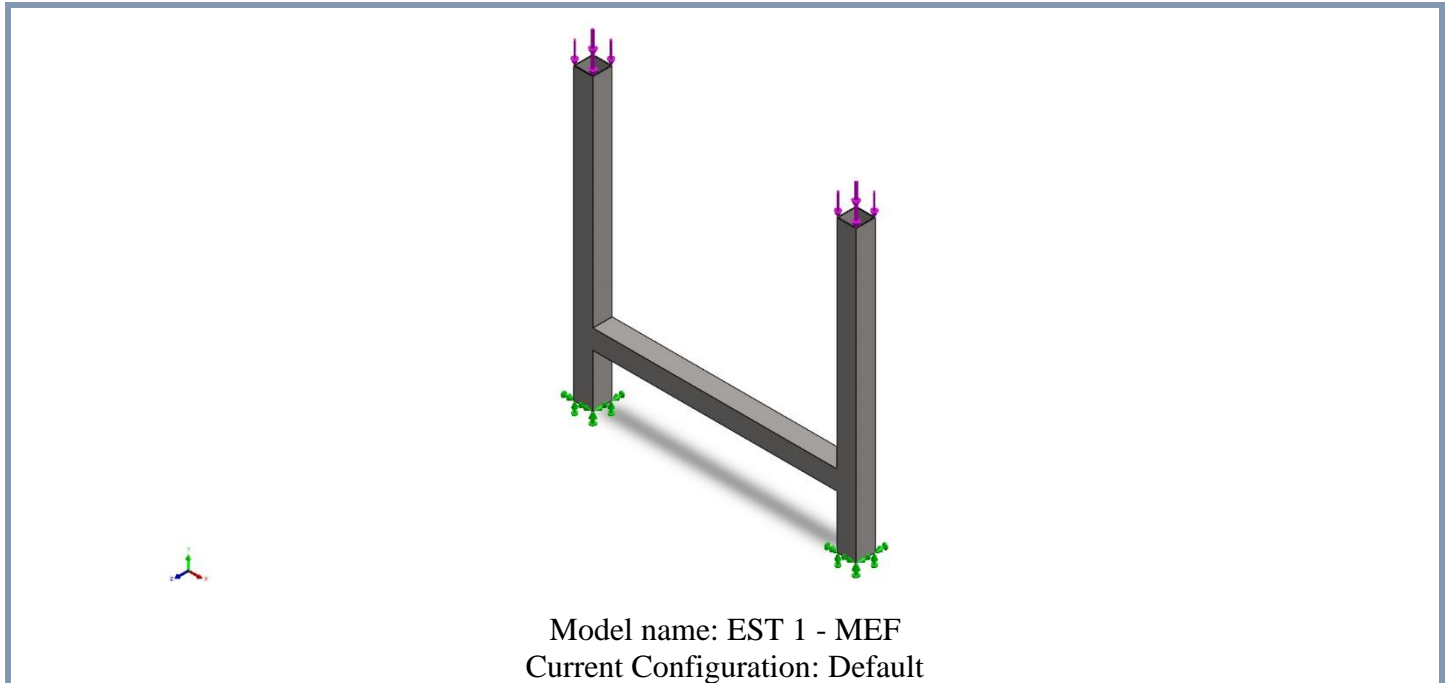
Anexos com informação complementar ao projeto desenvolvido, devidamente numerado e sequenciado.

ANEXO I – Simulação por Método de Elementos Finitos EST. – 1

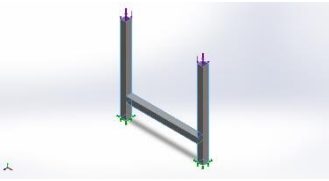
	<h3>Simulation of EST 1 - MEF</h3> <p> Date: 10 de setembro de 2022 Designer: Marcos Gonçalves Study name: Static 1 Analysis type: Static </p> <p> Table of Contents </p> <p> Description 48 Assumptions 49 Model Information 49 Study Properties 50 Units 50 Material Properties 51 Loads and Fixtures 51 Connector Definitions 52 Contact Information 52 Mesh information 53 Sensor Details 54 Resultant Forces 54 Beams 54 Study Results 55 Conclusion 57 </p>
<p> Description No Data </p>	

Assumptions

Model Information



Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Boss-Extrude2 	Solid Body	Mass:3,14899 kg Volume:0,000393624 m ³ Density:8 000 kg/m ³ Weight:30,8601 N	C:\Users\danie\OneDrive \Ambiente de Trabalho\Tradifana\Desenho Final_tese\CorteSnacks_ Desenho\MEF\EST 1 - MEF.SLDPRT Set 10 18:09:44 2022

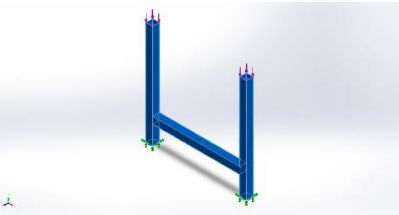
Study Properties

Study name	Static 1
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Automatic
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\danie\OneDrive\Ambiente de Trabalho\Tradifana\Desenho Final_tese\CorteSnacks_Desenho\MEF)

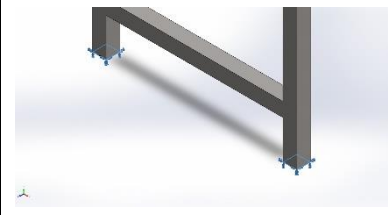
Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: AISI 304 Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 2,06807e+08 N/m² Tensile strength: 5,17017e+08 N/m² Elastic modulus: 1,9e+11 N/m² Poisson's ratio: 0,29 Mass density: 8 000 kg/m³ Shear modulus: 7,5e+10 N/m² Thermal expansion coefficient: 1,8e-05 /Kelvin	SolidBody 1(Boss-Extrude2)(EST 1 - MEF)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-1,14441e-05	1 635	9,80496e-06	1 635
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 817,5 N

Connector Definitions

No Data

Contact Information

No Data


Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points for High quality mesh	16 Points
Element Size	14,4954 mm
Tolerance	0,724772 mm
Mesh Quality	High

Mesh information – Details

Total Nodes	47496
Total Elements	22318
Maximum Aspect Ratio	47,203
% of elements with Aspect Ratio < 3	6,74
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	38,3
Percentage of distorted elements	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:08
Computer name:	

Mesh Control Information:

Mesh Control Name	Mesh Control Image	Mesh Control Details
Control-1		Entities: 3 face(s) Units: mm Size: 3,62386 Ratio: 3,62386

Sensor Details

No Data

Resultant Force

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-1,14441e-05	1 635	9,80496e-06	1 635

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

Free body forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-2,68682e-05	-0,00013185	8,99821e-06	0,00013486

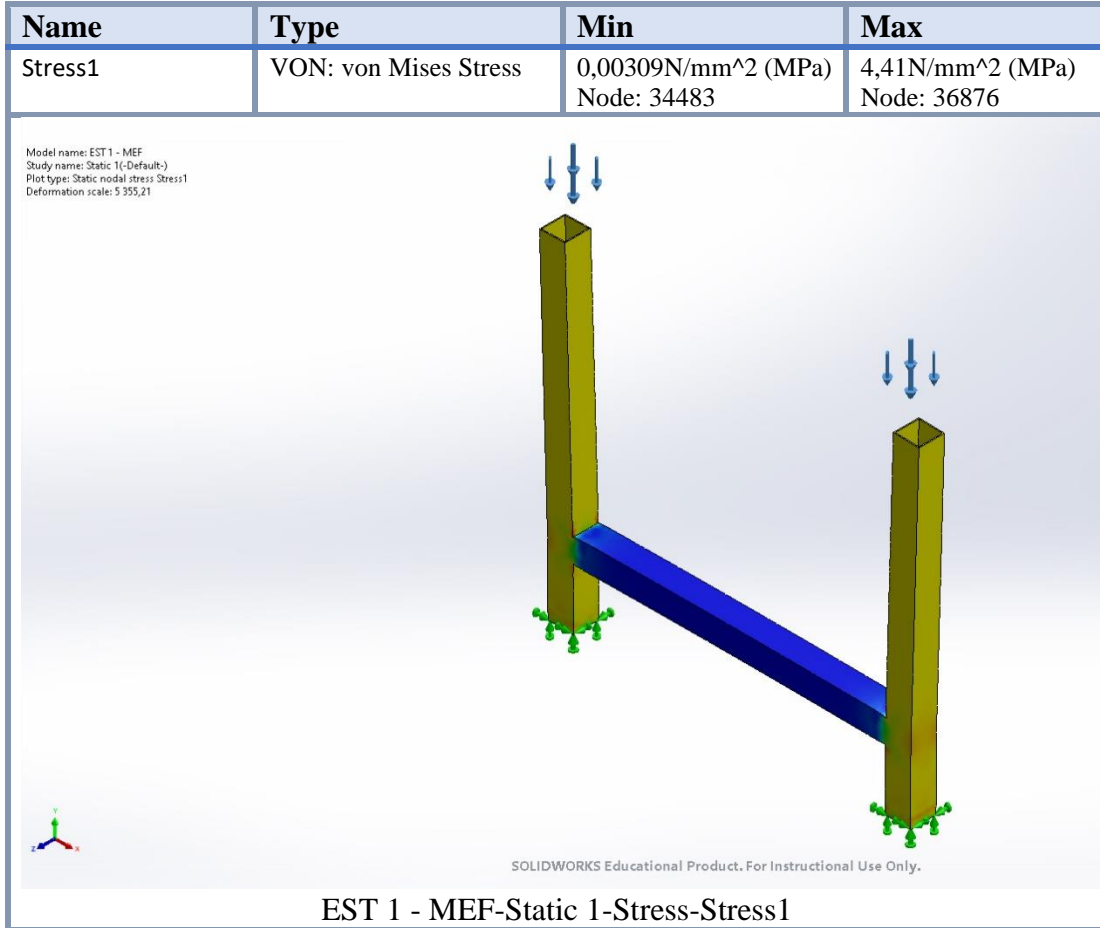
Free body moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	1e-33

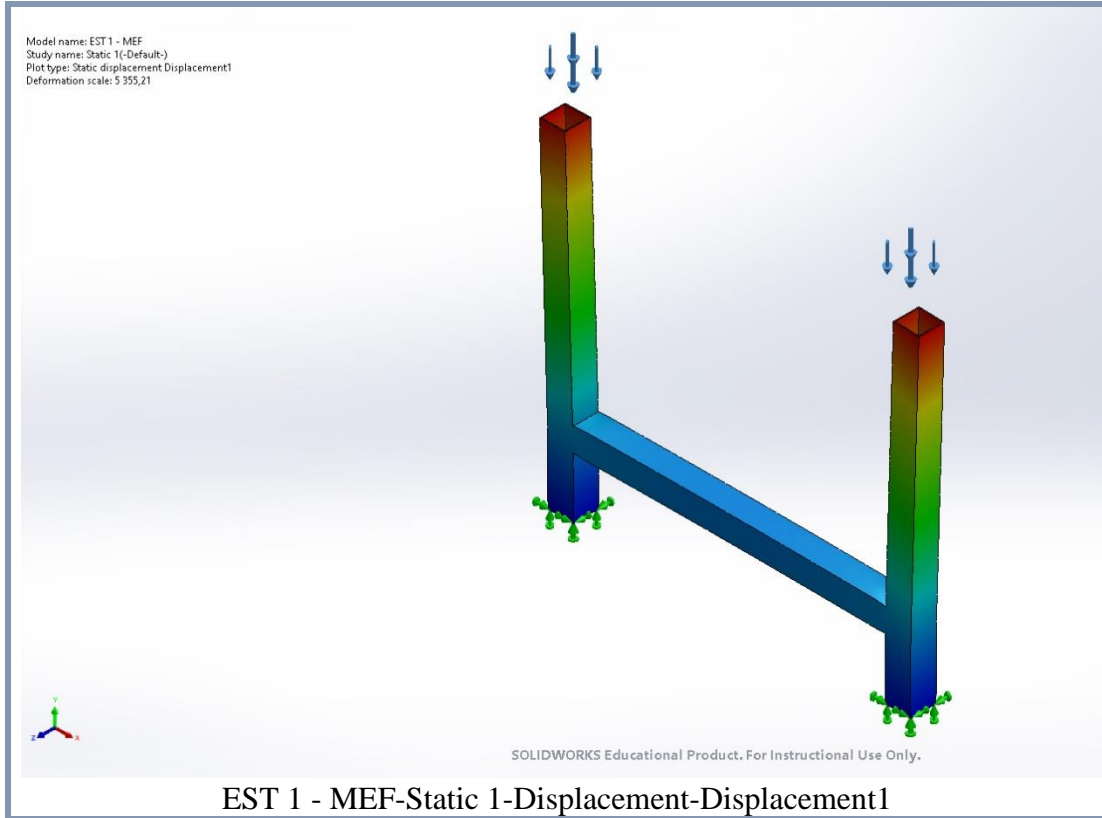
Beams

No Data

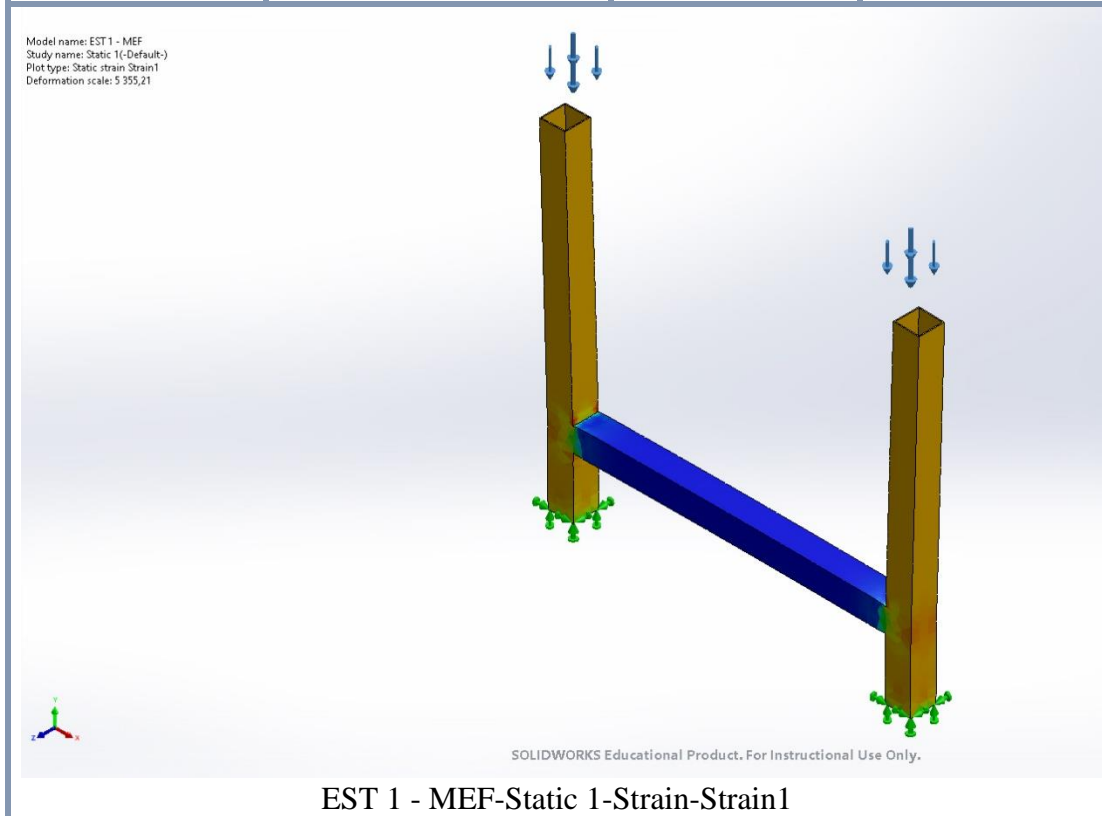
Study Results

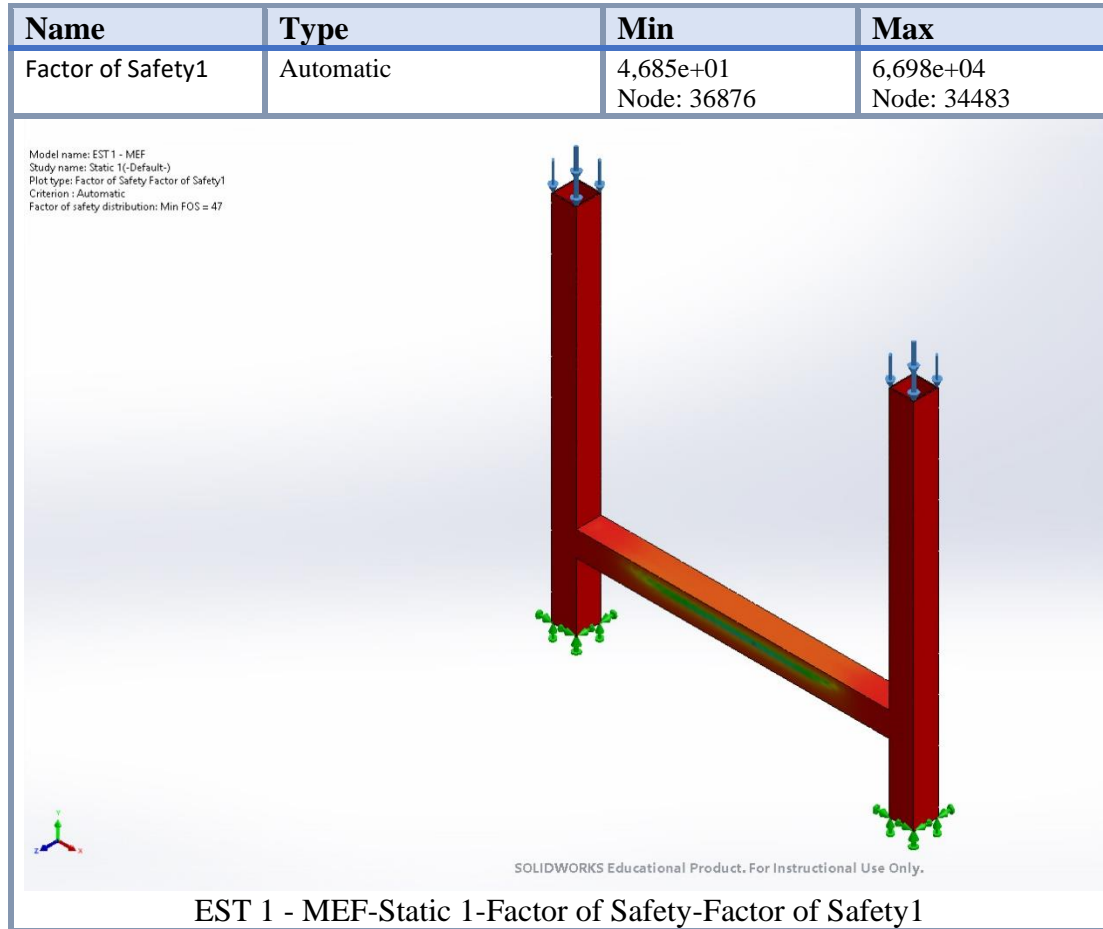


Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0,000mm Node: 12	0,012mm Node: 1841



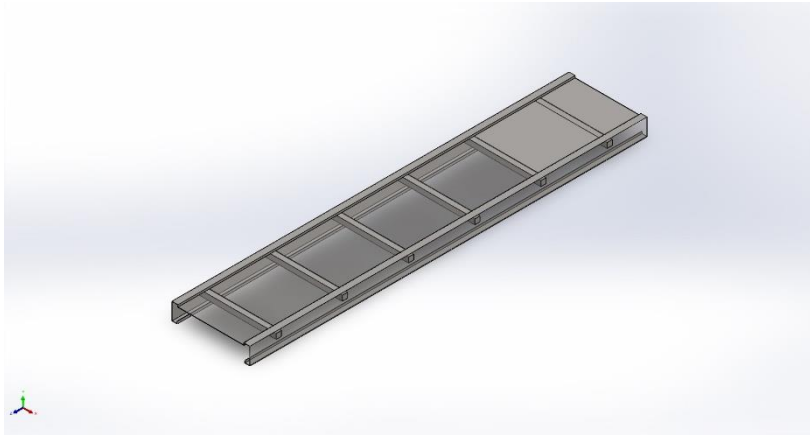
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	6,830e-10 Element: 19836	1,886e-05 Element: 14841





Conclusion

ANEXO II – Simulação por Método de Elementos Finitos EST. – 2



Description

No Data

Simulation of EST 2 - MEF2

Date: 10 de setembro de 2022

Designer: Marcos Gonçalves

Study name: Static 2

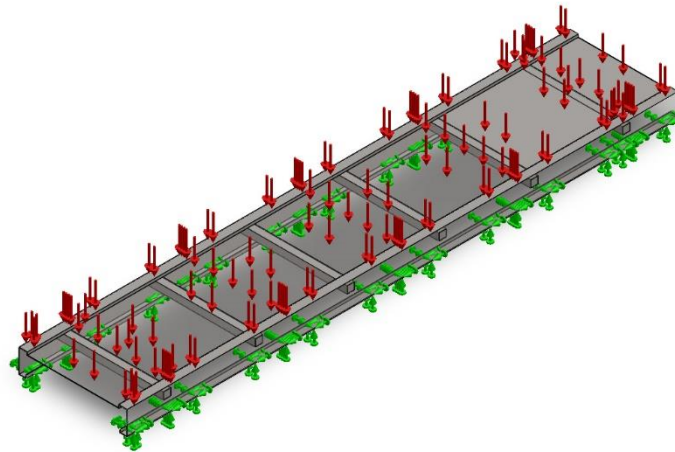
Analysis type: Static

Table of Contents

Description	58
Assumptions	59
Model Information	59
Study Properties	60
Units	60
Material Properties	61
Loads and Fixtures	61
Connector Definitions	62
Contact Information	62
Mesh information	63
Sensor Details	63
Resultant Forces	64
Beams	64
Study Results	65
Conclusion	67

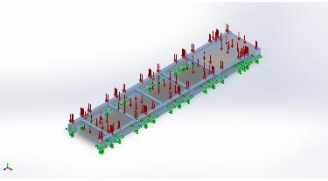
Assumptions

Model Information



Model name: EST 2 - MEF2
 Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Boss-Extrude2 	Solid Body	Mass:65,2865 kg Volume:0,00816081 m ³ Density:8 000 kg/m ³ Weight:639,808 N	C:\Users\danie\OneDrive \Ambiente de Trabalho\Tradifana\Desenho Final_tese\CorteSnacks_ Desenho\MEF\EST 2 - MEF2.SLDPRT Set 10 18:58:56 2022

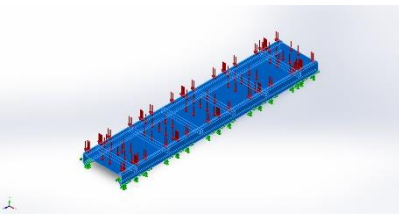
Study Properties

Study name	Static 2
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Automatic
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\danie\OneDrive\Ambiente de Trabalho\Tradifana\Desenho Final_tese\CorteSnacks_Desenho\MEF)

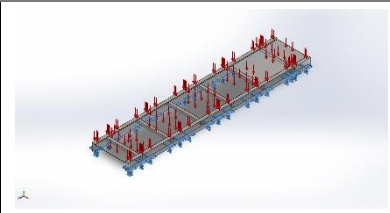
Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: AISI 304 Model type: Linear Elastic Default failure criterion: Isotropic Unknown Yield strength: 2,06807e+08 N/m² Tensile strength: 5,17017e+08 N/m² Elastic modulus: 1,9e+11 N/m² Poisson's ratio: 0,29 Mass density: 8 000 kg/m³ Shear modulus: 7,5e+10 N/m² Thermal expansion coefficient: 1,8e-05 /Kelvin	SolidBody 1(Boss-Extrude2)(EST 2 - MEF2)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

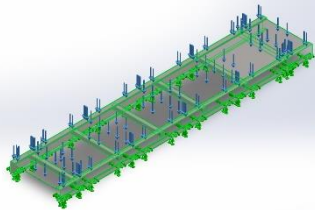
Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-2		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0,00058654	2 924,75	-0,000175864	2 924,75
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Pressure-2		Entities: 3 face(s) Type: Normal to selected face Value: 1 652,4 Units: N/m² Phase Angle: 0 Units: deg

Connector Definitions

No Data

Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Component Interaction- 1		Type: Bonded Components: 1 Solid Body (s) Options: Independent mesh

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points for High quality mesh	16 Points
Element Size	25,9571 mm
Tolerance	1,29786 mm
Mesh Quality	High

Mesh information – Details

Total Nodes	66615
Total Elements	33379
Maximum Aspect Ratio	89,403
% of elements with Aspect Ratio < 3	0
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	74,9
Percentage of distorted elements	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:10
Computer name:	

Sensor Details

No Data

Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0,00058654	2 924,75	-0,000175864	2 924,75

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

Free body forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0,000682167	0,122139	2,55899e-05	0,122141

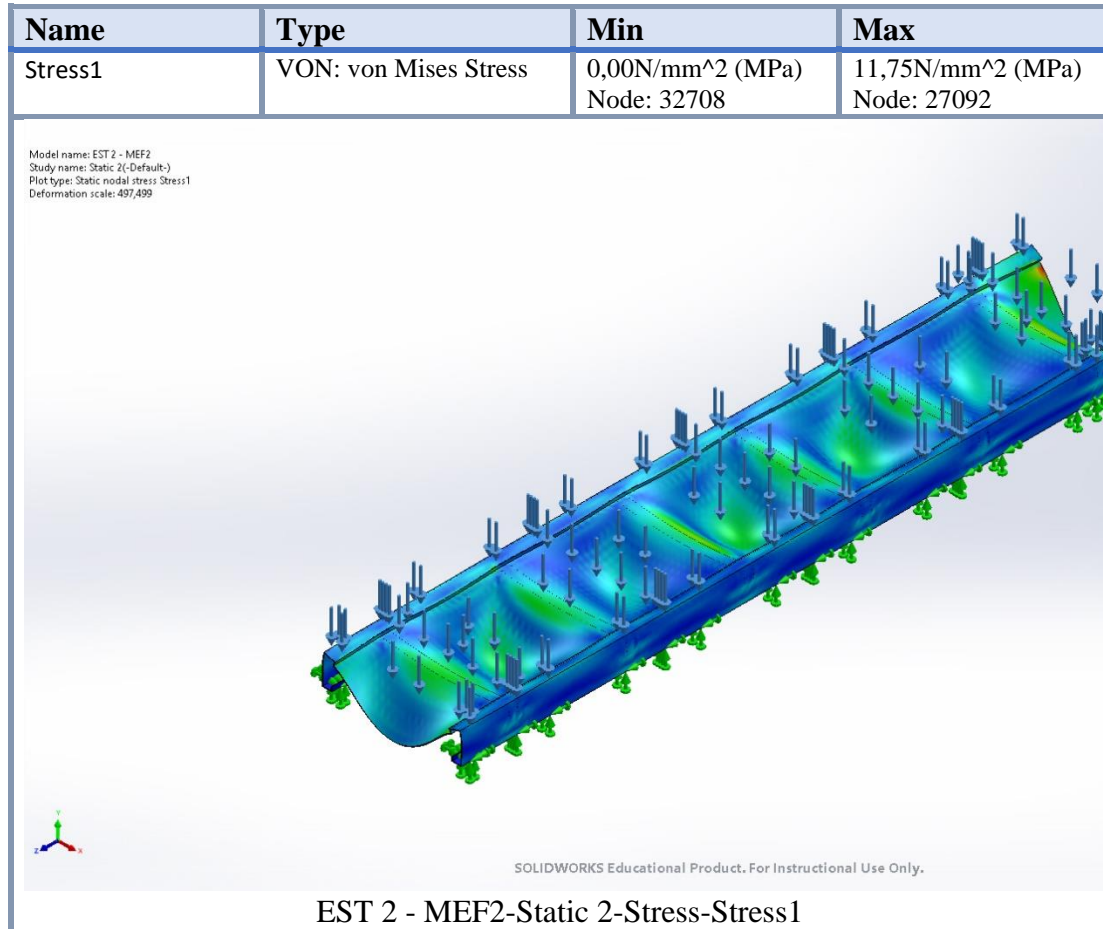
Free body moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	1e-33

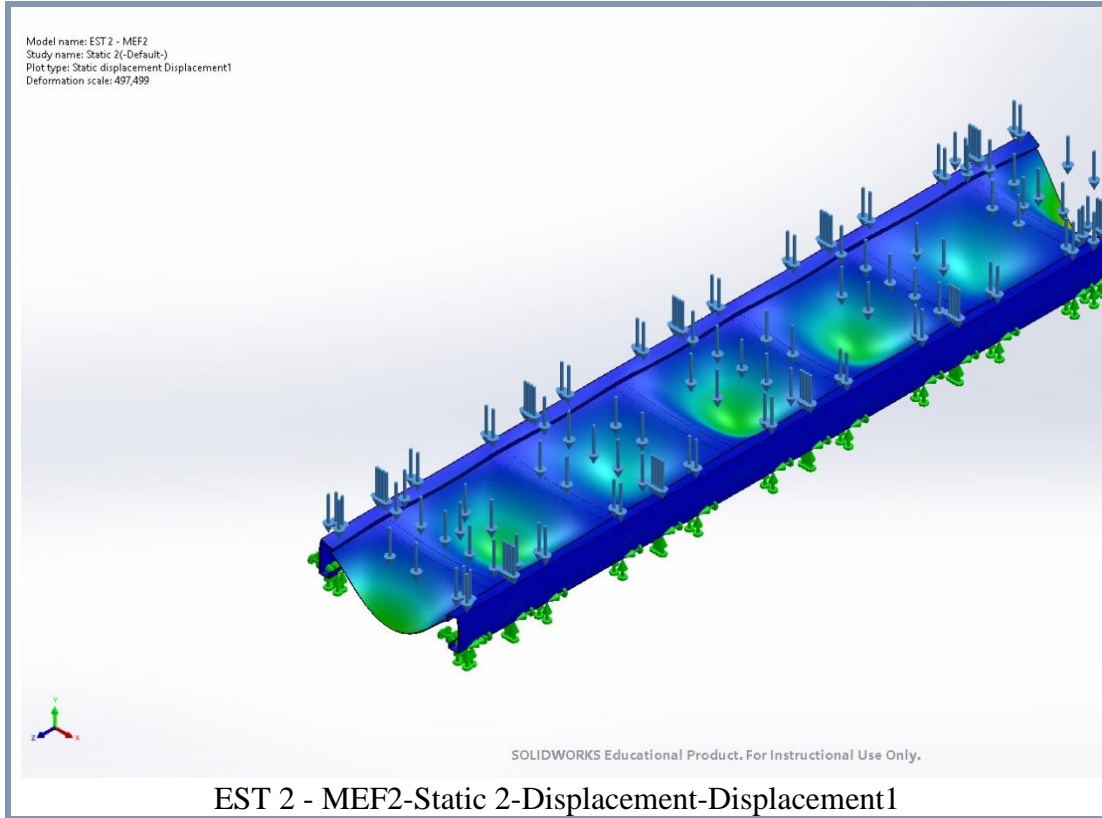
Beams

No Data

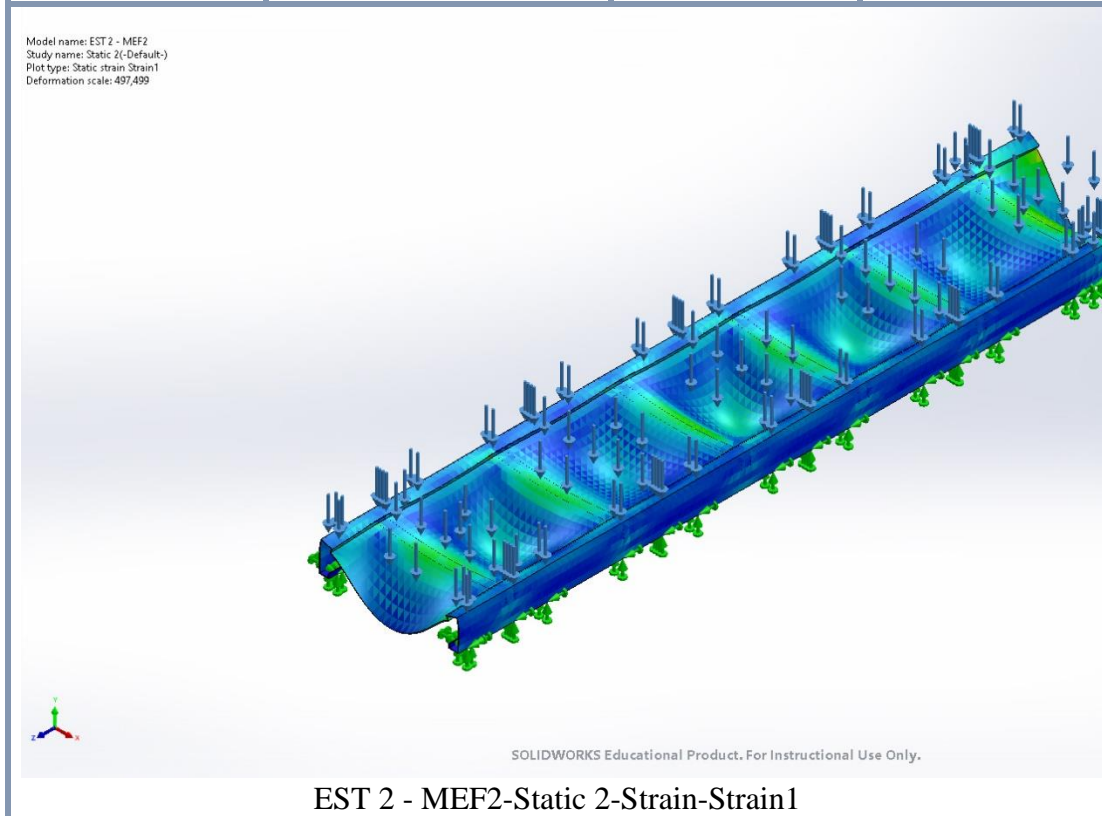
Study Results

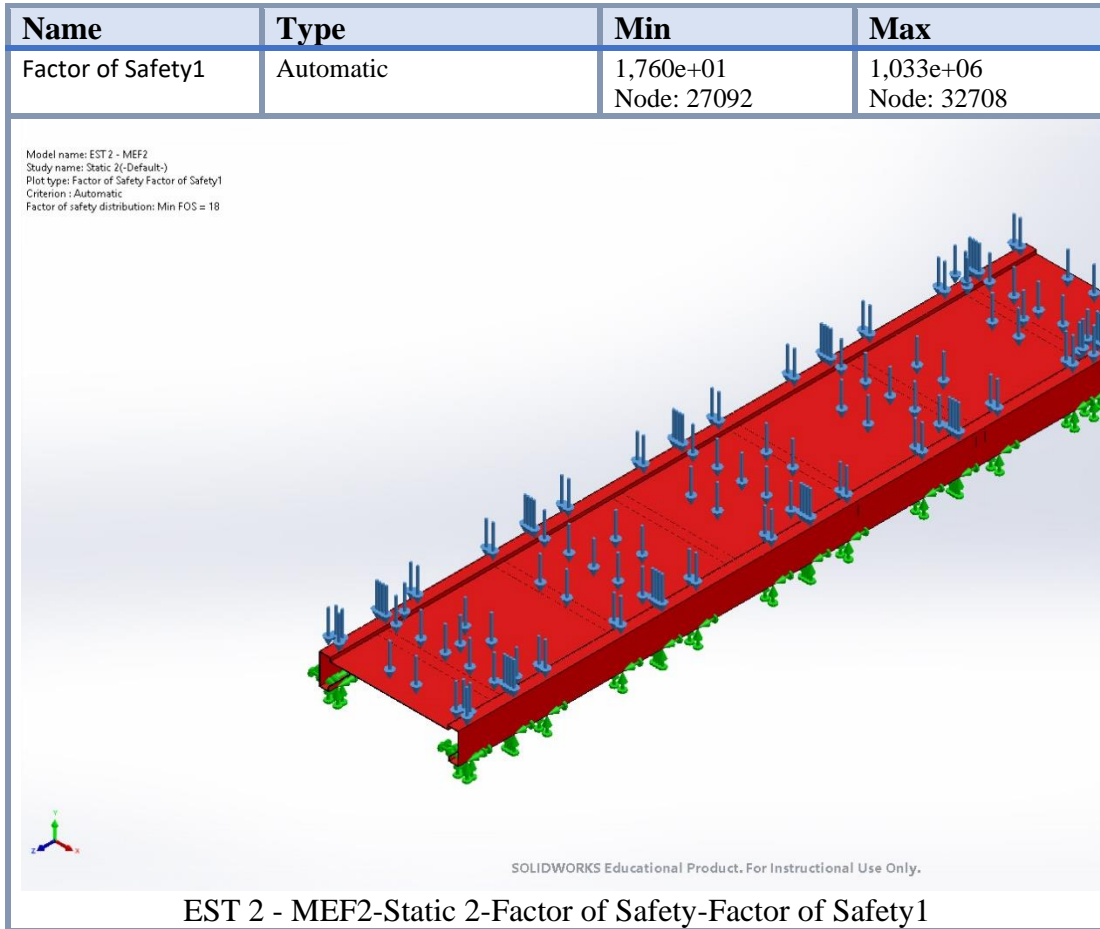


Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0,000mm Node: 3854	0,603mm Node: 1169



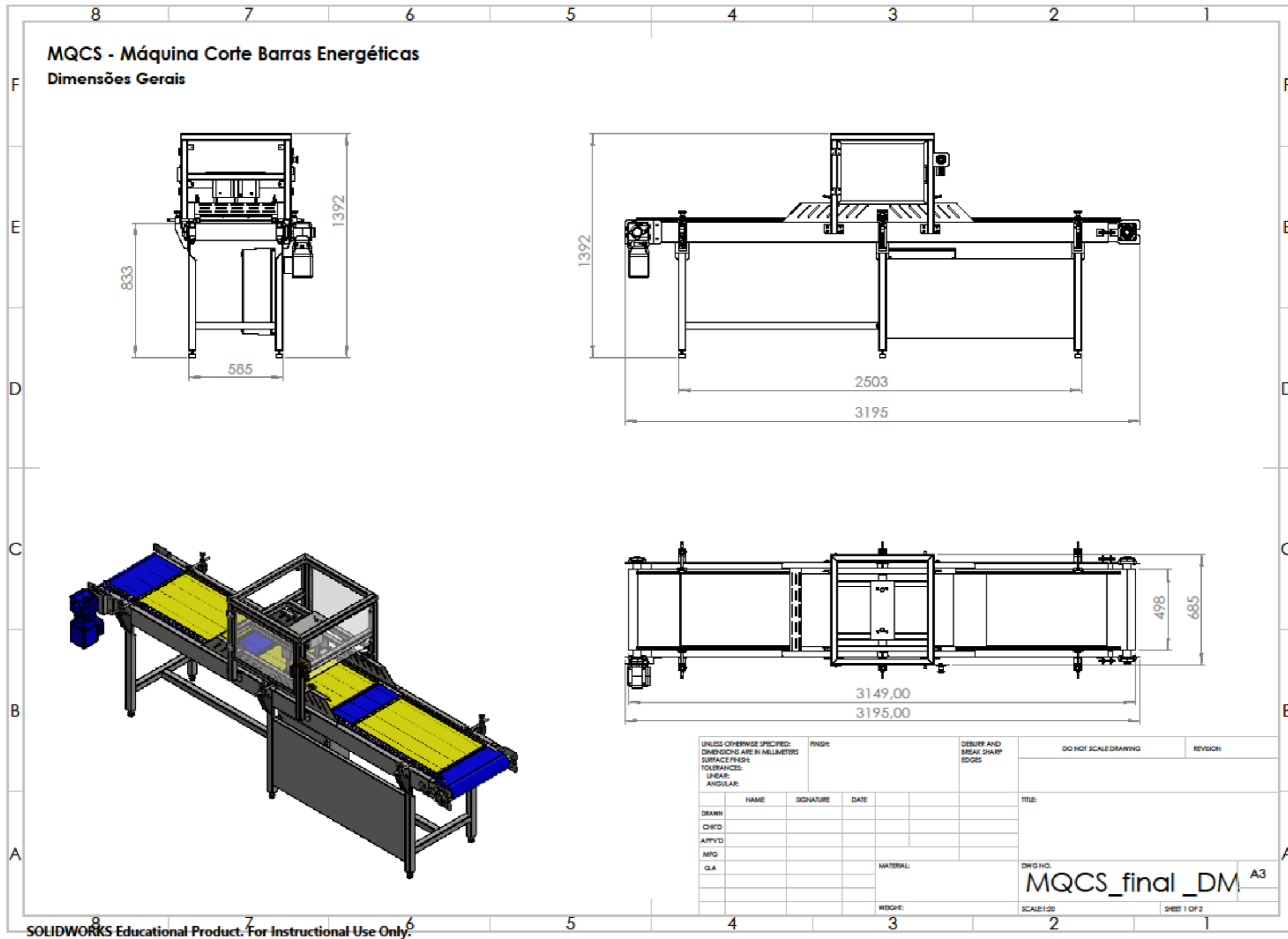
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	8,118e-10 Element: 13555	3,821e-05 Element: 10432

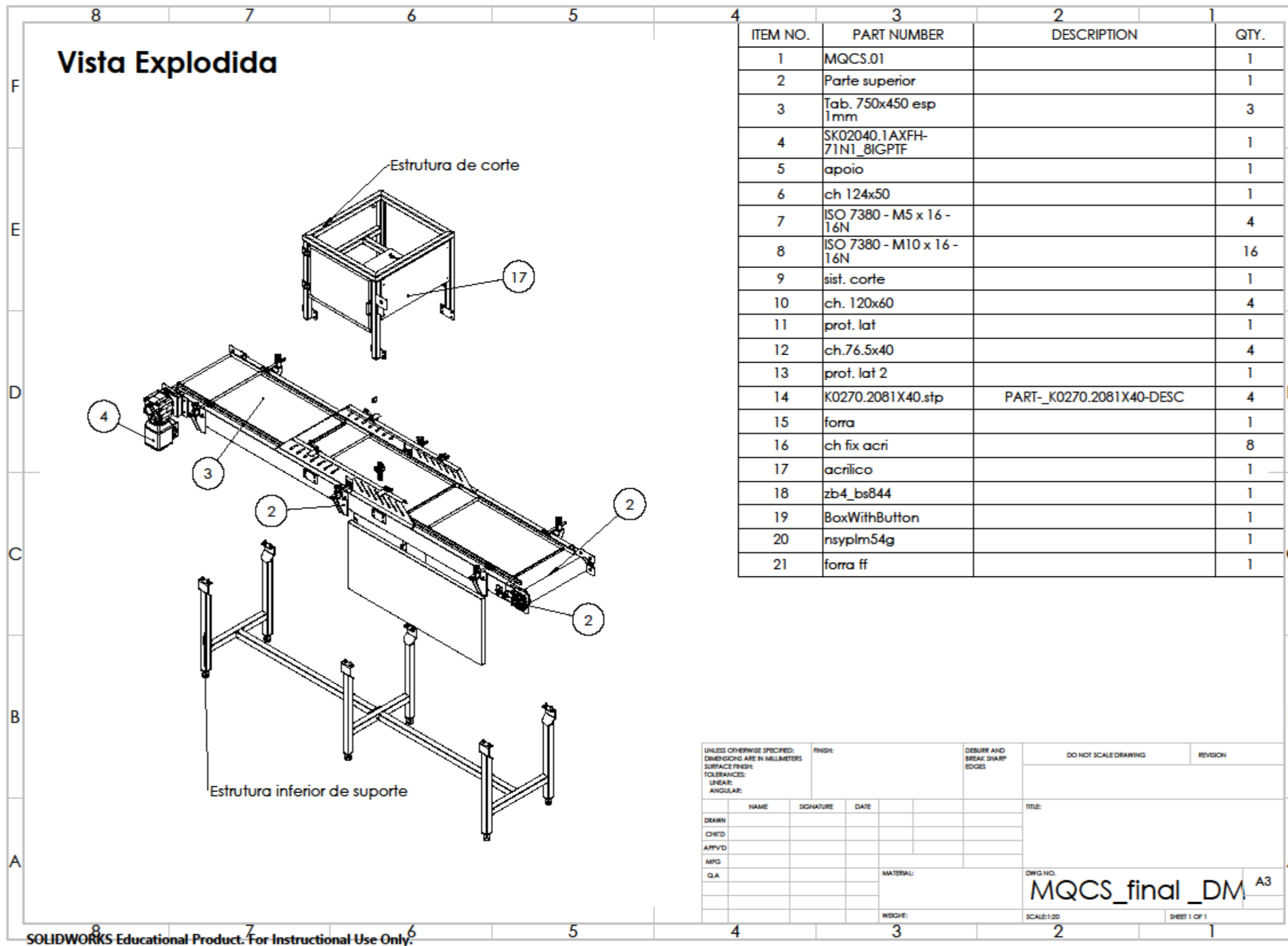




Conclusion

ANEXO III – Desenhos Técnicos





Estrutura Superior de Suporte

Tabela de corte Serrote Fita

MQS 002

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH	ANGLE1
1	4	40 x 40 x 2.6	600	45°
2	1	40 x 40 x 2.6	494.2	0°
3	1	40 x 40 x 2.6	1167.5	0°
4	1	40 x 40 x 2.6	494.2	0°

MQS 001

ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH	ANGLE1
1	2	40 x 40 x 2.6	600	45°
2	1	40 x 40 x 2.6	494.2	0°
3	1	40 x 40 x 2.6	1190	0°

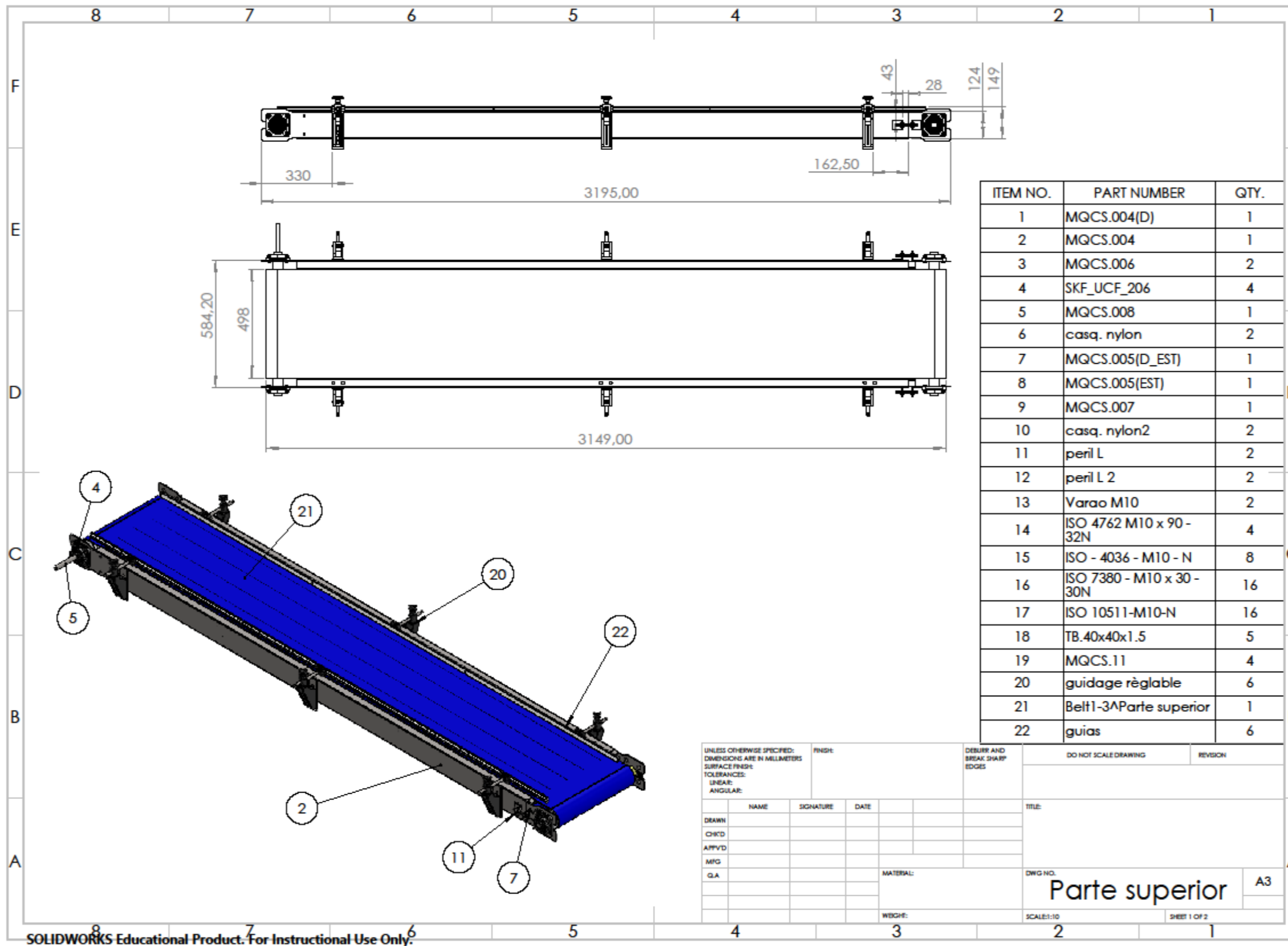
Corte Laser e Quiangem

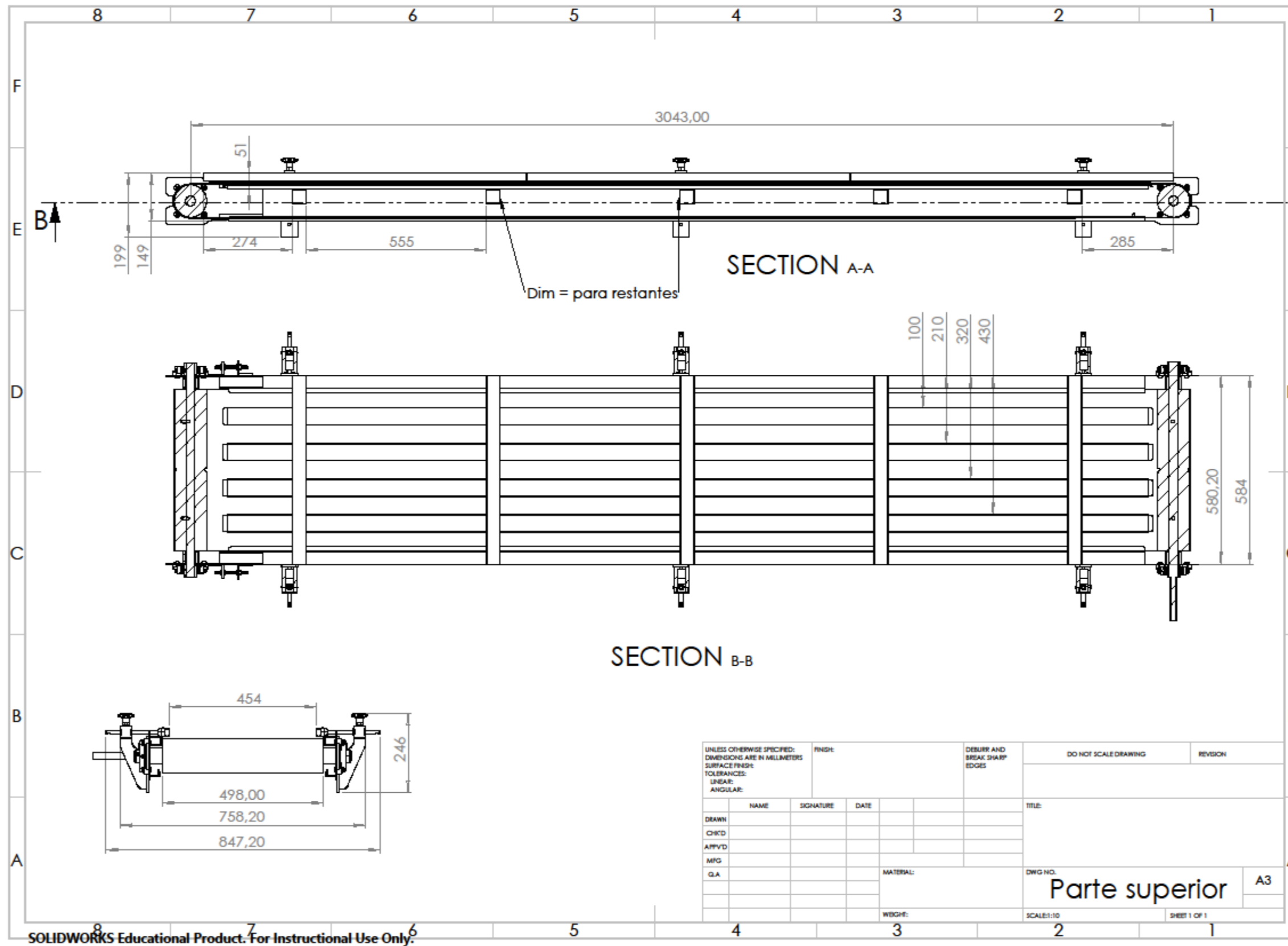
BILL OF MATERIALS

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	MQCS.001	Estrutura inferior 1	1
2	MQCS.002	Estrutura inferior 2	1
3	CH. 100x40x5	Chapa de inox 304	1
4	CH. 100x40x5(2)	Chapa de inox 304	1
5	MQCS.003	Chapas de suporte em inox	6
6	Pé anti vibração 40x40		6
7	ISO 7380 - M8 x 25 - 25N	Parafusaria	14

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
CHK'D				<div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">MQCS.01</div> <div style="font-size: 12px;">A3</div>	
APP'VD					
MPG					
Q.A					
				DWG NO.	SCALE:1:20
					SHEET 1 OF 1

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.





ANEXO IV – Ficha técnica do Motoredutor SK 02040

Item	Descrição	Código	Quantidade	Total
100	SK02040.1AXFH-71N1/8 TF IG61P8			
	Descrição do produto	.Motoredutor Sem-Fim		
	Motor series	Synchronmotor IE5+ HYG		
	Tipo do Motor	IE5+ PM synchron motor		
	Permanent Magnet Synchronous Motor - Use with VFD only			
	Rotação do Motor	2.100 1/min		
	Redução	72,00		
	Rotação de Saída	29,000 1/min		
	Fator de Serviço	1,10		
	Torque de saída M2 (Nm)	77,00		
	Potência do Motor (KW)	0,350		
	Tensão (V)	210-240		
	Frequência (Hz)	140		
	Classe de Rendimento	IE5		
	Modo de Operação	CONT-S1		
	Proteção do Motor	IP55		
	Classe de Isolação	B		
	Temperatura Ambiente do Motor	0...+ 40°C		
	Posição de Montagem do Redutor	M1		
	Tipo de Carcaça	Eixo Oco/Pés/Flange B5		
	Dimensões do Eixo de Saída	20H7		
	Diâmetro do Flange (mm)	120		
	Posição do Flange	Flange Lado A		
	Material do Flange	Alumínio		
	Tipo de Respiro	Válvula de Respiro		
	Proteção Eixo de Saída	Tampa de Proteção do Eixo		
	Posição da Tampa de Proteção	Tampa no lado B		
	Proteção Térmica do Motor	Termistor, 3x130°C		
	Tipo de Ventilador	Sem Vent./Sem Calota		
	Esquema de Ligação	Estrela		
	Posição da Caixa de Ligação	1/I		
	Encoder Incremental	IG KU 10-30V TTL 2048 P8		
	Tipo de Lubrificante	Óleo p/ ind. Alim. ISO VG 680		
	Fornecedor do Lubrificante	Klüber		
	Classificação do Óleo	CLP PG H1 680		
	Qtde. de Lubrificante (l)	0,120		
	Cor	RAL 7031 Cinza Escuro		
	Tipo de Pintura	Pintura Padrão		
200	530P-550-340-A			
	Type NORDAC PRO	SK 530P-550-340-A		
	Código do Inversor	275293305		
	Potência do Inversor (kW)	0,550		
	Potência do Inversor (HP)	0,750		
	Mains incoming voltage	3AC 380-480V, -20%/+10%, 47-63Hz		
	Output Current:	1,8A*) / FLA 1,6A		
	Overload capacity	150% for 60s / 200% for 3,5s		
	Frequência de Saída (HZ)	0 Hz ... 400 Hz		
	Proteção Inversor	IP20		
	Versão/ tipo NDP	Variador de Frequência		
		CE, UL, cUL, EAC		
		EMC de acordo com EN 61800-3		
		Interruptor de travagem		
		6DI 2DO 2AI/DI 1AO/DO		
		2x Relé		
		int. 24VDC		
		ext. 24VDC for parameterizatio		
		Diagnóstico via RS232/485 RJ12		
		Diagnóstico via USB-C		
		USS / Modbus RTU / CANopen		
		Slot para cartão MicroSD		
		Encoder-interface (HTL, TTL)		
	Control Unit	ControlBox SK TU5-CTR		
	Braking resistor selection	Footprint Braking Resistor		
	500P - Equipamento Opcional	EMV-KIT12 for motorcable		
		EMV KIT1 for I/O signals		
	Peso	aprox. 2,100 KG /PC		

ANEXO V – Fichas técnica da tela transportadora em PVC

Food Belts NAB-8EEWV 11

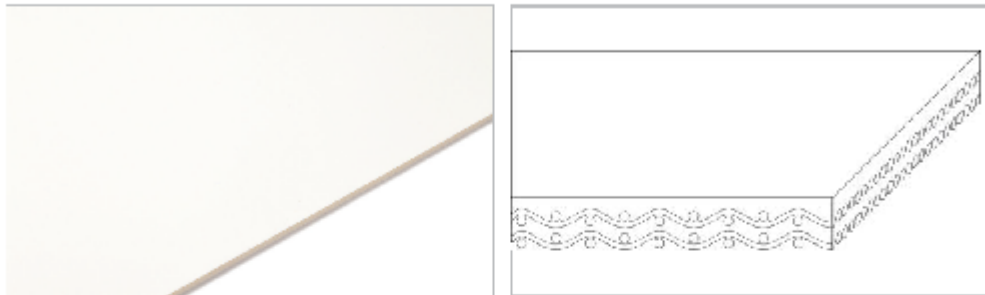


Main industry segments

Farming and harvesting, Fruit, Horticulture, Primary food packaging, Vegetables

Applications

Diverting belt, Food processing/conveying belt, Inspection/control belt, Sorting belt



Product Construction / Design	
Conveying side material	Polyvinylchloride (PVC)
Conveying side surface	Matt
Conveying side property	Medium-adhesive
Conveying side color	White
Traction layer (material)	Polyester (PET)
Number of Fabrics	2
Pulley side material	Polyester (PET)
Pulley side surface	Fabric
Pulley side property	Non-adhesive
Pulley side color	White

Product characteristics	
Antistatically equipped	Yes
Adhesive free joining method	Yes
Flammability	No specific flammability prevention property
Food suitability, FDA conformance	Yes - Check Document of Compliance (DoC) in our Portal
Food suitability, USDA recommendations	No use intended
Food suitability, EU conformance	Yes - Check Document of Compliance (DoC) in our Portal
Other conformance/approval	Japanese Food Regulation (MHLW Notification No. 370)

Product Data Sheet (Released) 25.10.2022

Food Belts NAB-8EEWV 11



Technical data		
Thickness of belt	2.0 mm	0.08 inch
Mass of belt (belt weight)	2.3 kg/m ²	0.477 lb/ft ²
Tensile force for 1% elongation (&1% static) per unit of width (Hebesit standard SOP3-164)	10 N/mm	57 lb/in
Tensile force for 1% elongation after relaxation (&1% relaxed) per unit of width (Hebesit Standard SOP3-185 / EN ISO 21181)	8.8 N/mm	37 lb/in
Min. operating temperature admissible (continuous)	-10 °C	14 °F
Max. operating temperature admissible (continuous)	70 °C	158 °F
Coefficient of friction (pulley side / steel driving pulley)	0.16 -	
Coefficient of friction (pulley side / driving pulley with friction cover)	0.36 -	
Coefficient of friction (pulley side / pickled steel slider bed)	0.26 -	
Coefficient of friction (pulley side / phenolic resin slider bed)	0.16 -	
Coefficient of friction (pulley side / stainless steel slider bed)	0.16 -	
Seamless manufacturing width	3000 mm	118.11 inch

Joining related properties

Joining method	
Flaproof 10 x 80	Master joining method for standard applications

Link to JDS:

Joining method		Flaproof 10 x 80
Pulley diameter (minimum)	mm	25
	inch	0.98
Pulley diameter minimum with counter friction	mm	30
	inch	1.18
Admissible tensile force per unit of width	N/mm	10
	lb/in	70#
Admissible tensile force per unit of width at max. operating temperature	N/mm	11
	lb/in	82
Slider bed suitable		Yes
Carrying rollers suitable		Yes
Troughed installation suitable		No
Powerturns / curved installations		No
Knife-edge (nosebar) suitable		No
Low noise applications		No
Metal detector suitable		Yes

All data are approximate values under standard climatic conditions: 23°C/73°F; 50% relative humidity (DIN 6006/ISO 654). Limited representative testing based on a standard configuration is carried out to estimate minimum pulley diameters. Please contact Hebesit for specific guidance regarding non-standard applications, including, but not exclusively, when profiles or cleats are used, or if the belt working temperature is close to the limits listed in this document.

Food Belts NAB-8EEWW 11



Chemical resistance

Link to 'Chemical resistance information': <https://rms.habesit.com>

Modes of use or conveyance

Horizontal, inclined

Calculations

For most applications calculation is not required. Should you still need a calculation: please ask Habesit.

Recommendation

Do not go below initial elongation (epsilon) – 0.3%

For details consult 'Storage and handling requirements for belts and machine tapes' or contact Habesit. Protect belts from sunlight/UV-radiation/dust and dirt. Store spare belts in a cool and dry place and if possible in their original packaging.

This product has not been tested according to ATEX standards (atmospheres with explosion risk - ATEX 95 regulation or EU directive 2014/34/EU) and therefore is subject to user's analysis in the respective environment

Group	PVC Belts
Sub-Group	General Purpose Belts
Item number	H10009113

Disclaimer

Product Application Disclaimer (valid for ALL Habesit products and reactions on all PDS)

This disclaimer is made by and on behalf of Habesit and its affiliated companies, divisions, subsidiaries, agents and contractors (hereinafter collectively "HABESIT") with respect to the products referred to herein (the "Products"). **SAFETY WARNINGS SHOULD BE READ CAREFULLY AND ANY RECOMMENDED SAFETY PRECAUTIONS BE FOLLOWED STRICTLY!** Please refer to the Safety Warnings herein, in the Habesit catalogue as well as installation and packing materials. All instructions / information as to the application, use and performance of the Products are recommendations provided with due diligence and care, but no representations or warranties of any kind are made as to their completeness, accuracy or suitability for a particular purpose. The data provided herein are based on laboratory application with small-scale test equipment, running at standard conditions, and do not necessarily match product performance in industrial use. New knowledge and experience may lead to re-assessments and modifications within a short period of time and without prior notice. **EXCEPT AS EXPLICITLY WARRANTED BY HABESIT WHICH WARRANTIES ARE EXCLUSIVE AND IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, THE PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS". HABESIT DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, NON-INFRINGEMENT OR ARISING FROM A COURSE OF DEALING, USAGE, OR TRADE PRACTICE, ALL OF WHICH ARE HEREBY EXCLUDED TO THE EXTENT ALLOWED BY APPLICABLE LAW, BECAUSE CONDITIONS OF USE IN INDUSTRIAL APPLICATION ARE OUTSIDE OF HABESIT'S CONTROL. HABESIT DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY CONCERNING THE SUITABILITY AND PROCESS ABILITY OF THE PRODUCTS, INCLUDING INDICATIONS ON PROCESS RESULTS AND OUTPUT.**

Compact Guide Cylinder Series MGP



Specifications

Action	Double acting	
Fluid	Air	
Proof pressure	1.5 MPa	
Maximum operating pressure	1.0 MPa	
Minimum operating pressure	ø12, ø16	0.12 MPa
	ø20 to ø100	0.1 MPa
Ambient and fluid temperature	-10 to 60°C (No freezing)	
Piston speed ^{Note)}	ø12 to ø63	50 to 500 mm/s
	ø80, ø100	50 to 400 mm/s
Cushion	Rubber bumper on both ends	
Lubrication	Non-lube	
Stroke length tolerance	+1.5 0 mm	

Note) Maximum speed with no load.
Make a model selection, considering a load according to the graph on page 8-19-11.

Standard Stroke

Bore size (mm)	Standard stroke (mm)
12, 16	10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250
20, 25	20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400
32 to 100	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400

Manufacture of Intermediate Stroke

Description	Spacer installation type Spacers are installed in the standard stroke cylinder. • ø12 to 32: Available by the 1 mm stroke interval. • ø40 to 100: Available by the 5 mm stroke interval.	Exclusive body (-XB10) Dealing with the stroke by making an exclusive body. • All bore sizes are available by the 1 mm interval.
Part no.	Refer to "How to Order" for the standard model numbers.	Suffix "-XB10" to the end of standard part number. ^{Note)}
Applicable stroke (mm)	ø12, ø16	1 to 249
	ø20, ø25, ø32	1 to 399
	ø40 to ø100	5 to 395
Example	Part no.: MGPM20-39 A spacer 1 mm in width is installed in a MGPM20-40. C dimension is 77 mm.	Part no.: MGPM20-39-XB10 Special body manufactured for 39 stroke. C dimension is 76 mm.

Note) For details, refer to "Made to Order Specifications".

Theoretical Output

Bore size (mm)	Rod size (mm)	Operating direction	Piston area (mm ²)	Operating pressure (MPa)									
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
12	6	OUT	113	23	34	45	57	68	79	90	102	113	
		IN	85	17	26	34	43	51	60	68	77	85	
16	8	OUT	201	40	60	80	101	121	141	161	181	201	
		IN	151	30	45	60	76	91	106	121	136	151	
20	10	OUT	314	63	94	126	157	188	220	251	283	314	
		IN	236	47	71	94	118	142	165	189	212	236	
25	12	OUT	491	98	147	196	246	295	344	393	442	491	
		IN	378	76	113	151	189	227	265	302	340	378	
32	16	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804	
		IN	603	121	181	241	302	362	422	482	543	603	
40	16	OUT	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257	
		IN	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056	
50	20	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963	
		IN	1649	330	495	660	825	990	1154	1319	1484	1649	
63	20	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2806	3117	
		IN	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803	
80	25	OUT	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027	
		IN	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536	
100	30	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854	
		IN	7147	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147	

Note) Theoretical output (N) = Pressure (MPa) x Piston area (mm²)

Made to Order Specification (For details, refer to page 8-31-1.)

Symbol	Specifications
-XA□	Change of rod end shape
-XB6	Heat resistant cylinder (150°C)
-XB10	Intermediate stroke (Using exclusive body)
-XB13	Low speed cylinder (5 to 50 mm/s)
-XC4	With heavy duty scraper
-XC6	Piston rod and rod end nut made of stainless steel
-XC8	Adjustable stroke cylinder/Adjustable extension type
-XC9	Adjustable stroke cylinder/Adjustable extension type
-XC22	Fluoro rubber seals
-XC35	With coil scraper
-XC59	With shock absorber
-XC79	Machining tapped hole, drilled hole and pin hole additionally.
-X967	Lateral piping type (Change of plug position)

Auto Switch Mounting Bracket Part No. for D-P5DW

Bore size (mm)	Mounting bracket part no.	Note
40, 50, 63, 80, 100	BMG1-040	Switch mounting bracket Hexagon socket head cap screw (M2.5 x 0.45 x 8) 2 pcs. Hexagon socket head cap screw (M3 x 0.5 x 16) 2 pcs. Spring washer (Nominal size 3)

MX□
MTS
MY□
CY□
MG□
CX□
D-
-X
20-
Data

ANEXO VIII – Ficha técnica da lâmina – AISI 420



AÇOS INOXIDÁVEIS AISI 420

DESCRIÇÃO DO MATERIAL

Aço inoxidável ao cromo. É indicado para peças mecânicas que exijam elevada resistência e estejam expostas ao ataque ou a influência de ácidos fracos ou de água salgada. O seu teor de carbono permite tratamento térmico. Evitar, se possível, a sua utilização em peças que tenham de ser soldadas. Em caso de soldadura, porém, é conveniente sujeitá-lo ao tratamento térmico indicado abaixo. Lustra facilmente, ficando com um polido muito brilhante.

PERFIS DISPONÍVEIS: Redondo, rectangular, sextavado

ESTADO DE FORNECIMENTO: Tratado

COR: Amarelo, vermelho

APLICAÇÕES

Veios de bombas e turbinas p/ água doce e salgada e para a ind. de ácido nítrico. Equip. diverso para as ind. de prod. alimentares. Válvulas para vapor. Moldes para plásticos e metais de baixo ponto de fusão. Prod. médico-mecânicos.

NORMAS

Werk N.	Euronorm EN	DIN	AISI	AFNOR	SS
1.4021	X 20 Cr 13	X 20 Cr 13	420	Z 20 C 13	2303

COMPOSIÇÃO QUÍMICA %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	N
0.16 - 0.25	≤ 1.00	≤ 1.50	≤ 0.030	≤ 0.040	12.0 - 14.0	-	-

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

Solução-Recozido à temperatura ambiente (amostras longitudinais)										
Dureza HB 30	Limite Elasticidade		Resistência à tração Mpa	Alongamento L ₅ =5 d ₀ ≥ %	Estricção Z ≥ %	Resiliência 0,2% J (prova DVM)				
	0,2% ≥ Mpa	1% ≥ Mpa								
≤ 230	-	-	760	-	-	-				
Estado solução-recozido a elevadas temperaturas										
0,2% Limite Elasticidade em Mpa										
100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	
460	445	430	415	395	365	330	-	-	-	-
Coeficiente de dilatação térmica entre 20 °C e °C (10-6 K-1)										
100	200	300	400	500	600	700	800			
10.5	11.0	11.5	12.0	12.0	-	-	-			

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Densidade (20 °C) g/cm ³	Calor Específico (20 °C) J/(g.K)	Condutividade Térmica (20 °C) W/(K.m)	Resistência Eléctrica (20 °C) .mm ² /m	Modulo de Elasticidade (20 °C) kN/mm ²	Magnético
7.7	0.46	30	0.60	215	Sim

TRATAMENTO TÉRMICO

Tratamento	°C	Método
Forjamento e Laminagem	1100 - 800	Arrefecimento em cinzas secas ou ar
Recozido macio	730 - 780	Durante 2 a 6 horas com arrefecimento no forno ou ar
Têmpera	980 - 1030	Arrefecimento ao ar ou óleo.
Revenido	750 - 600	Obtenção de uma dureza de 70 a 90 kg/mm ² HRC

FT 22

ANEXO IX – Fichas técnicas da chumaceira e dos sistemas de guiamento

Superfície de auto-alinhamento

Chumaceira quadrada

Serie **UCF/CS**
MUCVCS

Superfície de auto-alinhamento

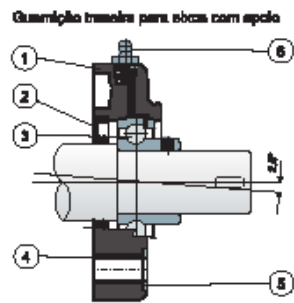
Chumaceira quadrada

Dados técnicos

Serie **UCF/CS**
MUCVCS

TAMPAS DE PROTEÇÃO

TIPO FECHADO TIPO ABERTO



- 1) Corpo exterior preto com superfície em poliamida reforçada com fibra de vidro.
- 2) Guarnição transmitora com estanqueidade de borracha NBR para eixos galvanizados.
- 3) Rolamento de aço ou cerâmico ou aço inox AISI 440C.
- 4) Equipador de rolamento de rolamento de aço inox AISI 304.
- 5) Anilha de apoio LM 8002 de aço inox AISI 304.
- 6) Lubrificante para a lubrificação em linha regulada.

As dimensões da superfície estão conformes com a norma ISO 2226
Essa máquina de alinhamento de eixos 2,5°
Para mais informações, entre em contacto com o nosso Escritório Técnico Comercial.

MATERIAS DE ACO INOX																				
R6	D	SHE	Cilindro										C	C2	C3	C4	C5	C6		
			Diámetro	H	A	S	E	H	X	U	T	M							M	
25	30	UCF304 CS	00050	43,5	50	18,5	10	8,5	33,5	44	48,5	45	48	02000	0000	10000	0000	0000	0000	0000
30	35	UCF304 CS	00070	70	80	18,5	10	8,5	33,5	44	48,5	45	48	02000	0000	10000	0000	0000	0000	0000
35	30	UCF304 CS	00070	40	113	18,5	10	8,5	41	54	58	50	50	02000	01000	17000	0000	0000	0000	0000
35	30	MUCF304 CS	00080	40	113	18,5	10	8,5	41	54	58	50	50	02000	01000	17000	0000	0000	0000	0000
40	35	UCF304 CS	00080	40	132	18,5	10	8,5	45	57	58	50	50	02000	02000	18000	0000	0000	0000	0000
40	35	MUCF304 CS	00090	40	132	18,5	10	8,5	45	57	58	50	50	02000	02000	18000	0000	0000	0000	0000
45	40	UCF304 CS	00090	100	133	18,5	10	8	48,5	65	68	70	65	02000	03000	19000	0000	0000	0000	0000
45	40	MUCF304 CS	00100	100	133	18,5	10	8	48,5	65	68	70	65	02000	03000	19000	0000	0000	0000	0000

MATERIAS DE ACO INOX																				
R6	D	SHE	Cilindro										C	C2	C3	C4	C5	C6		
			Diámetro	H	A	S	E	H	X	U	T	M							M	
35	30	UCF304 CS	00025	43,5	50	18,5	10	8,5	33,5	44	48,5	45	48	02000	0000	10000	0000	0000	0000	0000
30	35	UCF304 CS	00040	70	80	18,5	10	8,5	33,5	44	48,5	45	48	02000	0000	10000	0000	0000	0000	0000
35	30	UCF304 CS	00020	40	113	18,5	10	8,5	41	54	58	50	50	02000	01000	17000	0000	0000	0000	0000
40	35	UCF304 CS	00040	40	132	18,5	10	8,5	45	57	58	50	50	02000	02000	18000	0000	0000	0000	0000
45	40	UCF304 CS	00050	100	133	18,5	10	8	48,5	65	68	70	65	02000	03000	19000	0000	0000	0000	0000
45	40	MUCF304 CS	00060	100	133	18,5	10	8	48,5	65	68	70	65	02000	03000	19000	0000	0000	0000	0000

MATERIAS: Superfície de poliamida reforçada preta; rolamento de aço ou cerâmico lubrificante de linha regulada; casquilhos de rolamento e anilhas de aço inox AISI 304; guarnições de borracha NBR; tampas de proteção de aço inox AISI 304.
CARACTERÍSTICAS: Guarnição transmitora para eixos com apoio; tampa de proteção que pode ser puxada à parte, como vedação. O uso dos eixos com apoio permite uma maior capacidade de carga axial. Em relação ao alinhamento de eixos 2,5°.

EMBALAGEM: 5 peças.
SOB INDICACIONES: Embalagem com superfície de poliamida reforçada e anti-estática; tampa de proteção de diferentes cores a cores e marca personalizadas; rolamentos de aço inox AISI 440C.

Capo 585a

Componentes para transportadores

Suporte



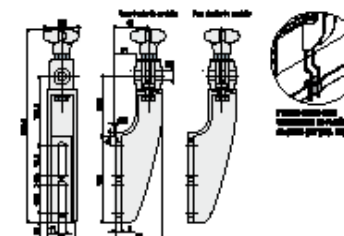
Ref. **213**



Ref. **488**

Componentes para transportadores

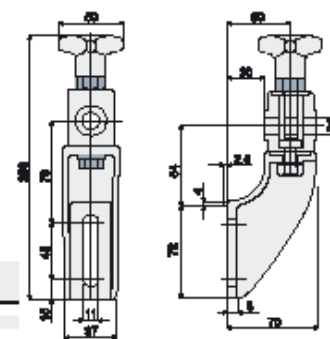
Suporte
(com cabeça orientável)



Ø1 Deslocação horizontal [mm]	Condições de corte		Sem chapa de proteção	
	Coloço	Coloço	Coloço	Coloço
12	496 / 68268	496 / 68268	496 / 68268	496 / 68268
14	496 / 68268	496 / 68268	496 / 68268	496 / 68268
18	496 / 68268	496 / 68268	496 / 68268	496 / 68268

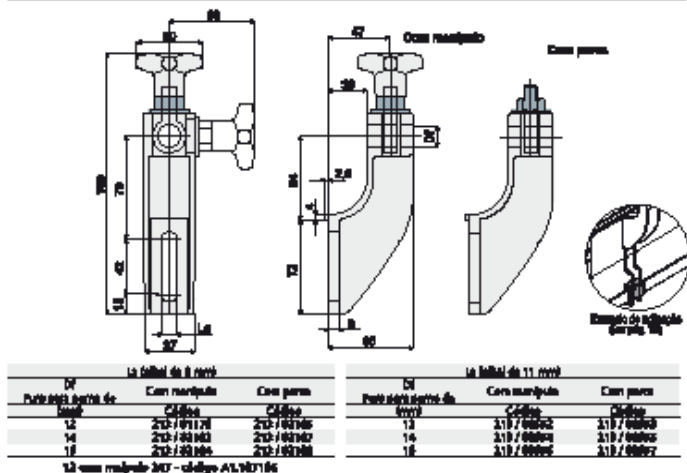
MATERIAIS: Suporte de poliamida reforçada preto; Injeção homogênea de latão niquelado; Chaveta de aço, parca e anilhas em aço AISI 304.
CARACTERÍSTICAS: Tamanho máximo de aperto 4 Kg em.
EMBALAGEM: 24 peças.
SUB INDICACION:
• Suportes de poliamida reforçada, de várias cores.

Ref. **214**



Ø1 Deslocação horizontal [mm]	Coloço	
	Coloço	Coloço
12	314 / 68268	314 / 68268
14	314 / 68268	314 / 68268
18	314 / 68268	314 / 68268

MATERIAIS: Suporte de poliamida reforçada preto; Injeção homogênea de latão niquelado; Chaveta de aço, parca e anilhas em aço AISI 304.
CARACTERÍSTICAS: Tamanho máximo de aperto 4 Kg em.
EMBALAGEM: 24 peças.
SUB INDICACION:
• Suportes de poliamida reforçada, de várias cores.



La cabeça de 8 mm			La cabeça de 11 mm			
Ø1 Deslocação horizontal [mm]	Com manípulo		Com manípulo		Com parca	
	Coloço	Coloço	Coloço	Coloço	Coloço	Coloço
12	212 / 681178	212 / 681146	212 / 680942	212 / 680942	212 / 680942	212 / 680942
14	212 / 681142	212 / 681142	212 / 680942	212 / 680942	212 / 680942	212 / 680942
18	212 / 681146	212 / 681146	212 / 680942	212 / 680942	212 / 680942	212 / 680942

12 mm manípulo 207 - código A11207186

MATERIAIS: Suporte de poliamida reforçada preto; Injeção homogênea de latão niquelado; Chaveta de aço, parca e anilhas em aço AISI 304.
CARACTERÍSTICAS: Tamanho máximo de aperto 4 Kg em.
EMBALAGEM: 24 peças.

Componentes para transportadores

Fixador porta-guia
(para guia retangular)



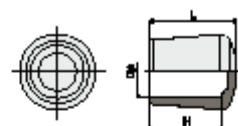
Ref. **204**



Ref. **398**

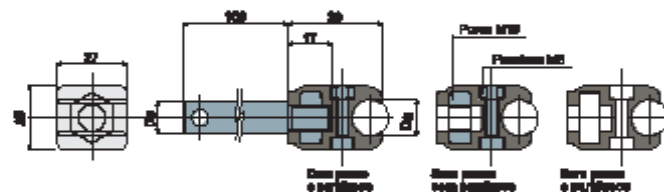
Componentes para transportadores

Topo para varão



Dg (mm)	H (mm)	L (mm)	Código	
12	17	21	204 / 00009	Laranja
12	17	31	204 / 00010	Preto
14	18	23	204 / 00011	Preto
14	20	25	204 / 00012	Preto

MATERIAIS: Borracha termoplástica
EMBALAGEM: 24 peças.



Dg Diâmetro paraf. (mm)	Dg Diâmetro guia (mm)	Cabo reto e arredondado		Dg Diâmetro guia (mm)	Cabo reto com ranhuras		
		Código	Código		Código	Código	
12	10	204 / 00009	0	10	204 / 00011		
	12	204 / 00010			12	204 / 00012	
	14	204 / 00011			14	204 / 00013	
	16	204 / 00012			16	204 / 00014	
14	10	204 / 00013		10	204 / 00015		
	12	204 / 00014			12	204 / 00016	
	14	204 / 00015			14	204 / 00017	
	16	204 / 00016			16	204 / 00018	
16	10	204 / 00017		10	204 / 00019		
	12	204 / 00018			12	204 / 00020	
	14	204 / 00019			14	204 / 00021	
	16	204 / 00020			16	204 / 00022	

Outro complemento de paraf. ver página 71.

MATERIAIS: Fixador de poliamida reforçada preto; paraf. paraf. e parafusos em aço Inox AISI 304.

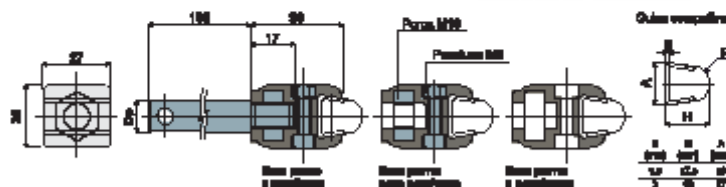
CARACTERÍSTICAS: Ferramenta completa com paraf. de sustentação, sem paraf. e sem parafusos.

EMBALAGEM: 6 peças.

SOL. ENCOMENDA:

- Ferramenta: De poliamida reforçada, de várias cores.
- Embalagem: Sem parafusos.

Ref. 205 **Fixador porta-guia**
(para guia trapezoidal)



Dg Diâmetro paraf. (mm)	Cabo reto e arredondado		Cabo reto com ranhuras		Cabo reto e arredondado	
	Código	Código	Código	Código	Código	Código
12	205 / 00009		205 / 00017		205 / 00009	
14	205 / 00010		205 / 00018		205 / 00010	
16	205 / 00011		205 / 00019		205 / 00011	


Outro complemento de paraf. ver página 71.

MATERIAIS: Fixador de poliamida reforçada preto; paraf. paraf. e parafusos em aço Inox AISI 304.

CARACTERÍSTICAS: Ferramenta completa com paraf. de sustentação, sem paraf. e sem parafusos. A peça paraf. e o uso da guia com espessura 1,5 e 2 mm.

EMBALAGEM: 24 peças.

ANEXO X – Certificados do aço inox AISI 304 (Dados do fornecedor)

JSLA JINDAL STEEL ABRANTES		 FULL TEST CERTIFICATE UNDER EURO CERTIFICATION In Accordance with EN 10204 (2004) Type 3.1		Jindal Stainless (India) Limited Cold Rolling Division										
Customer: JSE Global Chemicals Ltd City: Bangalore Order No: 2323-VP Sales Order No: 15011548 Manufacturing Order No: 240037501		Order Date: 05.08.2022 SO Date: 04.08.2022 DATE: 24.02.2023		Material Grade: 304L Order No: 2323-VP Date: 05.08.2022										
Product Description: 304L Cold Rolled Sheet of 2260mm Material Specifications: EN 10204-2004 Type 3.1 Reference: EN 10204-2004 Type 3.1		Dimensions: 2260x1250mm Thickness: 2.50mm		Heat Treatment: Annealed Surface Finish: 2B										
DIMENSIONAL TOLERANCES														
SR	DATCH NO	MRC PART NO	PREPARI NO	WEIGHT (KG)	NO OF PCS	HEAT NO	GRADE	THK (MM)	WIDTH (mm)	LENGTH (mm)	FINISH	QTY	QUALITY	
0	2323-VP	304L		1.50	59	2323-VP	304L	2.50	1250	2260	2B	59	304L	
1	2323-VP	304L		1.50	42	2323-VP	304L	2.50	1250	2260	2B	42	304L	
12	2323-VP	304L		1.50	62	2323-VP	304L	2.50	1250	2260	2B	62	304L	
CHEMICAL ANALYSIS (AVERAGE)														
SR	HEAT NO	GRADE	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Ni%	Cu%	Mo%	Cb%	Nb%	Al%
0	2323-VP	304L	0.022	0.035	0.030	0.010	0.005	18.00	10.00	0.05	0.005	0.005	0.005	0.005
1	2323-VP	304L	0.022	0.035	0.030	0.010	0.005	18.00	10.00	0.05	0.005	0.005	0.005	0.005
11	2323-VP	304L	0.022	0.035	0.030	0.010	0.005	18.00	10.00	0.05	0.005	0.005	0.005	0.005
12	2323-VP	304L	0.022	0.035	0.030	0.010	0.005	18.00	10.00	0.05	0.005	0.005	0.005	0.005
MECHANICAL PROPERTIES AND DEFORMATION - TRANSVERSE														
SR	HEAT NO	THK (mm)	Yield (MPa)	Tensile (MPa)	Elongation (%)	Reduction of Area (%)	Welding (MPa)	Hardness (HV)	Hardness (HR)	Hardness (HRC)	Hardness (HRA)	Hardness (HB)	Hardness (HRC)	
0	2323-VP	2.50	110	550	55	70	550	150	150	150	150	150	150	
11	2323-VP	2.50	110	550	55	70	550	150	150	150	150	150	150	
12	2323-VP	2.50	110	550	55	70	550	150	150	150	150	150	150	
Ferrus Centro Empresarial do Camporés Fase Norte 1, Lote Nº C1 Chão de Coque 3240-509 Ansilão														
CE Centro Empresarial do Camporés Fase Norte 1, Lote Nº C1 Chão de Coque 3240-509 Ansilão														

Seriale Certificado 0000030003000047722

FILE R:\00017\000300000000047722_ART_KOL_13NA0150000996.TIF

158

ACERINOX EUROPA		INSPECTION CERTIFICATE		CERTIFICADO DE INSPECCION																	
<p>Customer: ESPI Order No: SO 91072 Date: 30 DEC 2020</p>		<p>Our Order No: SO 91072 Your Order No: BO 130 34 DEC 21/04/20</p>		<p>Certificate No: F0 2020 16363 30002</p>																	
<p>Requirements: EN 10204</p>		<p>Inspection: EN 10204</p>		<p>Grade: A304</p>																	
<p>Dimensions: 1548 00</p>		<p>Quantity: 7</p>		<p>Test No: 0428mp</p>																	
<p>CHEMICAL ANALYSIS / COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>HEAT No</th> <th>C</th> <th>Mn</th> <th>P</th> <th>S</th> <th>Si</th> <th>Ni</th> <th>Cr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20h4</td> <td>0,319</td> <td>17,146</td> <td>1,816</td> <td>0,078</td> <td>0,065</td> <td>0,011</td> <td>0,268</td> </tr> </tbody> </table>						HEAT No	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	20h4	0,319	17,146	1,816	0,078	0,065	0,011	0,268
HEAT No	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr														
20h4	0,319	17,146	1,816	0,078	0,065	0,011	0,268														
<p>MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>TEST No</th> <th>Yield</th> <th>Tensile</th> <th>Elongation</th> <th>Reduction of Area</th> <th>Impact</th> <th>Hardness</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0428mp</td> <td>315</td> <td>520</td> <td>30</td> <td>45</td> <td>80</td> <td>170</td> </tr> </tbody> </table>						TEST No	Yield	Tensile	Elongation	Reduction of Area	Impact	Hardness	0428mp	315	520	30	45	80	170		
TEST No	Yield	Tensile	Elongation	Reduction of Area	Impact	Hardness															
0428mp	315	520	30	45	80	170															
<p>REMARKS / OBSERVACIONES</p> <p>Spectrochemical identity test OK. Heat treatment: 1030-1100°C. Looking with etch. Issued in agreement with TDV 2001 Institute Quality Control (2001-1980). The delivery is in accordance with the order. Temperature of inspection: 100°C/100 °C.</p>			<p>SURFACE AND DIMENSIONAL CONTROL</p> <p>100% CONTROLLED</p> <p>SATISFACTORY</p> <p>WORK REPORT</p> <p><i>A. Heredia</i> A. Heredia</p>																		

This to declare that the material is described in here as been cut to:
 Partic: CES.304L F-1 30,000x10 000 Length: 6050,001
 and remitted with steelgrade, heat n°, work report's stamp Cr.



ANEXO XI – Representação esquemática de uma máquina

