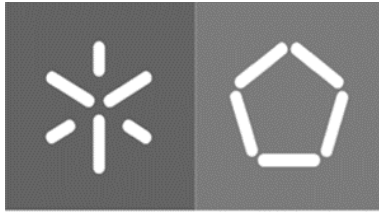




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Igor Alexandre Fernandes Rebelo
Couto

**Projeto Mecânico de um Equipamento
para Caracterização do Desempenho
de Tesouras Agrícolas**



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Igor Alexandre Fernandes Rebelo Couto

**Projeto Mecânico de um Equipamento
para Caracterização do Desempenho de
Tesouras Agrícolas**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica
Especialização em Tecnologias da Manufatura

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Luís Carvalho Martins Alves

janeiro 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração. Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

AGRADECIMENTOS

A realização deste projeto não teria sido possível sem o contributo de diversos elementos. Neste primeiro capítulo são destacados os principais elementos indispensáveis para a realização desta dissertação.

Em primeiro lugar agradecer ao Professor Doutor José Luís de Carvalho Martins Alves pelo acompanhamento e tutoria de todo o projeto, por todas as reuniões fora de horas, pela acessibilidade e prontidão que demonstrou ao longo desta caminhada. Sem o seu acompanhamento e tutoria a realização deste projeto seria muito mais complicada. Para além do docente teve um papel fundamental a entidade Serafim Fertuzinhos S.A. e todos os seus colaboradores. O contacto facilitado pela empresa, a abertura para esclarecimentos e a constante colaboração agilizou todo o processo de desenvolvimento deste equipamento.

Agradecer ao meu colega Pedro Morado pelo esforço, empenho e parceria no projeto deste equipamento. A realização deste projeto tem duas vertentes fundamentais, o projeto mecânico e o projeto mecatrónico, sem uma cumplicidade e cooperação de ambas as partes não seria possível uma conclusão favorável.

Agradecer à minha família pelo esforço e confiança empregue, não só nesta dissertação, mas ao longo destes 5 anos. Especial destaque para os meus pais e para a minha irmã pois sem uma base consolidada não se constroem bons projetos. Destaque ainda para os meus avós por fornecerem tudo o que eu necessitei.

Por fim, merecem especial destaque todos aqueles que ao longo destes 5 anos tornaram a minha caminhada no curso de engenharia mecânica o mais agradável possível. De entre os quais quero destacar o papel fundamental do “Prédio do Vasco” não só no que concerne à vertente académica, mas também à vertente recreativa, indispensável para a conclusão da dissertação e do curso de Engenharia Mecânica.

RESUMO

Nas últimas décadas tem-se assistido a uma vigorosa evolução ao nível de quase todas as áreas industriais, com crescentes exigências de qualidade da parte de todos os *players*, desde fabricantes a consumidores. Impõe-se, assim, uma crescente otimização e automatização dos processos, com vista a assegurar menores custos, maior qualidade e fiabilidade. O setor das tesouras agrícolas não é disto exceção.

A empresa Serafim Fertuzinhos S.A., fabricante mundial de tesouras agrícolas e com presença em todos os continentes, deparou-se com a necessidade de certificar os seus produtos, nomeadamente no que se refere à performance do corte ao longo do tempo de vida das tesouras agrícolas. É, assim, necessário desenvolver um procedimento e equipamento que permita, de forma automática, repetível e fiável, testar as tesouras agrícolas, capaz de permitir caracterizar e certificar a performance de corte das tesouras, em particular no que se refere à evolução da força de corte com o número de cortes realizados. A gama de tesouras é diversa, pelo que se requer que um mesmo equipamento seja versátil o suficiente para testar toda a gama de tesouras de “uma mão”.

O processo de desenvolvimento do equipamento inicia-se com uma contextualização e enquadramento do tema. São analisados quer o conjunto de tesouras fornecidas pela empresa, quer os equipamentos similares existentes no mercado, resultando daqui a definição de um conceito que orientará o projeto.

O equipamento desenvolvido pode dividir-se em dois sistemas principais: um sistema responsável pelo acionamento das tesouras e conseqüente corte; e um segundo responsável pelo armazenamento e fornecimento dos varões de madeira a cortar. O sistema de corte tem por base o mecanismo do limador, em que uma came rotativa transmite o seu movimento a uma haste vertical guiada por uma corrediça, responsável pela ação da tesoura. O sistema de alimentação é o responsável pelo funcionamento autónomo e contínuo do equipamento, permitindo um ajuste fácil da distância entre cortes.

Por fim, referir que o equipamento idealizado se encontra totalmente definido ao longo do presente documento, no qual se apresentam o desenvolvimento conceptual e projeto detalhado.

Palavras-Chave: Força de corte; Equipamentos para teste; Projeto mecânico; Tesouras agrícolas.

ABSTRACT

In the last decades, there has been a vigorous evolution in almost all industrial areas, with the increasing quality demands on all players, from manufacturers to consumers. Therefore, increasing optimisation and automation of processes is required, to ensure lower costs, higher quality and reliability. The agricultural scissors sector is no exception.

The company Serafim Fertuzinhos S.A., a global manufacturer of purning shears with a presence on all continents, faced the need to certify its products, namely concerning the cutting performance over the life of purning shears. It is, therefore, necessary to develop a procedure and equipment that allows, in an automatic, repeatable and reliable way, to test purning shears. It is, consequently, necessary to proceed with the conception and design of equipment capable of characterising and certifying the cutting performance of the scissors, particularly concerning the evolution of the cutting force with the number of cuts made. The range of scissors varies, so the same equipment is required to be versatile enough to test the entire range of “one hand” scissors.

The equipment development process begins with contextualising and framing the theme. Both the set of scissors supplied by the company and similar equipment on the market are analysed, resulting in the definition of a concept that will determine the design of the equipment for testing one-handed agricultural scissors.

The developed equipment can be divided into two main systems: a system responsible for activating the purning shears and consequent cutting; and a second behind the storage and supply of the branches of trees to be cut. The cutting system is based on the filing mechanism, in which a rotating cam transmits its movement to a guided vertical rod, through a slide, responsible for opening and closing the scissors. The supply system is primarily responsible for the autonomous and continuous operation of the equipment, allowing na easy ajustement of the cutting distance.

The conceived equipment is fully defined and projected throughout this document, which presents the conceptual development and the detailed project.

KEYWORDS: Purning shears; Mechanical project, Cutting performance; Testing equipment.

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo.....	iii
Abstract	iv
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Siglas.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1 Contextualização e Enquadramento	1
1.2 Motivação e Contribuição do Trabalho	2
1.3 Objetivos.....	3
1.4 Guia de Leitura	3
2. Tesouras Agrícolas – Estado da Arte.....	5
2.1 Tesouras Agrícolas CARPA	5
2.1.1 Tesouras de Podar	5
2.1.2 Tesouras de Vindima e Colheita.....	11
2.1.3 Tesouras de Duas Mãos	14
2.2 Processo de Certificação das Tesouras Agrícolas	17
2.3 Máquinas para Efetuar Ciclos Repetitivos.....	18
2.3.1 <i>CATRA - Scissors Cutting Performance Test Machine</i>	19
2.3.2 Máquinas de Testes Dinâmicos e de Fadiga	21
2.4 Dados Relativos à Força de Preensão da Mão	23
2.5 Materiais a Cortar Pelas Tesouras Agrícolas em Fase de Teste	28
3. Anteprojeto – Primeira Versão	31
3.1 Análise do Problema.....	31
3.2 Análise do Lote de Tesouras.....	32
3.3 Desenvolvimento Conceptual.....	36
4. Anteprojeto Detalhado	49
4.1 Equipamento para Análise da Performance de Tesouras Agrícolas	49

4.1.1	Estrutura Mecânica do Equipamento Projetado	49
4.1.2	Sistemas de Atuação e Controlo do Sistema Projetado.....	50
4.2	Estrutura do Equipamento	54
4.2.1	Componentes	55
4.2.2	Sistema de Orientação de Sobras provenientes do Corte	57
4.3	Sistema de Corte.....	60
4.3.1	Componentes Sistema de Acionamento.....	61
4.3.2	Componentes Mesa de Fixação	63
4.3.3	Dimensionamento da Estrutura Base	65
4.3.4	Dimensionamento da Haste de Atuação Vertical	68
4.3.5	Dimensionamento da Came Acionadora	70
4.4	Sistema de Alimentação	74
4.4.1	Componentes do Sistema de Armazenamento e Doseamento.....	75
4.4.2	Dimensionamento do Doseador	79
4.4.4	Came de Fornecimento de Varões.....	84
4.4.5	Dimensionamento do Rolo Centrador	85
4.4.6	Assemblagem do Sistema de Alimentação à Estrutura do Equipamento	86
5.	Conclusões e Trabalhos Futuros	87
	Bibliografia	90
	Anexo I – Desenhos Técnicos para Fabrico e Montagem	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logótipo das marcas Carpa Tools e Batil, da empresa Serafim Fertuzinhos S.A.	1
Figura 2 - Tesouras de podar forjadas da marca CARPA onde se podem observar os tipos de acabamento, da esquerda para a direita: pintada, plastificada e polida, (CARPA, 2019).	6
Figura 3 - Tesouras de podar da marca CARPA com cabo em alumínio e lamina em aço com 210 e 220 mm de comprimento, respetivamente, (CARPA, 2019).....	7
Figura 4 - Tesouras de podar da marca CARPA com cabo polimérico, estampada e forjada, respetivamente, (CARPA, 2019).....	8
Figura 5 - Tesouras de podar da marca CARPA com cabo polimérico e lâmina cortada a laser, respetivamente, 200 e 210 mm, (CARPA, 2019).....	9
Figura 6 - Tesouras de podar com cabo em chapa, respetivamente 19 e 23 cm, (CARPA, 2019).....	9
Figura 7 - Tesouras de podar da marca CARPA com batente e com podão, respetivamente, (CARPA, 2019).	10
Figura 8 - Tesouras de colheita da marca CARPA forjadas de lâmina serrilhada e curva, respetivamente. Nesta figura podem ainda observar-se o tipo de revestimento das pegas, (CARPA, 2019).	11
Figura 9 - Tesoura de colheita com cabo polimérico, (CARPA, 2019).....	12
Figura 10 - Tesouras de colheita da marca CARPA com cabo bimaterial, de laminas curvas, retas lisas e laminas retas serrilhadas, (CARPA, 2019).	13
Figura 11 - Tesouras de colheita de chapa da marca CARPA, de lâmina curva e de lâmina reta, respetivamente, (CARPA, 2019).....	13
Figura 12 – Tesouras de colheita de alho forjada com lamina curva, forjada com lâmina reta, e com pega polimérica, respetivamente, (CARPA, 2019).	14
Figura 13 - Tesourão de floresta da marca CARPA com 680 mm de comprimento, (CARPA, 2019).....	15
Figura 14 - Tesourões de poda com pega em alumínio da marca CARPA, onde à direita se apresentam as tesouras com desmultiplicador de força e batente em alumínio forjado, (CARPA, 2019).	16

Figura 15 - Tesourão telescópico da marca CARPA, com 950 mm, de comprimento, (CARPA, 2019).....	16
Figura 16 – CATRA, Scissors Cutting Performance Test Machine, em funcionamento durante um teste de uma tesoura para corte de papel, (<i>Scissors Cutting Performance Test – CATRA – Cutlery Allied Trades Research Association</i> , 2018).	21
Figura 17 – Esquemática do mecanismo de acionamento normalmente presente no limador mecânico, (Flores & Claro, 2007).....	23
Figura 18 – Dinamômetro de mão analógico JAMAR, (Maria Teresa Tomás. & Fernandes, 2012).....	24
Figura 19 - Representação esquemática de uma tesoura, onde se caracterizam as medidas mais relevantes para este projeto, em que a é a distância entre a lamina e o centro de rotação, b é a distância entre o centro de rotação e o final do cabo e por fim c é a amplitude da tesoura, (123RF, 2020).	33
Figura 20 - Representação esquemática, em Inventor, do funcionamento do sistema de acionamento mecânico idealizado em três fases do acionamento.....	38
Figura 21 – Haste vertical com capacidade de se ajustar às diferentes geometrias das tesouras, onde se destaca uma DIN 508, porca em T para rasgos metálicos.....	39
Figura 22 – Sistema de corte idealizado para o equipamento de simulação da performance de tesouras agrícolas em que se destacam a came acionadora (1), a haste acionadora vertical (2), a barra de transmissão (3), a mesa de fixação da tesoura (4), os varões roscados (5) e as células de carga (6).....	40
Figura 23 – Sistema de doseamento de varões de madeira, integrado no sistema de alimentação, modelado em <i>SolidWorks</i> , onde se demonstra o seu funcionamento.....	42
Figura 24 – Sistema de doseamento de varões de madeira, integrado no sistema de alimentação, modelado em <i>SolidWorks</i>	43
Figura 25 – Equipamento projetado para a análise da performance de tesouras agrícolas. ..	44
Figura 26 – Equipamento da marca <i>Beethefirst</i> utilizado para a impressão do protótipo do conceito desenvolvido, (Beethefirst, 2020).	45
Figura 27 – Protótipo, impresso em PLA, do sistema de acionamento à esquerda e do sistema de alimentação à direita.	46
Figura 28 – Protótipo, impresso em PLA, do equipamento completo.....	46

Figura 29 – Equipamento projetado, onde se identificam os principais elementos, (1) sistema de acionamento, (2) mesa e medição de carga, (3) depósito de varões e (4) sistema de alimentação, modelado em <i>Inventor 2020</i>	50
Figura 30 – Equipamento projetado, onde se identificam os principais elementos eletrônicos responsáveis pelo acionamento e controlo do equipamento, modelado em <i>Inventor 2020</i>	51
Figura 31 - Exemplo da utilização de porcas flangeadas em perfil de alumínio extrudido, (Kipp, 2020).	54
Figura 32 – Base projetada para fixação dos módulos de acionamento e alimentação do equipamento de teste.	55
Figura 33 – Esquema de montagem do perfil, onde se apresentam as cotas de posicionamento, em mm, bem como a identificação dos componentes, o sistema de direcionamento das aparas encontra-se ao centro.	57
Figura 34 – Destaque do sistema de direcionamento de aparas resultantes dos ensaios, destaque para a distancia a que o sistema de direcionamento de aparas se encontra da lateral da barra, 170 mm.	58
Figura 35 – Esquema de quinagem, para as duas peças que perfazem o conjunto de escoamento, à esquerda o caleiro e à direita o suporte, as medidas apresentadas são em mm.	59
Figura 36 – Esquema de soldadura do sistema de escoamento de material projetado, as medidas encontram-se em mm.	59
Figura 37 – Representação do sistema de corte projetado, à esquerda o sistema de acionamento e à direita a mesa de fixação das tesouras.	60
Figura 38 – Esquema de montagem do sistema de acionamento onde se identificam os componentes. No destaque B a ligação entre a corrediça e a haste vertical, e no destaque A a ligação entre o veio a corrediça e o rolamento.	63
Figura 39 – Esquema de montagem da estrutura da mesa onde se identificam os componentes. No destaque B a fixação das chapas, e no destaque A fixação da mesa, que se repete por baixo da mesa.	65
Figura 40 – Parâmetros definidos para a simulação, onde a <i>Force:1</i> são 800 N, valor máximo a suportar pelo sistema, recorrendo à ferramenta <i>static analysis</i> do <i>software Inventor 2020</i>	66

Figura 41 – Resultados obtidos, após simulação, relativos à concentração de tensões, onde o valor mais elevado se regista na ligação dos reforços à base e possui um valor de 14,81 MPa.	67
Figura 42 – Resultados obtidos, após simulação, relativos ao deslocamento da estrutura, onde o valor mais elevado se regista na extremidade oposta à base fixa e possui um valor de 0,07874 mm.	67
Figura 43 – Dimensões gerais da estrutura base do sistema de acionamento, medidas em milímetros.	68
Figura 44 – Dimensões gerais da haste vertical do sistema de acionamento, medidas em milímetros.	69
Figura 45 – Dimensões gerais do sistema de acionamento, medidas em milímetros, representando ainda os movimentos dos componentes.	71
Figura 46 – Dimensões gerais da came do sistema de acionamento, medidas em milímetros.	72
Figura 47 – Parafuso sextavado interno, 51044.080.016 da marca Fabory, ISO7379, com extremidade roscada M8 e corpo cilíndrico Ø10 mm, (Fabory, 2020a), à esquerda o modelo CAD e à direita o modelo físico.	72
Figura 48 – Sistema de corte acoplado à estrutura do equipamento projetado, onde no destaque à se demonstra a fixação do sistema de acionamento à estrutura e no destaque B se demonstra a fixação da mesa às células de carga.	73
Figura 49 – Representação do sistema de alimentação projetado, a) o sistema de armazenamento e doseamento de varões de madeira, b) o sistema de fornecimento controlado de varões de madeira, onde se colocou uma das laterais transparente para permitir visualizar o interior.....	74
Figura 50 – Representação esquemática do sistema de doseamento aplicado no equipamento de análise da performance de tesouras agrícolas.....	75
Figura 51 – Representação do esquema de soldadura do reservatório, medidas em milímetros e simbologia normalizada para soldadura.....	77
Figura 52 – Representação do esquema de soldadura do reservatório, medidas em milímetros e simbologia normalizada para soldadura.....	77

Figura 53 – Representação do esquema de montagem do reservatório, onde no destaque A se demonstra o acoplamento entre veio, rolamento e freio e no destaque B de demonstra o sistema de selecionamento de varões de madeira.....	78
Figura 54 – Representação do doseador projetado, dimensões em mm.....	79
Figura 55 - Esquema de soldadura da estrutura do caleiro do sistema de fornecimento, medidas em mm.....	82
Figura 56 - Esquema de soldadura dos suportes do caleiro do sistema de fornecimento, medidas em mm e símbolos normalizados de soldadura.....	83
Figura 57 – Representação do esquema de montagem do sistema de fornecimento, onde no destaque A se demonstra a saída do sistema, no destaque B a came responsável pelo fornecimento e no destaque C a tela do tapete empurrador. A lateral do sistema foi colocada como transparente de modo a se poder observar os componentes internos.	83
Figura 58 – Representação da came de fornecimento de varões, medidas em mm.	84
Figura 59 – Representação do rolo centrador, medidas em mm.	85
Figura 60 – Representação do esquema de montagem do sistema de alimentação, onde se demonstra, no destaque C o método de fixação do sistema de doseamento e armazenamento à estrutura principal, e no destaque D o método de fixação do sistema de fornecimento à estrutura principal.....	86
Figura 61 – Representação, recorrendo ao <i>software Inventor 2020</i> , da versão final do equipamento projetado para a caracterização do desempenho de tesouras agrícolas da marca Carpa Tools.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de força de preensão manual para indivíduos norte americanos (Nascimento. et al., 2010).	25
Tabela 2 – Intervalo de valores, em função da idade, para a força de preensão manual de indivíduos australianos (Nascimento. et al., 2010).	26
Tabela 3 - Valores médios, em função da idade, para a força de preensão manual de indivíduos espanhóis (Nascimento. et al., 2010).	26
Tabela 4 - Valor médio e intervalo de valores, em função da idade, para a força de preensão manual de indivíduos iranianos, (Giordano. et al., 2016).	27
Tabela 5 – Materiais a utilizar na máquina de teste de tesouras agrícolas com capacidade de simular com rigor o corte tradicional de ramos, frutas ou outros, (Leroy Merlin, 2020).	29
Tabela 6 - Lote de tesouras fornecidas pela Serafim Fertuzinhos, da marca Carpa Tools para o desenvolvimento de um equipamento para o seu teste, com a respetiva letra de identificação, fotos de autoria própria.	34
Tabela 7 - Medidas relevantes de cada uma das tesouras fornecidas pela empresa Serafim Fertuzinhos S.A.	36
Tabela 8 - Comparação entre o sistema elétrico e mecânico tendo por base o seu custo, a durabilidade e a adaptabilidade.	37
Tabela 9 - Excerto dos materiais disponíveis para cortar, da empresa <i>LeroyMerlin</i> , onde apenas se apresentam as alternativas em madeira, (Leroy Merlin, 2020).	41
Tabela 10 - Principais componentes SIEMENS, responsáveis pelo acionamento e recolha de sinal, utilizados no projeto do equipamento para análise da performance de tesouras agrícolas, (Siemens, 2020).	52
Tabela 11 - Principais componentes SIEMENS, responsáveis pelo tratamento de dados, utilizados no projeto do equipamento para análise da performance de tesouras agrícolas, (Siemens, 2020).	53
Tabela 12 - Componentes necessários para a construção da estrutura da máquina para a análise da performance de tesouras agrícolas.	56
Tabela 13 - Componentes relativos ao sistema de acionamento, onde se definem quantidades, processo de fabrico e material.	61

Tabela 14 - Componentes relativos ao sistema de fixação onde se definem quantidades, processo de fabrico e material.....	63
Tabela 15 – Grupos de amplitudes comuns das tesouras agrícolas fornecidas pela CARPA TOOLS.....	70
Tabela 16 - Amplitude correspondente ao raio da came no sistema de acionamento.....	71
Tabela 17- Componentes relativos ao sistema de armazenamento e doseamento, onde se definem quantidades, processo de fabrico e material.	76
Tabela 18 - Componentes relativos ao sistema de fornecimento, onde se definem quantidades, processo de fabrico e material.....	81

LISTA DE SIGLAS

S.A. – Sociedade Anónima;

CNC – Comando Numérico Computadorizado;

ISO - *International Organization for Standardization*;

DIN - *Deutsches Institut für Normung e.V.*;

POM – Poliacetal;

PLA - Políácido Láctico;

CAD – *Computer Added Design*;

MPa – Mega Pascal;

N – Newton;

mm – Milímetros;

m – Metro.

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação tem como principal intuito expor todo o processo de desenvolvimento do “*Projeto Mecânico de um Equipamento para Caracterização do Desempenho de Tesouras Agrícolas*”, em parceria com a empresa Serafim Fertuzinhos, S.A. sediada em Guimarães. Este tema está inserido no âmbito da dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica.

Ao longo deste capítulo são apresentados de um modo geral a contextualização e enquadramento do tema, quer relativamente à empresa, quer relativamente às áreas científicas, a motivação para a realização deste projeto, a sua contribuição para a empresa bem como os objetivos deste projeto e um guia de leitura detalhado de todo o documento.

1.1 Contextualização e Enquadramento

A Serafim Fertuzinhos S.A. é uma empresa fundada em 1958, presente nos cinco continentes, que se dedica quase exclusivamente ao fabrico de tesouras. Retrata-se como uma empresa de cariz familiar que começou pelo fabrico de facas e navalhas, dirigidas para as antigas colónias portuguesas, e que com o 25 de abril de 1974 se direcionou para o fabrico de tesouras agrícolas, criando a marca Carpa. Em 2011 a empresa lança uma nova marca, a Batil, direcionada para o fabrico de tesouras para as indústrias têxtil, hotelaria e estética.



Figura 1 - Logótipo das marcas Carpa Tools e Batil, da empresa Serafim Fertuzinhos S.A..

A Serafim Fertuzinhos S.A. possui diversos processos de produção, de entre os quais se destacam o corte a laser de chapa, centro de maquinaria CNC, prototipagem rápida, moldes e produção de embalagens, estampagem a frio, gravação a laser e injeção de polímeros. Esta variedade de processos garante uma autonomia de processos à empresa, permitindo que

esta consiga produzir praticamente todos os componentes, dos produtos do seu catálogo, internamente.

A empresa tem assumido uma postura de crescimento contínuo e tem como principal missão “Desenvolver, produzir e comercializar tesouras e outras ferramentas para as mais variadas finalidades, com tecnologia inovadora. Procurando sempre a melhoria do produto e satisfação do cliente. Contribuindo para o incremento da produtividade, respeitando o indivíduo, a sociedade e o meio ambiente”, (CARPA, 2019). Culminando numa constante procura de automação, controlo e otimização dos seus processos. É nesta vertente evolutiva que se enquadra o tema desta dissertação.

Esta constante procura de melhoria contínua e evolução cria na empresa a necessidade de otimizar todos os seus processos, desde a produção das tesouras à análise da sua performance. Para tal é necessário criar um equipamento capaz de testar e simular o funcionamento normal das tesouras, ou seja, simular o corte de material. Este equipamento tem de ser capaz de produzir cortes simultâneos e repetitivos com intervenções mínimas de operadores, tem de ser adaptável às diferentes tesouras produzidas pela empresa, obter e analisar os dados relativos à força de corte.

1.2 Motivação e Contribuição do Trabalho

A necessidade de testar as tesouras, por parte da Serafim Fertuzinhos S.A. intensificou-se com a sua recente entrada no mercado norte americano, pois este requisita um documento técnico, por parte da entidade fornecedora, com informações relativas à durabilidade e fiabilidade das tesouras.

Posto isto, a empresa necessita de testar as tesouras avaliando a durabilidade do gume cortante. Avaliar quantos cortes a tesoura consegue produzir sem que a força de corte aumente, o que reflete o número de ciclos que a tesoura consegue produzir sem necessidade de afiamento.

A outra vertente deste projeto contribui para a melhoria contínua das tesouras produzidas pela empresa. Os dados obtidos pela máquina de testes permitem à empresa avaliar a influência dos *designs* da lâmina e do tipo de cabo de cada tesoura, fornecendo assim dados que serviram de base ao departamento de otimização, garantindo que as marcas Carpa Tools e Batil continuam no topo do mercado.

1.3 Objetivos

O tema desta dissertação é o *“Projeto Mecânico de um Equipamento para Caracterização do Desempenho de Tesouras Agrícolas”*, ou seja, engloba todo o processo de desenvolvimento de um equipamento, desde o seu anteprojeto ao projeto detalhado.

Deste modo, o principal objetivo deste projeto consiste na idealização de um equipamento capaz de simular o funcionamento de tesouras agrícolas, isto é, produzir cortes repetitivos e controlados, garantindo um fornecimento automático de material a cortar. Este equipamento tem ainda de ser adaptável aos vários modelos de tesouras agrícolas de uma mão da marca Carpa Tools.

Uma das premissas deste projeto consiste na recolha e análise dos dados relativos ao processo de corte. Na elaboração deste documento não se consideraram os processos de seleção dos componentes utilizados para a recolha e tratamento de dados, pelo que o foco se trata do projeto mecânico do equipamento. O equipamento foi elaborado em parceria com um colega de curso, Pedro Morado sendo ele o responsável pela seleção dos componentes eletrónicos para o acionamento e recolha de sinal do equipamento, bem como a sua integração.

1.4 Guia de Leitura

O presente documento encontra-se estruturado em cinco capítulos principais: a Introdução do tema; o Estado da Arte das tesouras agrícolas relativo ao tema da dissertação; o Anteprojeto – Primeira versão e o Anteprojeto Detalhado do equipamento idealizado; a Conclusão e Trabalhos Futuros e por fim um capítulo dedicado aos desenhos técnicos para fabrico e montagem, Anexo I.

No primeiro capítulo, Introdução, são explorados a contextualização e enquadramento do tema, onde se apresentam tanto a empresa Serafim Fertuzinhos S.A. como as marcas Carpa e Batil. Seguem-se a motivação e contribuição do trabalho, referente à importância do equipamento projetado para o contexto global da empresa bem como uma definição clara dos objetivos desta dissertação.

No segundo capítulo, Estado da Arte, são abordados todos os temas com relevância para o projeto do equipamento: as tesouras agrícolas fornecidas pela marca Carpa; os testes

efetuados atualmente; as máquinas e equipamentos capazes de produzir movimentos que se enquadrem no sistema projetado. Dentro deste capítulo são ainda abordados os dados relativos à força que o ser humano é capaz de realizar, essencial para o dimensionamento do equipamento e, por fim, a gama de materiais presentes no mercado capazes de simularem o funcionamento normal das tesouras agrícolas.

No capítulo 3, Anteprojeto – Primeira Versão são apresentados o problema e as especificações impostas pela empresa parceira, bem como o lote de tesouras ao qual o equipamento tem de se adaptar e testar. Posto isto, é apresentada uma proposta de equipamento para a análise do desempenho de tesouras agrícolas tanto em modelo CAD como impresso em 3D.

Estando definido o tipo de equipamento a projetar, no capítulo 4, Antprojeto Detalhado, é apresentada a versão final do equipamento idealizado, tanto a nível mecânico como a nível de controlo e acionamento. De seguida, são analisados em detalhe as três zonas do equipamento, a estrutura, o sistema de acionamento e o sistema de alimentação. Para cada zona são apresentados uma lista de componentes, processo de fabrico, material e quantidade, bem como uma análise e justificação em detalhe relativa aos componentes mais críticos de cada zona.

Por fim, no capítulo 5, Conclusões e Trabalhos Futuros são expostas as principais informações a retirar deste projeto, são avaliados o cumprimento ou não dos objetivos propostos e por fim, uma definição dos objetivos para a construção e finalização do equipamento projetado. O Anexo I engloba todos os desenhos relativos ao equipamento, desenhos individuais, desenhos para quinagem, desenhos para soldadura e desenhos de montagem.

2. TESOURAS AGRÍCOLAS – ESTADO DA ARTE

De um modo geral, todo e qualquer projeto carece de uma análise do seu envolvente. Isto é, para que se consiga criar uma base fundamentada é necessário avaliar os conceitos, produtos envolventes e alternativas.

No caso do equipamento para análise da performance de tesouras agrícolas, existem alguns temas que são de realçar tais como as tesouras agrícolas da marca Carpa Tools, os equipamentos existentes capazes de efetuar ciclos repetitivos, análise dos testes realizados atualmente, dados relativos à força máxima exercida no corte com uma só mão, tipos de prototipagem rápida a aplicar na execução de um protótipo e ainda os tipos de materiais passíveis de utilização. Ao longo deste capítulo são aprofundados esses mesmos temas.

2.1 Tesouras Agrícolas CARPA

As tesouras agrícolas da marca CARPA, (CARPA, 2019), em particular, são um dos principais componentes para este projeto. É em torno deste produto que será efetuado todo o processo de projeto e construção de um equipamento para testes. Como tal, torna-se imprescindível uma análise cuidadosa em torno dos diversos modelos que a empresa Serafim Fertuzinhos SA disponibiliza aos seus clientes, em específico sob a marca CARPA.

As tesouras desta marca dividem-se em três grandes grupos direcionados para a área agrícola, sendo estes:

- Tesouras de podar;
- Tesouras de vindima e colheita;
- Tesouras de duas mãos.

2.1.1 Tesouras de Podar

O primeiro tipo de tesouras a analisar são as tesouras de podar, estas são utilizadas, como o próprio nome indica para a poda de videiras, de árvores de fruto ou arbustos que assim necessitem. A poda define-se como sendo o corte ou desbaste de certas extremidades de uma planta que sejam desnecessárias ao correto crescimento das mesmas. Pode ser

efetuado com o intuito de favorecer a colheita de frutos, um crescimento da planta ou até mesmo para efeitos estéticos.

Dentro deste grande tipo, as primeiras que se apresentam são as tesouras de podar forjadas. Estas são tipicamente fabricadas em aço ao carbono, sendo a pega e a lâmina um componente único. Podem ser pintadas, plastificadas ou apenas polidas. Quanto às tesouras pintadas, é utilizado um tipo de tinta eletrostática para revestir as partes exteriores da tesoura. A tinta, para além do aspeto estético, permite retardar processos de oxidação do metal. De uma forma semelhante, as tesouras plastificadas possuem uma camada polimérica que reveste toda a pega da tesoura. Contrariamente, as tesouras polidas não possuem qualquer tipo de revestimento externo, sendo apenas submetidas a um processo de polimento ao longo de toda a pega e partes exteriores. Na Figura 2 podem observar-se estes três tipos de tesouras.

Estas apresentam-se com 190 e os 260 mm de comprimento e permitem a substituição, em caso de falha, do parafuso do eixo, da mola, do batente ou do fecho.



Figura 2 - Tesouras de podar forjadas da marca CARPA onde se podem observar os tipos de acabamento, da esquerda para a direita: pintada, plastificada e polida, (CARPA, 2019).

Outro tipo de tesouras inserida no grande grupo, tesouras de podar, são as tesouras de podar com cabo em alumínio. Estas, como o nome sugere, possuem uma pega fabricada a partir de uma liga de alumínio. Estas tesouras diferem das tesouras de aço forjadas principalmente no *design* mais ergonómico, na massa do produto e pelo facto de a lâmina e o cabo não serem uma peça única. A lâmina é fabricada a partir de aço ao carbono, pois favorece a durabilidade do gume cortante.

Neste tipo de tesouras a pega encontra-se coberta com um revestimento de borracha que facilita a utilização da tesoura, aumentando a aderência do cabo. Este modelo de tesoura permite a substituição da lâmina e contra lâmina, parafuso do eixo, fecho e mola.

São disponibilizados dois modelos de diferentes tamanhos, um com 210 e outro com 220 mm, os quais podem ser analisados na Figura 3.



Figura 3 - Tesouras de podar da marca CARPA com cabo em alumínio e lâmina em aço com 210 e 220 mm de comprimento, respetivamente, (CARPA, 2019).

Seguem-se as tesouras de podar com cabo em polímero. Como o próprio nome indica, ambas possuem uma pega polimérica com um formato ergonómico.

Estas tesouras são fornecidas pela CARPA em três modelos diferentes, onde a maior diferença é o fabrico das lâminas. O primeiro modelo possui lâminas produzidas através da estampagem de chapas de aço ao carbono, o segundo modelo através do forjamento de aço

carbono, enquanto que no terceiro modelo estas são obtidas através de corte a laser de chapas em aço carbono.

Quanto aos modelos de lâmina estampada ou forjada, podemos observar que a lâmina e a pega são componentes independentes pelo que se pode proceder à sua substituição em caso de mau funcionamento. Neste tipo de tesouras podem também trocar-se o parafuso do eixo, os parafusos que acoplam a lâmina à pega, o fecho, a mola e o batente.

Tanto o modelo de lâmina estampada como o de lâmina forjada são disponibilizados nos tamanhos de 200 e 230 mm, os quais podem ser observados na Figura 4.



Figura 4 - Tesouras de podar da marca CARPA com cabo polimérico, estampada e forjada, respetivamente, (CARPA, 2019).

No que toca às tesouras com lâmina cortada a laser, a pega é fabricada através da injeção de um polímero, ficando esta e a lâmina acopladas. Deste modo, não existe a possibilidade de efetuar a troca da lâmina. Podem, no entanto, substituir-se o parafuso do eixo, a mola e o fecho. São disponibilizadas nos tamanhos de 200 e 210 mm, podendo estes ser observados na Figura 5



Figura 5 - Tesouras de podar da marca CARPA com cabo polimérico e lâmina cortada a laser, respectivamente, 200 e 210 mm, (CARPA, 2019).

Existe ainda um modelo detentor de um cabo em chapa, sendo este manufaturado através de um processo de estampagem. Possui uma lâmina em aço carbono, a qual é acoplada na chapa através de rebites. Sendo um modelo bastante simplista, o único elemento que é passível de substituição é a mola da tesoura. São disponibilizados em dois comprimentos, 190 e 230 mm, os quais podem ser observados na Figura 6.



Figura 6 - Tesouras de podar com cabo em chapa, respectivamente 19 e 23 cm, (CARPA, 2019).

Por último, são apresentados dois modelos especiais de tesouras de podar. Uma tesoura de podar com batente, e uma tesoura de podar com podão.

Quanto ao primeiro modelo, este apresenta um cabo polimérico injetado bastante ergonómico, com lâmina em aço carbono cortada a laser. Este tipo de tesoura é tipicamente utilizado para cortar ramos secos ou muito duros, garantindo um corte mais limpo graças ao batente, sendo disponibilizada no tamanho de 210 mm. Permite a substituição do batente e respetivo parafuso, do parafuso do eixo, da mola e do fecho.

A tesoura de podar com podão é bastante semelhante às tesouras de podar forjadas, sendo fabricada na totalidade em aço ao carbono, através de um processo de forjamento, com uma posterior pintura eletrostática. No entanto difere do modelo tradicional pois apresenta, na parte traseira da lâmina, uma pequena foice para o corte de galhos. É fornecida no tamanho de 260 mm. Este modelo permite a substituição do parafuso do eixo, da mola, do batente e do fecho. Na Figura 7 podem observar-se ambos os modelos.



Figura 7 - Tesouras de podar da marca CARPA com batente e com podão, respetivamente, (CARPA, 2019).

2.1.2 Tesouras de Vindima e Colheita

Um outro grande grupo de tesouras apresentado no catálogo da CARPA são as tesouras de vindima e colheita. Estas, quando comparadas com as analisadas anteriormente são, tipicamente, mais pequenas. Este modelo não se utiliza para o corte de ramos ou galhos, mas sim para a colheita dos produtos resultantes do crescimento destas plantas ou árvores. Os maiores consumidores deste tipo de tesoura são as indústrias da vindima e da apanha da fruta.

O primeiro tipo de tesoura de colheita que se apresenta são as tesouras de colheita forjadas. Da mesma forma que as tesouras de poda, a construção é feita em aço ao carbono. A pega e a lâmina constituem apenas um componente, podendo possuir pegas revestidas com uma pintura electroestática, pegas plastificadas, ou polidas. Podem ainda apresentar dois tipos distintos de lâmina, curva ou serrilhada, que vão permitir dois tipos de corte diferente. O primeiro modelo é disponibilizado apenas com 180 mm de comprimento, enquanto que o segundo modelo é disponibilizado com 190 mm. É ainda de referir que estas tesouras permitem efetuar a substituição do parafuso do eixo, da mola, do batente e do fecho. Na Figura 8 podem ser observados estes dois tipos de tesoura.



Figura 8 - Tesouras de colheita da marca CARPA forjadas de lâmina serrilhada e curva, respetivamente. Nesta figura podem ainda observar-se o tipo de revestimento das pegas, (CARPA, 2019).

O segundo tipo de tesouras de colheita considerados são as tesouras de colheita com cabo polimérico. Estas são disponibilizadas com três tipos de lâmina diferente, podendo esta ser curva, reta de pontas aguçadas ou reta de pontas curvas.

Este modelo possui a particularidade de ser sempre fabricada em aço carbono cortado a laser. Os dois primeiros modelos são fornecidos com 180 mm de comprimento, enquanto que o terceiro modelo é fornecido com 170 mm. Este tipo de tesouras permite a substituição do parafuso do eixo, da mola e do fecho. Estes três modelos podem ser observados na Figura 9.



Figura 9 - Tesoura de colheita com cabo polimérico, (CARPA, 2019).

As tesouras de colheita podem também ser fornecidas com cabo bimatéria. Estas distinguem-se por ser dotadas de pegadas fabricadas em dois materiais. O corpo maioritário, das tesouras de colheita em análise, é constituído por um material polimérico, possuindo na parte exterior uma cobertura de borracha. Este revestimento em borracha no local onde as tesouras são agarradas permite uma maior aderência e conseqüente segurança e facilidade de manuseamento.

As tesouras com este tipo de cabo são fabricadas com três tipos de lâminas diferentes, lâminas curvas, lâminas retas lisas, e lâminas retas serrilhadas, todas fabricadas em aço inox. Os dois primeiros modelos são vendidos em comprimentos de 190 mm, enquanto que o último é vendido com 170 mm. Todos permitem a substituição do parafuso do eixo, da mola e do fecho. Podem ser observados, na Figura 10, estes três tipos de tesoura.



Figura 10 - Tesouras de colheita da marca CARPA com cabo bimaterial, de laminas curvas, retas lisas e laminas retas serrilhadas, (CARPA, 2019).

Seguem-se as tesouras de colheita com cabo em chapa, que são produzidas totalmente em aço inox, quer no que toca ao cabo, quer à lâmina. A lâmina e as pegas são obtidas através do processo de estampagem sendo posteriormente rebitada entre si. Estas tesouras possuem a particularidade de ter um revestimento de borracha no cabo, o que promove uma maior aderência no momento de corte.

São modelos bastante simples, permitindo apenas a substituição da mola. Este modelo é disponibilizado com lâminas curvas, medindo 170 mm ou com lâmina reta, medindo 180 mm de comprimento, podendo ser observadas na Figura 11.



Figura 11 - Tesouras de colheita de chapa da marca CARPA, de lâmina curva e de lâmina reta, respetivamente, (CARPA, 2019).

Por fim, no que toca a este tipo de produtos, têm-se as tesouras para a colheita de alho. Estas possuem uma construção semelhante às mencionadas anteriormente, distinguindo-se no formato da lâmina. São disponibilizados dois modelos fabricados em aço ao carbono forjado e com revestimento de pintura eletrostática. Este modelo possui duas vertentes, com lâmina curva medindo 190 mm, e com lâmina reta medindo 240 mm. É ainda fabricado e distribuído um modelo com pega em polímero, com lâmina em aço carbono cortado a laser medindo 190 mm.

Todos estes modelos permitem a substituição do parafuso do eixo, da mola e do fecho, permitindo ainda a substituição do batente, nas tesouras forjadas. Todos os modelos das tesouras para a colheita de alhos podem ser observados na Figura 12.



Figura 12 – Tesouras de colheita de alho forjada com lamina curva, forjada com lâmina reta, e com pega polimérica, respetivamente, (CARPA, 2019).

2.1.3 Tesouras de Duas Mãos

O último tipo de produto a ser apresentado são as tesouras de duas mãos que, embora não tenham sido consideradas para o desenvolvimento da máquina para testes, serão, futuramente, parte de uma adaptação desta. Um dos objetivos da empresa é testar todos os seus modelos de tesouras. Assim sendo, torna-se pertinente mencionar estes modelos dada a sua importância para o futuro desenvolvimento.

Estas tesouras caracterizam-se por ser bastante maiores, quando comparadas a todos os modelos anteriores, permitindo fazer cortes de muita maior dimensão e exigência. Este aumento do poder de corte da tesoura torna-as indicadas, não para a poda convencional,

mas para aplicações mais direcionadas para o uso florestal ou corte de grandes ramos que as tesouras de poda convencionais não têm capacidade de completar.

O primeiro modelo de tesouras para duas mãos do catálogo da CARPA é denominado por tesourão de floresta, todo ele fabricado em aço ao carbono forjado, de elevada resistência, desde as lâminas às pegas. Possui mangas de borracha no local de aperto para facilitar a sua manipulação. Este é dos modelos de tesouras de duas mãos mais robustos que a empresa produz, sendo indicado para aplicações florestais de grande demanda. É produzido com o comprimento de 680 mm, permitindo a substituição da lâmina e contra lâmina, do parafuso do eixo e dos parafusos de aperto dos cabos. Este modelo pode ser analisado na Figura 13.



Figura 13 - Tesourão de floresta da marca CARPA com 680 mm de comprimento, (CARPA, 2019).

De seguida, são disponibilizados três modelos semelhantes, sendo estes chamados de tesourões de poda com pega em alumínio, distinguindo-se pelo formato da lâmina. A lâmina nestes modelos pode ser passante, com batente curvo ou com batente reto. Todos possuem lâminas forjadas em aço ao carbono e pegas em alumínio ultraleve. Os dois últimos modelos possuem batentes forjados em alumínio e um desmultiplicador na haste, que permite variar o esforço efetuado no processo de corte.

O tesourão de lâmina passante permite a substituição do parafuso do eixo, batente de fecho e parafuso de fixação da lâmina. Quanto aos dois modelos restantes, estes permitem a troca da lâmina, do parafuso do eixo, do batente da lâmina e do parafuso do desmultiplicador. Todos estes modelos são disponibilizados em tamanhos de 400 mm a 1000 mm, podendo ser observados na Figura 14.



Figura 14 - Tesourões de poda com pega em alumínio da marca CARPA, onde à direita se apresentam as tesouras com desmultiplicador de força e batente em alumínio forjado, (CARPA, 2019).

O último modelo apresentado é o tesourão telescópico, caracterizado por possuir pegas telescópicas extensíveis que permitem aumentar o tamanho da tesoura de modo a alcançar galhos mais altos ou distantes de difícil acesso. Este aumento do comprimento das pegas permite aumentar a alavanca e efetuar cortes com menor esforço.

Este modelo possui uma lâmina em aço ao carbono e pegas poliméricas pintadas, permitindo a substituição do parafuso do eixo e do batente de fecho. É disponibilizado com um comprimento de 950 mm, podendo ser observado na Figura 15.



Figura 15 - Tesourão telescópico da marca CARPA, com 950 mm, de comprimento, (CARPA, 2019).

2.2 Processo de Certificação das Tesouras Agrícolas

Sendo o objetivo fundamental da máquina a desenvolver a automatização de um processo que permita avaliar o desempenho das diversas tesouras disponibilizadas pela empresa, torna-se necessário analisar, caso estes existam, quais os métodos atualmente empregados tanto pela empresa em estudo como pelos seus principais concorrentes.

No caso da Serafim Fertuzinhos SA, embora efetuados de maneira rudimentar, estes testes existem. Estando a empresa localizada num ambiente rural, rodeada por diversos campos de cultivo, muitos dos quais possuem vinhas ou outro tipo de plantas que precisem de poda, os testes efetuados pela empresa passam por fornecer os indivíduos responsáveis pela exploração destes campos com as tesouras fabricadas, ficando estes responsáveis por dar uso às mesmas, e posteriormente comunicar à empresa qual o desempenho que a tesoura teve, quando comparada com os restantes modelos.

Embora não seja um método detentor de uma base científica específica, este é baseado nos imensos anos de experiência que a maior parte destes indivíduos possui. Esta imensa experiência faz com que estes indivíduos possuam uma sensibilidade no que toca ao uso de tesouras agrícolas, que a maioria das pessoas comuns ou fora do ramo não detém, podendo as suas observações e recomendações ser utilizadas como guia para melhoria dos modelos existentes bem como no desenvolvimento de novos modelos e novos produtos.

No entanto, existem também contratempos que podem fazer com que estes testes não sejam válidos, ou que retornem resultados significativos, principalmente dada a grande suscetibilidade destes a fatores externos ou erro humano. Diferentes indivíduos terão, após bastantes anos de trabalho, preferências diferentes no que diz respeito ao tipo de tesoura a utilizar, pelo que as opiniões dispostas podem não ser coerentes entre eles. Da mesma maneira, nunca sendo possível utilizar as tesouras em condições repetíveis de forma consistente, irá ser bastante difícil avaliar, de forma coerente, todos os tipos de tesoura, pois podem, por exemplo, ser efetuados cortes mais difíceis com um modelo, e posteriormente cortes mais fáceis com um segundo, o que irá sempre favorecer a segunda tesoura.

Para além de todos estes fatores, o que torna ainda mais impraticável continuar com este tipo de testes, é estes serem meramente empíricos, não produzindo um resultado de base científica que torne possível comparar, de forma inequívoca, os diferentes modelos de tesouras. A necessidade de a empresa associar a cada um dos modelos de tesouras um valor

capaz de refletir de forma clara o desempenho das tesouras, invalida completamente a utilização destes testes manuais, dado que isto nunca será possível nessas condições, pois existem demasiadas variáveis não controladas.

Estes testes poderão, claro, continuar a ser utilizados como forma de a empresa receber um *feedback* rápido de utilização das tesouras para prosseguir com o desenvolvimento das mesmas. No entanto, para obter uma ficha técnica relativa à durabilidade da tesoura e força de corte é necessário garantir que estes testes são sempre efetuados mediante as mesmas condições. Surge então a necessidade de idealizar um novo método de teste que seja capaz de corresponder a todos os requisitos apresentados.

Após analisado o processo adotado pela Serafim Fertuzinhos S.A. é de todo o sentido analisar o processo utilizado pelos seus concorrentes diretos. Dado que o acesso a este tipo de informação é normalmente confidencial analisaram-se os catálogos e listas de produtos dos principais concorrentes para avaliar o tipo de informação fornecida, de entre os quais se destacam as marcas *Fiskars, Felco, Corona, ARS, Mantools* e a *Okatsune*. Como nenhuma destas marcas indica dados relativos à durabilidade das tesouras ou até mesmo valores máximos de força de corte podemos assumir que nenhuma delas testa significativamente as suas tesouras.

Surge então a necessidade de idealizar e projetar um equipamento capaz de simular o processo de corte e obter dados significativos relativamente à performance das tesouras, não só para a Carpa, mas também para todas as outras marcas presentes neste nicho de mercado em geral.

2.3 Máquinas para Efetuar Ciclos Repetitivos

Após concluir que a Serafim Fertuzinhos SA não possuía nenhum equipamento para a realização de testes repetitivos surgiu a necessidade de uma primeira pesquisa focada na identificação de máquinas ou sistemas existentes capazes de satisfazer os requisitos traçados para o projeto, ou com funcionamento semelhante ao requerido. Não tendo como objetivo utilizar máquinas ou sistemas previamente desenvolvidos, a pesquisa destes pode levar a que se conheçam diversas opções relevantes no desenvolvimento da máquina.

Os equipamentos analisados são os que produzem movimentos cíclicos, de entre os quais se destacam a *Scissors Cutting Performance Test Machine*, uma máquina da marca

CATRA capaz de simular o funcionamento de tesouras de papel ou tecido analisando os dados relativos ao corte, máquinas de testes dinâmicos e de fadiga, máquinas que realizam testes cíclicos e retiram dados relevantes ao processo em análise.

2.3.1 CATRA - Scissors Cutting Performance Test Machine

Relativamente a máquinas para teste de tesouras, a *Scissors Cutting Performance Test Machine* fabricada pela marca CATRA, (*Scissors Cutting Performance Test – CATRA – Cutlery Allied Trades Research Association, 2018*), foi o principal resultado da pesquisa. Embora se trate de um produto descontinuado, o seu funcionamento é o que se pretende aplicar à máquina em desenvolvimento, com a particularidade de ser aplicado a tesouras agrícolas em vez de corte de papel ou tecido.

Deste modo, podem estudar-se as componentes desta máquina referentes à medição de força, controlo, atuação e processamento de dados, sendo estas semelhantes para qualquer tipo de máquina que se pretenda construir.

Desde os anos 50 que, na área do fabrico de objetos cortantes, facas e tesouras, se persegue um mecanismo de medição normalizado da performance de corte. Não sendo isto atingido, a medição é feita tipicamente utilizado vários métodos manuais ou mecânicos, com um grande nível de variação relativa, sendo impossível comparar resultados provenientes de diferentes fontes.

Tendo isto em mente, a empresa CATRA desenvolveu esta máquina, de forma a tornar possível comparar os mais diversos fabricantes de tesouras, bem como os seus diferentes *designs* e modelos, e assim determinar quais têm qualidade superior. Para além deste fator comparativo, a CATRA realça também a utilidade desta máquina para as empresas fabricantes de tesouras, como forma de garantir que os seus produtos correspondem às devidas normas de qualidade de fabrico, bem como a sua utilização como uma ferramenta de desenvolvimento de novos modelos, determinando quais os parâmetros ótimos do fabrico.

A CATRA refere que o método ideal para a medição da performance de corte de uma lâmina é através da medição da carga necessária para que esta corte um material normalizado, em condições de teste controladas e replicáveis, sendo que uma menor carga corresponde a uma melhor performance de corte.

O método que a máquina emprega para efetuar esta medição, começa pela fixação de cada uma das pegas da tesoura em pinos de montagem ajustáveis, sendo um destes acoplado à estrutura da máquina, e o outro montado num braço ajustável, conectado a um motor elétrico, responsável por efetuar o fecho da tesoura. Sendo este braço rígido, este sistema implica que o eixo de rotação da tesoura esteja alinhado corretamente com o eixo de rotação do braço, para garantir que não existam desalinhamentos que possam causar falhas ou quebras de qualquer componente.

Uma vez que a tesoura se encontre corretamente acoplada à máquina, torna-se possível iniciar o teste, bem como a medição da respetiva carga. Esta é feita através de sensores de carga acoplados ao braço do motor, que reagem devidamente ao esforço efetuado para fechar a tesoura, num arco predeterminado e a velocidade controlada.

Esta máquina permite também, mediante a aplicação de alimentadores de geometria diferente, a utilização de diversos materiais de teste, tais como papéis, cartões, tecidos, polímeros, fibras, arame ou até tubagens. No entanto, o material mais usual, dado que o foco principal da máquina são tesouras para corte de papel, é um tipo de papel abrasivo especial normalizado (*ISO 8442.5*), que é utilizado para a avaliação da performance de corte de facas de cozinha. Este material é armazenado e alimentado por um sistema rolante, que permite o controlo do incremento da quantidade de alimentação a cada corte, isto é o comprimento de papel abrasivo cortado em cada ciclo.

Aquando do fecho da tesoura por parte do motor elétrico, o sistema regista a evolução da curva da carga ao longo do corte para cada uma das operações, selecionando posteriormente o valor máximo registado em cada uma das operações de corte, e assim medindo a evolução da performance de corte. Pode também alternativamente, determinar-se a evolução da força resultante do corte considerando toda a carga aplicada em cada uma das operações de corte, podendo assim comparar-se os dois parâmetros.

Trata-se também de um sistema totalmente programável, permitindo ao utilizador escolher os parâmetros principais dos testes, tais como: o número de ciclos de corte; a frequência de medição da carga; a velocidade de fecho da tesoura; a quantidade de material a cortar e o tipo de material a cortar.

Sendo o *software* de análise e processamento de dados baseado em *Microsoft Excel* e *Microsoft Access*, este é de fácil implementação, permitindo uma simples manipulação dos dados, bem como a sua representação gráfica e comparação com testes previamente

efetuados. Estes dados podem ser apresentados por via de um gráfico simples onde se demonstra a evolução da força em relação ao número de ciclos, permitindo assim avaliar a durabilidade da tesoura.

Pode ainda observar-se a máquina em funcionamento, durante um teste a uma tesoura para o corte de papel na Figura 16.

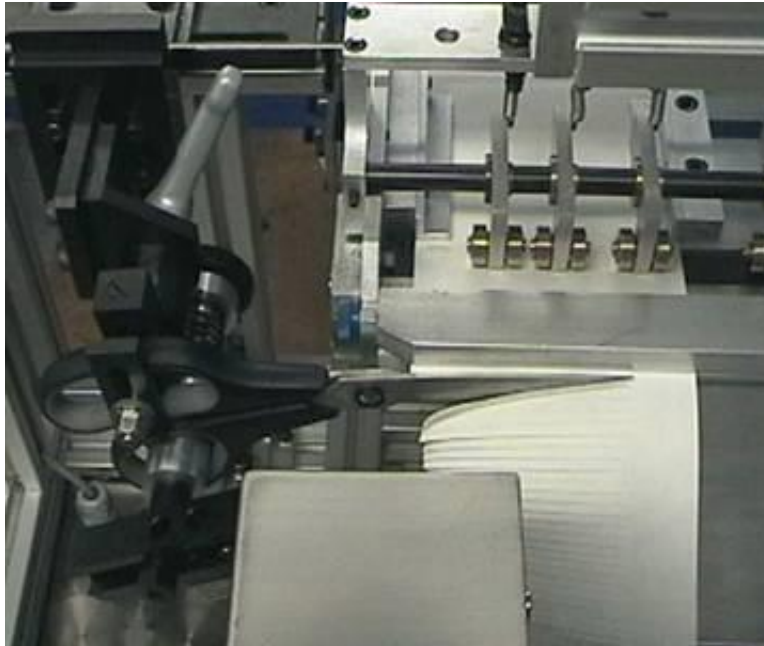


Figura 16 – CATRA, Scissors Cutting Performance Test Machine, em funcionamento durante um teste de uma tesoura para corte de papel, (*Scissors Cutting Performance Test – CATRA – Cutlery Allied Trades Research Association, 2018*).

2.3.2 Máquinas de Testes Dinâmicos e de Fadiga

As máquinas utilizadas para efetuar testes dinâmicos e de fadiga possuem semelhanças com o equipamento em desenvolvimento neste documento. Esta semelhança retrata-se no número elevado de ciclos de testes, ciclos repetitivos, registando os resultados da medição do esforço em cada um destes ciclos. Estes tipos de equipamentos são tipicamente utilizados para quantificar a resistência à fadiga mecânica como forma de caracterizar amostras de diversos materiais.

Apesar de não serem utilizadas para testar o desempenho de componentes específicos tais como tesouras, ou outros objetos semelhantes, o seu funcionamento pode servir de base quer ao sistema de atuação e fixação quer ao sistema de medição de cargas.

Tomando como exemplo as máquinas da marca *Zwickl/Roell*, (*Static Materials Testing Machines, 2020*), pode observar-se que existem os mais diversos modelos deste tipo de

máquinas, podendo ser caracterizados mediante o seu tipo de atuação como servo-hidráulicos, eletromagnéticos e eletromecânicos. Como seria de esperar, esta diferença no tipo de atuação está diretamente relacionada com o tipo de teste que cada uma será responsável por efetuar. Dada a sua complexidade, velocidade de atuação e custo elevado a sua aplicação na máquina em desenvolvimento torna-se pouco relevante e terá de ser analisada em parceria com a empresa.

No entanto o seu sistema de medição de cargas é bastante relevante para o projeto. Estes equipamentos permitem a medição de cargas desde os 200 N até aos 2500 kN recorrendo, por exemplo, a células de carga distribuídas pelo equipamento. Estas células permitem analisar as cargas resultantes dos esforços aplicados ao material em teste. Este tipo de recolha de dados poderá ser aplicado ao projeto em desenvolvimento.

2.3.3 Limador Mecânico

O limador mecânico é uma máquina ferramenta utilizada para executar o processo de maquinagem chamado limagem. Para tal, executa um movimento retilíneo alternativo sobre a superfície plana de um material. Esta operação é efetuada com o intuito de obter uma superfície plana que possa ser utilizada como referência na utilização de réguas, barramentos, bases, entre outros.

Com o auxílio de uma ferramenta monocortante que se desloca linearmente de maneira alternada sobre a superfície plana de um corpo, a máquina realiza então as suas operações. A ferramenta executa o movimento de trabalho, enquanto que a peça tem apenas a função de alimentação.

Quanto ao porta-ferramentas, este encontra-se fixo ao cabeçote móvel e este é aquele que transmite o movimento de translação ao porta-ferramentas e, por consequência, transmite o movimento de corte à ferramenta, (Lasheras & Lasheras, 2002).

O mecanismo do limador, como o ilustrado na Figura 17, não é mais do que uma variante do mecanismo de *Whitworth*, em que há transformação do movimento de rotação em movimento de translação retilínea, neste caso da manivela 2 para a corrediça 6. No mecanismo do limador, o movimento de retorno rápido é conseguido porque, durante o curso de avanço ou corte, o pino B da manivela 3 se move ao longo do arco α , ao invés de que durante o recuo ou retorno, o pino descreve um arco menor, β , (Flores & Claro, 2007).

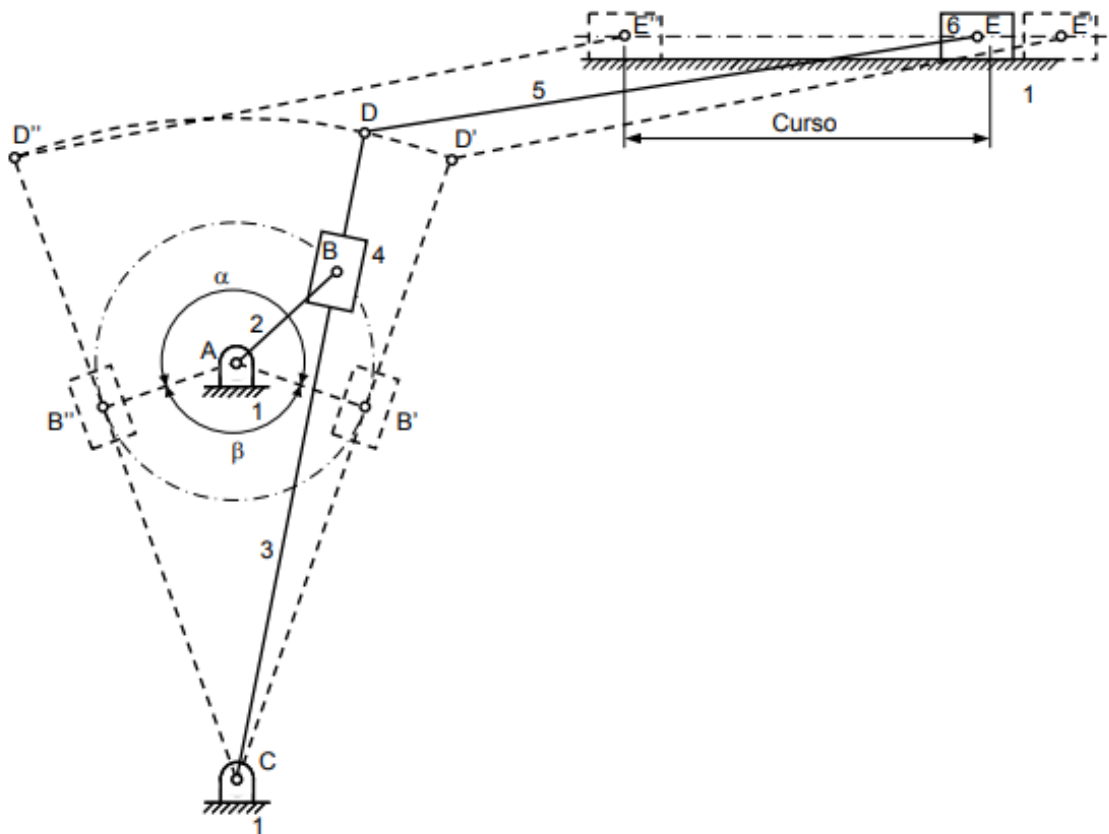


Figura 17 – Esquematização do mecanismo de acionamento normalmente presente no limador mecânico, (Flores & Claro, 2007).

2.4 Dados Relativos à Força de Prensão da Mão

Um dos requisitos mais importantes, e ao qual é imperativo corresponder durante o processo de desenvolvimento da máquina, é a capacidade de esta simular, nas tesouras, um processo de corte o mais semelhante possível ao resultante da utilização destas com a mão humana. A relevância deste requisito é tão elevada dado que se pretendem obter, com os testes, resultados o mais próximos possíveis com a realidade.

Dentro de todos os fatores relevantes para esta exatidão do processo, destaca-se a força de prensão manual, ou seja, a força que é aplicada na tesoura durante o processo de corte, que irá manifestar-se na carga aplicada pela máquina para efetuar o fecho das tesouras e a operação de corte.

Caso seja aplicada uma carga de valor demasiado elevado, estar-se-á a submeter as tesouras a forças de ordem maior que as forças de funcionamento, estando estas sempre em esforço, o que promove tanto um desgaste prematuro das tesouras no geral, como a

deterioração de certas áreas que não teriam desgaste em funcionamento normal. Da mesma maneira, a aplicação de cargas demasiado baixas fará com que não ocorra desgaste significativo na tesoura, podendo assim não conseguir reproduzir-se, de maneira correta, todo o ciclo de vida da tesoura. Para além disso, esta falta de carga irá afetar o processo de corte, fazendo com que, por vezes, as tesouras não consigam cortar totalmente o material de teste a ser utilizado.

A força de preensão manual é tipicamente medida através da utilização de um dinamómetro de mão, semelhante ao apresentado na Figura 18, podendo este ser digital ou analógico, apresentando tipicamente o resultado da carga medida em quilogramas. A pessoa que estiver a ser objeto de teste aperta a pega do dinamómetro, e este por sua vez mede a carga ao qual está a ser sujeito, apresentando o resultado, (Joana Mendes, 2020).

Como se pode observar pela Figura 18, o movimento efetuado neste teste é extremamente semelhante ao que é utilizado no corte com tesouras agrícolas, pelo que os dados resultantes deste são bastante relevantes para o projeto.

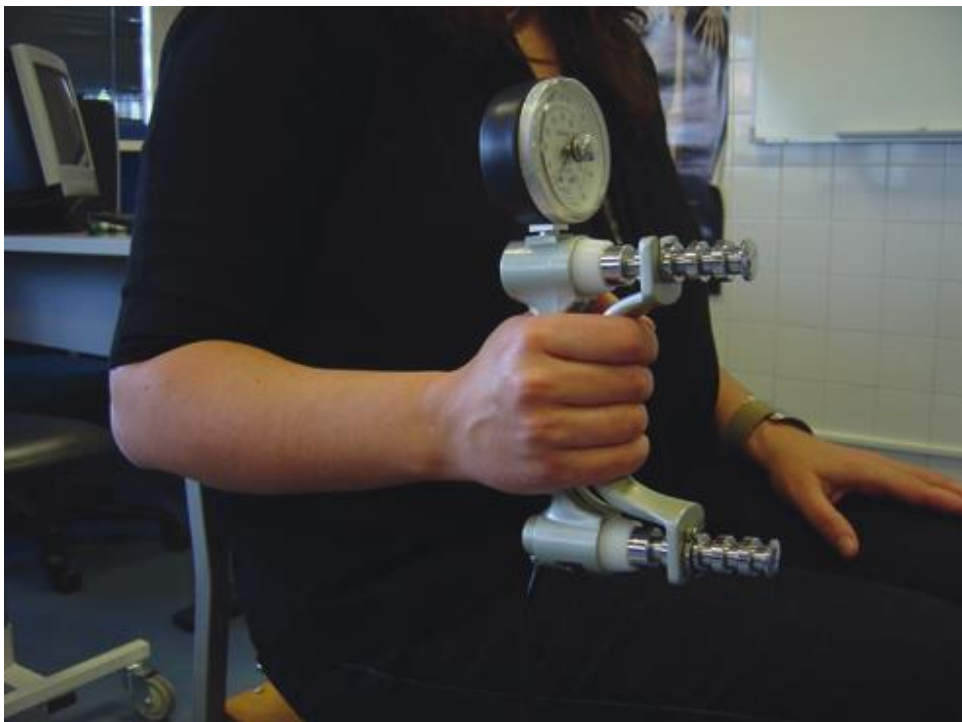


Figura 18 – Dinamómetro de mão analógico JAMAR, (Maria Teresa Tomás. & Fernandes, 2012).

São diversos os fatores que podem influenciar os resultados deste teste. Começa por destacar-se a idade como sendo o que possui mais impacto, podendo verificar-se um aumento da força até serem atingidos os 35 anos de idade, onde esta regista o valor máximo, apresentando um declínio contínuo a partir daí, (Joana Mendes, 2020).

Paralelamente, têm-se a altura e o sexo dos indivíduos de teste como fatores bastante influentes. Tipicamente, indivíduos com maior estatura apresentam resultados de valor maior, e da mesma maneira, indivíduos do sexo masculino têm capacidade de exercer forças superiores, (Joana Mendes, 2020).

Outros fatores com menor influência passam pelo estado nutricional do indivíduo e o seu índice de massa corporal, o nível de preparação física e a sua fisiologia, o ramo de atividade profissional, o estado cognitivo, a utilização da mão dominante ou não dominante e o respetivo tamanho, a posição de teste, podendo ainda existir uma variação entre indivíduos de nacionalidades diferentes, (Nascimento. et al., 2010).

Sendo assim, de todo o conjunto de dados resultantes da pesquisa efetuada, foram considerados somente aqueles em que as medições corresponderiam a situações de uso real das tesouras. Isto passa por considerar, por exemplo, apenas os dados medidos com a mão dominante do sujeito de teste, considerou-se que as tesouras seriam sempre utilizadas na mão dominante, definindo-se um intervalo de idades relevantes entre os 18 e 75, entre outras condições referidas de seguida.

Um estudo efetuado em 1998 por *Talsania & Kozin*, em que foi utilizado um dinamómetro de pega manual regulável, considerando três posições diferentes, teve como sujeito de teste a população norte americana e produziu os resultados que podem ser observados na Tabela 1. Foram considerados apenas os resultados relevantes.

Tabela 1 - Valores médios de força de preensão manual para indivíduos norte americanos (Nascimento. et al., 2010).

	Mão dominante – Sexo Feminino (kg)	Mão Dominante – Sexo Masculino (kg)
Posição 1	32.5	52.2
Posição 2	30.2	46.7
Posição 3	26.1	42.1

Um segundo teste considerado, realizado em 2004 por *Massy-Westropp et al.*, efetuado em indivíduos de nacionalidade australiana, apresentou os resultados presentes na Tabela 2. Comparativamente ao teste anterior, este não apresenta apenas uma média de todos os resultados obtidos, mas sim um intervalo entre os valores máximo e mínimo

medidos, organizando também estes valores em função da idade dos indivíduos de teste, não existindo uma variação no que toca à posição de teste do dinamómetro.

Tabela 2 – Intervalo de valores, em função da idade, para a força de preensão manual de indivíduos australianos (Nascimento. et al., 2010).

Idade	Mão dominante – Sexo Feminino (kg)	Mão Dominante – Sexo Masculino (kg)
18 a 24	19 a 39	37 a 67
25 a 34	20 a 44	32 a 73
35 a 44	19 a 43	32 a 72
45 a 54	16 a 42	39 a 63
55 a 64	16 a 36	28 a 58
65 a 75	13 a 33	36 a 54

Um teste realizado na população espanhola, em 2005, por *Luna-Heredia et al.*, considerando indivíduos com idades entre os 30 e 80 anos, produziu os resultados que se apresentam na Tabela 3, apresentando o valor médio, dividido por intervalo de idades.

Tabela 3 - Valores médios, em função da idade, para a força de preensão manual de indivíduos espanhóis (Nascimento. et al., 2010).

Idade	Mão dominante – Sexo Feminino (kg)	Mão Dominante – Sexo Masculino (kg)
30 a 39	28.2	50.9
40 a 49	28.8	50.2
50 a 59	24.5	46.6
60 a 69	19.5	35.7
70 a 79	17.0	29.5

Em 2014 foi conduzido, por *Mohammadian, Choobineh, Haghdooost & Hasheminejad*, na população Iraniana um teste de medição de força de preensão manual, (Giordano. et al., 2016), cujos resultados se apresentam de seguida na Tabela 4, apresentando tanto o valor médio como o intervalo de valores resultantes, em função da idade dos indivíduos de teste.

Tabela 4 - Valor médio e intervalo de valores, em função da idade, para a força de prensão manual de indivíduos iranianos, (Giordano. et al., 2016).

Idades	Mão dominante – Sexo Feminino (kg)		Mão Dominante – Sexo Masculino (kg)	
	Valor médio	Max.– Min.	Valor médio	Max.– Min.
20 a 24	28.5	15.3 - 42.5	54.4	33.7-77.7
25 a 29	29.6	19.0 - 38.7	50.9	33.3-71.7
30 a 34	29.4	17.0 - 41.2	52.6	37.7-69.7
35 a 39	29.7	21.0 - 39.7	48.9	31.7-72.3
40 a 44	29.4	21.0 - 40.3	48.2	32.7-66.3
45 a 49	29.1	19.2 - 50.0	47.2	31.7-71.3
50 a 54	26.5	16.3 - 38.3	43.7	30.2-58.7
55 a 59	24.9	13.3 - 35.3	42.2	28.0-58.7
60 a 64	24.6	17.0 - 33.7	41.4	29.7-57.7
65 a 69	22.0	10.7 - 32.7	35.9	16.0-56.0
70 a 75	22.4	16.5 - 34.3	34.0	17.7-45.0

Uma análise rápida dos dados apresentados acima permite, numa primeira instância, verificar alguns dos fatores que foram mencionados previamente. Verifica-se, então, de um modo geral, que os indivíduos do sexo masculino apresentam uma capacidade de exercer forças de prensão manual superiores, podendo analisar-se também a existência de uma variação destes valores entre as mais diversas nacionalidades. Por último, pode confirmar-se a existência de um padrão de evolução desta força, havendo um aumento da mesma até serem atingidos os 35 anos de idade e uma posterior diminuição contínua.

Quanto aos valores previamente referidos, pode verificar-se que a média dos mesmos se encontra no intervalo dos 30 aos 50 kg, no entanto, podem observar-se instâncias em que o valor máximo medido atinge valores muito próximos dos 80 kg. Considerando estes valores no contexto da utilização de tesouras agrícolas, é expectável que a carga gerada na maioria dos cortes efetuados com as mesmas se encontre entre 30 e 50 kg, o que corresponde aos valores médios dos testes efetuados.

No entanto, não podem desprezar-se os momentos em que estas serão utilizadas por indivíduos capazes de exercer cargas de valor mais elevado, na ordem dos 80 kg. Assim, considerou-se este valor de 80 kg como sendo o valor a utilizar para o desenvolvimento da

máquina, de forma a garantir que esta seja capaz de simular o funcionamento e de fazer uma medição correta das cargas geradas. Este valor de 80 kg fornece também, desde logo, uma margem de segurança para todo funcionamento da máquina, garantindo que a maior parte das cargas a serem medidas pela mesma serão bastante inferiores a este valor máximo. Todo o processo de dimensionamento e seleção de componentes do equipamento tem por base este valor.

2.5 Materiais a Cortar Pelas Tesouras Agrícolas em Fase de Teste

Um dos elementos, a par das tesouras, que garante a coerência de resultados e viabilidade dos testes é o material que se pretende cortar. De um modo geral devem-se analisar quais os materiais que as tesouras agrícolas costumam cortar. Posteriormente encontrar no mercado materiais com um comportamento semelhante que estejam padronizados, ou seja tenham sempre a mesma forma, possam ser manipulados com facilidade e possam ser incluídos num sistema de alimentação automático.

Em primeiro lugar, e como já foi referido, as tesouras em estudo serão essencialmente utilizadas para cortar ramos de pequenas dimensões, cordas utilizadas nas vindimas ou frutas. De um modo geral elementos com área de secção circular, que não exigem um grande esforço para serem cortados. No entanto é de todo o sentido separar as madeiras consideradas verdes das madeiras secas, já que estas possuem dois tipos distintos de corte. A madeira seca é cortada por batente, decorrente do esmagamento do material. A madeira verde é cortada por sobreposição para que se obtenham cortes limpos sem danificar, em demasia, o material a cortar. Para este equipamento, de modo a facilitar o processo de fornecimento de material a cortar remoção de aparas consequentes ao corte, será analisado com principal destaque o corte de madeiras secas.

Tendo por base o material que habitualmente as tesouras cortam foi possível elaborar a Tabela 5. Nesta tabela são apresentados elementos padronizados da *Leroy Merlin*, (Leroy Merlin, 2020), com capacidade de simular os materiais que as tesouras agrícolas normalmente cortam. Nesta tabela são apresentados os materiais, uma imagem do produto, o custo unitário bem como as principais características do produto.

Tabela 5 – Materiais a utilizar na máquina de teste de tesouras agrícolas com capacidade de simular com rigor o corte tradicional de ramos, frutas ou outros, (Leroy Merlin, 2020).

Material	Imagem	Fornecedor	Custo Unitário	Principais Características
Faixa 8711283367804		LeroyMerlin	0,69€	Varões Comprimento: 1 m Diâmetro: 5 – 30 mm
Pinho 5600437700969		LeroyMerlin	1.69 €	Varões Comprimento: 2.40 m Diâmetro: 10 – 35 mm
Samba / Obeche 8711283234212		LeroyMerlin	3.09 €	Varões Comprimento: 2.40 m Diâmetro: 12 mm
Polipropileno 3276009973806		LeroyMerlin	7.09 €	Corda Comprimento: 15 m Diâmetro: 6 mm
Sisal 3276005537507		LeroyMerlin	11.99 €	Corda Comprimento: 15 m Diâmetro: 8 mm
Cânhamo 4032526749404		LeroyMerlin	1.29 €/m	Corda Comprimento: até 14 m Diâmetro: 14 mm

De um modo geral qualquer um destes materiais permite simular o corte, no entanto surgem outras características cruciais, como o custo, as dimensões e a manipulação. A seleção de material a cortar é efetuada durante a fase de Anteprojecto.

3. ANTEPROJETO – PRIMEIRA VERSÃO

Tendo por base as especificações dadas pela empresa Serafim Fertuzinhos SA e pelos equipamentos existentes prossegue-se então para a idealização de um conceito capaz de realizar o teste de tesouras agrícolas. Ao longo deste capítulo serão analisadas as premissas, especificações a cumprir pelo equipamento, lote de tesouras fornecido entre outros, bem como avaliadas as diferentes alternativas capazes de simular o funcionamento de tesouras agrícolas.

3.1 Análise do Problema

A primeira fase de qualquer projeto concentra-se na análise do problema, neste caso em particular podemos considerar que o principal foco se concentra na criação e desenvolvimento de um equipamento para simular o processo de corte de tesouras agrícolas, permitindo desde logo a recolha de dados significantes resultantes da operação de corte, adaptável ao lote de tesouras fornecido pela Serafim Fertuzinhos S.A.

O equipamento requerido pela empresa em questão tem como principal objetivo atualizar o modo como se processam os testes às tesouras agrícolas. Os testes de campo, elaborados pelas pessoas das proximidades da empresa, como referido anteriormente, apesar de permitirem uma avaliação prática do desempenho das tesouras não permite uma avaliação objetiva e capaz de fornecer valores científicos relativos a cada tesoura.

A constante evolução e constante procura pela melhoria continua e automatização dos seus processos cria na Serafim Fertuzinhos S.A. a necessidade de projetar um equipamento para a realização de testes às suas tesouras. O equipamento pode desde já ser dividido em duas zonas principais. Uma zona capaz de simular o corte e uma outra capaz de fornecer material para o corte.

A zona para a simulação do corte, podendo ser chamada de zona de acionamento, tem de conseguir abrir e fechar a tesoura, de um modo controlado e repetitivo, e consequentemente cortar o material. Este sistema tem de ser adaptável aos diversos modelos da marca Carpa Tools, este ajuste tem de ser garantido para a amplitude da tesoura, para a altura da tesoura adaptável à geometria do cabo de cada tesoura. Por fim o

sistema responsável pela reprodução do movimento de abertura e fecho da tesoura tem de medir a força resultante de cada corte.

A zona de alimentação automática, é definida como a zona capaz de fornecer material para cortar e podem, desde já, definir-se algumas premissas tais como a capacidade de armazenar e fornecer material para um funcionamento contínuo do equipamento, controlar o fornecimento e garantir um comprimento para corte definido e programável.

3.2 Análise do Lote de Tesouras

Após definido o conjunto base de características e especificações do equipamento a projetar, segue-se a análise do lote de tesouras cedido pela empresa, sendo expectável que a máquina a desenvolver seja capaz de efetuar os testes em cada uma delas. Dado que as tesouras são os componentes a serem testados, a máquina terá de ser construída em torno das dimensões e *design* das tesouras a testar.

Deste modo, começaram por se analisar quais as características, das tesouras, mais relevantes aquando do desenvolvimento da máquina.

A primeira, e aquela que será a mais relevante de todas, passa pelas dimensões de cada um dos modelos de tesoura. Esta diferença de dimensões de modelo para modelo irá alterar os mais diversos fatores, entre estes, a posição da lâmina de corte da tesoura, a amplitude de abertura e fecho, a posição de atuação no momento de fecho, a forma de fixação da tesoura na máquina, entre outros fatores relevantes. Assim sendo, definiram-se quais as dimensões mais significativas, para o projeto, a ser recolhidas em todas as tesouras.

Convém referir que, as posições críticas a analisar da tesoura são a posição completamente fechada, bem como a posição completamente aberta, dado que são os dois pontos extremos de funcionamento. Garantindo que a máquina consegue funcionar entre estes dois valores, têm-se a certeza que é possível simular todo o processo de corte.

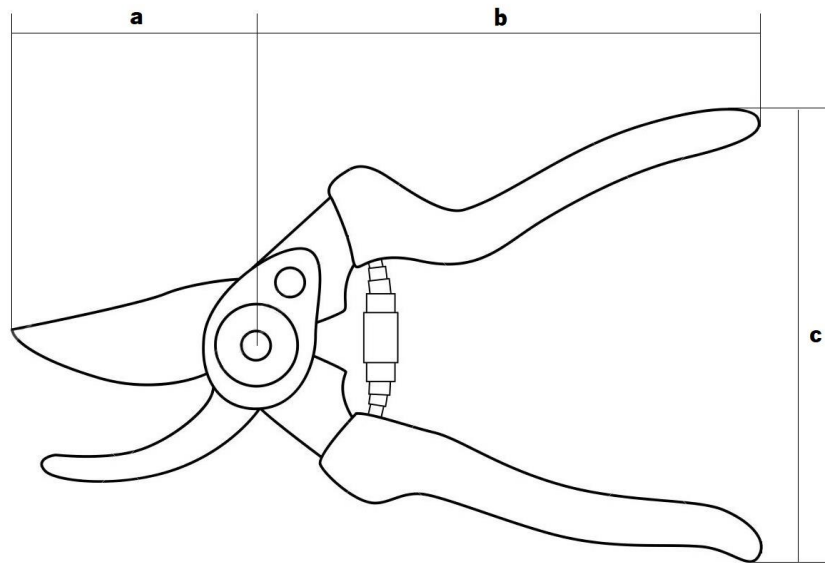


Figura 19 - Representação esquemática de uma tesoura, onde se caracterizam as medidas mais relevantes para este projeto, em que a é a distância entre a lâmina e o centro de rotação, b é a distância entre o centro de rotação e o final do cabo e por fim c é a amplitude da tesoura, (123RF, 2020).

Como pode ser observado na Figura 19, foram definidas três dimensões principais a ser recolhidas. Começando pela que se identifica com a letra “a”, esta corresponde à medida entre o eixo da tesoura e a ponta da lâmina. Esta medida será constante quer se considere a tesoura na posição aberta ou fechada. A caracterização desta dimensão para todas as tesouras permite desde já definir a amplitude de ajuste para a alimentação de material a cortar.

No que toca à medida “b”, esta pode definir-se como sendo a distância entre o eixo da tesoura e o ponto extremo da pega superior. Considerando a posição fechada, teremos a medida em que este ponto se encontra mais distante do eixo, e na posição aberta o ponto mais próximo. Considerando a diferença entre estas duas medidas, torna-se possível delimitar o intervalo no qual esta pega se movimenta, determinando assim a variação horizontal à qual a atuação tem de corresponder.

Quanto à medida “c”, esta apresenta também uma diferença caso se considere a tesoura fechada ou aberta. Quando fechada, trata-se da espessura da mesma, ou seja, a altura mínima da tesoura em relação a uma base. Como se pode verificar anteriormente, existem diferentes tipos de pegas, sendo que alguns destes possuem formas não lineares, o que faz com que existam secções da pega com espessura maior e menor. Nestes casos escolheu apresentar-se, para a medida “c”, tanto o valor mínimo, como o valor máximo. A

caracterização do valor desta medida com a tesoura fechada e com a tesoura aberta permite definir a amplitude de cada tesoura, fator crucial para o dimensionamento do equipamento para testes.




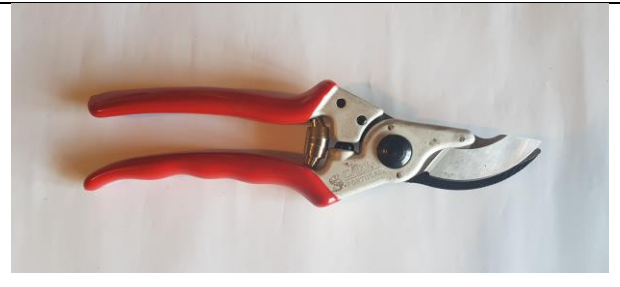


Caso se considere a posição aberta, esta medida passa a ser a posição máxima a que a pega se encontrará, definindo assim o valor mais elevado ao qual o mecanismo de atuação terá de corresponder. Uma particularidade deste valor é que, durante a utilização diária da tesoura, não é expectável que o utilizador a abra até ao valor máximo depois de todos os cortes efetuados, pelo que se considerou uma posição intermédia, de utilização, após a qual, a continuação da abertura da tesoura não se justificará, efetuando uma medição nesta posição.

Para além das dimensões, considerou-se importante referir qual o tipo de tesoura, tipo de lâmina, e a geometria da pega (se esta é curva ou reta), fatores que irão, posteriormente, influenciar a construção da máquina.

De forma a obter-se uma maior perceção de todos os modelos que foram considerados neste estudo, apresentam-se, na Tabela 6, fotografias de todas as tesouras, tendo sido atribuído a cada uma delas uma letra, para mais facilmente efetuar a sua identificação posteriormente.

Tabela 6 - Lote de tesouras fornecidas pela Serafim Fertuzinhos, da marca Carpa Tools para o desenvolvimento de um equipamento para o seu teste, com a respetiva letra de identificação, fotos de autoria própria.

Denominação	Fotografia da tesoura
A	
B	

Denominação	Fotografia da tesoura	
C		
D		
E		
F		
G		
H		

Posto isto, foram recolhidas todas as medidas relativas às tesouras, as quais se apresentam na Tabela 7.

Tabela 7 - Medidas relevantes de cada uma das tesouras fornecidas pela empresa Serafim Fertuzinhos S.A.

Letra de Identificação	Tesoura fechada			Tesoura aberta		
	a (mm)	b (mm)	c (mm)	b (mm)	C útil (mm)	C máximo (mm)
A	90	170	39.5	110	150	180
B	80	150	34.8	105	140	160
C	58	122	33	70	120	120
D	70	120	32.7	70	105	130
E	58	142	42 a 44	55	115	130
F	70	150	41 a 48	40	140	160
G	60	140	40.5 a 41	60	135	155
H	57	133	44	55	105	145

3.3 Desenvolvimento Conceptual

O desenvolvimento de um conceito de uma máquina capaz de simular o corte das tesouras agrícolas, como era expectável, possuiu várias fases ao longo do seu desenvolvimento.

Como referido anteriormente, focou-se o desenvolvimento do equipamento para teste de tesouras em duas fases principais. Uma primeira fase desenvolver um sistema capaz de simular o corte e numa segunda fase desenvolver um sistema capaz de fornecer, de um modo automático e contínuo, material para corte.

3.3.1 Desenvolvimento do Sistema de Corte

O sistema de corte, como o próprio nome indica, é o responsável pela abertura e fecho da tesoura, o que simula o processo de corte. Deste modo, é necessário produzir um movimento retilíneo alternativo. Para tal, analisaram-se diversos equipamentos descritos em detalhe no estado da arte deste documento, tais como: o limador; as máquinas de ciclos repetitivos; a *CATRA-Scissors Cutting Performance Test Machine*, que tem como característica comum produzir movimentos repetitivos numa mesma direção. Tendo por

base estes sistemas surgiram dois conceitos possíveis para a criação de um mecanismo capaz de efetuar a abertura e o fecho das tesouras.

O primeiro baseia-se na utilização de um atuador vertical, atuador retilíneo pneumático, em que a haste do cilindro se acopla à pega da tesoura, quando avança fecha a tesoura e quando recua volta a abrir a tesoura. Este componente elétrico tem de ser situado imediatamente acima da zona de atuação, ou seja, por cima do cabo da tesoura.

O segundo sistema baseia-se num mecanismo semelhante ao do limador mecânico, em que através de um sistema came seguidor se transforma o movimento circular de um motor elétrico num movimento retilíneo. Este movimento seria transmitido à tesoura através de uma haste acoplada ao cabo da tesoura. A cada volta do motor teremos uma abertura e fecho da tesoura.

A seleção de qual sistema utilizar teve por base uma análise comparativa, isto é, definiram-se pontos cruciais ao projeto tais como custo, adaptabilidade, durabilidade e portabilidade do sistema, classificou-se cada um dos sistemas comparativamente e selecionou-se o com melhor classificação global. Define-se, para este estudo comparativo, o custo como o preço do atuador pneumático, para o caso do primeiro sistema e o custo dos componentes mecânicos para o segundo sistema; a adaptabilidade do sistema como a capacidade de ajustar a amplitude do movimento dependendo da amplitude da tesoura; a durabilidade como a necessidade ou não de manutenção, possibilidade de encravamento e resistência aos esforços; a portabilidade como a facilidade de transportar o sistema para feiras demonstrativas e dentro das próprias instalações.

Na Tabela 8 são apresentadas as comparações referidas, onde o sinal “>” representa a maior classificação e o sinal “<” a menor.

Tabela 8 - Comparação entre o sistema elétrico e mecânico tendo por base o seu custo, a durabilidade e a adaptabilidade.

Pontos em análise	Sistema pneumático	Sistema mecânico
Custo	>	<
Durabilidade	<	>
Adaptabilidade	>	<
Portabilidade	<	>

Após analisar a tabela podem ser retiradas algumas conclusões. De um modo geral o custo de implementação do sistema pneumático é superior ao sistema mecânico devido ao preço dos cilindros com haste guiada e principalmente pelo custo do ar comprimido. O sistema pneumático é mais facilmente ajustável à amplitude, pois no caso do sistema mecânico este ajuste terá de ser manual, por posições previamente definidas. Quanto à durabilidade do sistema, tendo em conta que se estarão a realizar não só cargas verticais, o sistema pneumático tem mais tendência a criar fugas nos vedantes, empenar ou até mesmo necessitar de ser substituído. Relativamente à portabilidade do sistema, o facto de um sistema pneumático necessitar de uma rede de ar comprimido limita o seu transporte. Tendo em conta todos estes pontos, optou-se por seguir com a elaboração de um sistema mecânico para a abertura e fecho das tesouras.

O mecanismo para a abertura e fecho da tesoura seleccionado possui um elemento rotativo que, através de um pino que circula dentro de um segundo elemento de transmissão também denominada por corrediça proporciona a subida e descida de uma haste que, por sua vez, realiza a abertura e fecho da tesoura. Este sistema está representado na Figura 20.

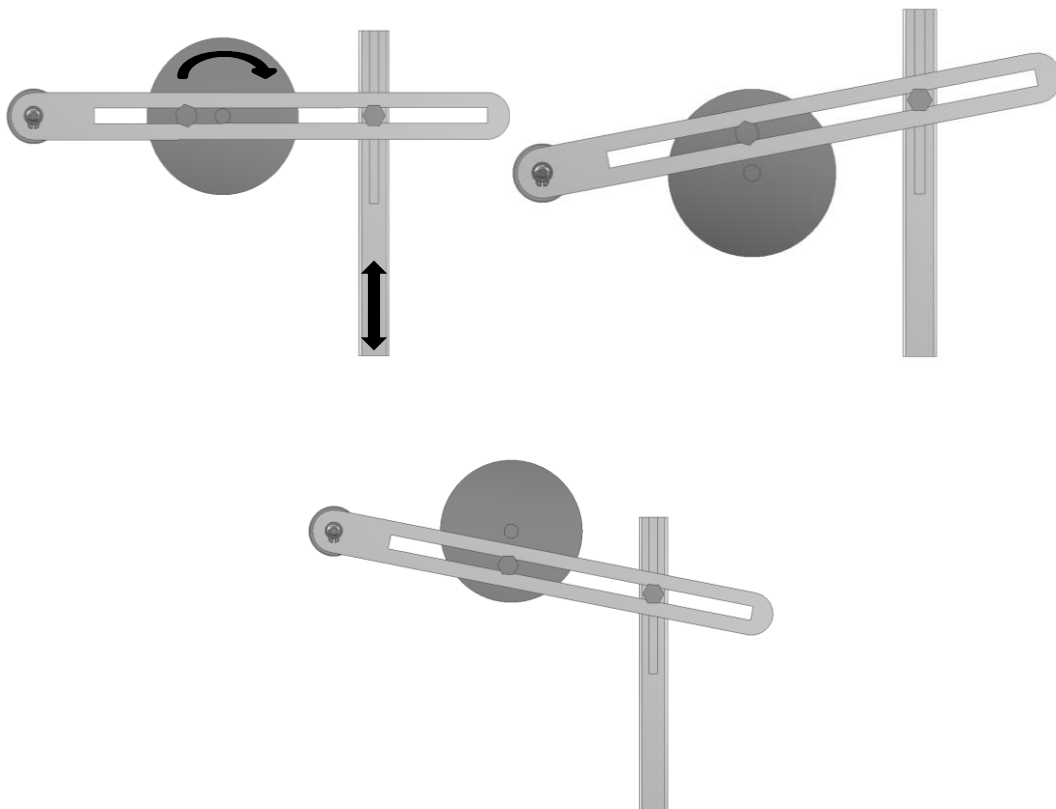


Figura 20 - Representação esquemática, em Inventor, do funcionamento do sistema de acionamento mecânico idealizado em três fases do acionamento.

A transmissão do movimento do mecanismo ao cabo da tesoura é realizada por uma haste vertical, como se pode observar na Figura 20. Para este sistema ser aplicado a todas as tesouras fornecidas pela empresa, esta haste vertical tem de permitir ajuste. De um modo geral o sistema idealizado baseia-se nos sistemas de fixação com porcas em T, DIN 508. Esta porca está alojada num rasgo acoplada a um parafuso. Deste modo aquando da fixação de um novo modelo de tesouras é possível ajustar a altura da aplicação no cabo. A construção pretendida para este elemento encontra-se na Figura 21.

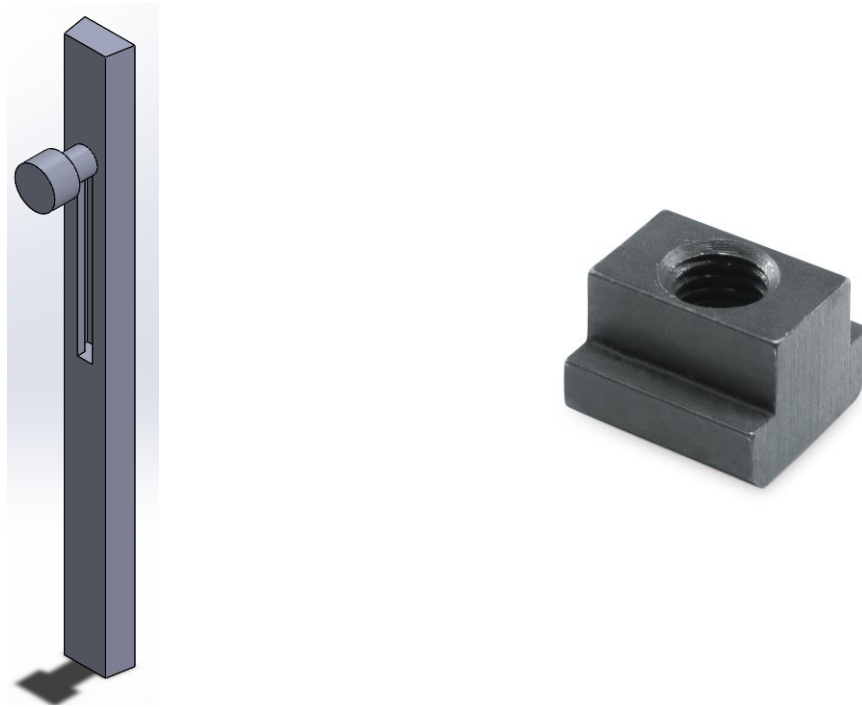


Figura 21 – Haste vertical com capacidade de se ajustar às diferentes geometrias das tesouras, onde se destaca uma DIN 508, porca em T para rasgos metálicos.

Tendo definido o mecanismo de atuação procede-se agora para a idealização do sistema completo para a simulação da abertura e fecho das tesouras. O sistema de corte, para além de ter uma estrutura para suportar o mecanismo que garante a abertura e fecho das tesouras, tem ainda de conseguir fixar uma das pegas da tesoura, possuir uma mesa, permitir ajustes em altura, pois todas as tesouras têm geometrias dispares, e medir a força do corte.

Para o sistema de fixação selecionou-se uma mesa muito semelhante à utilizada pelas fresadoras tradicionais em que a tesoura é fixada à mesa através de parafusos, acoplados a porcas DIN 508, em rasgos da mesa, recorrendo a calços específicos para cada tipo de cabo das tesouras. O ajuste de altura desta mesa é garantido através de quatro varões roscados

ligados a uma base. Através das porcas que fixam a mesa será possível ajustar a mesma em altura.

Para a medição de carga utilizou-se um sistema que tem por base o funcionamento das balanças domésticas. A carga é medida por três células de carga que suportam a base da mesa, onde todo o esforço do corte é transmitido às mesmas, resultando uma medição da força do corte.

De modo a conseguir incorporar o mecanismo de corte, a mesa e as células de carga utilizaram-se barras em perfil Bosch para facilitar a sua montagem. Na Figura 22 pode-se observar um modelo de um possível sistema de corte. O sistema idealizado possui uma came acionadora (1), uma haste acionadora vertical (2), uma barra de transmissão (3), uma mesa com rasgos em “T” para a fixação da tesoura (4), uns varões roscados, responsáveis pelo nivelamento e ajuste em altura da mesa (5) e por fim uma representação do posicionamento das células de carga (6).

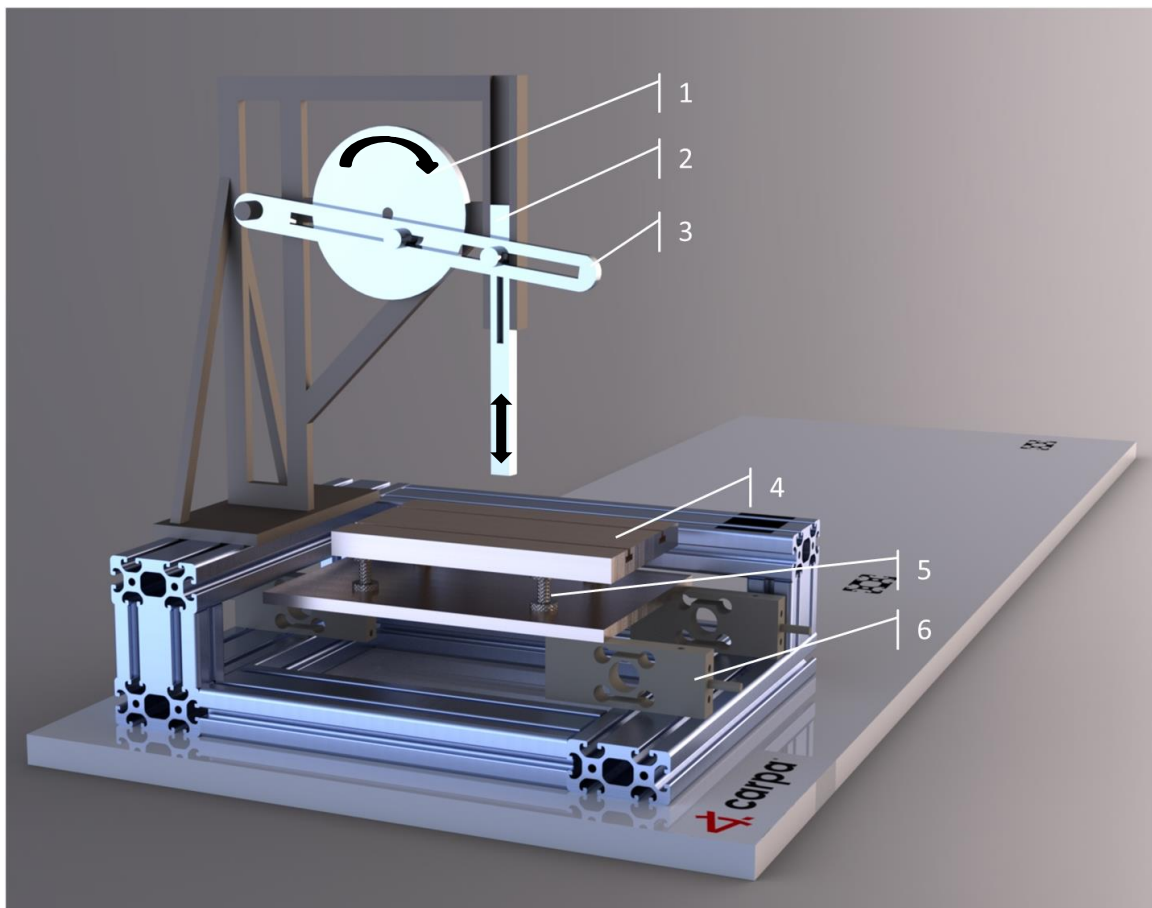


Figura 22 – Sistema de corte idealizado para o equipamento de simulação da performance de tesouras agrícolas em que se destacam a came acionadora (1), a haste acionadora vertical (2), a barra de transmissão (3), a mesa de fixação da tesoura (4), os varões roscados (5) e as células de carga (6).

3.3.2 Desenvolvimento do sistema de Alimentação

O sistema de alimentação de material a cortar é o principal responsável por um funcionamento autónomo e contínuo do equipamento. Isto é, o equipamento para testes será capaz de funcionar, sem intervenção de operários, tanto mais tempo quanto maior for a capacidade do alimentador.

Numa primeira fase, foi necessário seleccionar qual o material a cortar para se poder desenvolver um sistema de alimentação em torno deste elemento. Tendo por base os materiais para cortar disponíveis no mercado, como se demonstra no estado da arte deste documento, foi necessário escolher entre madeira em varão e cordel. Em conjunto com a Serafim Fertuzinhos S.A. seleccionaram-se varões de madeira como o consumível que melhor permite simular o funcionamento normal das tesouras agrícolas. De um modo geral, as tesouras produzidas pela empresa são destinadas ao ramo agrícola onde se cortam essencialmente galhos de madeira.

Após definir o material foi necessário seleccionar qual o tipo de madeira e quais as dimensões dos varões a utilizar. Na Tabela 9 estão demonstrados os tipos de varão fornecidos pela *LeroyMerlin*.

Tabela 9 - Excerto dos materiais disponíveis para cortar, da empresa *LeroyMerlin*, onde apenas se apresentam as alternativas em madeira, (Leroy Merlin, 2020).

Material	Imagem	Custo por metro	Principais Características
Faia 8711283367804		0,69€	Varões Comprimento: 1 m Diâmetro: 5 – 30 mm
Pinho 5600437700969		0.70 €	Varões Comprimento: 2.40 m Diâmetro: 10 – 35 mm
Samba / Obeche 8711283234212		1.29 €	Varões Comprimento: 2.40 m Diâmetro: 12 mm

Para a análise em detalhe os consumíveis disponibilizados pelo mercado, teve-se em consideração fatores como: o custo por metro, dado a quantidade de varões que se vai gastar para cada teste; o comprimento do varão, dado que o sistema de alimentação será tanto mais compacto quanto menor for o comprimento do varão; o diâmetro do varão para conseguir simular ao máximo o funcionamento normal das tesouras.

Posto isto, escolheu-se o varão de faia, com um custo por metro de 0.69 €, 1 metro de comprimento, o mais compacto dos três, e com um diâmetro de 5 milímetros, dado que as tesouras são utilizadas essencialmente em galhos com pequeno diâmetro.

Tendo definida a tipologia do consumível a cortar pelo equipamento pode então idealizar-se um sistema de alimentação. Este sistema tem de armazenar uma quantidade considerável de varões, para garantir intervenções mínimas, selecionar varão a varão e conseguir fornecer ao sistema de corte material para cortar em comprimentos controlados, isto é, de entre os varões armazenados o sistema a idealizar tem de fornecer um varão de cada vez, empurrando-o sequencialmente à medida que vai sendo cortado.

Numa primeira fase projetou-se uma zona estipulada para o armazenamento dos varões. Esta zona teria de armazenar na horizontal uma quantidade suficiente de varões para se efetuar um teste a uma tesoura. Deste modo projetou-se uma espécie de funil em que os varões estão armazenados e conseguem ser depositados um a um para um posterior corte. A seleção dos varões será controlada por um sistema de doseamento que é constituído por um anel com a forma negativa do varão que ao rodar permite apenas a passagem de um varão. Na Figura 23 é possível observar o funcionamento deste sistema, um conjunto de anéis estarão acoplados a um veio que a cada 1/7 de volta fornece um varão.

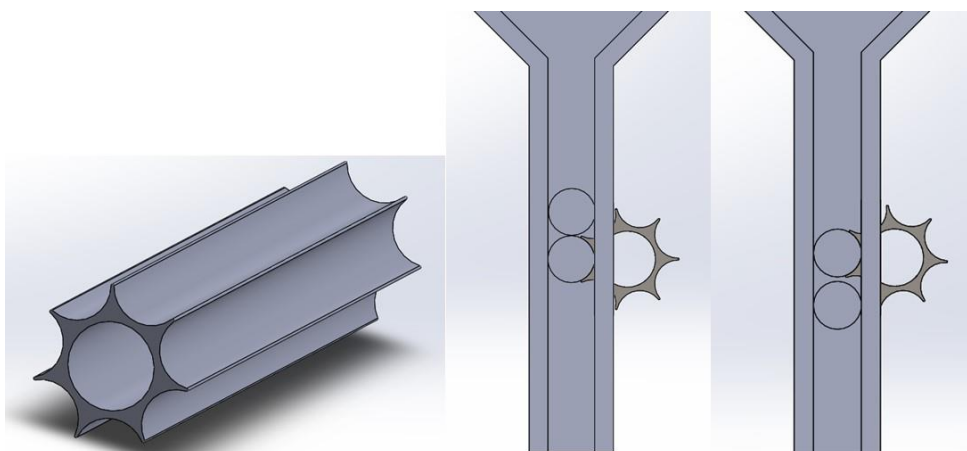


Figura 23 – Sistema de doseamento de varões de madeira, integrado no sistema de alimentação, modelado em *SolidWorks*, onde se demonstra o seu funcionamento.

Tendo conseguido armazenar os varões e posteriormente fornecer, controladamente, um varão de cada vez, surge a necessidade de criar um mecanismo capaz de transportar os varões de madeira desde o armazenamento até ao corte. O transporte dos varões de faia será feito em duas fases, uma primeira fase de aproximação e uma segunda de avanço controlado.

Para a primeira fase é utilizado um tapete de tela adaptado ao sistema em questão. Este tapete ao rodar, e através do atrito gerado entre ele e o varão de madeira, empurra cada varão até à segunda zona de avanço. A segunda fase tem de permitir um avanço controlado, isto é, tem de ser possível controlar o comprimento do varão que é fornecido para cortar e este valor tem de se manter ao longo de uma sequência de testes. Deste modo surge uma came transportadora acoplada a um motor. Este elemento, permite fornecer o varão ao sistema de corte. Cada fração de volta corresponde a um comprimento do varão que é empurrado, garantindo assim a segunda fase de avanço.

Por fim, para garantir o alinhamento do varão ao longo de todo o processo de fornecimento foram implementados uns rolos, que devido à sua forma geométrica permitem centrar os varões de madeira.

De um modo geral o sistema de alimentação encontra-se definido e pode ser observado na Figura 24, onde se destacam os seus principais elementos. O cilindro alinhador (1), a came empurradora (2), o local onde se vão armazenar os varões para corte (3), o sistema de doseamento (4) e por fim o tapete responsável pela primeira fase de aproximação dos varões a cortar.

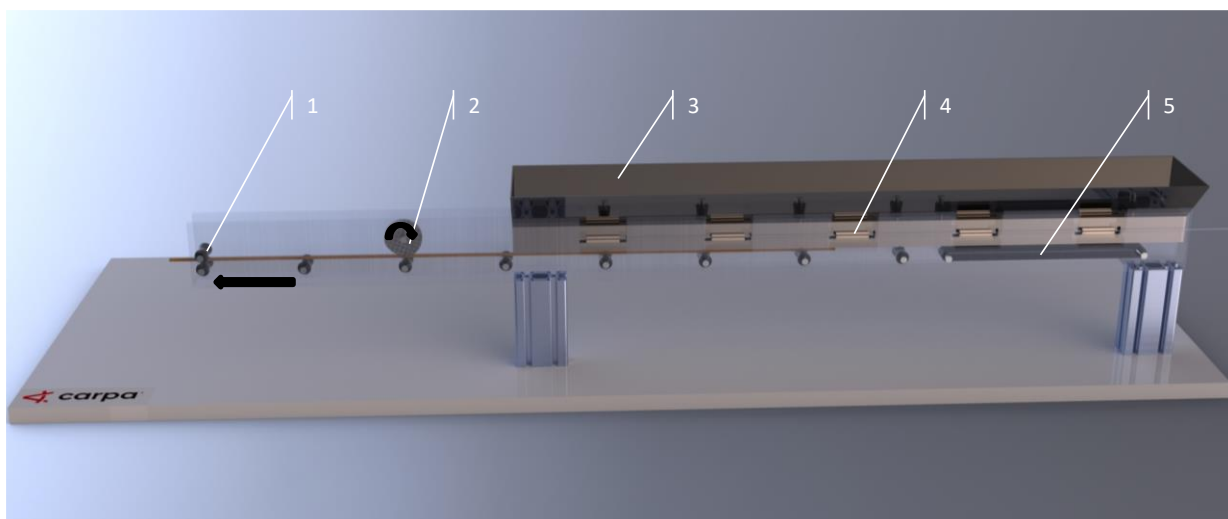


Figura 24 – Sistema de doseamento de varões de madeira, integrado no sistema de alimentação, modelado em *SolidWorks*.

3.3.3 Sistema completo

Após uma primeira fase de idealização do sistema de corte e sistema de alimentação é possível criar um conceito final da máquina para a análise da performance de tesouras agrícolas, idealizada para a empresa Serafim Fertuzinhos para as tesouras da marca Carpa. Neste modelo não foram consideradas quaisquer motorizações pois numa primeira fase, a fase de anteprojecto, o foco foi a idealização dos mecanismos.

O equipamento funcionará para as diferentes tesouras fornecidas devido aos ajustes que este permite. O procedimento passará sempre pela fixação da tesoura, no sistema de acionamento, pelo abastecimento do reservatório de material a cortar e por uma definição dos parâmetros de corte tais como número de ciclos e avanço do varão para corte. Posto isto o sistema de alimentação seleciona um varão de cada vez e vai fornecendo ao sistema de acionamento. A cada corte a força efetuada é registada tendo como objetivo final analisar os dados relativos à operação.

De um modo global, o sistema de acionamento e o sistema de alimentação terão uma base comum, para facilitar o seu posicionamento e futuros transportes, para eventos ou feiras de demonstração e a sua representação esquemática, recorrendo ao *software SolidWorks*, pode ser observado na Figura 25.

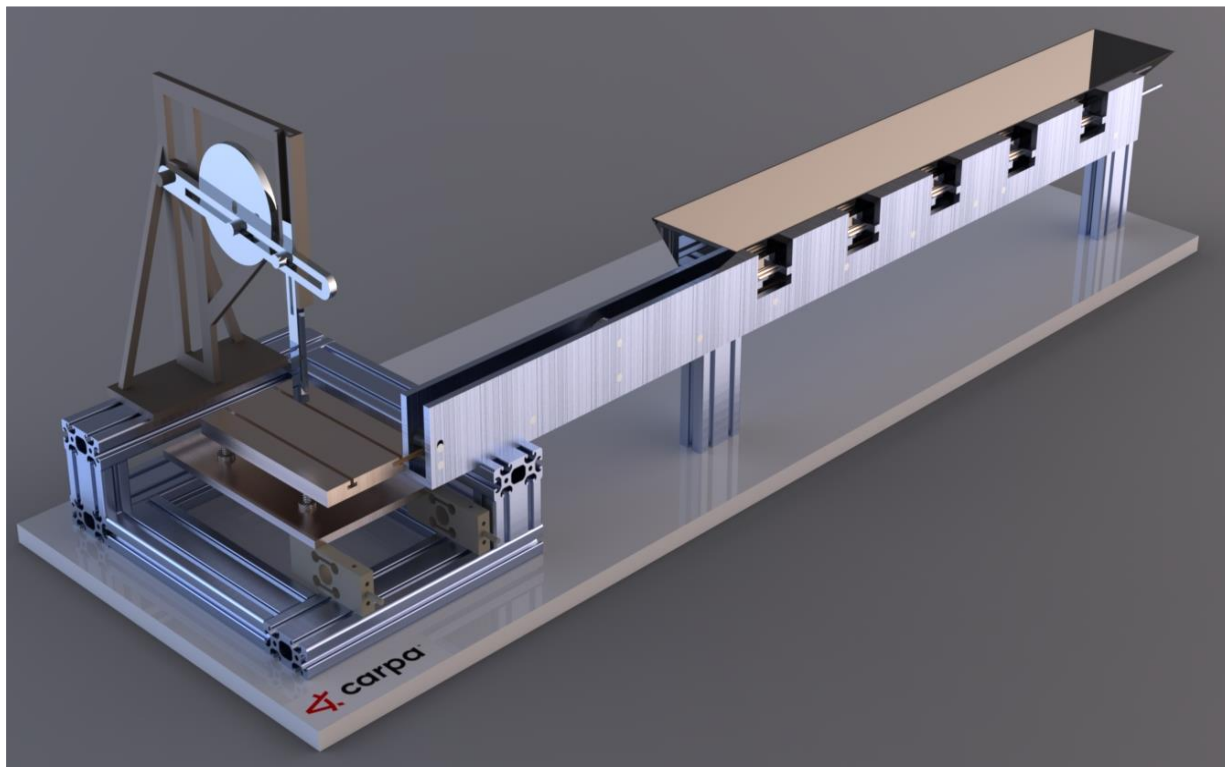


Figura 25 – Equipamento projetado para a análise da performance de tesouras agrícolas.

3.4 Protótipo do Conceito Desenvolvido

Dado por terminada a fase de anteprojecto e antes de se poder passar para um processo de dimensionamento detalhado de todos os componentes, procedeu-se a construção de um protótipo do equipamento idealizado. Este protótipo tem como principal intuito a criação de um modelo físico que permita analisar os diversos componentes e a estrutura global da máquina. Tanto o modelo impresso como o modelo CAD, foram analisados em conjunto com a empresa Serafim Fertuzinhos S.A. para se poderem afinar pormenores de modo a aprovar o projeto.

Para a construção deste protótipo, por razões de acessibilidade, recorreu-se a uma impressora 3D por extrusão de filamento, cujo filamento foi PLA vermelho. A escolha do tipo de impressão foi influenciada pela acessibilidade a este tipo de tecnologia. Apesar de a impressão através de resina permitir um melhor acabamento e maiores pormenores nas peças impressas a diferença de preços não se justificava para a finalidade do protótipo.

O equipamento utilizado é da marca *Beethefirst* e pode ser observado na Figura 26. Possui um volume de impressão de 190x135x125 mm e tem uma resolução de 50 a 300 microns. Dado as dimensões máximas permitidas pelo equipamento adotou-se uma escala de ¼ bem como. Para otimizar o tempo de impressão e dada a baixa relevância do rigor da impressão uma resolução de 200 microns.



Figura 26 – Equipamento da marca *Beethefirst* utilizado para a impressão do protótipo do conceito desenvolvido, (Beethefirst, 2020).

A impressão dos componentes durou cerca de uma semana e o resultado pode ser observado na Figura 27 e na Figura 28. De referir apenas que, devido à sua extensão, o sistema de alimentação foi seccionado e se imprimiram apenas as partes críticas para o seu funcionamento. Em primeiro uma vista detalhada do sistema de acionamento e de alimentação, seguidas de uma vista geral do protótipo.

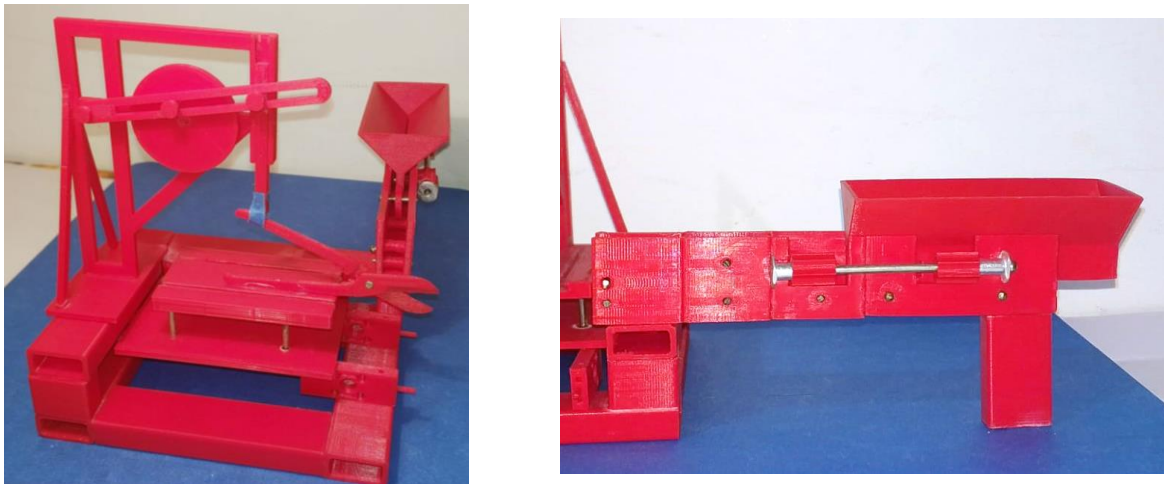


Figura 27 – Protótipo, impresso em PLA, do sistema de acionamento à esquerda e do sistema de alimentação à direita.



Figura 28 – Protótipo, impresso em PLA, do equipamento completo.

O protótipo impresso foi apresentado aos responsáveis da empresa Serafim Fertuzinhos S.A. com o intuito de validar o conceito elaborado. De um modo geral as necessidades impostas pela empresa foram cumpridas no modelo idealizado, no entanto surgiram alguns melhoramentos.

Relativamente ao sistema de acionamento foi sugerido alargar a haste vertical que aciona o cabo da tesoura, de modo a permitir compensar a variação da posição de

acionamento de cada tesoura, incluindo ainda uma fivela para prender ao cabo da tesoura, garantindo a subida do cabo solidária com a haste.

Relativamente ao sistema de alimentação, surgiu a necessidade de otimizar o sistema de armazenamento dos varões para corte, tendo por base um sistema já existente na empresa, aumentando assim o conforto dos responsáveis. Neste novo armazém os varões são selecionados numa rampa, diminuindo a probabilidade de encravamento e o sistema de armazenamento encontra-se lateralmente posicionado em relação ao canal de fornecimento.

Por fim, o anteprojecto definido foi aprovado, tendo em conta as duas alterações referidas, podendo então seguir-se para uma fase mais detalhada do projecto.

4. ANTEPROJETO DETALHADO

Ao longo desta fase do projeto, tendo definidos os contornos principais do equipamento para a análise da performance das tesouras agrícolas, surge a necessidade de dimensionar componentes críticos, definir processos de fabrico e apresentar esboços, desenhos técnicos e desenhos de montagem do equipamento final. Os desenhos técnicos completos individuais, de quinagem, de soldadura e de montagem encontram-se no Anexo I.

4.1 Equipamento para Análise da Performance de Tesouras Agrícolas

Recorrendo ao software Inventor 2020 procedeu-se à modelação do equipamento projetado. Ao longo deste subcapítulo introdutório são apresentados geralmente, os sistemas que compõe a máquina. Numa primeira fase relativamente à estrutura mecânica do equipamento e numa segunda fase relativamente ao acionamento e recolha de dados.

4.1.1 Estrutura Mecânica do Equipamento Projetado

O equipamento projetado, após realizadas as melhorias que surgiram na reunião com a empresa, tem por base o mecanismo definido na fase de anteprojecto. O sistema de corte e o sistema de alimentação foram acoplados a uma base recorrendo a perfil extrudido de alumínio e pode ser observado na Figura 29. Os principais elementos serão analisados em detalhe nos próximos capítulos.

Relativamente ao sistema de acionamento (1) reestruturou-se o chassi duplicando os apoios para garantir estabilidade aos eixos. Na mesa e sistema de medição de carga (2), incluíram-se sistemas de fixação, um rasgo em “V”, para facilitar a fixação e posicionamento da tesoura e uma chapa quinada para escoamento do material cortado. O depósito dos varões (3) a cortar foi totalmente redefinido, passou a possuir uma saída lateral, em vez da saída por baixo inicialmente proposta, com inclinação, sendo nesta rampa que se faz a seleção dos varões. Está localizado lateralmente e incluíram-se rasgos nas laterais caso exista necessidade de aceder aos varões pela lateral. Por fim, no sistema de alimentação (4) apenas se incluíram rolamentos nos veios sujeitos a maior esforço de rolamento, que é o caso da came empurradora e do tapete. Os rolos centradores não necessitam de rolamentos

acoplados, no caso desses o rolamento é facilitado pela diferença de materiais e consequente baixo atrito de rolamento.

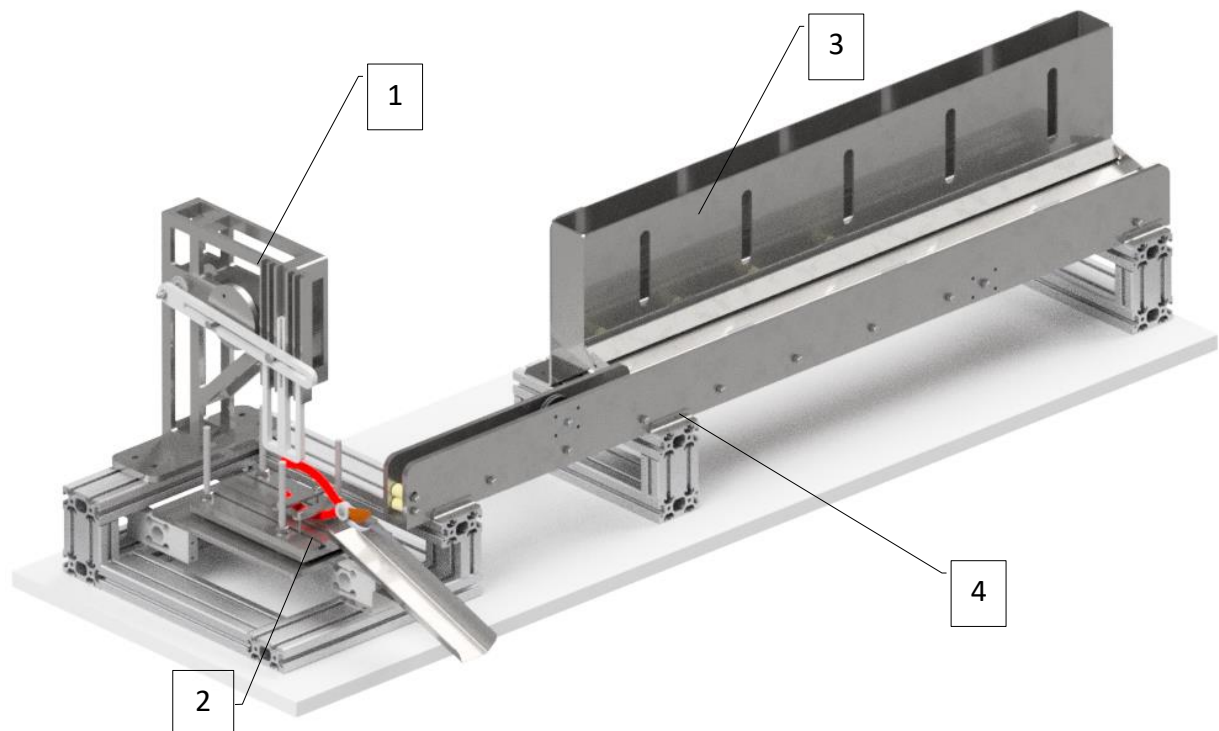


Figura 29 – Equipamento projetado, onde se identificam os principais elementos, (1) sistema de acionamento, (2) mesa e medição de carga, (3) depósito de varões e (4) sistema de alimentação, modelado em *Inventor 2020*.

4.1.2 Sistemas de Atuação e Controlo do Sistema Projetado

Após analisar a estrutura mecânica do equipamento podemos observar, na Figura 30, o equipamento com todos os componentes eletrónicos responsáveis pelo controlo e movimentação da máquina projetada. Apesar de a projeção do sistema de movimentação elétrico e de controlo do equipamento não ser um dos objetivos desta dissertação, é de todo o sentido demonstrar a versão final da máquina bem como listar quais os componentes elétricos necessário.

Toda o trabalho de projeto do sistema mecânico foi elaborado em conjunto com o responsável pelo projeto mecatrónico facilitando assim o acoplamento dos sensores e motores necessários para um correto funcionamento do sistema global.

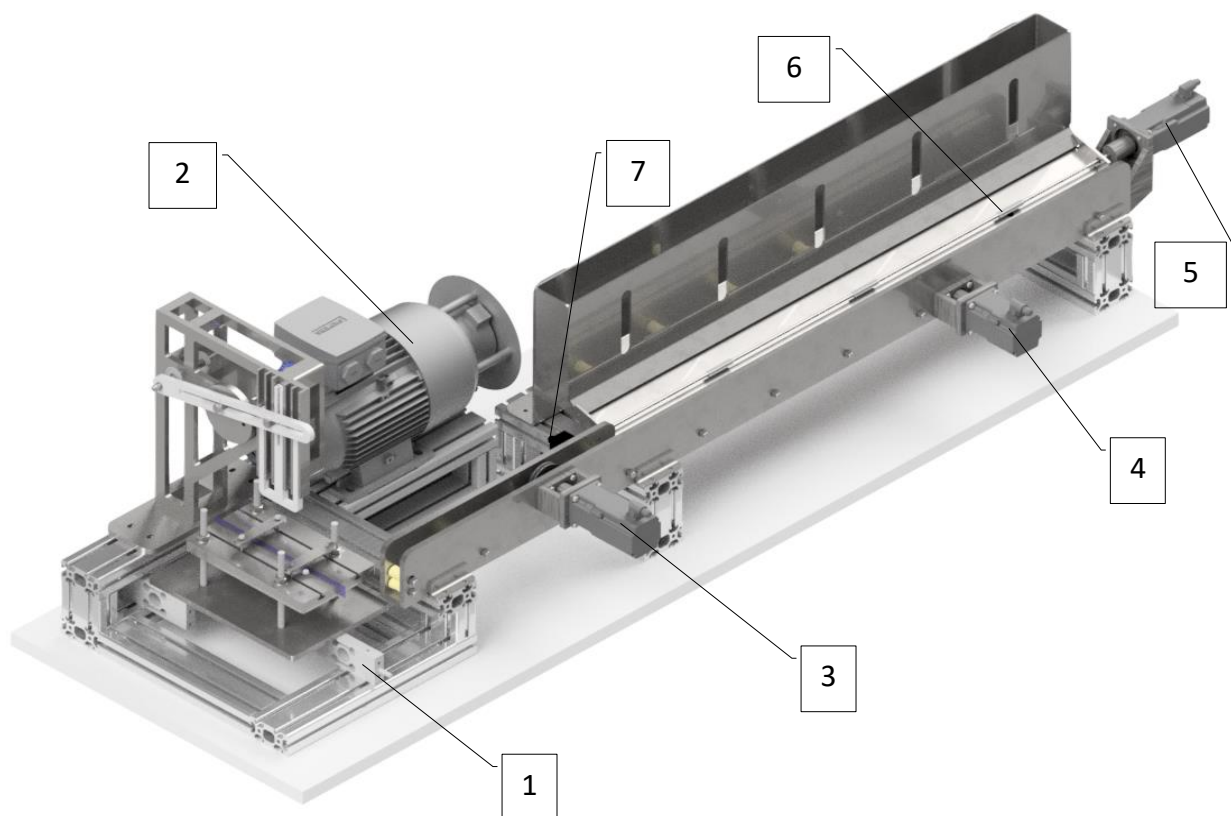



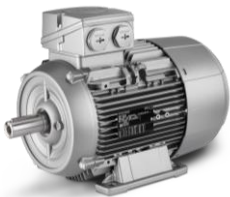
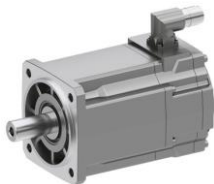



Figura 30 – Equipamento projetado, onde se identificam os principais elementos eletrônicos responsáveis pelo acionamento e controlo do equipamento, modelado em *Inventor 2020*.

De um modo geral, os elementos responsáveis pelo acionamento, controlo e processamento de dados da máquina projetada selecionados são da marca *Siemens*. A escolha da marca surge da sua forte presença no mercado nacional e mundial, variedade de produtos capazes de preencher as necessidades do projeto, facilidade de assistência técnica, *softwares* de programação compatíveis ou até mesmo acesso a componentes para substituição.

Para uma melhor organização dos componentes surgem na Tabela 10 os elementos eletrônicos relacionados com o acionamento do equipamento e recolha de sinal proveniente do corte. Consideram-se os elementos acionadores os motores que promovem a rotação da came acionadora, da came empurradora, do tapete de tela e ainda do selecionador de varões de madeira. Os elementos de recolha de sinal são as células de carga e os sensores que detetam os varões nas diferentes posições pré-definidas pelo projeto mecatrónico.

Para este documento não foram considerados elementos acessórios tais como cabos conectores entre outros.

Tabela 10 - Principais componentes SIEMENS, responsáveis pelo acionamento e recolha de sinal, utilizados no projeto do equipamento para análise da performance de tesouras agrícolas, (Siemens, 2020).

Numeração	Referência	Descrição	Imagem
1	Siwarex WP 260 SP-S SB (60 kg)	Célula de carga	
2	Motor SIMOTICS VSD10 2.2kW 400V 50HZ com <i>encoder</i> incremental	Motor responsável pelo acionamento das tesouras agrícolas acoplado à came acionadora através de uma corrente	
3/5	Servomotor SIMOTICS 1FK2 CT com travão	Servomotor responsável pelo acionamento da came de alimentação e pelo selecionador	
4	Servomotor SIMOTICS 1FK2 CT sem travão	Servomotor responsável pelo acionamento do tapete rolante	
6	Sensor de posição SIRIUS 3SE5 3SE5234-OLD03- 1AE2	Sensor responsável pela deteção de varões de madeira na seleção da alimentação	
7	Sensor de posição SIRIUS 3SE5 3SE5234-OLE11-1AE2	Sensor responsável pela deteção de varões de madeira na came empurradora	

Após catalogados os elementos principais responsáveis pelo funcionamento da máquina serão apresentados, Tabela 11, os elementos selecionados para o controlo e tratamento de dados. De referir que o pós processamento dos dados será efetuado numa unidade externa ao equipamento, como um computador destacado pela empresa.

Tabela 11 - Principais componentes SIEMENS, responsáveis pelo tratamento de dados, utilizados no projeto do equipamento para análise da performance de tesouras agrícolas, (Siemens, 2020).

Referência	Descrição	Imagem
SIWAREX WP521	<p>Usado para fornecer o sinal elétrico inicial às células e medir o sinal resultante das mesmas.</p> <p>Permite efetuar todas as tarefas inerentes a uma balança, tais como a calibração, taragem e definição de outros parâmetros relevantes para o sistema.</p> <p>Efetua o registo dos resultados de pesagem, permitindo a discriminação dos mesmos, com uma resolução de até 100 medições por segundo.</p>	
PLC SIMATIC S7-1500	<p>Responsável pela ligação entre o sistema de medição de carga e o computador que irá, posteriormente, processar e armazenar os dados.</p> <p>Efetua também o controlo dos movimentos de atuação e alimentação da máquina, garantindo a sua correta sincronização.</p>	
SINAMICS G120	<p>Unidade de controlo e variação de frequência do motor SIMOTICS VSD10 que aciona o movimento de abertura e fecho das tesouras, permite controlar a velocidade do motor selecionado.</p>	

Para além dos equipamentos apresentados são utilizadas memórias para armazenamento intermédio dos dados. Estes dados são posteriormente trabalhados num software fornecido pela empresa *Siemens*, (Siemens, 2020). Os dados são trabalhados e apresentados em forma gráfica relacionando a força de corte com o número de cortes. Deste modo a empresa consegue atribuir a cada tesoura um valor máximo para força de corte e uma durabilidade do gume cortante.

4.2 Estrutura do Equipamento

A estrutura do equipamento define-se como a base física à qual se vão acoplar os módulos principais, responsáveis pelo acionamento das tesouras e pela alimentação de varões de madeira para corte.

Relativamente a esta estrutura definiram-se critérios base a cumprir de entre os quais se destacam a massa, a facilidade de montagem e a preferência por elementos *standard*. Isto é, não podemos ter uma estrutura demasiado pesada. De modo a promover uma possível portabilidade do equipamento, a facilidade de montagem e desmontagem deve ser assegurada para ações de manutenção e por fim a preferência por elementos normalizados que, por sua vez, são de fácil acesso permitindo encontrar peças de substituição.

Posto isto, selecionou-se o perfil extrudido em alumínio. Este perfil em alumínio caracteriza-se por ser um componente leve, dado o seu material. Por permitir uma enorme flexibilidade e facilidade aquando da montagem pois toda a estrutura se fixa por parafusos e porcas flangeadas em rasgos no perfil, como se demonstra na Figura 31. E ainda, por ser um componente normalizado fornecido por diversos fornecedores nacionais e internacionais, tais como a *Bosch* e a *Misumi*.



Figura 31 - Exemplo da utilização de porcas flangeadas em perfil de alumínio extrudido, (Kipp, 2020).

Apesar de existirem marcas concorrentes mais baratas, como por exemplo a *Misumi*, a qualidade apresentada pelos produtos da *Bosch* associada à sua presença no mercado nacional e proximidade para futuras ações de manutenção destacaram-se promovendo a sua seleção. De entre todas as dimensões para perfil disponibilizadas pela *Bosch* selecionou-se o perfil 40x80 mm dado as dimensões dos módulos a aplicar.

O perfil foi aplicado a uma base metálica retificada, garantido o paralelismo e posicionamento de toda a estrutura. Esta base geral permite a acoplação do equipamento a qualquer bancada tradicional, facilitando a sua implementação no *layout* da Serafim Fertuzinhos S.A.

As barras são ligadas entre si através dos componentes normalizados fornecidos pela marca do perfil de alumínio. No caso da sua ligação à base geral, incluíram-se oblongos na base de modo a permitir o ajuste dos diferentes módulos durante o processo de montagem. Esta regulação permite contornar aspetos inerentes ao transporte, fabrico e montagem tais como empenos, desalinhamentos, erros de quinagem, furação e soldadura. O resultado encontra-se na Figura 32.

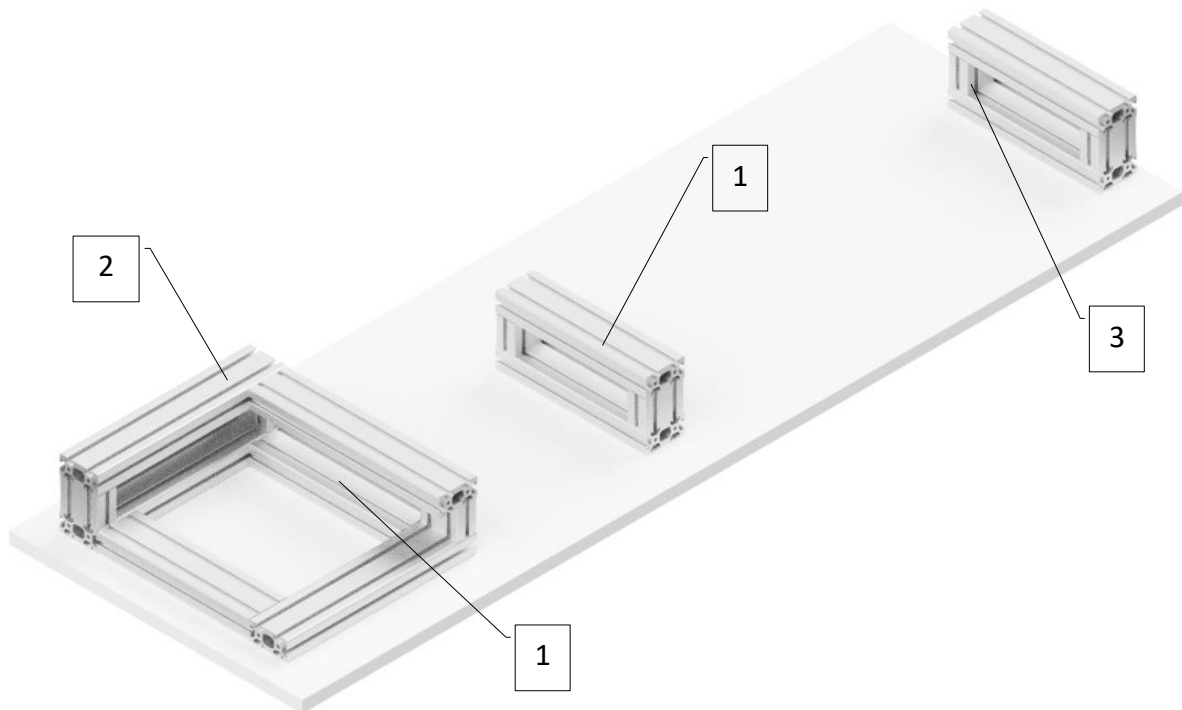


Figura 32 – Base projetada para fixação dos módulos de acionamento e alimentação do equipamento de teste.

4.2.1 Componentes

Após definido o tipo de estrutura a aplicar é necessário catalogar todos os componentes necessários para a sua montagem e construção. Os principais componentes são a base, as barras de perfil Bosch cortadas à dimensão necessária, os elementos de ligação e a parafusaria. Para uma organização facilitada dos componentes surge a Tabela 12.

Tabela 12 - Componentes necessários para a construção da estrutura da máquina para a análise da performance de tesouras agrícolas.

Componente	Dimensão	Material	Quantidade	Imagem
Base principal	640x1810x15 mm	AISI 304	1	
Perfil 1	80x40x310 mm	Alumínio	6	
Perfil 2	80x40x390 mm	Alumínio	4	
Perfil 3	80x40x60 mm	Alumínio	7	
Cantos de ligação	Cantoneiras de fixação universal, Tipo I	Alumínio	21	
Parafusos DIN 912 (Fabory, 2020c)	Sextavado interno_M6x30 mm	Aço zincado	66	
Porca 07090-0806015 (Norelem, 2020)	Porca em T para rasgos de 8mm e parafusos M6	Aço zincado	66	

Após listados os componentes necessários para a estrutura do equipamento projetada apresenta-se um esquema para facilitar o processo de montagem, a base já se

encontra furada. O esquema de posicionamento das barras pode ser observado na Figura 33.

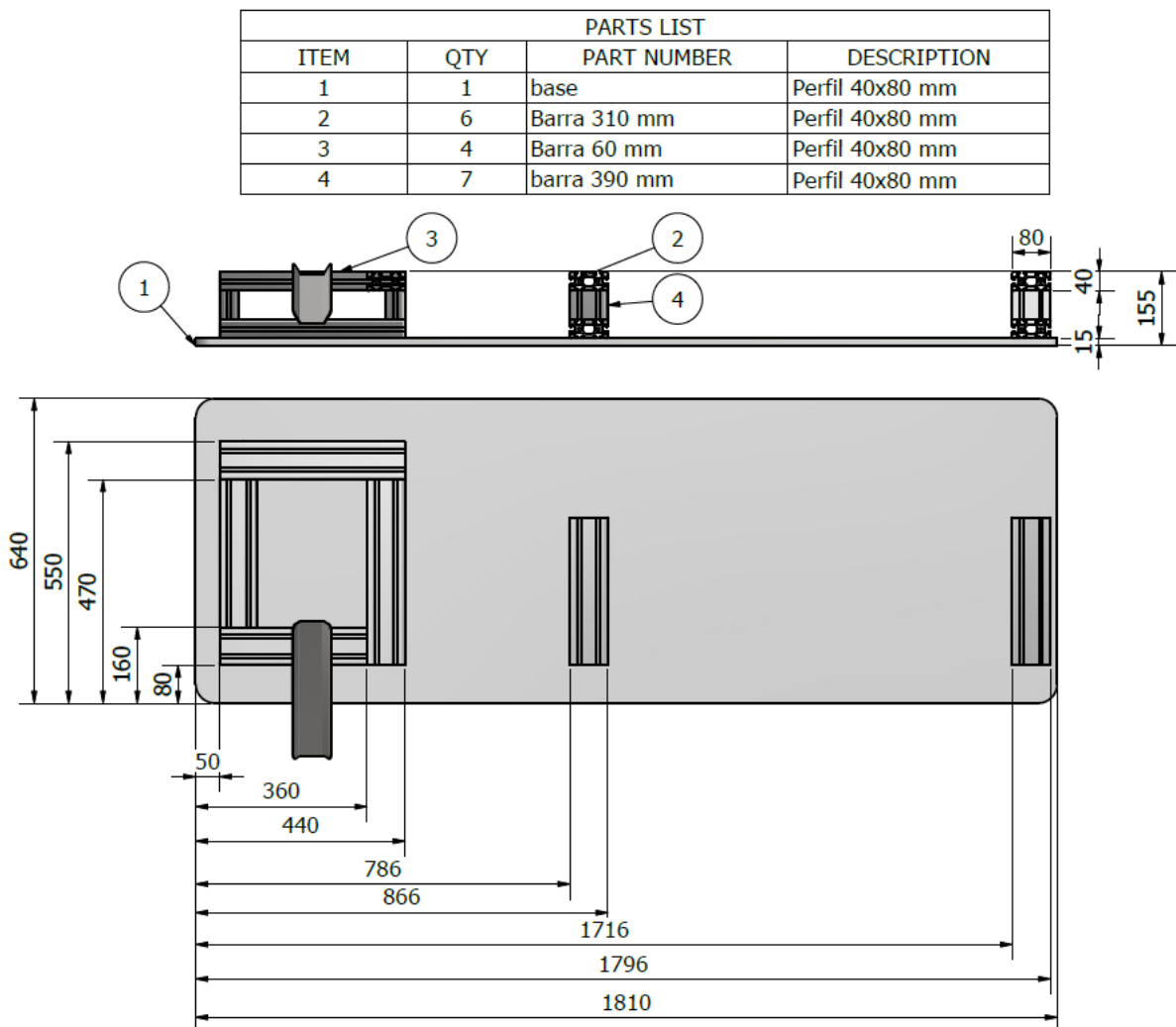


Figura 33 – Esquema de montagem do perfil, onde se apresentam as cotas de posicionamento, em mm, bem como a identificação dos componentes, o sistema de direcionamento das aparas encontra-se ao centro.

4.2.2 Sistema de Orientação de Sobras provenientes do Corte

A estrutura de fixação da máquina para a análise da performance das tesouras possui um outro elemento responsável pelo direcionamento das sobras, resultantes do corte. Aquando dos testes as tesouras cortam repetidamente os varões de madeira, produzindo aparas. Esta sobra proveniente do ensaio tem de ser direcionada para um recipiente. Dado que o corte se dá sempre na mesma zona, ou seja, à saída do sistema de alimentação, posicionou-se uma barreira física que garanta que todas as sobras são guiadas para fora do equipamento.

As aparas geradas pelo ensaio, tendo em conta que são pedaços de madeira, serão utilizadas pela empresa para fornecimento de calor numa das suas caldeiras, diminuindo assim o desperdício de material.

A estrutura projetada baseia-se numa chapa de aço com 2 mm de espessura, quinada em U, que garante o direcionamento das aparas, e numa segunda chapa, também em aço com 2 mm de espessura, que fixa esta primeira chapa à estrutura em perfil Bosch. As duas chapas de aço são soldadas de modo a garantir estrutura. A fixação do conjunto soldado à estrutura é promovida por quatro ligações aparafusadas entre os furos do suporte e os rasgos do perfil, mais uma vez recorrendo às porcas em "T". Na Figura 34 pode-se observar a estrutura projetada.

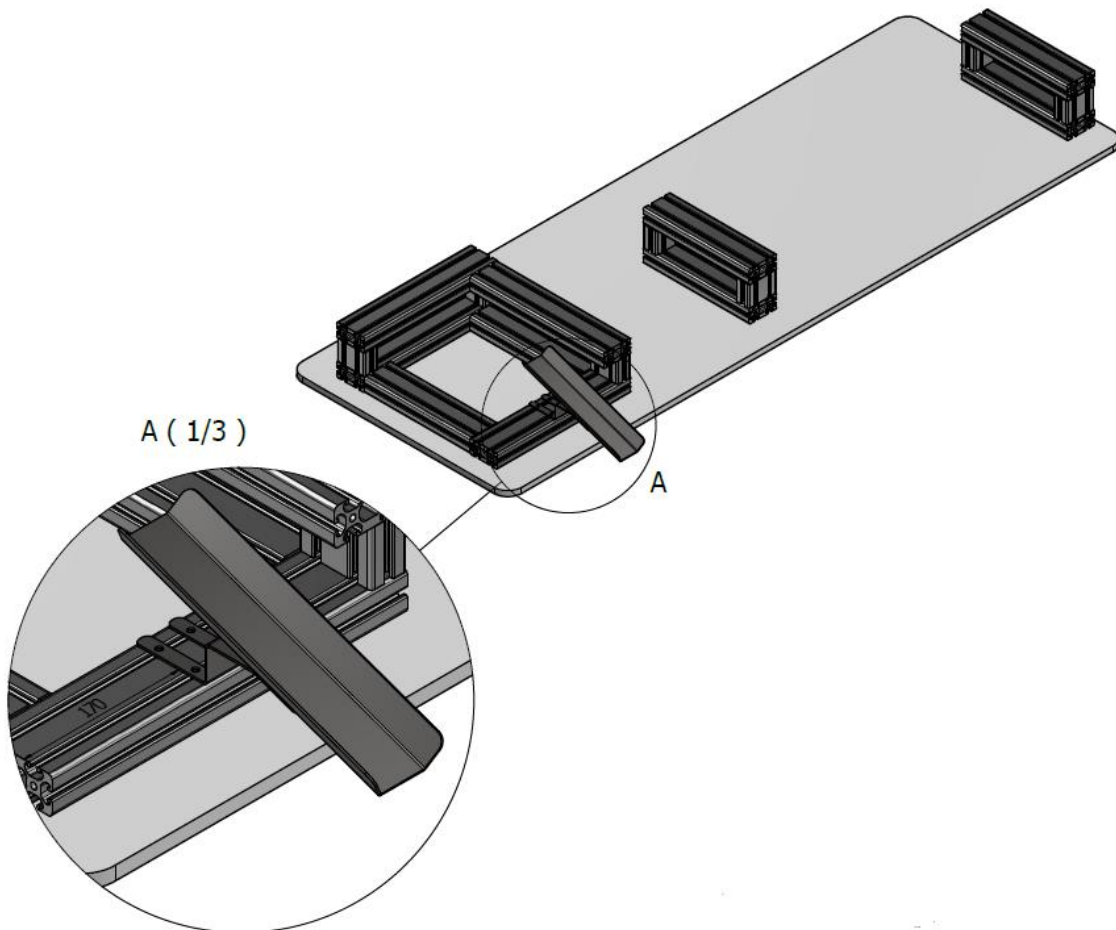


Figura 34 – Destaque do sistema de direcionamento de aparas resultantes dos ensaios, destaque para a distancia a que o sistema de direcionamento de aparas se encontra da lateral da barra, 170 mm.

Relativamente ao processo de fabrico, dado que estamos a trabalhar com chapa de aço, seleccionou-se o processo de corte de laser. Este processo além de económico permite elevado rigor no corte. Após cortadas as chapas terão de ser quinada como se apresenta na

4.3 Sistema de Corte

O sistema de corte é um dos elementos mais críticos ao bom funcionamento do equipamento projetado, pois é este o responsável pelo acionamento da tesoura, conseqüente corte de material e recolha dos dados. O sistema de corte pode ser dividido em dois subsistemas. O sistema responsável pelo acionamento do movimento de corte que foi projetado para se adaptar a todas as tesouras, fornecidas pela empresa e a mesa do sistema de corte, onde se vão fixar as tesouras para teste. Esta mesa é adaptável às diferentes tesouras graças à sua regulação em altura e ao sistema de fixação universal composto por um rasgo em “V” e pelos mordentes que fixam o cabo da tesoura em dois pontos.

Como já se referiu na fase de anteprojecto este sistema de acionamento é baseado no mecanismo do limador mecânico, onde um elemento rotativo transforma o seu movimento num movimento linear através de um elemento de transmissão, corrediça, e de uma guia. A rotação da came proporciona a subida e descida da haste vertical. O acoplamento desta haste ao cabo da tesoura garante a abertura e fecho da mesma. O controlo posicional é garantido pela haste vertical enquanto que o controlo da amplitude do movimento é garantida pelo ponto de contacto da came com a corrediça.

O sistema é essencialmente à base de elementos em aço, de modo a garantir robustez e resistência aos esforços. Os subsistemas do sistema de corte final encontram-se apresentado na Figura 37.

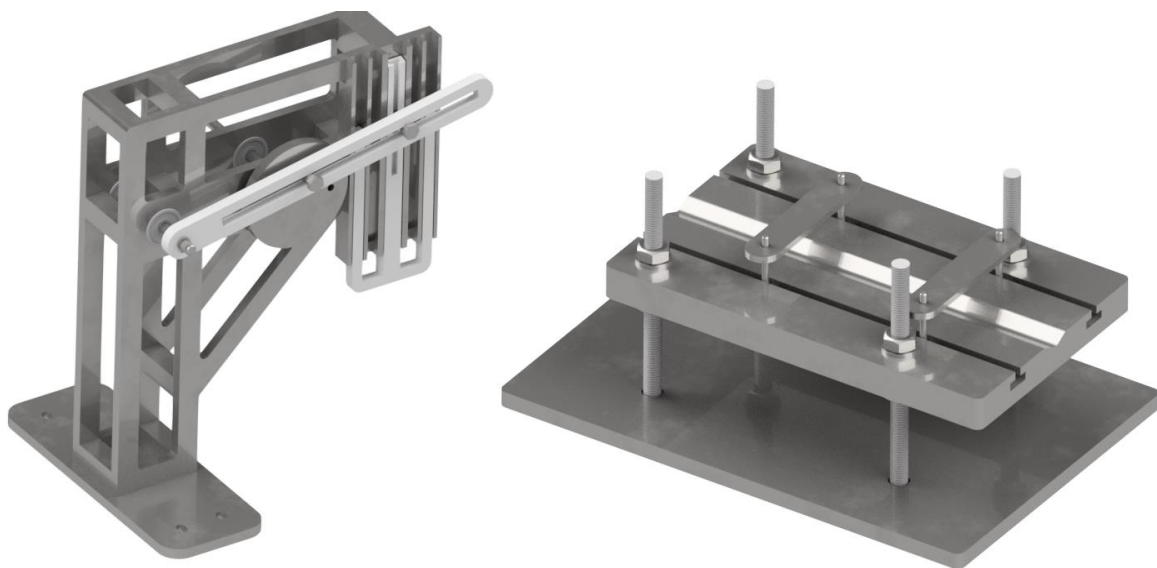
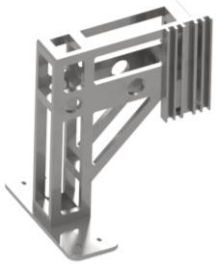


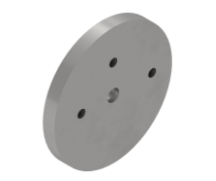





Figura 37 – Representação do sistema de corte projetado, à esquerda o sistema de acionamento e à direita a mesa de fixação das tesouras.

4.3.1 Componentes Sistema de Acionamento

O sistema de acionamento projetado possui, em geral, uma base em aço, um sistema de guias, uma came, uma corrediça, veios e rolamentos. Para facilitar a organização dos componentes surge a Tabela 13 onde se apresentam quais os elementos, o seu material processo de fabrico, dado que alguns elementos não são *standard* e uma imagem representativa.

Tabela 13 - Componentes relativos ao sistema de acionamento, onde se definem quantidades, processo de fabrico e material.

Componente	Quantidade	Processo de fabrico	Material	Imagem
Base	1	Corte de laser	S235JR zincado	
Estrutura em barras	1	Corte de laser + soldadura + retificação	S235JR zincado	
Corrediça	1	Maquinagem	S235JR + POM branco	
Haste vertical	1	Maquinagem	S235JR + POM branco	
Came acionadora	1	Maquinagem	S235JR zincado	
Veio Ø10 mm	2	Maquinagem	S235JR temperado	

Componente	Quantidade	Processo de fabrico	Material	Imagem
Freios DIN471 Ø10 (Fabory, 2020b)	6	Normalizado	-	
Rolamento W6300-2RS1 (SKF, 2020)	4	Normalizado	-	

O rolamento selecionado é o W6300-2RS1, do catálogo da SKF, (SKF, 2020), pois permitir suportar cargas de até 3700 N, que garante robustez ao sistema de acionamento. Possui um diâmetro interno de 10 mm, conseqüente dos veios em que é aplicado. São colocados dois rolamentos por eixo para aumentar a estabilidade dos veios.

A Base é uma chapa com 10 mm de espessura proveniente de corte de laser, que por sua vez é soldado ao conjunto das barras que perfaz a estrutura do sistema de acionamento. Todos estes elementos são produzidos em aço devido ao custo, resistência a esforços e durabilidade. Como tratamento superficial escolheu-se o processo de eletrozincagem, para melhorar o acabamento e durabilidade do conjunto.

Para a corrediça e a haste selecionou-se um núcleo de aço S235JR para suportar as cargas do sistema, revestido nas zonas de contacto, com o poliacetal, POM, para melhorar as condições de deslizamento quer da corrediça com a came quer da haste vertical com o guiamento da estrutura, dado o baixo coeficiente de atrito entre este polímero e o aço, (Resinex, 2020). Estes elementos, dado o seu perfil geométrico serão maquinados.

A came acionadora não pode ser obtida através de corte de laser pois requer um maior rigor do que os elementos estruturais. Dado que a amplitude é definida pela came e que grande parte da precisão do equipamento se reflete da qualidade da came escolheu-se como processo de fabrico a maquinação para aumentar o rigor dimensional. O material escolhido foi o aço eletrozincado. Não se optou por um POM ou alumino, pois, este componente possui roscas, no caso de se utilizar qualquer um dos dois materiais acima referidos a durabilidade das roscas é diminuta quando comparada com o aço.

Por fim, os veios são maquinados e restringidos às suas posições através de freios da marca Fabory, para Ø 10 mm e o rolamento destes veios é facilitado pelos rolamentos de

esferas W6300-2RS1 da marca SKF, (SKF, 2020). O esquema de montagem é apresentado de seguida na Figura 38.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Base	Chapa 10 mm
2	1	Came acionadora	Chapa 10 mm
3	1	Corrediça	POM 10 mm
4	1	Haste vertical	POM 10 mm
5	1	Pino came	Pino com Ponta roscada
6	1	veio 1	Ø 10 mm
7	4	W 6300-2RS1	Rolamento SKF
8	1	Veio 2	Ø 10 mm
9	1	T porca	Porca em T DIN 508
10	1	Pino Haste Vertical	Pino com Ponta roscada
11	6	DIN 471 - 10x1	Freio Ø 10 mm

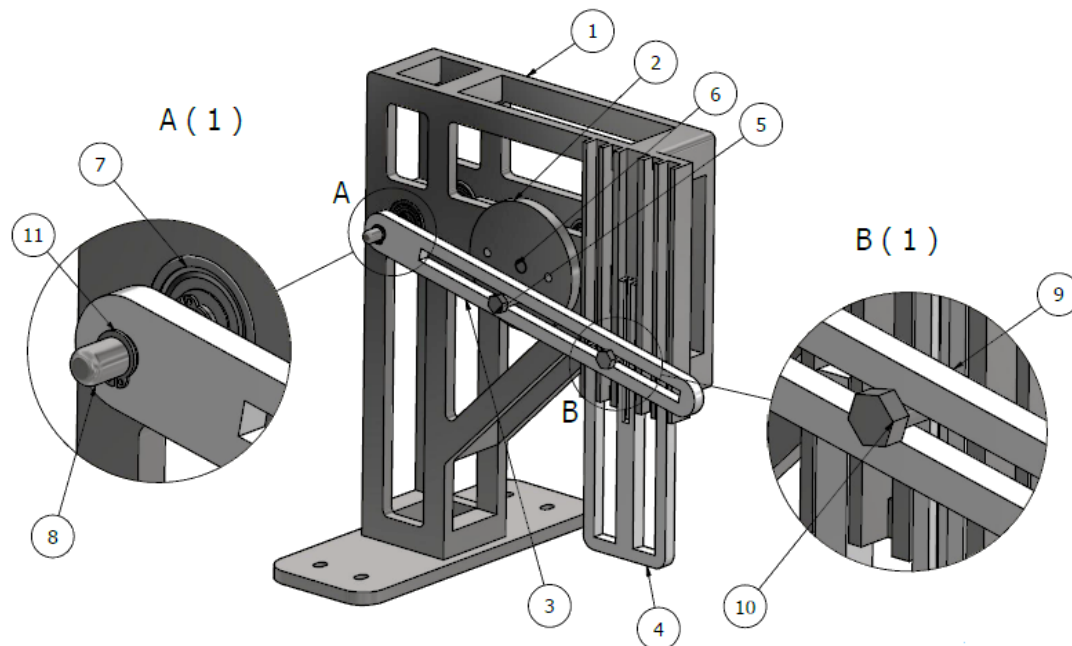


Figura 38 – Esquema de montagem do sistema de acionamento onde se identificam os componentes. No destaque B a ligação entre a corrediça e a haste vertical, e no destaque A a ligação entre o veio a corrediça e o rolamento.

4.3.2 Componentes Mesa de Fixação

Dado por terminada a catalogação dos elementos que constituem o sistema de acionamento procede-se à mesma metodologia para a estrutura da mesa de fixação das tesouras. Na Tabela 14 são listados todos os elementos, respetiva quantidade, material, processo de fabrico e uma ilustração que constituem este subsistema do equipamento.

Tabela 14 - Componentes relativos ao sistema de fixação onde se definem quantidades, processo de fabrico e material

Componente	Quantidade	Processo de fabrico	Material	Imagem
------------	------------	---------------------	----------	--------

Base	1	Corte de laser	S235JR zincado	
4x Varão roscado M10x150 mm (Fabory, 2020a)	1 m	Normalizado	-	
DIN 125 Anilha Plana M10 (Fabory, 2020a)	8	Normalizado	-	
DIN 934 Porca sextavada M10 (Fabory, 2020a)	8	Normalizado	-	
Mesa	1	Maquinagem	S235JR zincado	
Chapa de fixação	2	Corte de laser	S235JR zincado	
Parafuso DIN 933 M4x35 mm (Fabory, 2020a)	4	Normalizado	-	
DIN 934 Porca sextavada M4 (Fabory, 2020a)	4	Normalizado	-	
DIN 125 Anilha Plana M4 (Fabory, 2020a)	8	Normalizado	-	

A base da estrutura da mesa é fabricada através de uma chapa de aço S235JR cortada através de laser. Esta peça após corte será soldada aos varões M10x150 mm, os varões são posicionados nos furos que a base possui e soldados por baixo da estrutura. Após este processo de soldadura o conjunto será eletrozincado para melhorar o acabamento superficial e a durabilidade.

A mesa é fabricada através do processo de maquinação de uma placa com 20x150x245 mm de aço S235JR. Dada a complexidade geométrica da peça bem como a precisão requerida para os rasgos o corte de laser não foi considerado.

As chapas para a fixação do cabo da tesoura à mesa, visto que não precisam de elevada precisão serão fabricadas também em aço S235JR através do processo de corte de laser.

Por fim, todos os elementos normalizados, requeridos para esta zona do projeto, podem ser encontrados no catálogo da Fabory, (Fabory, 2020a). O esquema de montagem da mesa é demonstrado na Figura 39.

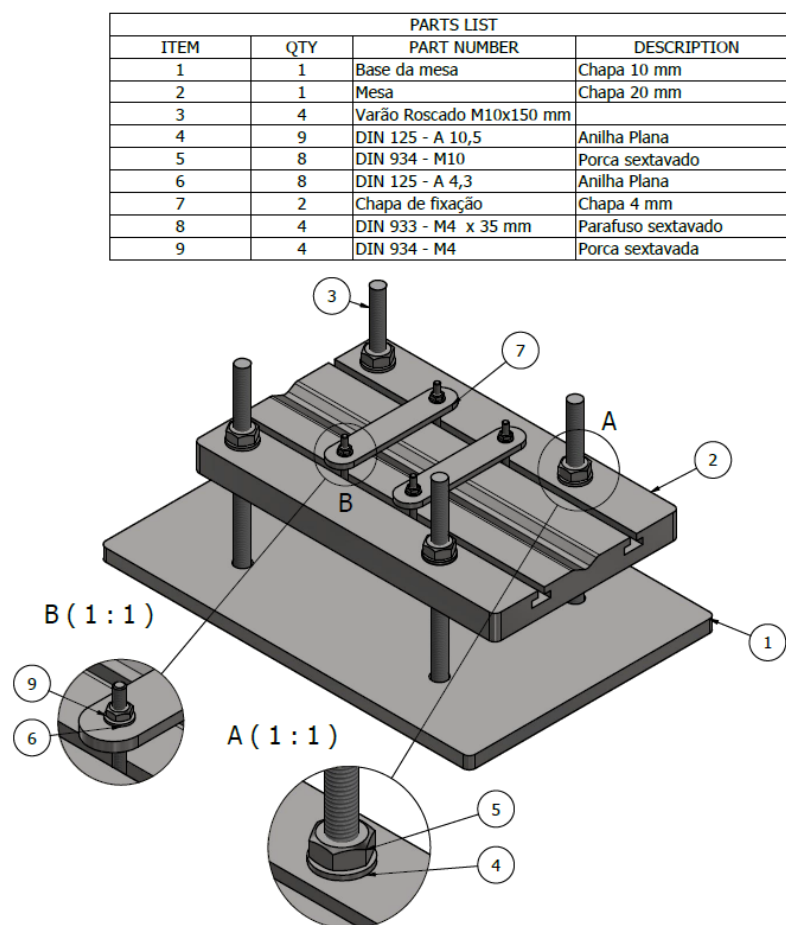


Figura 39 – Esquema de montagem da estrutura da mesa onde se identificam os componentes. No destaque B a fixação das chapas, e no destaque A fixação da mesa, que se repete por baixo da mesa.

4.3.3 Dimensionamento da Estrutura Base

O processo de dimensionamento da estrutura tem por base um processo iterativo associado a uma simulação para a validação das dimensões. Para este estudo considerou-se

a base como elemento fixo, o peso próprio da estrutura e uma carga de 800 N aplicada na haste vertical, simulando assim a condição mais crítica de funcionamento.

Recorrendo ao *software Inventor 2020*, à ferramenta *static analysis* definiram-se os parâmetros estipulados, obtendo o resultado apresentado na Figura 40.

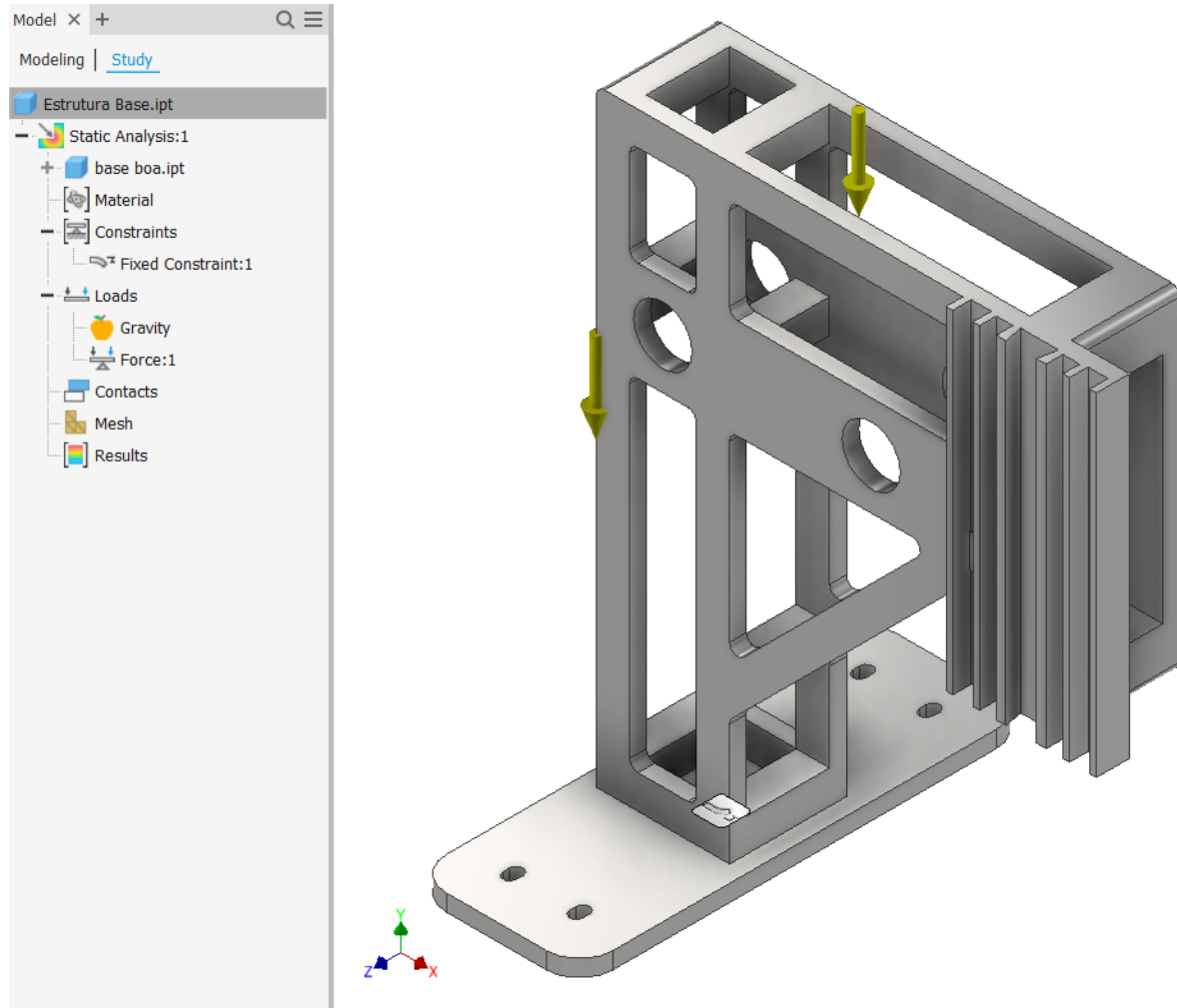


Figura 40 – Parâmetros definidos para a simulação, onde a *Force:1* são 800 N, valor máximo a suportar pelo sistema, recorrendo à ferramenta *static analysis* do *software Inventor 2020*.

Após simulação, podem observar-se os resultados mais críticos para este projeto que serão as tensões, na Figura 41, e os deslocamentos, na Figura 42. A zona com maior concentração de tensões não poderá ser superior ao valor suportado pelo material.

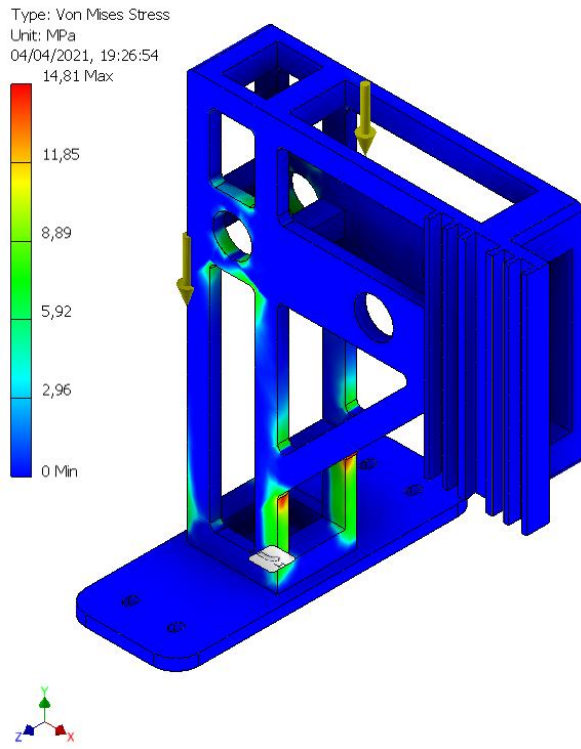


Figura 41 – Resultados obtidos, após simulação, relativos à concentração de tensões, onde o valor mais elevado se regista na ligação dos reforços à base e possui um valor de 14,81 MPa.

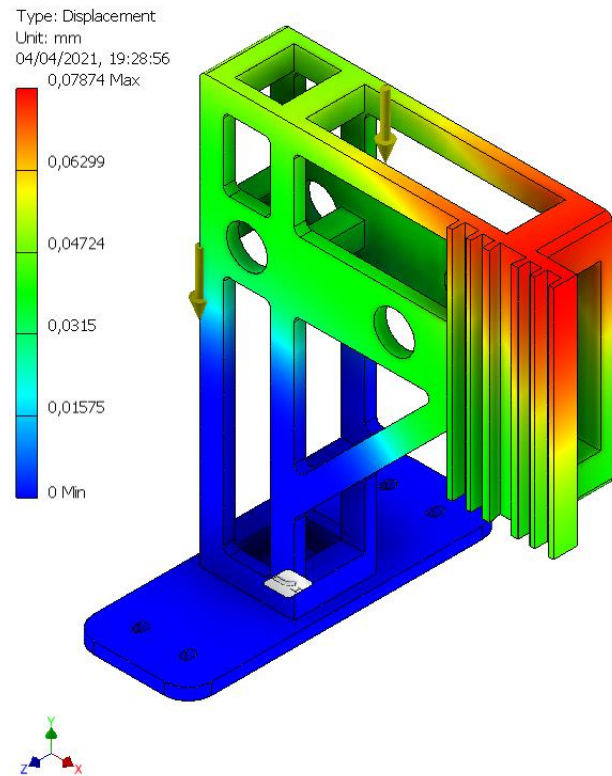


Figura 42 – Resultados obtidos, após simulação, relativos ao deslocamento da estrutura, onde o valor mais elevado se regista na extremidade oposta à base fixa e possui um valor de 0,07874 mm.

Após analisar os resultados obtidos, podemos concluir que a estrutura suporta sem problemas a carga a que estará sujeita. Relativamente às zonas de concentração de tensões obteve-se um valor máximo de 14,81 MPa, bastante inferior ao valor de cedência tabelado para o aço S235JR, 320 a 510 Mpa, (Grupo Ferpinta, 2020).

Relativamente aos deslocamentos podemos observar que o maior deslocamento ocorre na zona mais afastada da base fixa, o que era de esperar e possui um valor desprezável, 0,07847 mm. Posto isto a estrutura é validada. As dimensões gerais da estrutura apresentam-se de seguida na Figura 43.

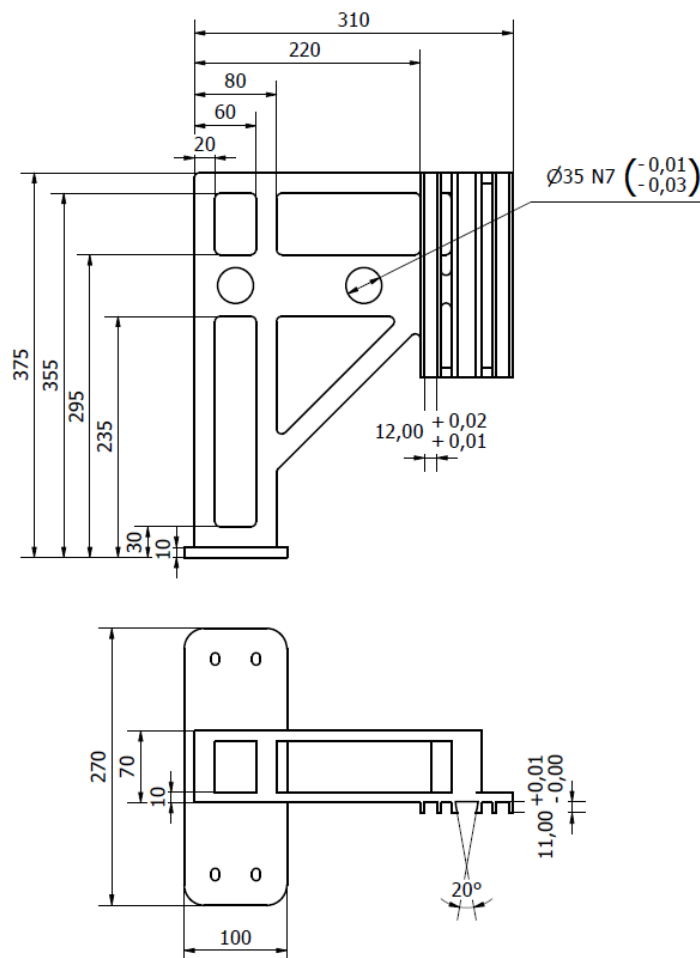


Figura 43 – Dimensões gerais da estrutura base do sistema de acionamento, medidas em milímetros.

Os furos $\varnothing 35$ mm N7 estão tolerânciados para que os rolamentos entrem com ajuste fino. As guias onde se desloca a haste vertical foi toleranciada de modo a permitir folgas, facilitando o deslizamento.

4.3.4 Dimensionamento da Haste de Atuação Vertical

A haste de atuação vertical é o elemento que está em contacto direto com o cabo da tesoura. Este elemento tem de deslizar sobre as guias da estrutura, assegurando um contacto permanente com o cabo da tesoura garantindo assim que a tesoura completa um ciclo de abertura e fecho, e conseqüente corte de material.

Este componente tem de permitir ajuste de altura diretamente relacionado com a altura da tesoura quando está totalmente fechada. Analisando a Tabela 7, do capítulo Anteprojeto, podemos observar que todas as tesouras possuem alturas variadas e que os valores variam entre 32,7 mm e 48 mm para tesouras fechadas e entre os 120 e os 180 mm.

Como esta medida não é universal aos modelos e teria de se criar uma posição particular para cada tesoura optou-se por um ajuste que englobe todos valores de altura compreendidos. Deste modo criou-se um rasgo na parte superior da haste, permitindo que através de uma porca em “T” e de um parafuso se possa ajustar a haste à tesoura em análise. Este rasgo tem de possuir no mínimo 60 mm, para ajustar desde a menor à maior tesoura, no entanto consideraram-se 110 mm de rasgo para ser possível aliar este ajuste ao ajuste em altura da mesa.

Uma outra variação que este componente tem de assegurar é a distância entre o final do cabo e o eixo de rotação da tesoura. Esta compensação é necessária pois como a alimentação se encontra fixa a tesoura poderá ter de avançar ou recuar. Deste modo, a haste requer de uma largura mínima igual à diferença entre a maior e menor distância do cabo ao eixo da tesoura.

Avaliando uma vez mais a Tabela 7 podemos observar que a maior distância pertence à tesoura “A” e é de 170 mm, por outro lado a menor distância pertence à tesoura “D” e possui uma distância de 120 mm. Posto isto, a haste tem de ter um mínimo de 50 mm de largura, consideraram-se 80 mm de largura para facilitar o ajuste compensando ainda as variações derivadas da construção das tesouras. Dado a largura de 80 mm incluíram-se duas guias verticais para aumentar a robustez da haste.

A haste final pode ser observada na Figura 44 e nesta imagem são expostas as principais dimensões do componente. De referir apenas que a altura total da haste foi definida em conformidade com a estrutura, recorrendo ao *software Inventor 2020*.

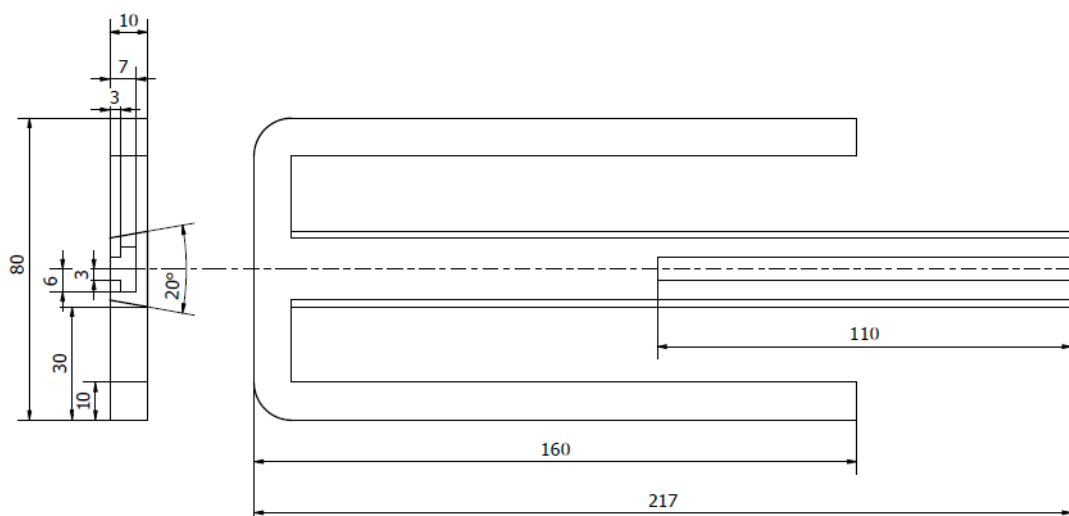


Figura 44 – Dimensões gerais da haste vertical do sistema de acionamento, medidas em milímetros.

4.3.5 Dimensionamento da Came Acionadora

A came acionadora está diretamente relacionada com a abertura e fecho das tesouras. Este componente tem de ser ajustável e permitir variar a amplitude de ensaio para ensaio. A came está diretamente acoplada ao veio do motor, deste modo uma volta do motor equivale a uma volta da came que por sua vez equivale a um ciclo de teste, uma abertura e fecho da tesoura.

Dado que a came está acoplada à haste vertical por uma corrediça o ponto de contacto entre a came e a corrediça ditará o movimento. Deste modo ajustando esta posição ajustamos a amplitude do movimento. Para que apenas se utilize uma came acionadora surgiu a possibilidade de criar diferentes pontos de fixação na mesma came de modo a ajustar facilmente a amplitude do sistema com a troca de um parafuso.

Para definir quantas e quais as posições que temos de assegurar foi necessário agrupar as tesouras por amplitude de movimento. Como já foi abordado na fase de anteprojecto as tesouras não trabalham nos limites da abertura pelo que se pode realizar algum ajuste para diminuir o número final de posições que a came necessita. As amplitudes das tesouras são apresentadas na Tabela 7, e através desses valores foi possível agrupar as tesouras em três amplitudes. Na Tabela 15 encontram-se os três grupos de tesouras e respectivas amplitudes.

Tabela 15 – Grupos de amplitudes comuns das tesouras agrícolas fornecidas pela CARPA TOOLS.

Tesouras	Amplitude
A; B	120 mm
C; D; E	87 mm
F; G; H	100 mm

Tendo por base estes três grupos de tesouras é possível então definir três pontos que, no sistema em análise, se traduzam nas amplitudes requeridas. No sistema de movimentação definido as distâncias do ponto de rotação da corrediça, da came e da linha de eixo da haste vertical encontram-se definidas e podem ser observadas na Figura 45. O diâmetro inicial definido para a came é de 100 mm, caso o raio para a posição necessária para efetuar uma amplitude de 120 mm seja superior a 50 mm o diâmetro da came será ajustado.

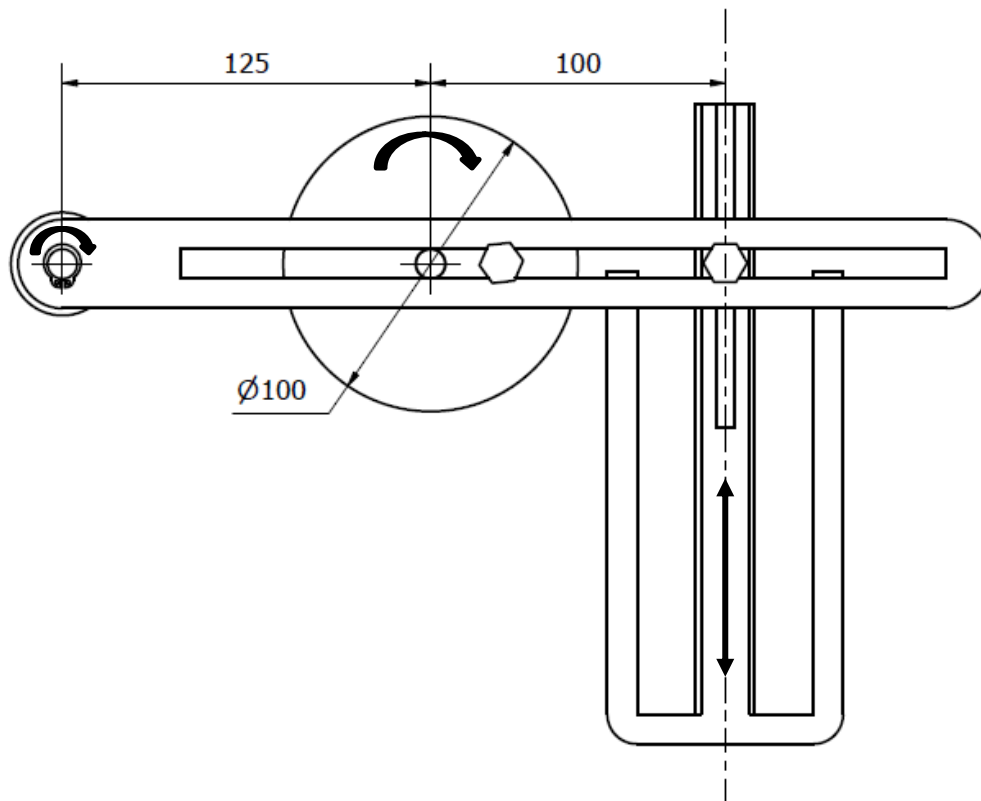


Figura 45 – Dimensões gerais do sistema de acionamento, medidas em milímetros, representando ainda os movimentos dos componentes.

Para encontrar as posições capazes de traduzir o movimento rotativo nas amplitudes de 120, 100 e 87 mm procedeu-se a um processo iterativo. Isto é, foram atribuídos valores ao raio e simulado o movimento do sistema, recorrendo ao software *SolidWorks*, analisando assim a amplitude em que se traduziam. Na Tabela 16 são apresentados os resultados desse processo iterativo. A amplitude definiu-se como a diferença de cota da posição mínima, haste totalmente baixada, e máxima, haste vertical totalmente subida.

Tabela 16 - Amplitude correspondente ao raio da came no sistema de acionamento.

Raio (mm)	Amplitude (mm)
23	84,5
24	88
26	95
27	100
28	103
32	119
33	123
34	127

Após analisar a tabela podemos concluir que para a amplitude de 120 mm podemos assumir um raio de 33 mm, para a amplitude de 100 mm um raio de 27 mm e para a amplitude de 88 mm um raio de 24 mm. Tendo definidas estas posições pode-se definir totalmente a came acionadora. Um excerto do desenho técnico da mesma é apresentado na Figura 46.

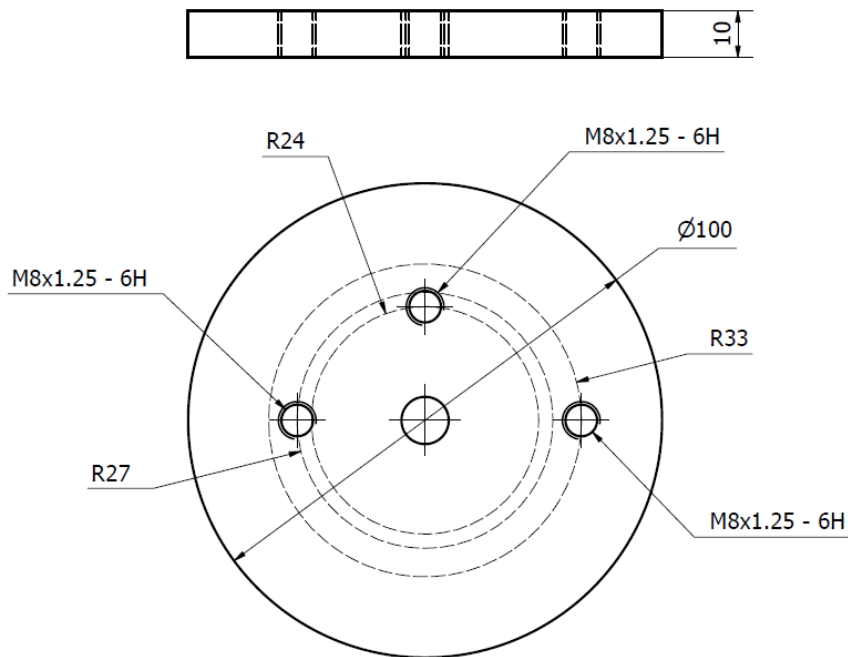


Figura 46 – Dimensões gerais da came do sistema de acionamento, medidas em milímetros.

O acoplamento da corrediça à haste é feito através de um parafuso ISO 7379, (Fabory, 2020a), estes parafusos possuem uma extremidade roscada, M8 neste caso, e o resto do corpo é cilíndrico, $\varnothing 10$ mm, e liso, deste modo o parafuso possui a capacidade de fixação e a capacidade de deslizar sobre a corrediça, este parafuso pode ser observado na Figura 47. O parafuso possui um corpo cilíndrico com 16 mm de comprimento, dado que a corrediça possui 10 mm de espessura este comprimento é suficiente. O material selecionado foi o aço inoxidável devido à sua resistência mecânica e resistência ao meio.



Figura 47 – Parafuso sextavado interno, 51044.080.016 da marca Fabory, ISO7379, com extremidade roscada M8 e corpo cilíndrico $\varnothing 10$ mm, (Fabory, 2020a), à esquerda o modelo CAD e à direita o modelo físico.

4.3.6 Assemblagem do Sistema de Corte à Estrutura do Equipamento

Tendo finalizado o processo de dimensionamento do sistema de corte, procede-se à assemblagem deste sistema à base do equipamento para análise da performance de tesouras. Dado que toda a estrutura é em perfil Bosch o acoplamento é feito através de porcas em “T” e parafusos M6. Na Figura 48_pode-se observar o sistema de corte acoplado à estrutura, detalhando os locais de montagem.

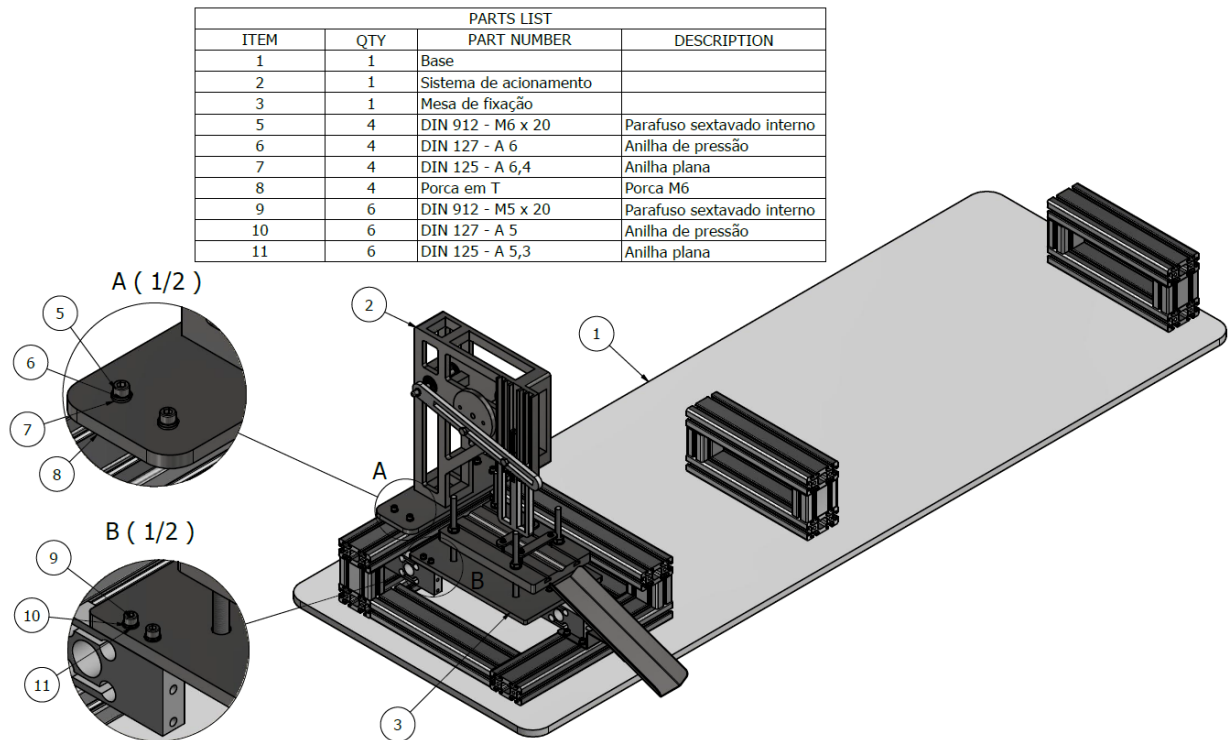


Figura 48 – Sistema de corte acoplado à estrutura do equipamento projetado, onde no destaque à se demonstra a fixação do sistema de acionamento à estrutura e no destaque B se demonstra a fixação da mesa às células de carga.

A montagem do sistema de corte divide-se em duas partes, uma primeira relativa à mesa e uma segunda relativa ao sistema de acionamento. O sistema de acionamento fixa-se à estrutura através de quatro conjuntos de parafusos sextavados internos, DIN 912 M6x20 mm, anilha plana M6, anilha de pressão M6 e porca em T M6. A fixação da mesa promove-se através de seis conjuntos de parafusos sextavados internos, DIN912 M5x20 mm, anilha plana M5, anilha de pressão M5, que roscam nas células de carga.

Após fixados os dois componentes devem-se ajustar a altura da mesa bem como alinhar ao centro da mesa a haste vertical do sistema de acionamento.

4.4 Sistema de Alimentação

O sistema de alimentação é o elemento que permite o funcionamento autónomo e contínuo da máquina projetada. Este sistema possui capacidade para alimentar o sistema de corte com varões de madeira com $\varnothing 5$ mm de um modo controlado e sem interrupções por parte dos colaboradores da Serafim Fertuzinhos S.A., dado que é possível reabastecer o sistema sem parar o equipamento.

Este elemento, tal como o sistema de corte, pode ser dividido em dois subsistemas. A estrutura responsável pelo armazenamento e doseamento dos varões de madeira e a estrutura responsável pelo fornecimento de cada varão, controladamente, ao sistema de corte.

Tanto o sistema de fornecimento como o sistema de armazenamento e doseamento de varões de madeira são construídos à base de chapa de aço, pela robustez do material, resistência ao desgaste e custo moderado. Na Figura 49 podem ser observados os dois subsistemas que constituem o sistema de alimentação.



Figura 49 – Representação do sistema de alimentação projetado, a) o sistema de armazenamento e doseamento de varões de madeira, b) o sistema de fornecimento controlado de varões de madeira, onde se colocou uma das laterais transparente para permitir visualizar o interior.

4.4.1 Componentes do Sistema de Armazenamento e Doseamento

O sistema de armazenamento e doseamento é o componente do equipamento projetado que garante o funcionamento autónomo e independente da máquina para testes de tesouras agrícolas. É neste que o operador coloca os varões para corte, e é através deste sistema que se doseia o fornecimento de varões ao sistema de transporte, do sistema de alimentação.

Este sistema é composto essencialmente por um depósito em chapa quinada, um canal de descida e um sistema de doseamento. O depósito possui 66X185X1032 mm. Dado que cada varão possui um diâmetro de 5 mm e um comprimento de 1 m podemos assumir que o sistema de armazenamento tem capacidade para, aproximadamente, 500 varões de madeira. Considerando que a cada corte se avançam 5 mm, podemos concluir que cada varão permite efetuar 200 cortes. Deste modo a máquina pode funcionar, sem ter de ser recarregada, durante 100 000 cortes.

O sistema de armazenamento foi dimensionado para permitir o funcionamento contínuo, ou seja, sem recargas, de um ensaio completo, aproximadamente 100 000 cortes.

Para este sistema surge ainda a necessidade de selecionar os varões, para tal existe um veio com elementos maquinados, em POM, acoplados, com a contra forma dos varões, que ao rodar permitem apenas a passagem de um varão.



Figura 50 – Representação esquemática do sistema de doseamento aplicado no equipamento de análise da performance de tesouras agrícolas.

Os componentes necessários para a construção deste subsistema encontram-se organizados na Tabela 17, nesta são catalogados, apresentado o processo de fabrico, o material e ainda uma imagem representativa.

Tabela 17- Componentes relativos ao sistema de armazenamento e doseamento, onde se definem quantidades, processo de fabrico e material.

Componente	Quantidade	Processo de fabrico	Material	Imagem
Traseira depósito	1	Corte de laser + Quinagem	S235JR zincado	
Frente depósito	1	Corte de laser + Quinagem	S235JR zincado	
Lateral depósito	2	Corte de laser + Maquinagem para retificação do furo	S235JR zincado	
Fixação à estrutura	2	Corte de laser + Quinagem	S235JR zincado	
Veio doseador	1	Maquinagem	S235JR zincado	
Elemento doseador	3	Maquinagem	POM	
Freios \varnothing 6 mm DIN 6799 (Fabory, 2020a)	2	Normalizado	-	
INA SMR106 (Schaeffler, 2020a)	2	Normalizado	-	

O rolamento selecionado do catálogo da INA foi o SMR106, essencialmente devido ao seu carácter compacto, com um diâmetro exterior de 10 mm e uma espessura de 2.5 mm é o ideal, dado que este rolamento tem de ser encastrado em chapas finas. Este rolamento tem um diâmetro interno de 6 mm, conseqüente do diâmetro do veio ao qual irá ser aplicado e suporta uma carga estática de 174 N, (Schaeffler, 2020a).

O reservatório é composto por quatro chapas quinadas soldadas, como se pode observar pelo esquema de soldadura apresentado na Figura 51, entre si, de modo a formar o conjunto que se apresenta na parte superior da Figura 49. Os rolamentos são previamente acoplados às chapas laterais do reservatório, sob pressão, ficando encastrados.

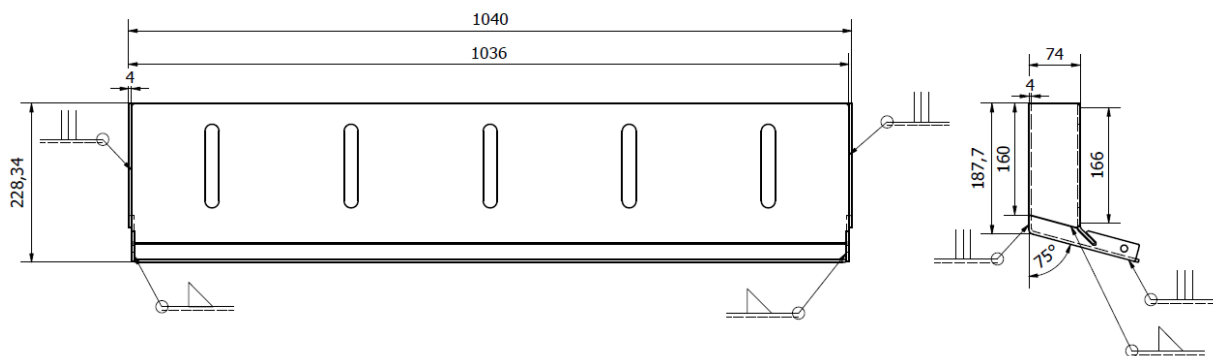


Figura 51 – Representação do esquema de soldadura do reservatório, medidas em milímetros e simbologia normalizada para soldadura.

Após concluído o processo de soldadura do reservatório segue-se o processo de soldadura dos suportes para fixação deste componente, à estrutura do equipamento projetado. Um esquema de soldadura pode ser observado na Figura 52. A aplicação destes elementos permite aumentar a robustez da estrutura do equipamento. O ajuste posicional será garantido pelos rasgos do perfil de alumínio.

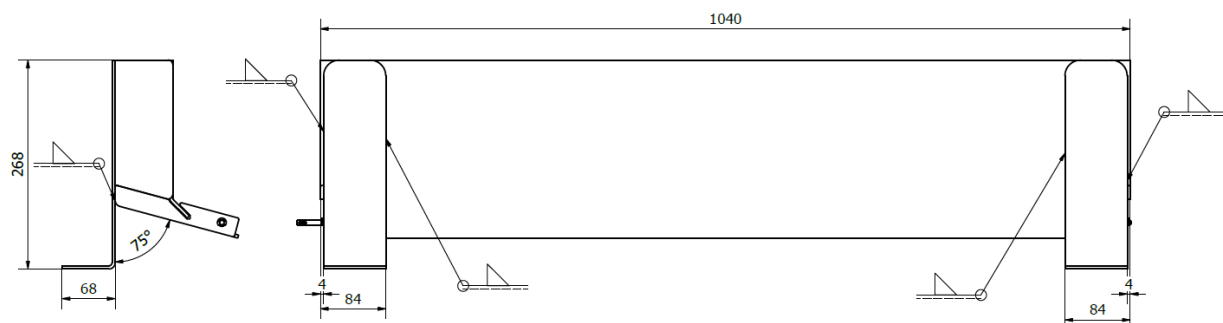


Figura 52 – Representação do esquema de soldadura do reservatório, medidas em milímetros e simbologia normalizada para soldadura.

Por fim, tendo o reservatório completo parte-se para a construção do veio com os três postigos. O veio é maquinado de modo a cumprir o toleranciamento necessário para entrar no furo do rolamento.

De modo a restringir o movimento lateral são utilizados dois freios DIN 6799, que se colocam nos rasgos previamente maquinados no veio. Os elementos doseadores são acoplados ao veio e este aplicado nos rolamentos ficando o sistema de armazenamento e doseamento de varões completo. O desenho de montagem da estrutura pode ser observado na Figura 53.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Reservatório_1	Chapa traseira do reservatório
2	1	varao_para_caleiro	STEP AP203
3	2	smr106	rolamento
4	3	ESTRELA ALIMENTADOR	STEP AP203
5	2	DIN 6799 - 5	Retaining Washer
6	2	Fixação Reservatorio	Chapa de fixação

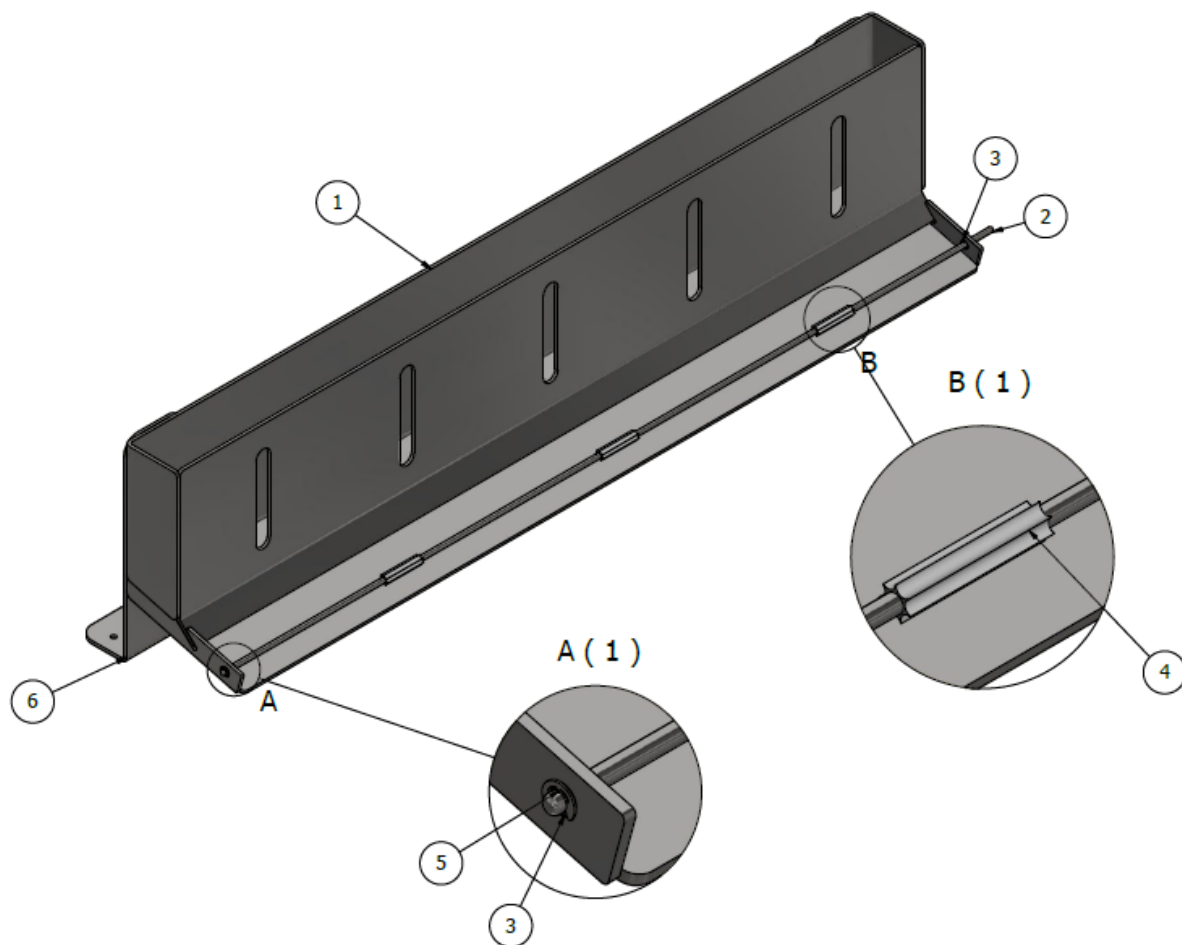


Figura 53 – Representação do esquema de montagem do reservatório, onde no destaque A se demonstra o acoplamento entre veio, rolamento e freio e no destaque B de demonstra o sistema de selecionamento de varões de madeira.

4.4.2 Dimensionamento do Doseador

O doseador é um dos elementos mais importantes para o correto funcionamento do sistema de alimentação e doseamento de varões, pois é este que garante que apenas se forneça um varão de cada vez.

Para o dimensionamento deste subsistema consideraram-se as dimensões do produto a dosear, os varões de madeira. Estes varões, como já referido ao longo deste documento, possuem um diâmetro de 5 mm e um comprimento de 1 m. O sistema idealizado tem por base um veio rotativo acoplado a um componente que permite apenas a passagem de um varão de cada vez. O requerido foi um componente que a cada fração de volta permitisse a passagem de um varão, controlando assim a passagem com a rotação do motor.

O veio a utilizar possui o comprimento total do reservatório adicionando extremidades para a sua posterior fixação. O veio, devido ao material a usar, às baixas cargas e ao atravancamento é de 6 mm de diâmetro.

O elemento doseador tem uma forma em estrela, em que cada cavidade é um contramolde do varão, ou seja, uma semicircunferência com 5mm de diâmetro. Dado a dimensão do varão, $\varnothing 6$ mm e a geometria do contramolde, projetou-se uma estrela com 7 secções e um comprimento total de 50 mm, como se pode observar na Figura 54. Para este selecionador optou-se por um material polimérico para diminuir a sua massa e conseqüente esforço sobre o veio.

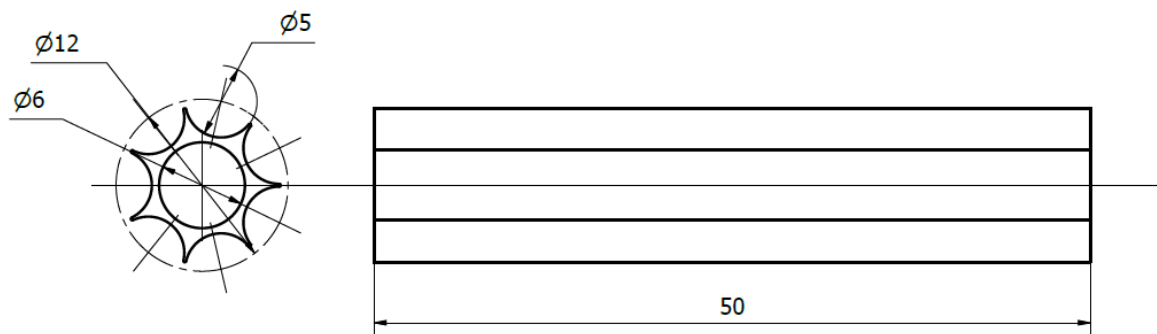


Figura 54 – Representação do doseador projetado, dimensões em mm.

Utilizaram-se um total de três selecionadores distribuídos ao longo do veio, um em cada extremidade e um no meio, reduzindo a probabilidade de encravamento do sistema. Este componente a cada 1/7 de volta permite o fornecimento de um varão de madeira ao sistema de fornecimento.

4.4.3 Componentes do Sistema de Fornecimento

O sistema de doseamento, como referido anteriormente, fornece varão a varão, deste modo apenas se necessita de um sistema que transporte e permita controlar a quantidade de varão a cortar.

Para a execução deste processo adotou-se um sistema que tendo o varão selecionado o empurra até uma came. Para este processo adotou-se uma tela de transporte, acoplado a dois veios em que a tração é dada pelo veio frontal. Deste modo, por atrito o varão é movimentado até à came.







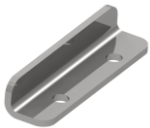



Esta came encontra-se acoplada a um motor, sendo as dimensões da came um dado adquirido é permitido controlar o avanço do varão para corte. O fornecimento do varão ao sistema de corte dá-se pelo atrito criado entre a came e o varão que por sua vez implica uma movimentação. Para promover o atrito entre a came e o varão aplica-se um recartilhado na superfície lateral de came.


Para que seja possível transportar os varões deste sistema de fornecimento, criaram-se uns componentes, maquinados, com uma forma propícia ao centramento dos varões de madeira. Estes rolos centradores garantem o alinhamento do veio bem como facilitam o transporte dos varões a cortar. Posicionados entre si a uma distância de 150 mm, um total de 10 centradores garantem o alinhamento e transporte desde o tapete até ao sistema de corte. Para que permitam rolamento são acoplados a um veio, com folga, que se encontra encastrado na estrutura do sistema de fornecimento.

Por fim, todos os componentes mencionados encontram-se assemblados a uma estrutura em chapa de aço com 10 mm de espessura. Esta estrutura permite posicionar os veios, que albergam todos os outros componentes.

A Tabela 18 permite organizar todos os componentes deste sistema, nesta são catalogados, apresentado o processo de fabrico, o material e ainda uma imagem representativa.

Tabela 18 - Componentes relativos ao sistema de fornecimento, onde se definem quantidades, processo de fabrico e material

Componente	Quantidade	Processo de fabrico	Material	Imagem
Chapa caleira lateral 1	1	Corte de laser	S235JR zincado	
Chapa caleiro lateral 2	1	Corte de laser	S235JR zincado	
Chapa caleiro fundo	1	Corte de laser	S235JR zincado	
Veio Ø 10 mm	13	Maquinação	S235JR zincado	
Rolos centradores	10	Maquinação	POM	
Came	1	Maquinação	S235JR zincado	
Cantoneira de fixação	4	Corte de laser + Quinagem	S235JR zincado	
W6300-2RS1 (SKF, 2020)	2	Normalizado	-	
S61700-2RSR (Schaeffler, 2020b)	2	Normalizado	-	
DIN 471 Freio Ø 10mm (Fabory, 2020a)	24	Normalizado	-	

Componente	Quantidade	Processo de fabrico	Material	Imagem
Tela Habasit 25 x 600 mm (Habasit, 2020)	1	Normalizado	PVC	

O rolamento selecionado para a came empurradora é o W6300-2RS1, do catálogo da SKF, (SKF, 2020), pois permite suportar cargas elevadas, que garantem robustez ao sistema de fornecimento. Possui um diâmetro interno de 10 mm, conseqüente do veio em que é aplicado. São colocados dois rolamentos por eixo para aumentar a estabilidade do veio.

Dado que o esforço requerido pelo tapete acionador não é tão elevado como o da came empurradora, pois irá ser acoplada a um motor menos potente, deste modo devido ao custo e devido às limitações de espaço selecionou-se o rolamento S61700-2RSR do catálogo da INA, (Schaeffler, 2020b).

A estrutura composta pelas chapas laterais e base do caleiro foi concebida para um processo de soldadura. O processo de quinagem foi descartado por dois principais fatores, primeiro a espessura de 10 mm e segundo a relação entre a altura das abas e a largura da base. O esquema de soldadura adotado para este componente pode ser observado na Figura 55.

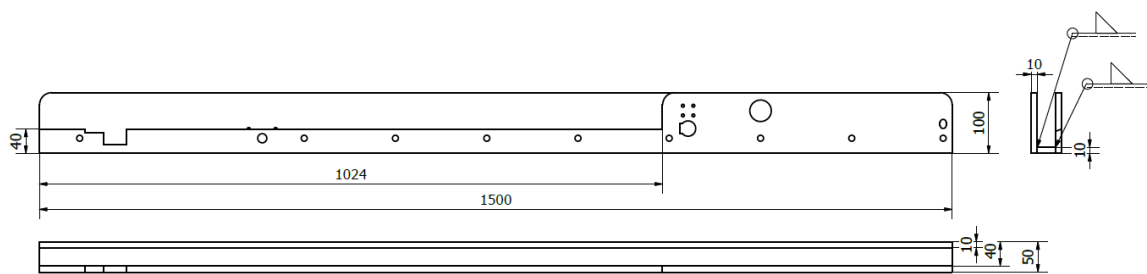


Figura 55 - Esquema de soldadura da estrutura do caleiro do sistema de fornecimento, medidas em mm.

As dimensões do caleiro são em consequência do material utilizado para os ensaios, o varão de corte. Selecionou-se um comprimento de 1500 mm de modo a acomodar um varão e meio, assim quando o varão que está a ser cortado chegar a metade do seu comprimento, 500 mm o próximo varão entra no sistema garantindo o funcionamento contínuo.

Para uma posterior fixação ao perfil Bosch foram soldados à estrutura dos caleiros umas cantoneiras. O esquema de soldadura pode ser observado na Figura 56.

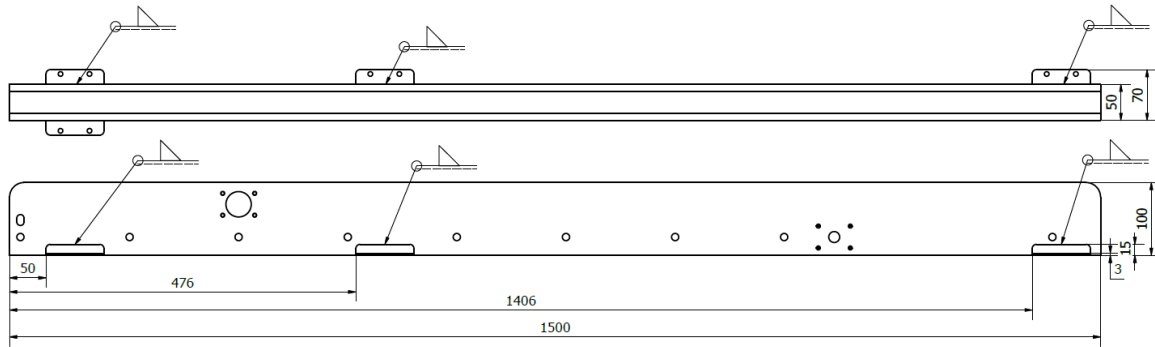


Figura 56 - Esquema de soldadura dos suportes do caleiro do sistema de fornecimento, medidas em mm e símbolos normalizados de soldadura.

Após ter esta estrutura soldada é possível acoplar todos os elementos que compõe o sistema de fornecimento. O esquema de montagem onde se identificam todos os componentes utilizados encontra-se na Figura 57, a lateral colocou-se a transparente, tal como não se colocaram as cantoneiras de fixação para uma melhor visualização dos componentes mais críticos.

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	12	veio	veio centradores
2	1	comes	came empurradora
3	9	Rolo	Rolo centrador
4	2	W 6300-2RS1	rolamento SKF
5	1	Caleiro_conjuntosoldado	Estrutura sistema
6	22	DIN 471 - 10x1	Freio
7	2	s61700-2rsr	rolamento INA
8	1	tela PVC habasit	

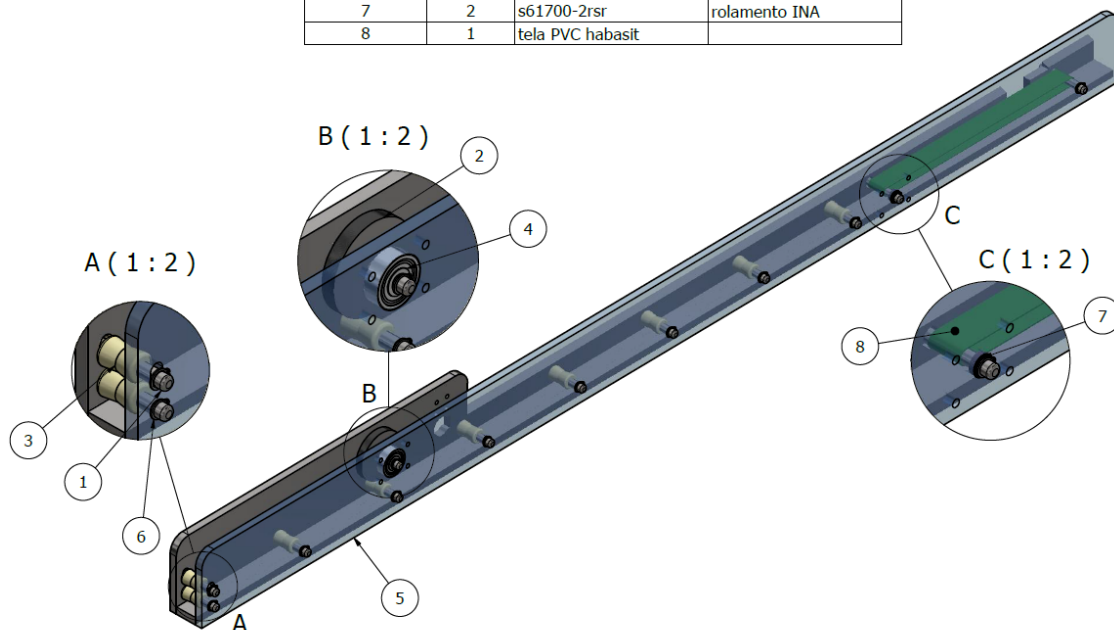


Figura 57 – Representação do esquema de montagem do sistema de fornecimento, onde no destaque A se demonstra a saída do sistema, no destaque B a came responsável pelo fornecimento e no destaque C a tela do tapete empurrador. A lateral do sistema foi colocada como transparente de modo a se poder observar os componentes internos.

4.4.4 Came de Fornecimento de Varões

A came de fornecimento, como o próprio nome indica é um elemento rotativo com a finalidade de fornecer secções de varão de madeira para corte. Este elemento constitui o sistema de fornecimento e é acionado por um motor com controlo posicional.

Tendo por base o local onde se irá aplicar este componente, projetou-se a came com as dimensões que se apresentam na Figura 58. A superfície que entrará em contacto com o varão de madeira será recartilhada de modo a aumentar o atrito, permitindo um fornecimento mais controlado.

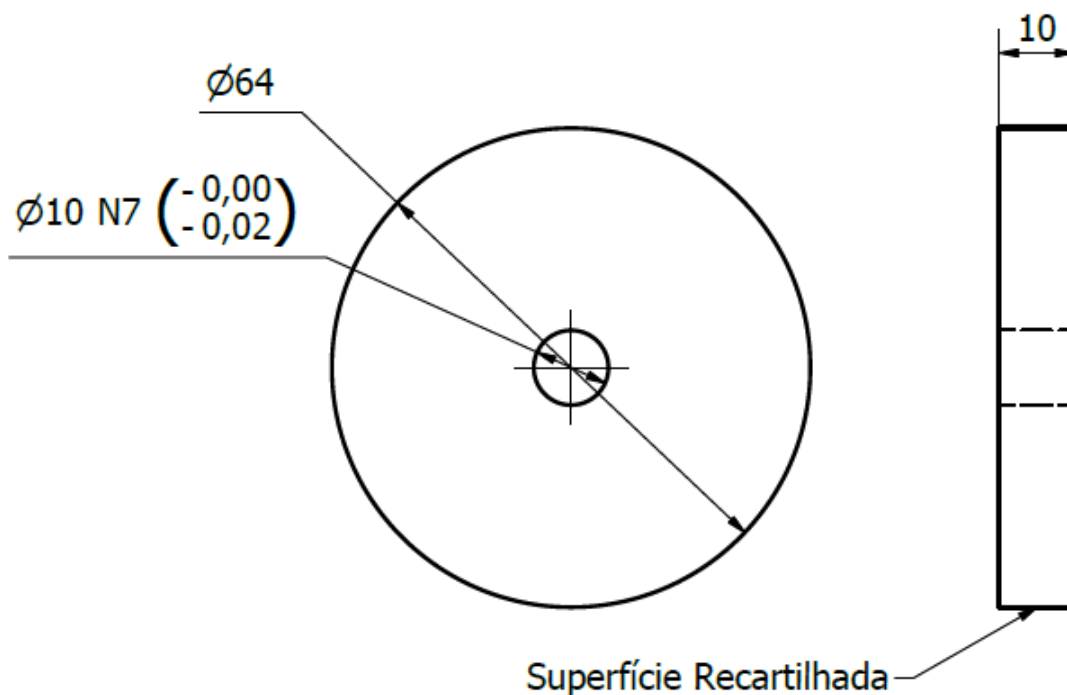


Figura 58 – Representação da came de fornecimento de varões, medidas em mm.

O diâmetro interno está projetado com um toleranciamento N7 de modo a entrar com aperto,(Wordpress, 2020), no veio m5 com 10 mm de diâmetro. Este ajuste permite que o veio funcione encastrado na came, possuindo movimentos solidários.

Com estas dimensões e tendo por base a fórmula do perímetro da circunferência podemos concluir que para um avanço de 5 mm a came terá de rodar, aproximadamente 1/40 voltas. Este avanço pode ser controlado através da fração de volta que a came se desloca tornando o sistema adaptável a qualquer avanço pretendido.

4.4.5 Dimensionamento do Rolo Centrador

Para garantir a movimentação controlada dos varões ao longo do sistema fornecimento foi projetado um componente capaz de centrar e rolar, solidário com o movimento de avanço dos varões de madeira, aquando do transporte. Este componente será polimérico, proporcionando o rolamento com o varão em aço sem a necessidade de casquilhos.

Para ter capacidade de centrar o varão de madeira a cortar, este elemento possui duas faces inclinadas a tenderem para o centro. Aliando esta inclinação à geometria de secção do varão de madeira, garantimos, com alguma precisão, que o varão se deslocará preferencialmente pelo centro deste componente. Uma vista mais detalhada do componente bem como as suas dimensões é apresentada na Figura 59.

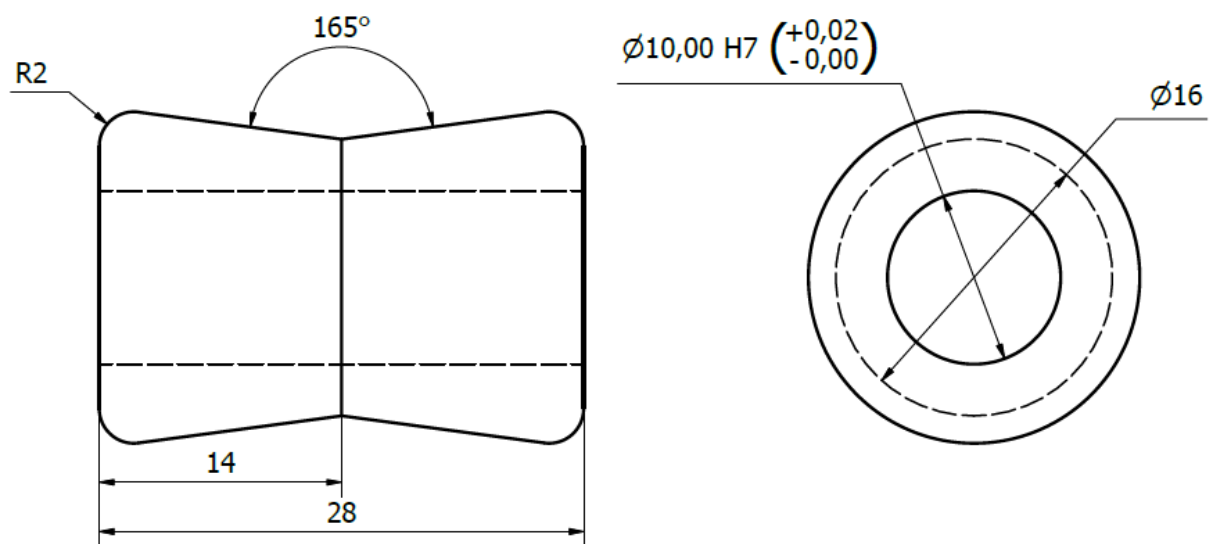


Figura 59 – Representação do rolo centrador, medidas em mm.

De modo a garantir o rolamento livre, (Wordpress, 2020), sem a utilização de casquilhos ou rolamentos, optou-se por um furo H7 associado a um veio f7. Para permitir um rolamento sem constrangimentos garantiu-se ainda um milímetro de folga entre a parede interna do caleiro e as paredes do elemento centrador.

De referir apenas que as arestas vivas são boleadas, com um raio de 2 mm, de modo a facilitar o rolamento e impedir, conseqüentemente, encravamentos.

4.4.6 Assemblagem do Sistema de Alimentação à Estrutura do Equipamento

O equipamento para a análise da performance das tesouras agrícolas, da marca Carpa Tools, dá-se por terminado com a assemblagem do sistema de alimentação à estrutura em perfil de alumínio, anteriormente assemblada ao sistema de acionamento.

A montagem do sistema de alimentação à estrutura em perfil de alumínio tem por base o mesmo princípio adotado para o sistema de acionamento, parafusos M6 DIN 912 e porcas M6 em “T” aliados aos apoios em “L”, tanto do sistema de armazenamento como do sistema de fornecimento. Na Figura 60 pode-se observar o esquema de montagem do sistema de alimentação bem como os componentes necessários.

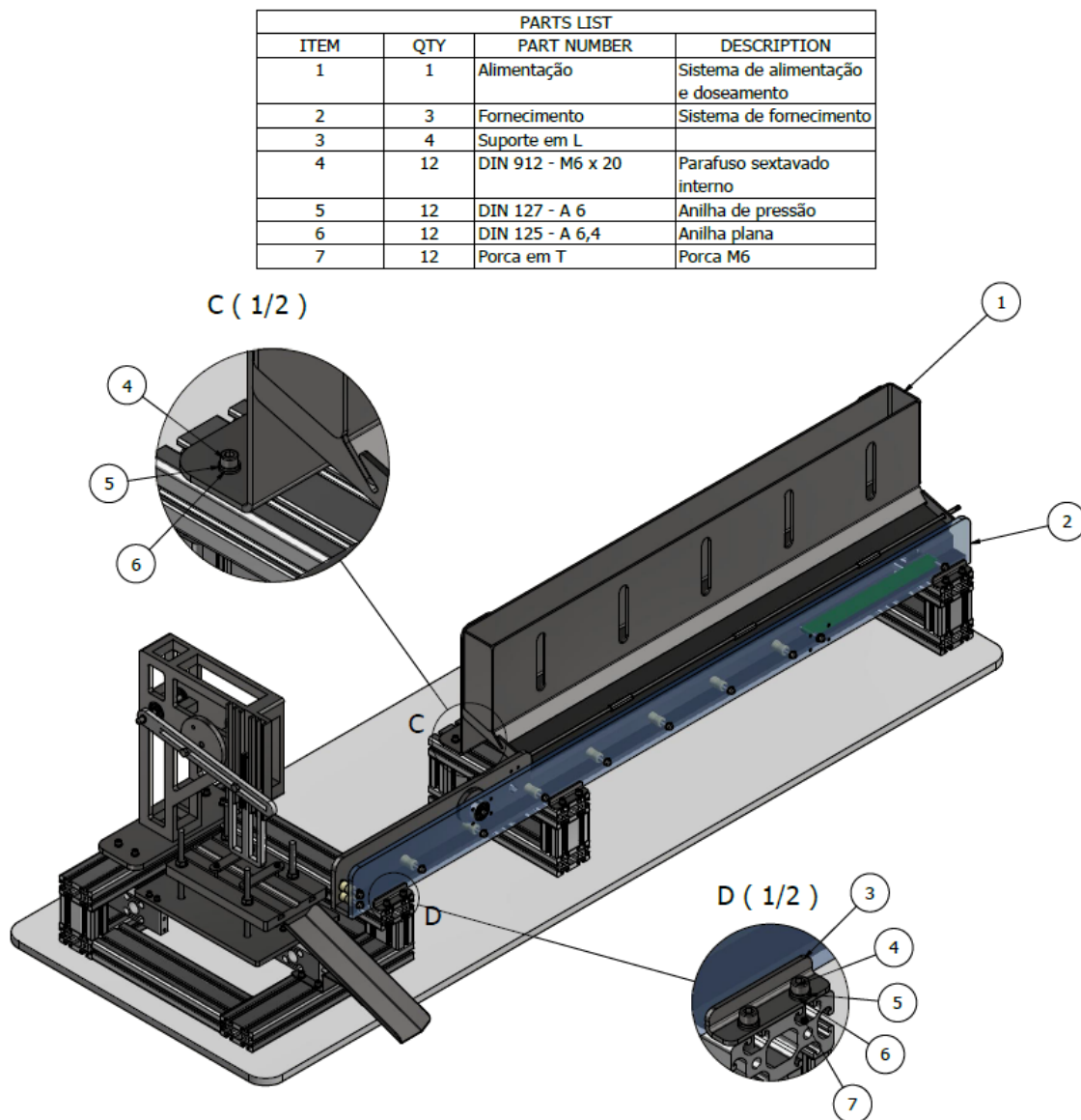


Figura 60 – Representação do esquema de montagem do sistema de alimentação, onde se demonstra, no destaque C o método de fixação do sistema de doseamento e armazenamento à estrutura principal, e no destaque D o método de fixação do sistema de fornecimento à estrutura principal.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste último capítulo são apresentadas as principais conclusões obtidas ao longo do processo de idealização e projeção de um equipamento para a análise do desempenho das tesouras agrícolas. Posto isto, são ainda definidos os principais pontos a cumprir para a conclusão deste equipamento.

Numa fase inicial deste projeto adotou-se uma abordagem comum ao processo de projeção de equipamentos. Isto é, analisar as alternativas existentes no mercado e todo o processo que a máquina terá de cumprir, com o objetivo de elaborar uma primeira versão do equipamento. Para tal foram analisados: os equipamentos com movimentos semelhantes; o lote de tesouras fornecidas pela empresa parceira; os principais requisitos do equipamento; os dados relativos ao processo de corte com tesouras de uma mão; os materiais para teste. Desta fase inicial de anteprojecto resultou a idealização de um “equipamento conceito” para a simulação do processo de corte das tesouras agrícolas. Este conceito em conjunto com a Serafim Fertuzinhos S.A. foi otimizado, tendo em vista aumentar a robustez e adaptabilidade do equipamento.

Após concluída esta primeira fase de idealização partiu-se para a conclusão do principal objetivo desta dissertação, o projeto detalhado de um sistema mecânico para a simulação do processo de corte de tesouras agrícolas da marca Carpa Tools. Ao longo deste projeto detalhado foram-se cumprindo vários objetivos consequentes do processo, de entre os quais merecem destaque: a otimização do equipamento conceptual projetado; a simulação e dimensionamento de componentes críticos; a definição de processos de fabrico e materiais; a seleção de componentes normalizados; a realização de desenhos técnicos, desenhos para fabrico e desenhos para montagem.

A realização desta dissertação foi bastante condicionada pelo aparecimento da pandemia COVID-19 que limitou bastante o desenvolvimento de todo o processo. Desde o acesso condicionado às instalações da Universidade do Minho para a realização de testes para validação, ensaios mecânicos, construção de protótipos de mecanismos entre outros. À impossibilidade de reuniões presenciais com o orientador para esclarecimentos de dúvidas mais práticas próprias a um projeto desta natureza. Até mesmo ao encerramento periódico da empresa Serafim Fertuzinhos S.A. quer para esclarecimento de dúvidas; quer para a construção de mecanismos; ou até mesmo para visitas.

No entanto, foi possível cumprir um dos principais objetivos a que esta dissertação se propôs. O equipamento para simular o processo de trabalho das tesouras agrícolas de uma mão encontra-se totalmente idealizado como se pode observar na Figura 61.

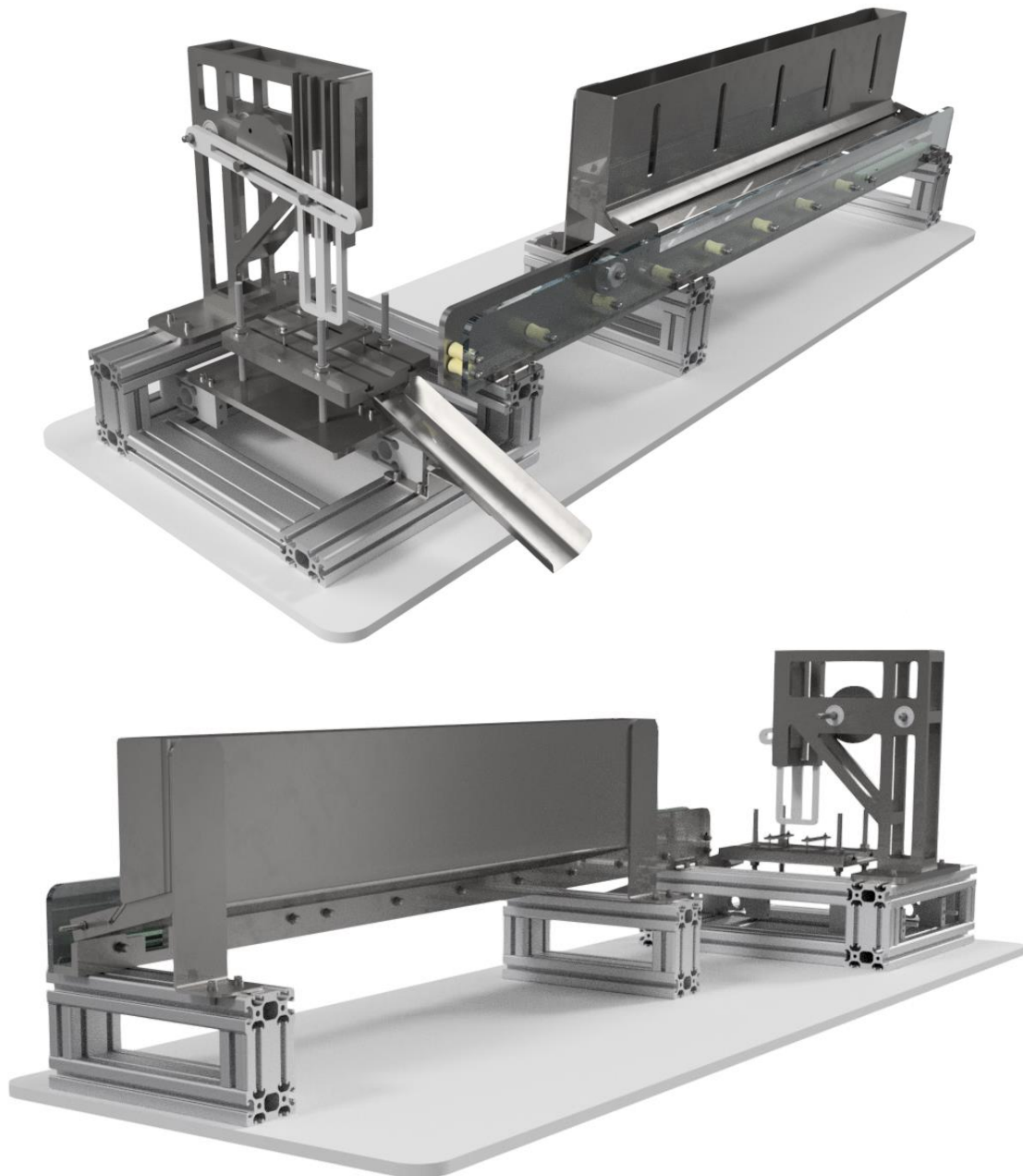


Figura 61 – Representação, recorrendo ao *software Inventor 2020*, da versão final do equipamento projetado para a caracterização do desempenho de tesouras agrícolas da marca Carpa Tools.

Relativamente aos pontos a discutir em trabalhos futuros deve seguir uma linha de pensamento focada na construção e otimização do equipamento desenvolvido. O principal foco deve ser relativo à construção de uma primeira versão do equipamento, procedendo à sua calibração e melhoria contínua do processo de simulação. Dado por terminada a fase de

calibração segue-se uma fase de otimização, devendo atuar-se perante o consumível do processo, os varões de madeira. Avaliar a possibilidade de se utilizarem processos internos à Serafim Fertuzinhos S.A. para reaproveitamento do material utilizado no teste ou até mesmo a produção autónoma dos varões de madeira.

BIBLIOGRAFIA

- 123RF. (2020). *Secateurs - A Tool For Working In The Garden - A Vector Linear.. Royalty Free Cliparts, Vectors, And Stock Illustration. Image 141096669.* https://www.123rf.com/photo_141096669_stock-vector-secateurs--a-tool-for-working-in-the-garden--a-vector-linear-picture-for-coloring-garden-shears-for-.html
- Beethefirst. (2020). *Impressora 3D BEETHEFIRST+.* <https://www.electrofun.pt/impressoras-3d/impressora-3d-beethefirst-plus>
- CARPA. (2019). *CATÁLOGO CATALOG.*
- Fabory. (2020a). *Fasteners | Fabory.* <https://www.fabory.com/pt/Fixação/c/01?text=>
- Fabory. (2020b). *Freio exterior - tipo normal DIN 471 Aço mola 10MM (8715492753373) | Fabory.* <https://www.fabory.com/pt/freio-exterior-tipo-normal-din-471-aço-mola-10mm/p/36000010001>
- Fabory. (2020c). *Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior DIN 912 Aço Camada de zinco isento Cr6+- ISO 10683 flZnnc 12.9 M14X40 (8715494213110) | Fabory.* <https://www.fabory.com/pt/parafuso-cabeça-cilindrica-sextavado-interior-din-912-aço-camada-de-zinco-isento-cr%3Csup%3E6%2B%3C-sup%3E-iso-10683-flznnc-12-9-m14x40/p/07025140040>
- Flores, P., & Claro, J. C. P. (2007). *Cinemática de Mecanismos 2. Análise Descritiva de Mecanismos.*
- Giordano., C., Picanço., V., & Zancul., E. (2016). *-Processo de estereolitografia | Download Scientific Diagram.* https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Processo-de-estereolitografia_fig1_304001824
- Grupo Ferpinta. (2020). *Grupo Ferpinta.* <http://www.ferpinta.pt/index.php?cat=26>
- Habasit. (2020). *Habasit - Light Conveyor Belts.* <https://www.habasit.com/en/Products/Fabric-Belts/Light-Conveyor-Belts>
- Joana Mendes. (2020). *Força de prensão da mão: quantificação, determinantes e utilidade clínica.* http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-34132013000300003
- Kipp. (2020). *KIPP - Porcas martelo.* <https://www.kipp.com/br/pt/Produtos/Dispositivos-de-controle-Elementos-normalizados/Elementos-para-máquinas-elementos-para-dispositivos/Porcas-martelo.html>
- Lasheras, J. M., & Lasheras, J. M. (2002). *Máquinas herramientas: limadoras (8ª ed).* Editorial Donostiarra.
- Leroy Merlin. (2020). *Leroy Merlin - Bricolage, Construção, Decoração e Jardim.* <https://www.leroymerlin.pt/>
- Maria Teresa Tomás., & Fernandes, B. (2012). *Dinamómetro hidráulico JAMAR. | Download Scientific Diagram.* https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Dinamometro-hidraulico-JAMAR_fig1_233985846
- Nascimento., Márcio Ferreira do, Raphael. Benassi, Caboclo, Duarte, F., Salvador. Ana Carolina dos Santos, & Gonçalves, L. C. O. (2010). *Valores de referência de força de prensão manual em ambos os gêneros e diferentes grupos etários. Um estudo de revisão.* <https://www.efdeportes.com/efd151/forca-de-preensao-manual-em-ambos-os-generos.htm>
- Norelem. (2020). *Porcas martelo | norelem.* <https://www.norelem.com/pt/pt/Produtos/Visão-geral-de-produtos/Sistema-flexível->

de-peças-normalizadas/07000-Elementos-de-união-Posicionadores-esféricos-e-placas-de-suporte-Pinos-roscados-e-sapatas-de-pressão-Parafusos-de-torque-e-encaixes-roscados-Parafus

Resinex. (2020). *POM | Tipos de polímeros - Resinex*. <https://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/pom.html>

Schaeffler. (2020a). *SMR106-HLC Deep groove ball bearing*. 2020.

Schaeffler. (2020b). *W 6300-2RS1*. 2–4.

Scissors cutting performance test – CATRA – Cutlery Allied Trades Research Association. (2018). <https://www.catra.org/testing-equipment/scissors-shears/scissors-cutting-performance-test/>

Siemens. (2020). *Siemens*. <https://www.siemens.com/global/en.html>

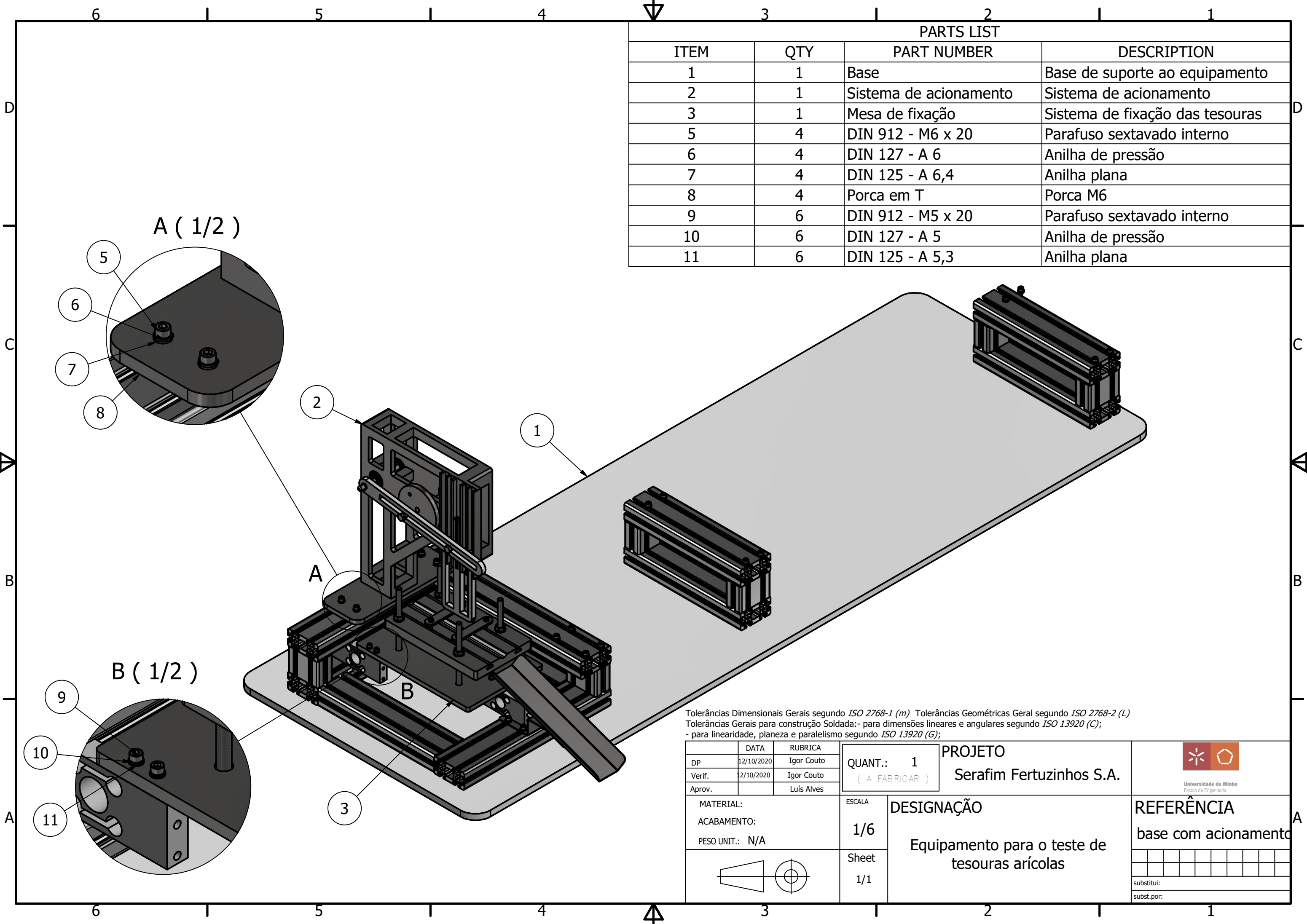
SKF. (2020). *W 6300-2RS1 | SKF*. <https://www.skf.com/pt/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-W-6300-2RS1>

Static Materials Testing Machines. (2020). <https://www.zwickroell.com/en/static-materials-testing-machine>

Wordpress. (2020). *INTRODUÇÃO AOS AJUSTAMENTOS – Moldes*. http://formacao.training.pt/?page_id=1941

ANEXO I – DESENHOS TÉCNICOS PARA FABRICO E MONTAGEM

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Base	Base de suporte ao equipamento
2	1	Sistema de acionamento	Sistema de acionamento
3	1	Mesa de fixação	Sistema de fixação das tesouras
5	4	DIN 912 - M6 x 20	Parafuso sextavado interno
6	4	DIN 127 - A 6	Anilha de pressão
7	4	DIN 125 - A 6,4	Anilha plana
8	4	Porca em T	Porca M6
9	6	DIN 912 - M5 x 20	Parafuso sextavado interno
10	6	DIN 127 - A 5	Anilha de pressão
11	6	DIN 125 - A 5,3	Anilha plana



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

	DATA	RUBRICA
DP	12/10/2020	Igor Couto
Verif.	12/10/2020	Igor Couto
Aprov.		Luís Alves

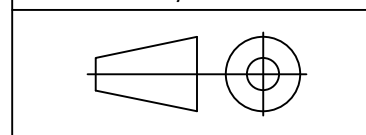
QUANT.: 1	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.
(A FABRICAR)	



MATERIAL:	ESCALA
ACABAMENTO:	1/6
PESO UNIT.: N/A	Sheet

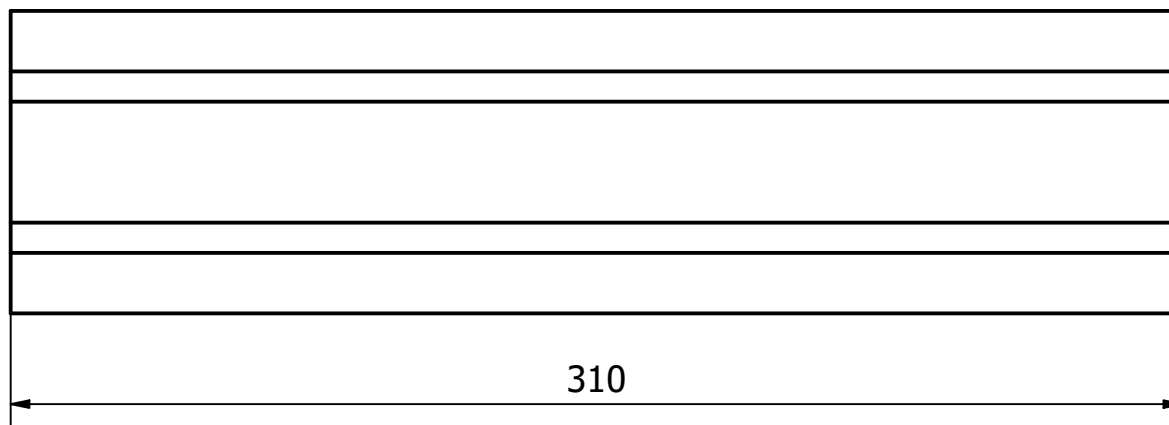
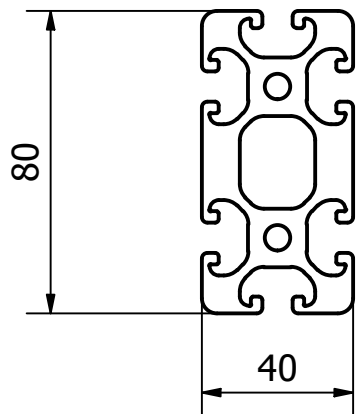
DESIGNAÇÃO
Equipamento para o teste de tesouras arícolas

REFERÊNCIA
base com acionamento


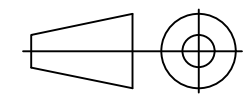


1/1

substitui:
subst.por:

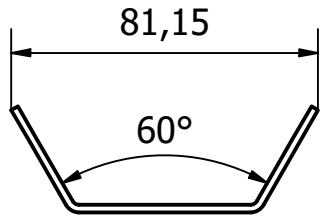


Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo *ISO 2768-1 (m)* Tolerâncias Geométricas Geral segundo *ISO 2768-2 (L)*
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo *ISO 13920 (C)*;
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo *ISO 13920 (G)*;

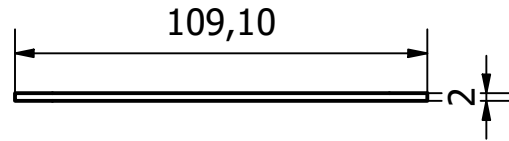
	DATA	RUBRICA	QUANT.: 6 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia
DP	14/09/2020	Igor Couto			
Verif.	14/09/2020	Igor Couto			
Aprov.		Luís Alves			
MATERIAL: Aluminum 6061			ESCALA	DESIGNAÇÃO perfil Bosch	REFERÊNCIA barra lateral mecanismo
ACABAMENTO:			1/2		
PESO UNIT.: 1,3 kg			Sheet		
			1/1		
					subst.tui:
					subst.por:

CALEIRO DESPEJO

QUINADA

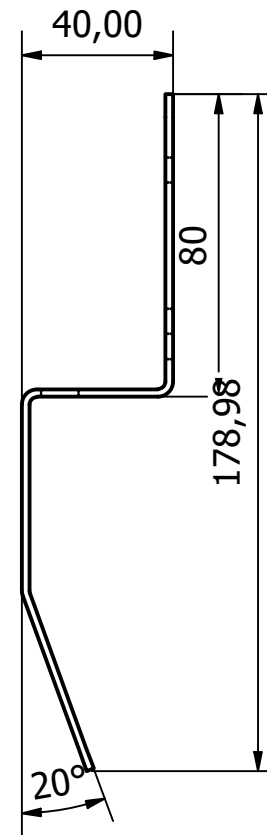


PLANIFICADA

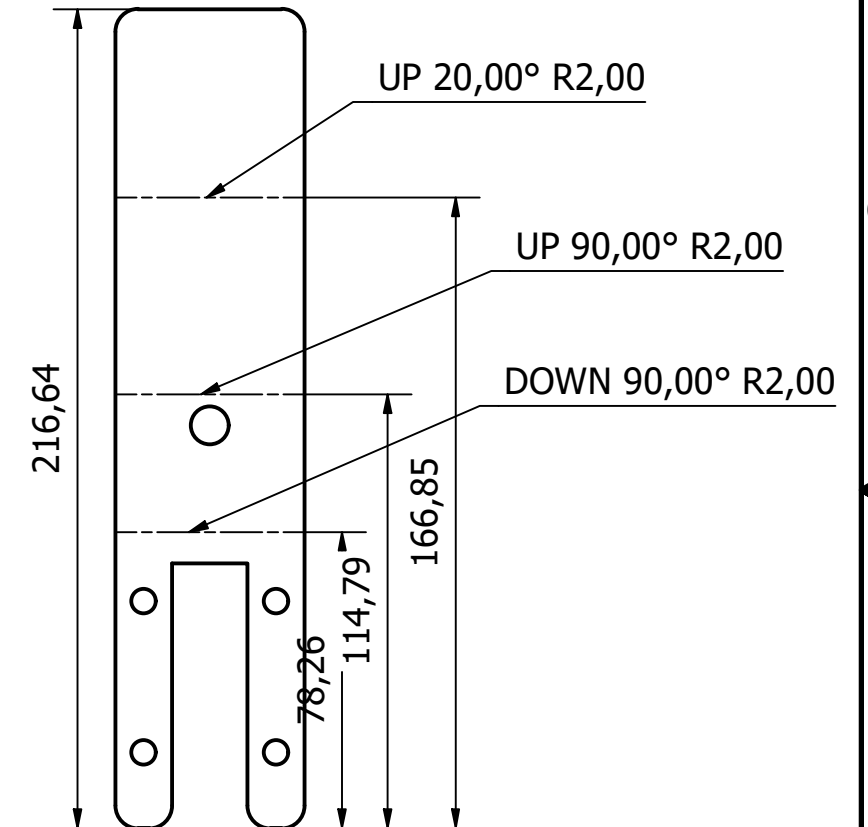
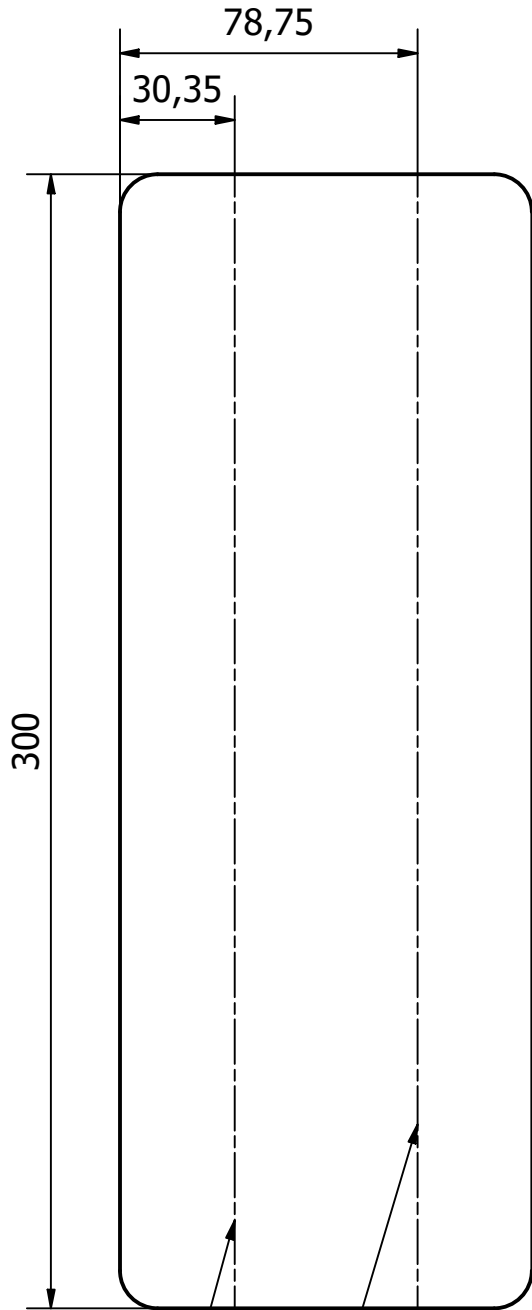
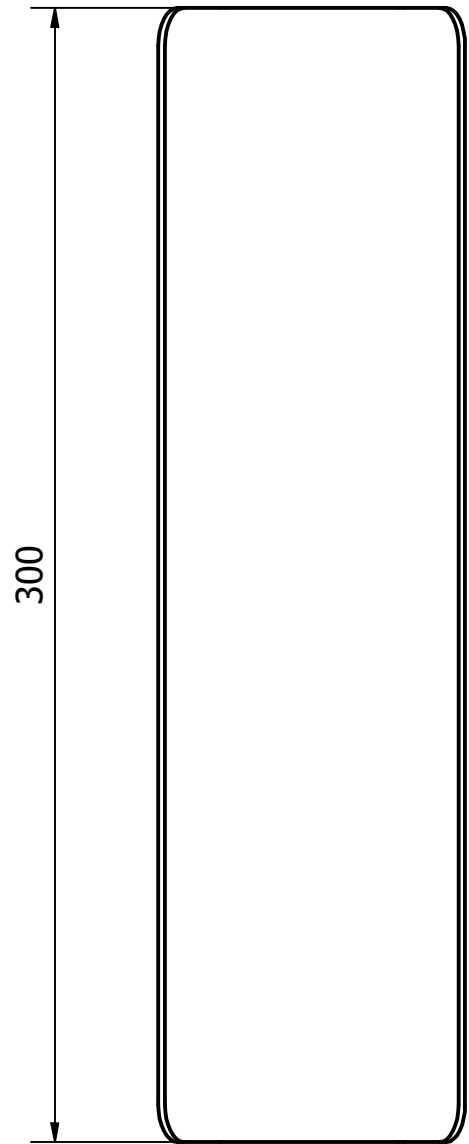
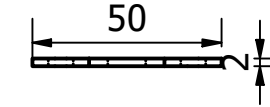


SUPORTE

QUINADA



PLANIFICADA



DOWN 60,00° R2,00

DOWN 60,00° R2,00

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

DATA	RUBRICA
29/10/2020	Igor Couto
29/10/2020	Igor Couto
	Luís Alves

QUANT.: 1	PROJETO
(A FABRICAR)	Serafim Fertuzinhos S.A.



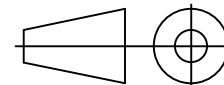
Universidade do Minho
Escola de Engenharia

MATERIAL: Steel, Carbon	ESCALA
ACABAMENTO:	1 : 2
PESO UNIT.: 0,5 kg	Sheet

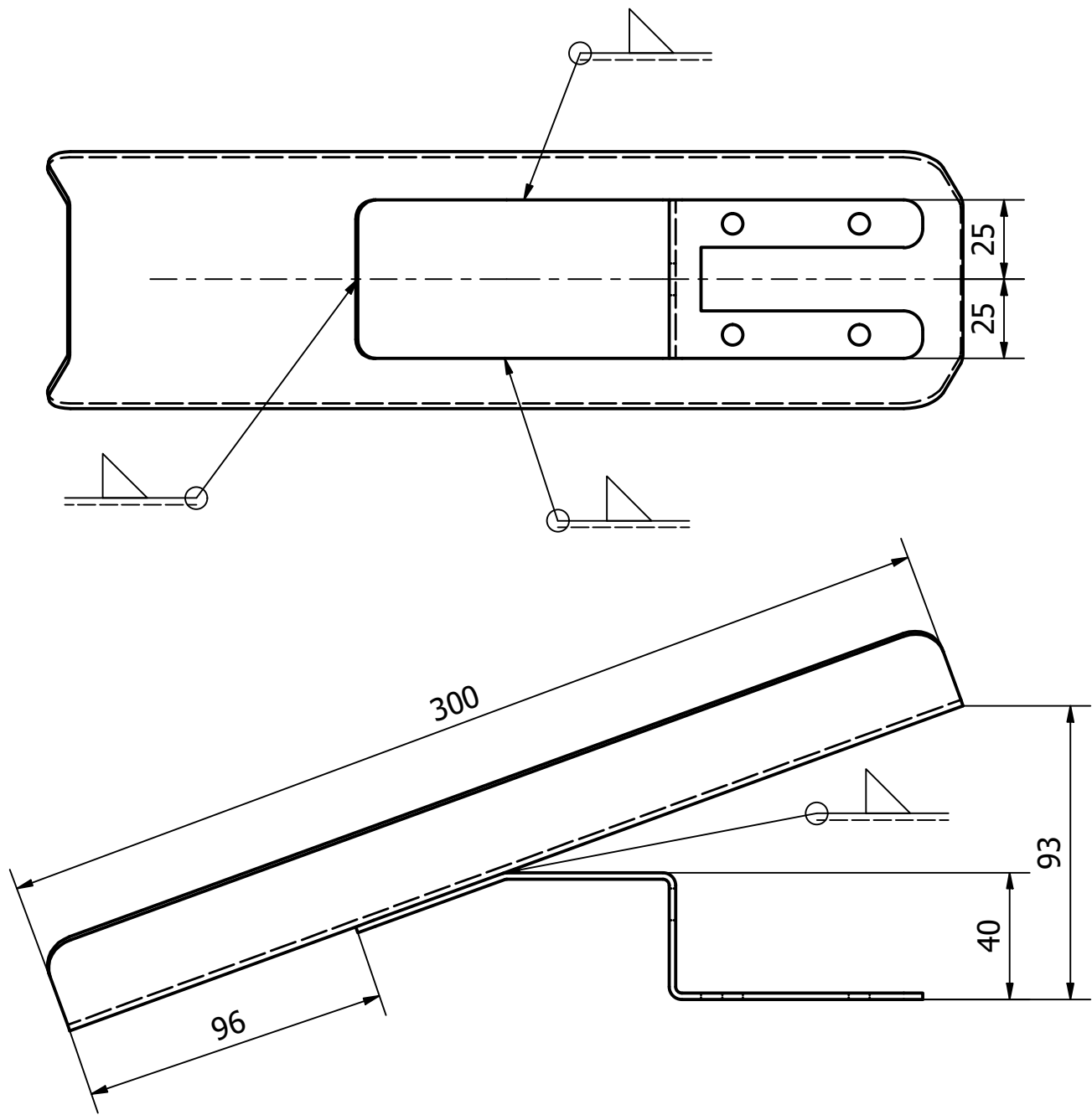
DESIGNAÇÃO
Esquema de quinagem

REFERÊNCIA
despejo de restos


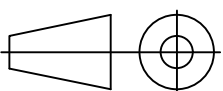
substitui:
subst.por:

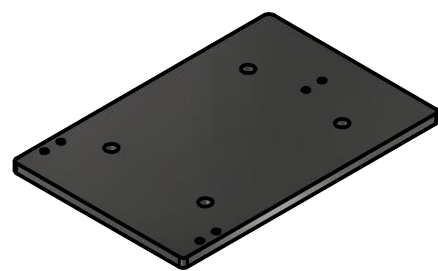
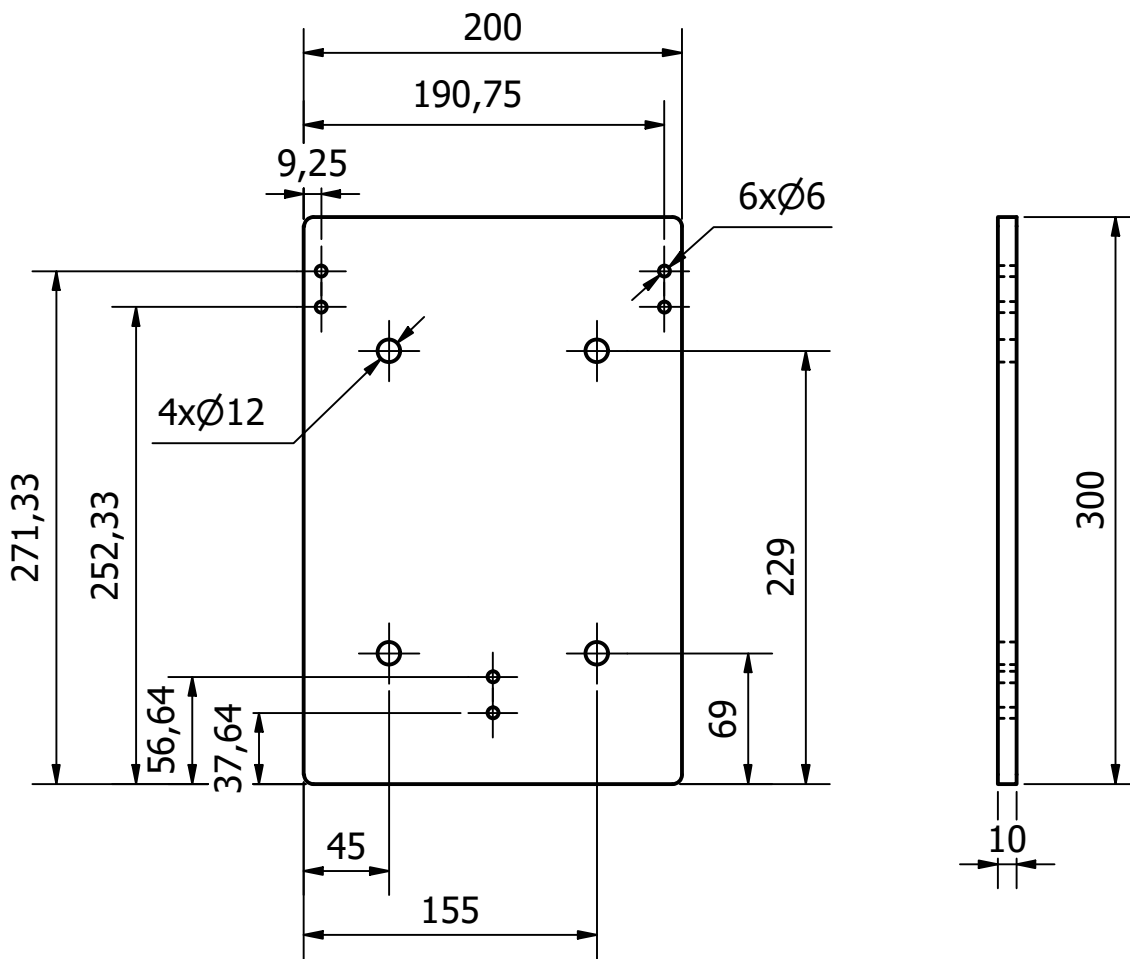


1/1


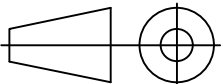


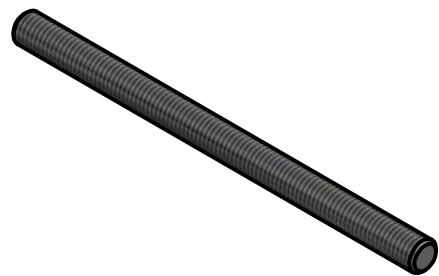
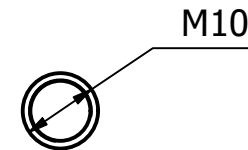
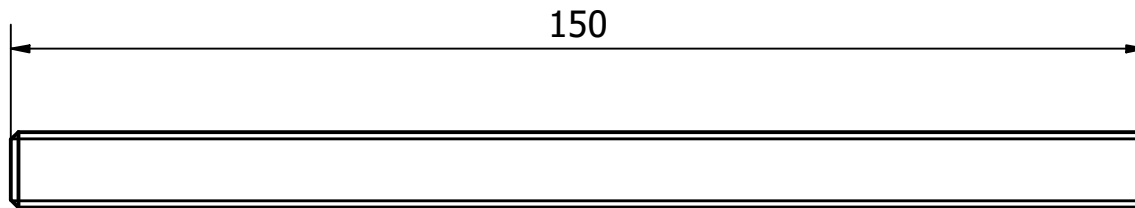
Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo *ISO 2768-1 (m)* Tolerâncias Geométricas Geral segundo *ISO 2768-2 (L)*
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo *ISO 13920 (C)*;
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo *ISO 13920 (G)*;

	DATA	RUBRICA	QUANT.: 1 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.										
DP	10/01/2021	Igor Couto												
Verif.	10/01/2021	Igor Couto												
Aprov.		Luis Alves												
MATERIAL: ACABAMENTO: PESO UNIT.: 0,7 kg			ESCALA 1/2	DESIGNAÇÃO Sistema de despejo de restos de corte	REFERÊNCIA Sistema de despejo									
			Sheet 2/2			<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>								
substitui:														
subst.por:														


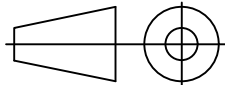


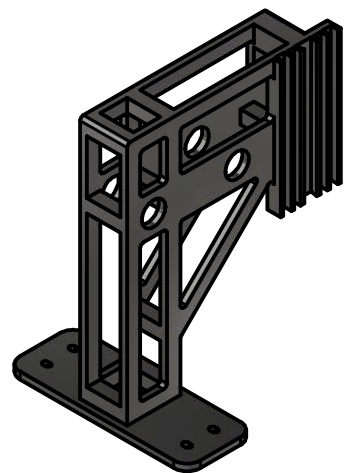
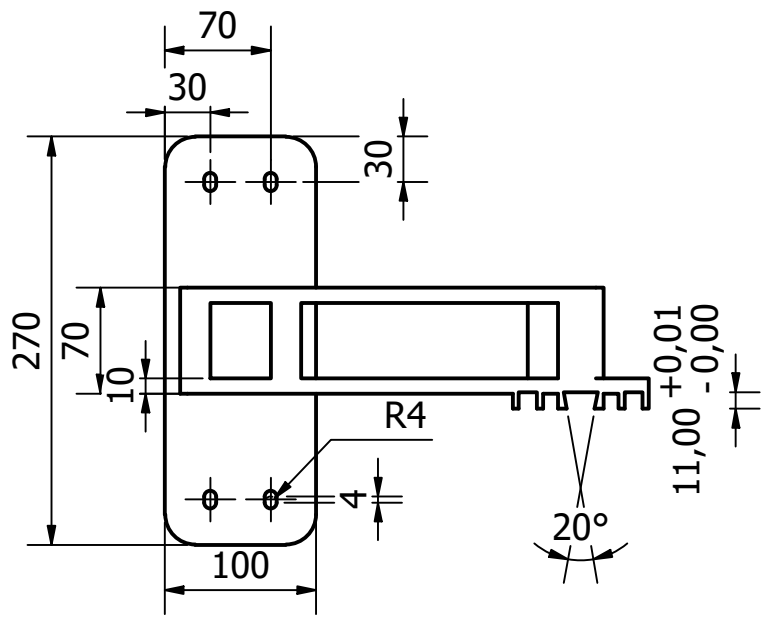
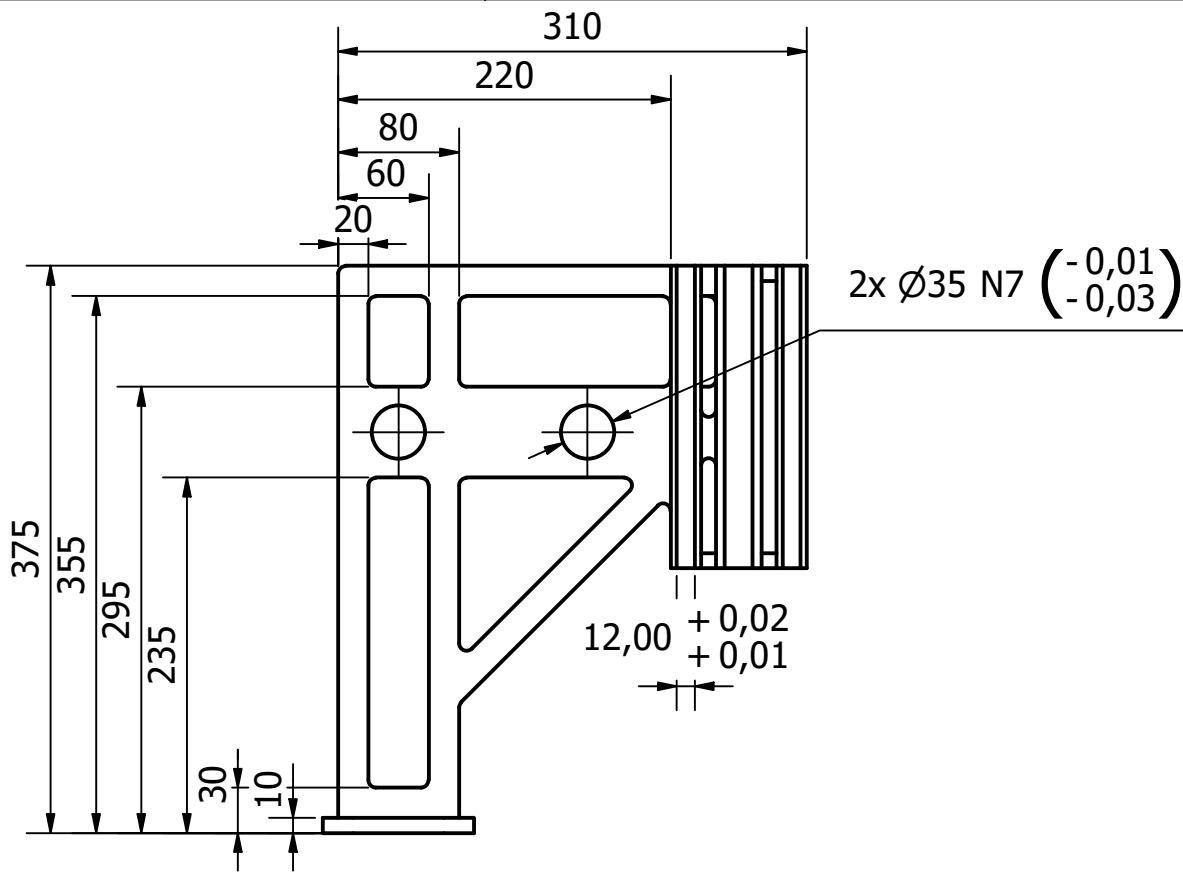
Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo ISO 2768-1 (m) Tolerâncias Geométricas Geral segundo ISO 2768-2 (L)
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo ISO 13920 (C);
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo ISO 13920 (G);

	DATA	RUBRICA	QUANT.: 1 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia
DP	14/09/2020	Igor Couto			
Verif.	14/09/2020	Igor Couto			
Aprov.		Luis Alves			
MATERIAL:	Steel, Carbon		ESCALA 1 : 4	DESIGNAÇÃO Base da mesa	REFERÊNCIA MESA_inferior
ACABAMENTO:					
PESO UNIT.:	4,7 kg		Sheet 1/1		
					substitui: subst.por:


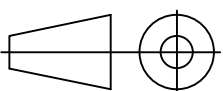


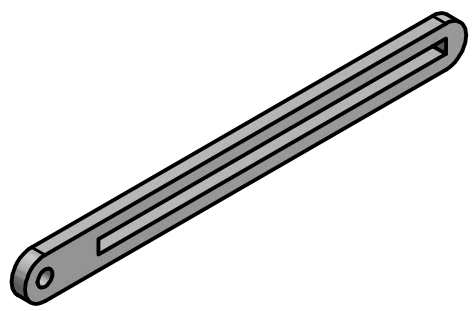
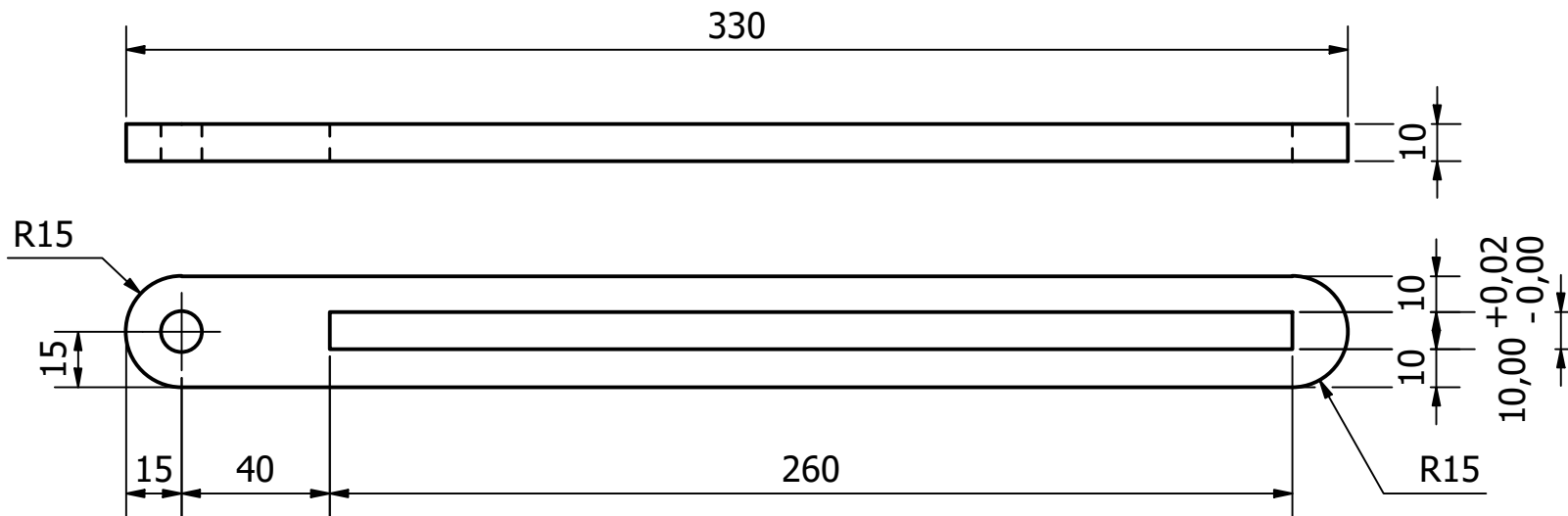
Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo *ISO 2768-1 (m)* Tolerâncias Geométricas Geral segundo *ISO 2768-2 (L)*
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo *ISO 13920 (C)*;
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo *ISO 13920 (G)*;

	DATA	RUBRICA	QUANT.: 4 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia
DP	14/09/2020	Igor Couto			
Verif.	14/09/2020	Igor Couto			
Aprov.		Luís Alves			
MATERIAL: Steel, Carbon			ESCALA	DESIGNAÇÃO Varão roscado M10	REFERÊNCIA varao para mesa
ACABAMENTO:			1/1		
PESO UNIT.: 0,1 kg			Sheet		
			1/1		
					substitui:
					subst.por:


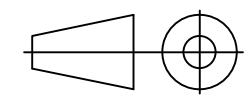


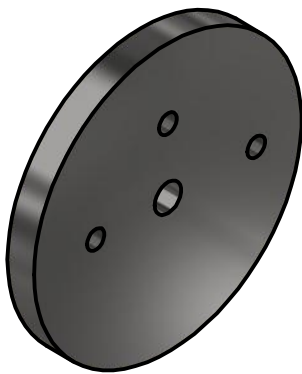
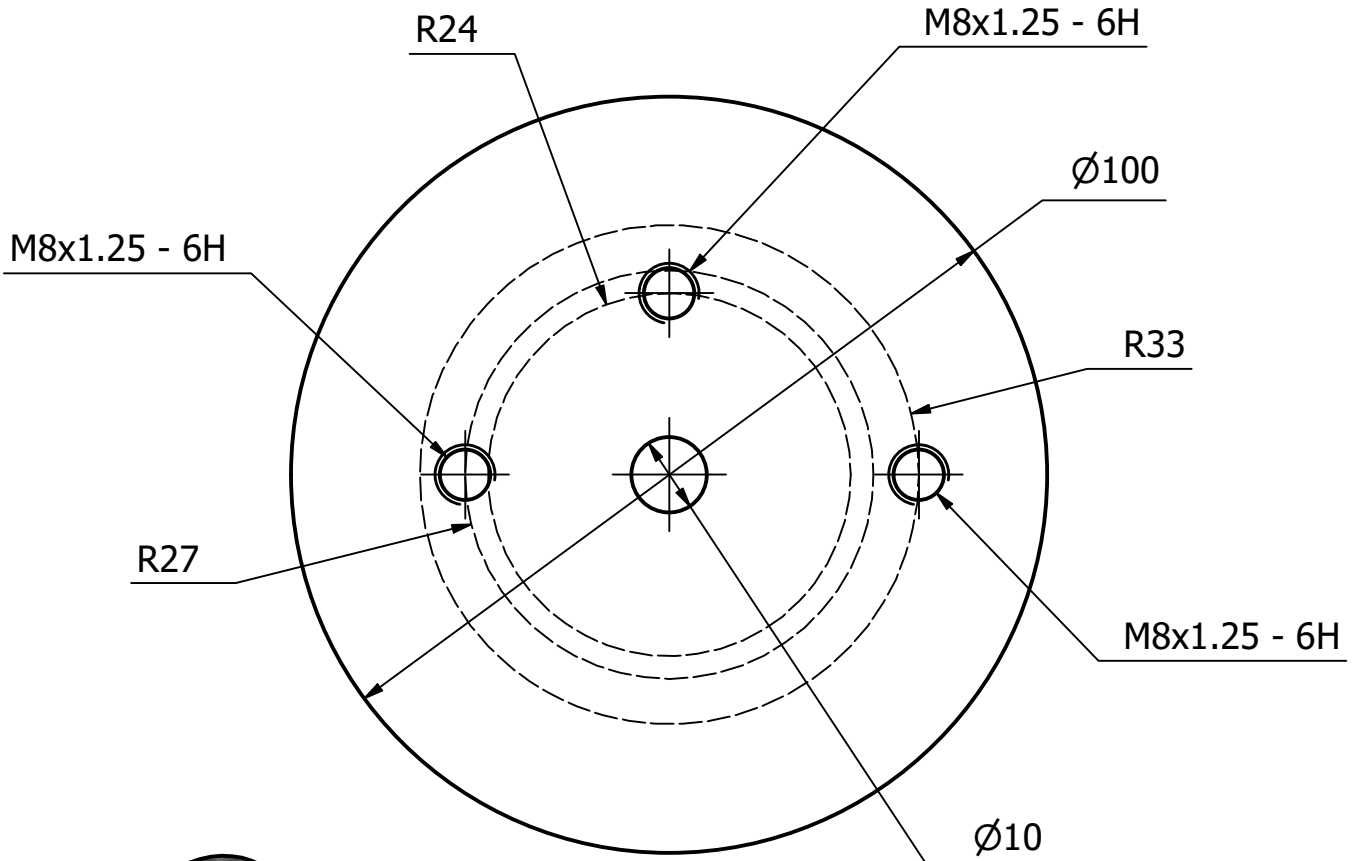
Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo ISO 2768-1 (m) Tolerâncias Geométricas Geral segundo ISO 2768-2 (L)
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo ISO 13920 (C);
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo ISO 13920 (G);

	DATA	RUBRICA	QUANT.: 1 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.																															
DP	14/09/2020	Igor Couto																																	
Verif.	14/09/2020	Igor Couto																																	
Aprov.		Luis Alves																																	
MATERIAL:	Steel, Carbon		ESCALA	DESIGNAÇÃO Base sistema de acionamento	REFERÊNCIA base boa																														
ACABAMENTO:			1/5																																
PESO UNIT.:	11,2 kg		Sheet																																
			1/1	<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="10">substitui:</td> </tr> <tr> <td colspan="10">subst.por:</td> </tr> </table>												substitui:										subst.por:									
substitui:																																			
subst.por:																																			


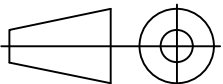


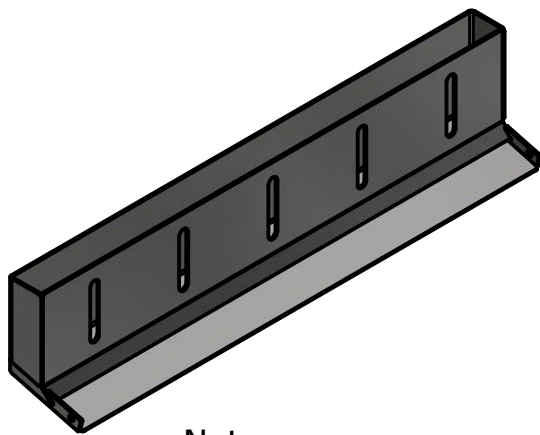
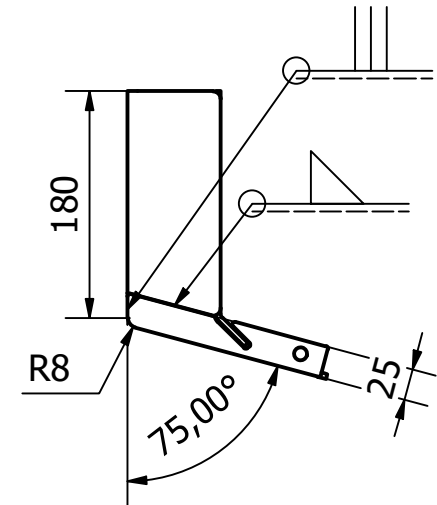
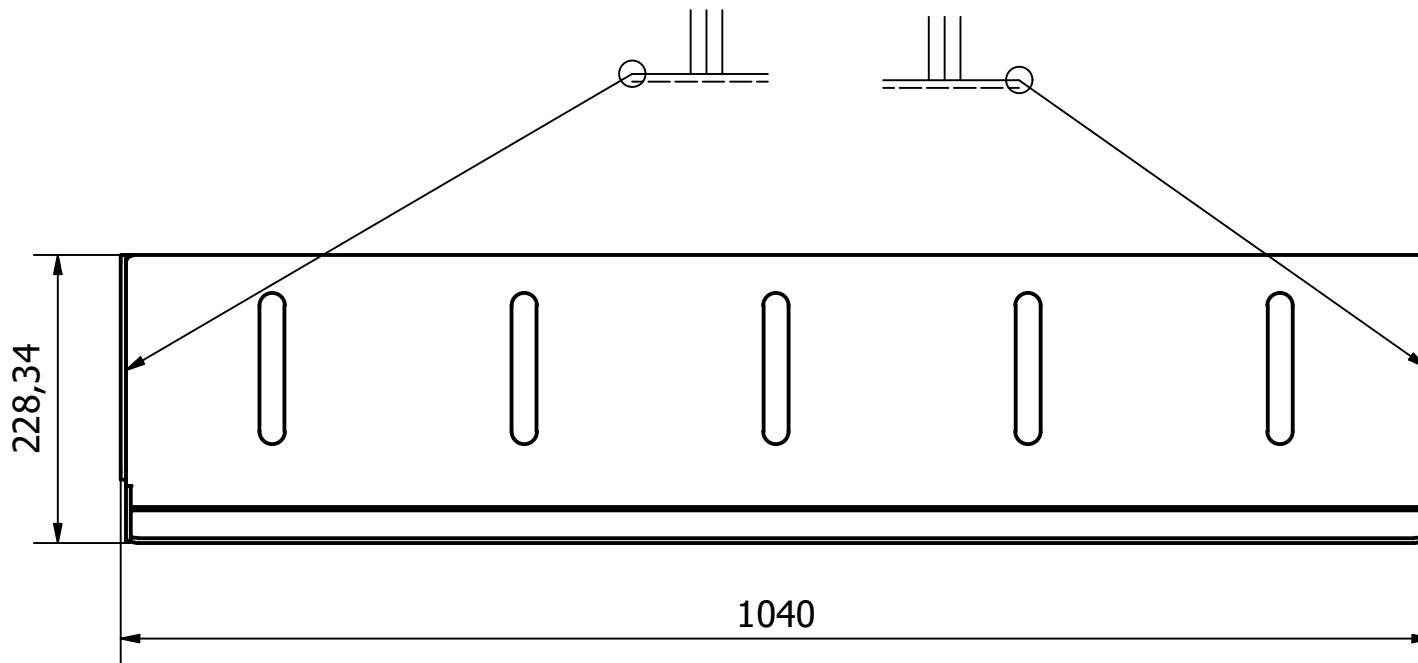
Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo *ISO 2768-1 (m)* Tolerâncias Geométricas Geral segundo *ISO 2768-2 (L)*
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo *ISO 13920 (C)*;
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo *ISO 13920 (G)*;

	DATA	RUBRICA	QUANT.: 1 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia
DP	14/09/2020	Igor Couto			
Verif.	14/09/2020	Igor Couto			
Aprov.		Luís Alves			
MATERIAL:	POM		ESCALA	DESIGNAÇÃO barra transmissão de movimento	REFERÊNCIA barra transmissão
ACABAMENTO:			1 : 2		
PESO UNIT.:	0,2 lbmass		Sheet		
			1/1		
					substitui:
					subst.por:




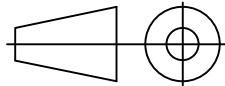
Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo ISO 2768-1 (m) Tolerâncias Geométricas Geral segundo ISO 2768-2 (L)
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo ISO 13920 (C);
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo ISO 13920 (G);

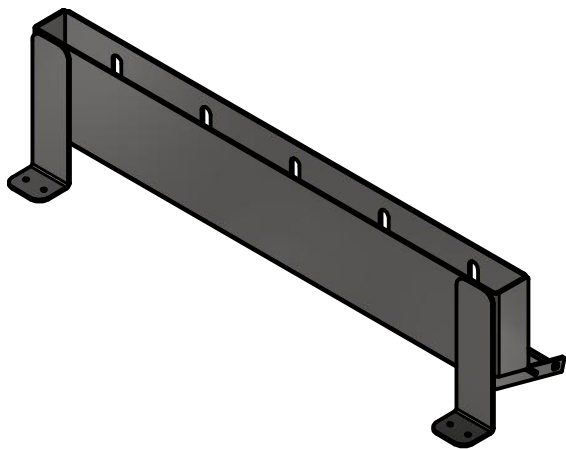
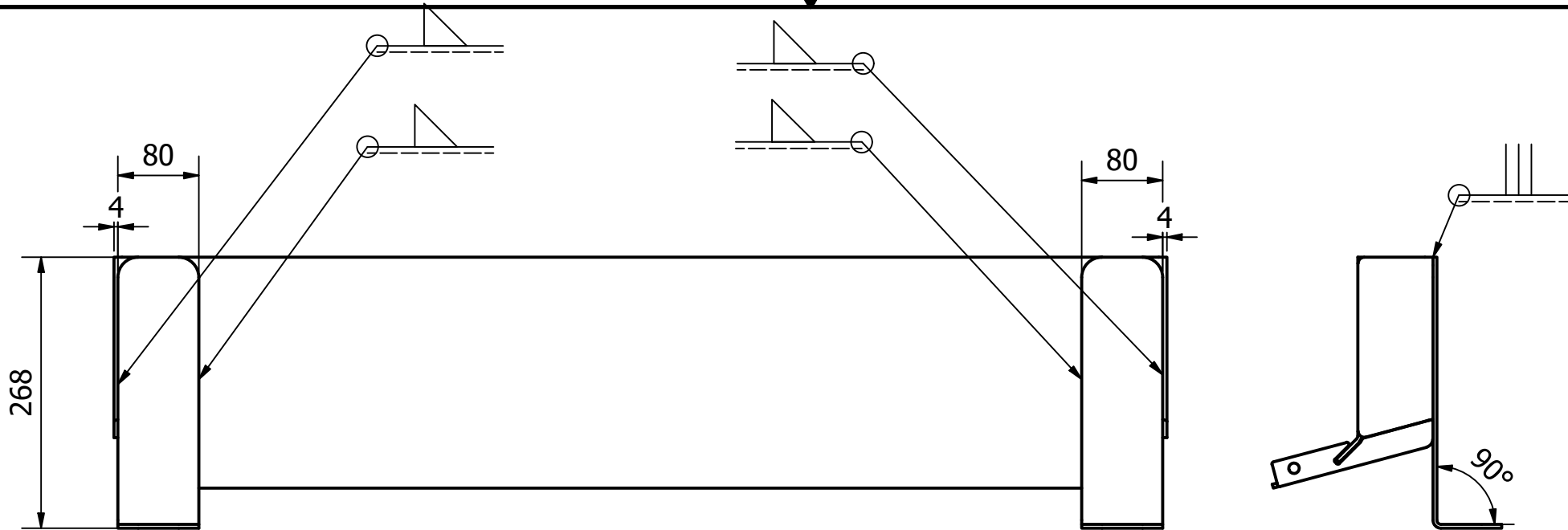
	DATA	RUBRICA	QUANT.: 1 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia
DP	14/09/2020	Igor Couto			
Verif.	14/09/2020	Igor Couto			
Aprov.		Luis Alves			
MATERIAL:	Steel, Carbon		ESCALA 1 : 1	DESIGNAÇÃO Came acionadora	REFERÊNCIA came boa
ACABAMENTO:					
PESO UNIT.:	0,6 kg		Sheet		
			1/1		
					substitui:
					subst.por:



Nota:
- Soldar a traseira do reservatório às laterais e à frente.


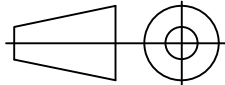
Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo *ISO 2768-1 (m)* Tolerâncias Geométricas Geral segundo *ISO 2768-2 (L)*
Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo *ISO 13920 (C)*;
- para linearidade, planeza e paralelismo segundo *ISO 13920 (G)*;

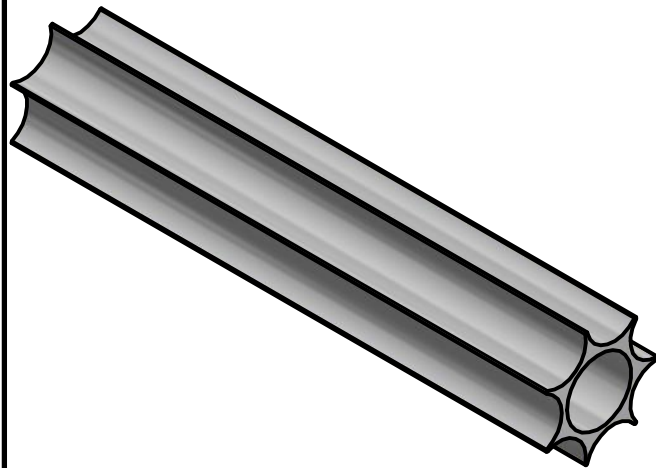
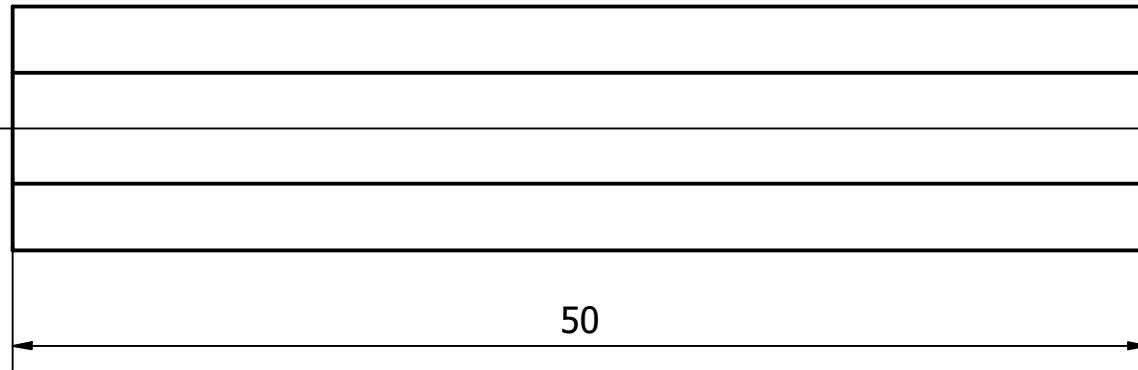
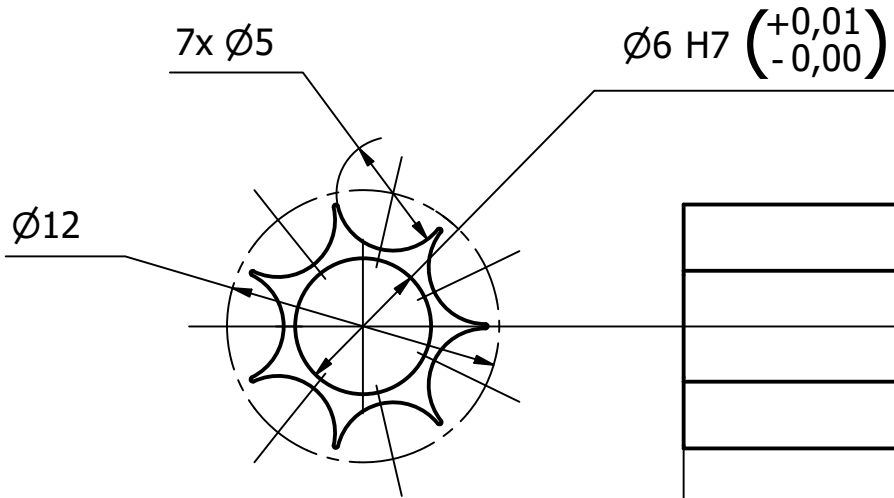
	DATA	RUBRICA	QUANT.: 1 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia
DP	17/10/2020	Igor Couto			
Verif.	17/10/2020	Igor Couto			
Aprov.		Luís Alves			
MATERIAL:			ESCALA	DESIGNAÇÃO Armazenamento e seleccionamento de varões	REFERÊNCIA Reservatorio
ACABAMENTO:			1/6		
PESO UNIT.: N/A			Sheet		
			2/3		
					substitui:
					subst.por:




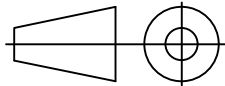
Nota:
- Soldar os suportes em L à estrutura do reservatório.

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

	DATA	RUBRICA	QUANT.: 1 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia
DP	17/10/2020	Igor Couto			
Verif.	17/10/2020	Igor Couto			
Aprov.		Luís Alves			
MATERIAL:			ESCALA	DESIGNAÇÃO Armazenamento e seleccionamento de varões	REFERÊNCIA Reservatorio
ACABAMENTO:			1/6		
PESO UNIT.: N/A			Sheet		
			3/3		
					substitui:
					subst.por:

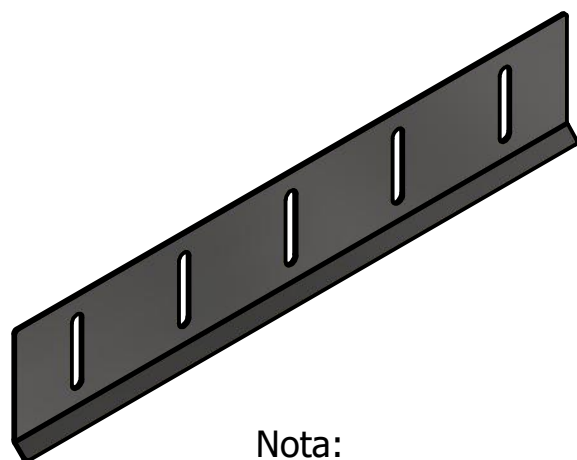
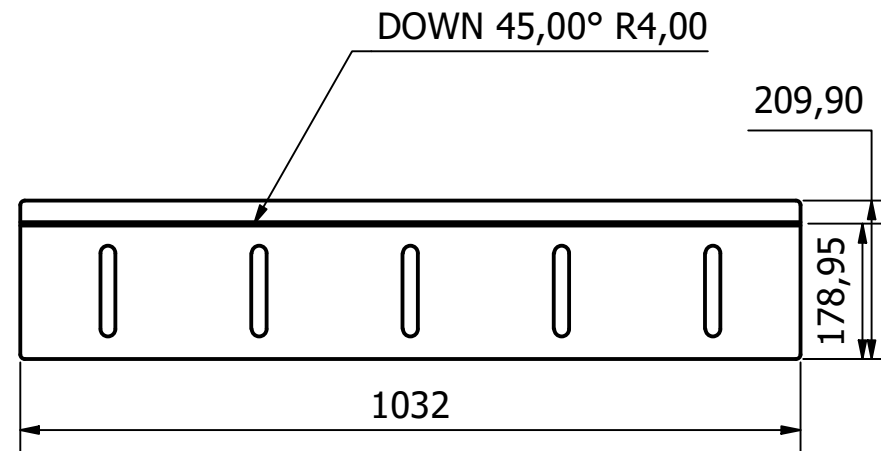
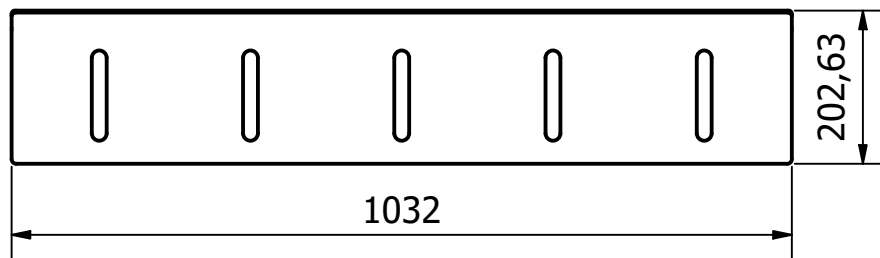
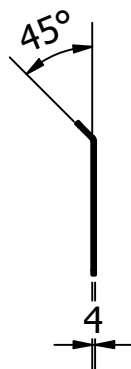


Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo *ISO 2768-1 (m)* Tolerâncias Geométricas Geral segundo *ISO 2768-2 (L)*
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo *ISO 13920 (C)*;
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo *ISO 13920 (G)*;

	DATA	RUBRICA	QUANT.: 3 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia
DP	14/09/2020	Igor Couto			
Verif.	14/09/2020	Igor Couto			
Aprov.		Luís Alves			
MATERIAL:	POM		ESCALA	DESIGNAÇÃO Componente selecionador	REFERÊNCIA ESTRELA ALIMENTADOR
ACABAMENTO:			3/1		
PESO UNIT.:	0,0 kg		Sheet		
			1/1		
					substitui:
					subst.por:


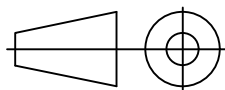
QUINADA

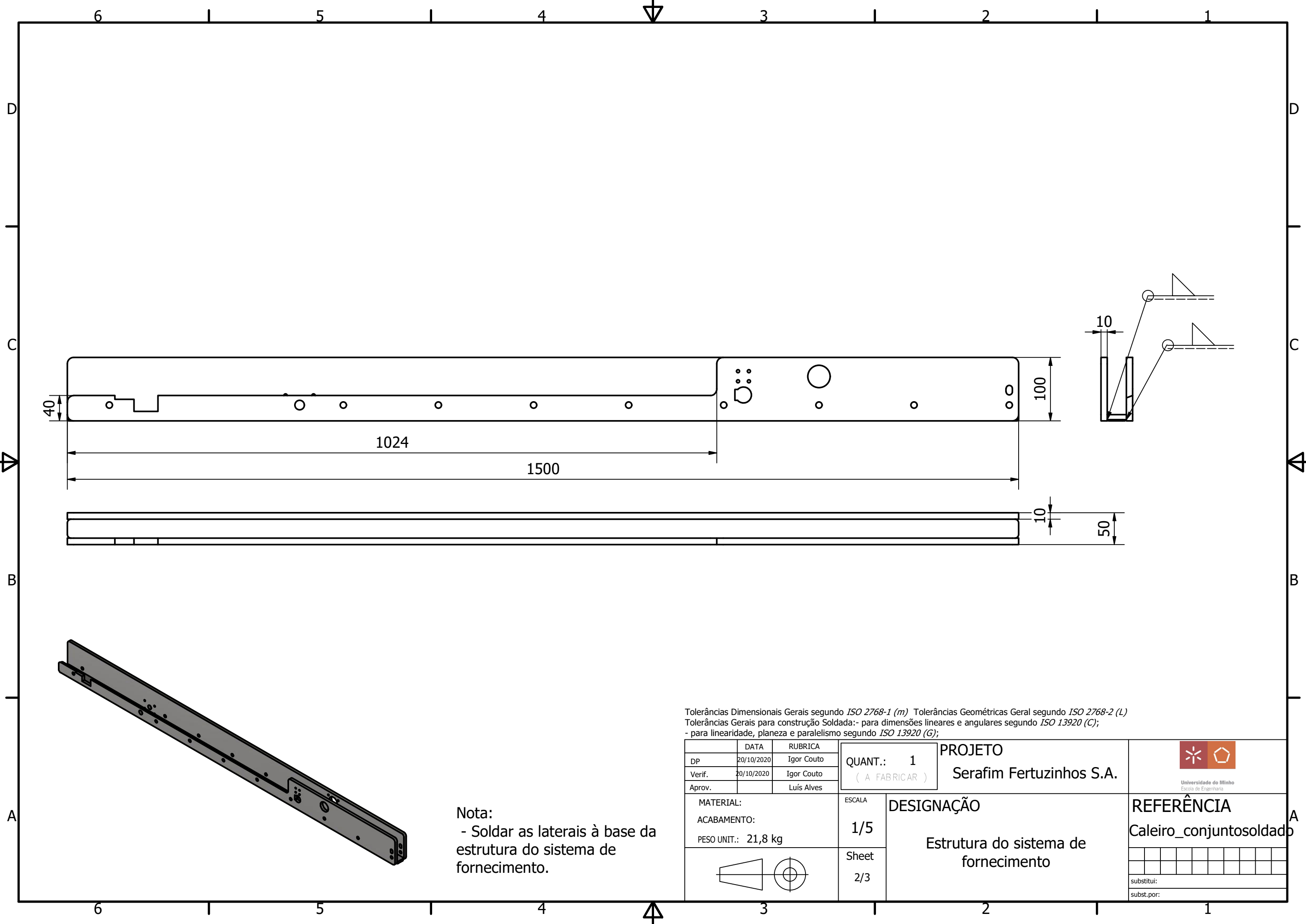
PLANIFICADA



Nota:
- Peça corte de laser.

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

	DATA	RUBRICA	QUANT.: 1 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia
DP	17/10/2020	Igor Couto			
Verif.	17/10/2020	Igor Couto			
Aprov.		Luís Alves			
MATERIAL:	Steel, Carbon		ESCALA	DESIGNAÇÃO Tampa frontal reservatório	REFERÊNCIA Reservatorio_2
ACABAMENTO:			1/10		
PESO UNIT.:	6,4 kg		Sheet		
			1/1		
			substitui: subst.por:		



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

	DATA	RUBRICA
DP	20/10/2020	Igor Couto
Verif.	20/10/2020	Igor Couto
Aprov.		Luís Alves

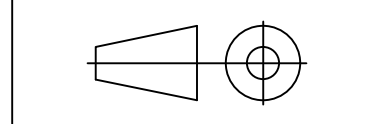
QUANT.: 1	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.
(A FABRICAR)	



MATERIAL:	ESCALA 1/5
ACABAMENTO:	
PESO UNIT.: 21,8 kg	

DESIGNAÇÃO Estrutura do sistema de fornecimento
--

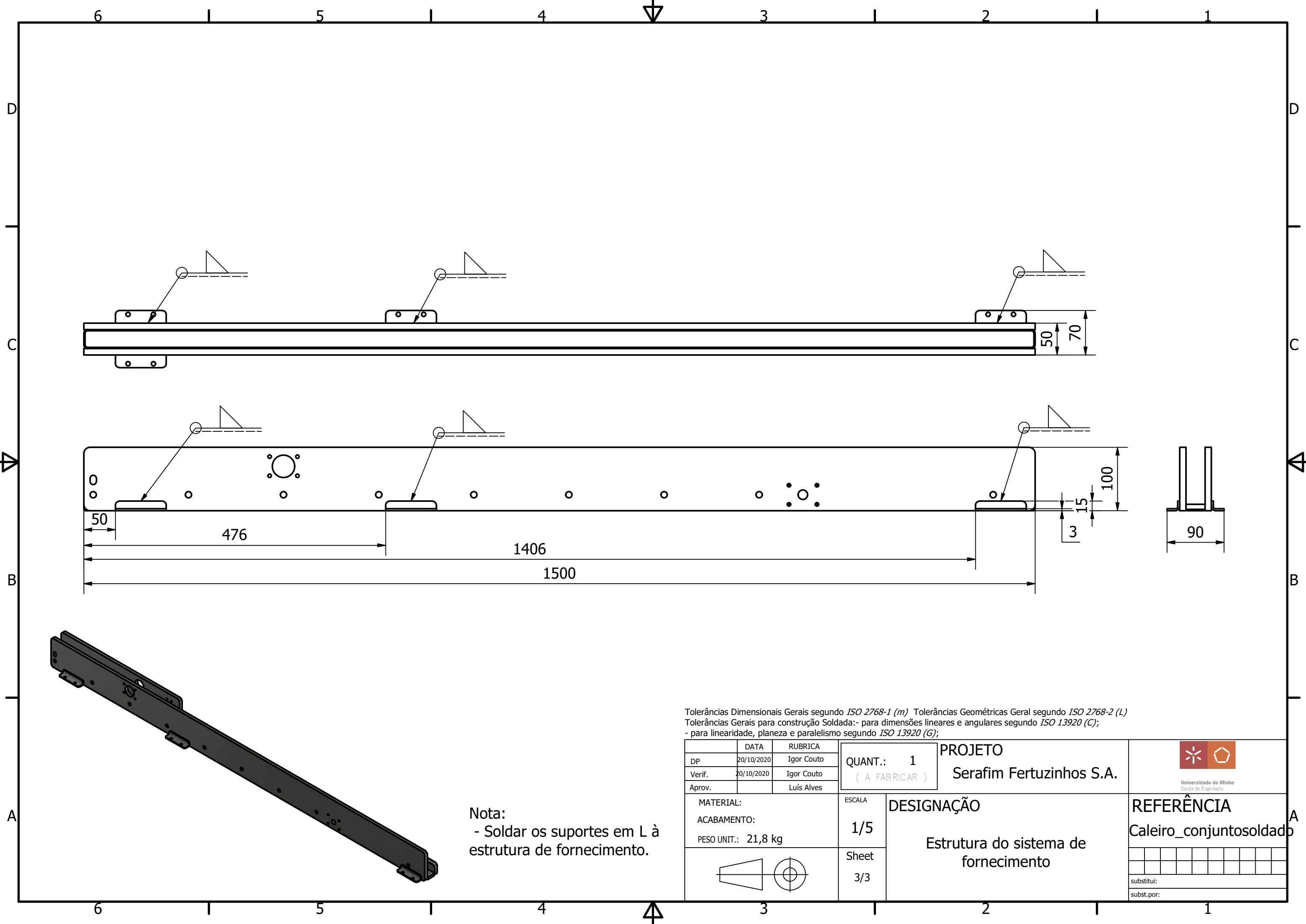
REFERÊNCIA Caleiro_conjuntosoldado



Sheet 2/3

substitui:
subst.por:

Nota:
 - Soldar as laterais à base da estrutura do sistema de fornecimento.



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

	DATA	RUBRICA
DP	20/10/2020	Igor Couto
Verif.	20/10/2020	Igor Couto
Aprov.		Luís Alves

QUANT.: 1	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.
(A FABRICAR)	

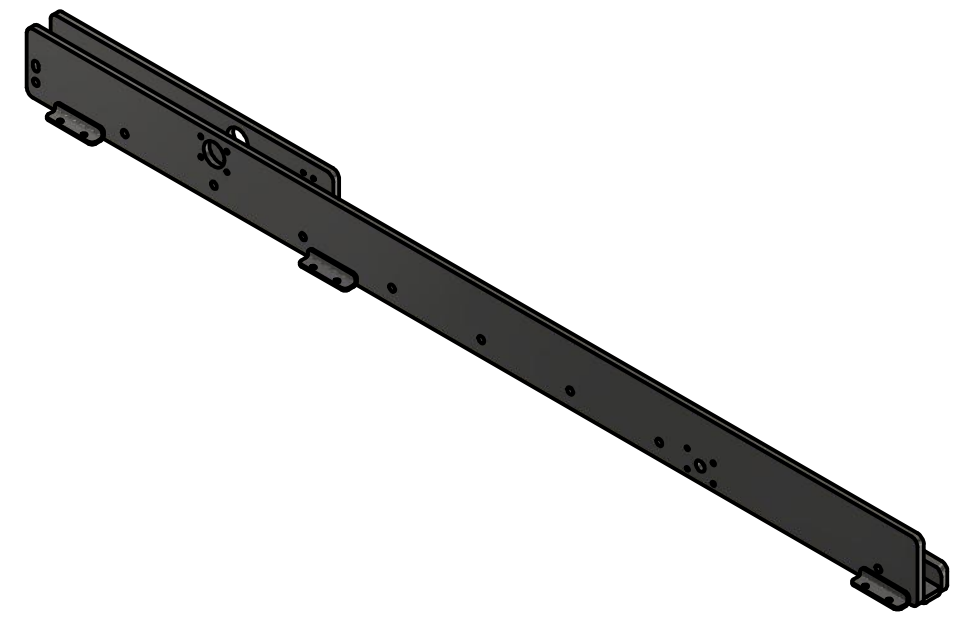


MATERIAL:	ESCALA 1/5 Sheet 3/3
ACABAMENTO:	
PESO UNIT.: 21,8 kg	

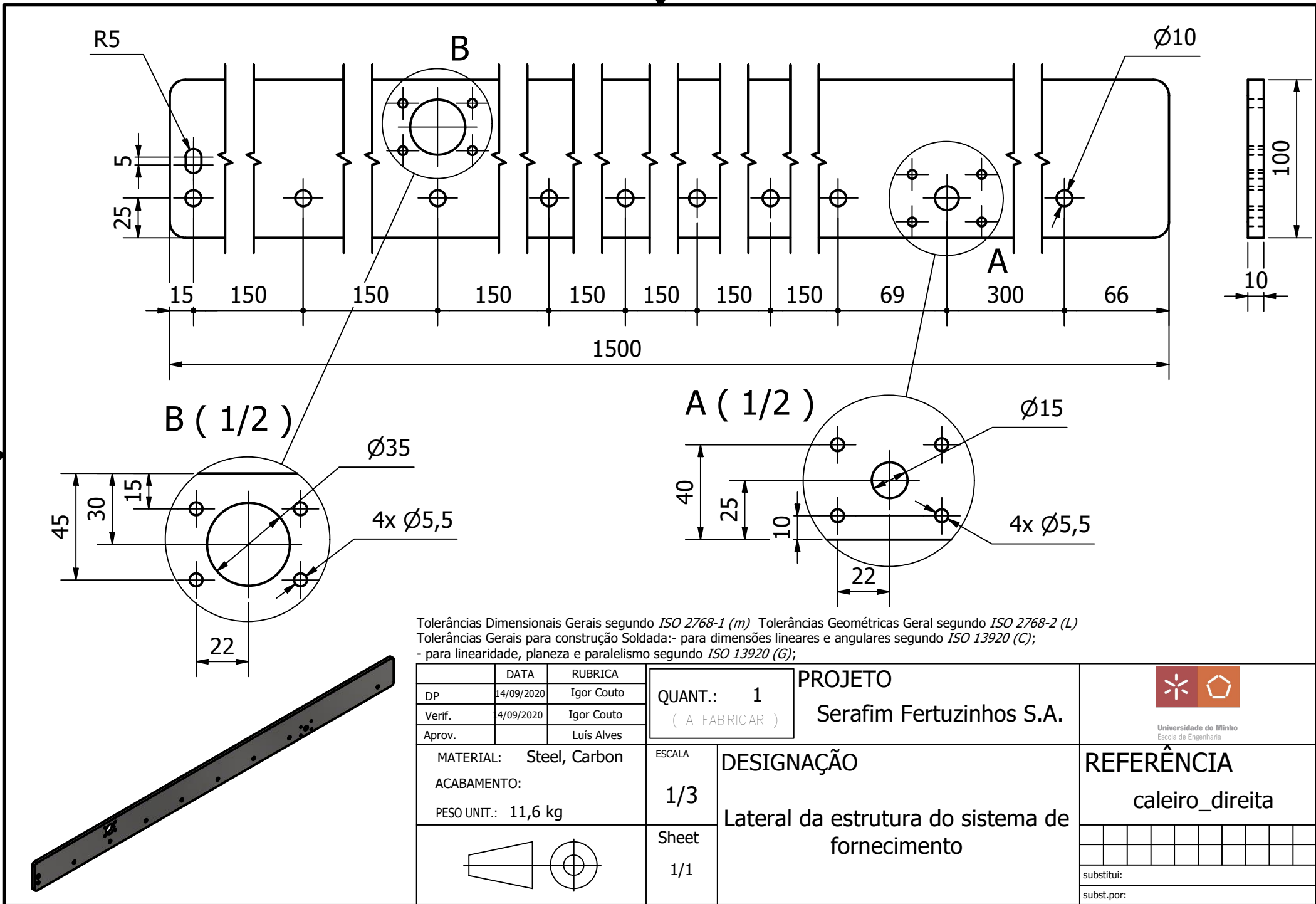
DESIGNAÇÃO Estrutura do sistema de fornecimento

REFERÊNCIA Caleiro_conjuntosoldado
--


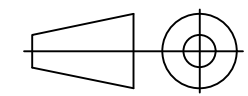
Nota:
 - Soldar os suportes em L à estrutura de fornecimento.

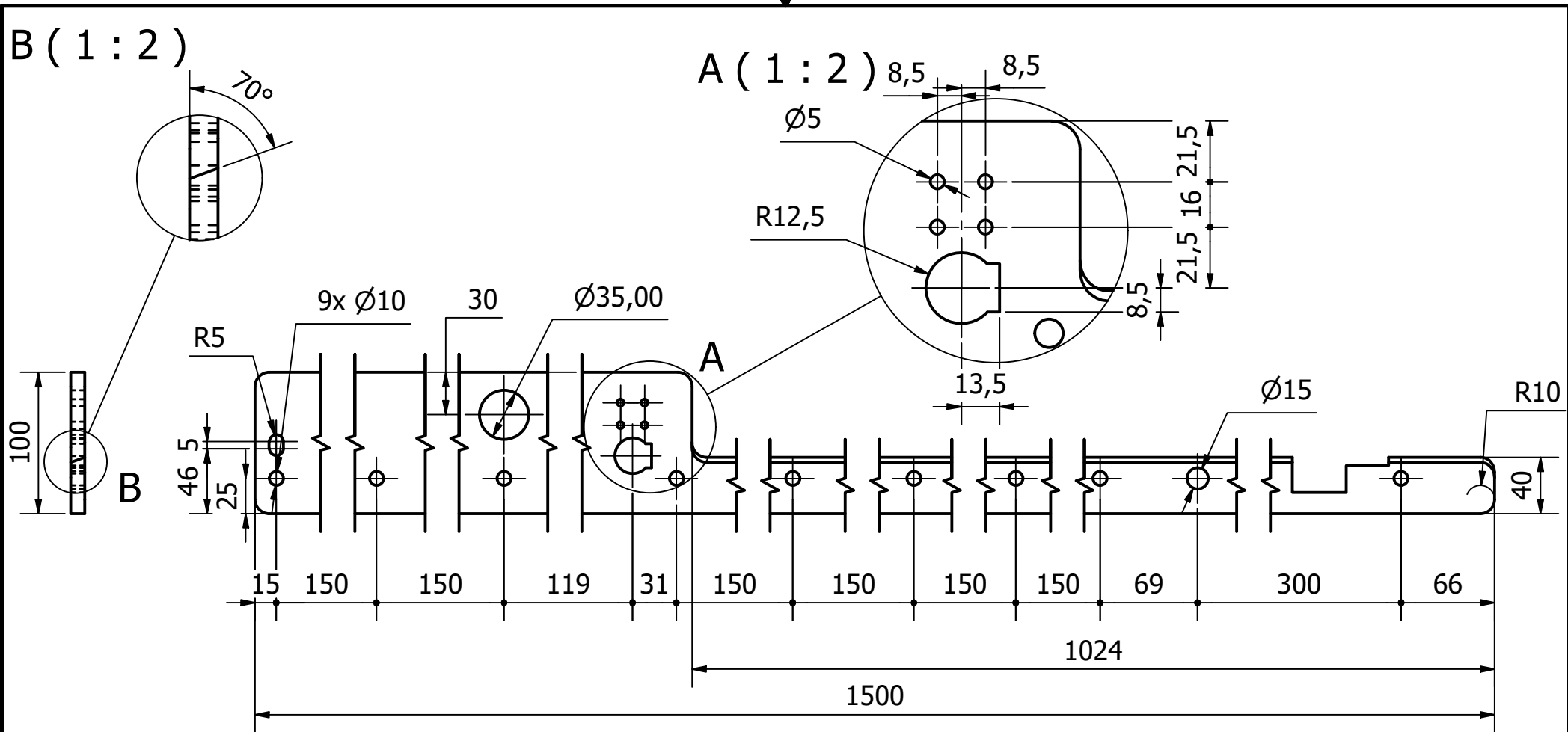


substitui:
subst.por:


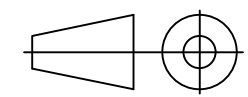


Tolerâncias Dimensionais Gerais segundo ISO 2768-1 (m) Tolerâncias Geométricas Geral segundo ISO 2768-2 (L)
 Tolerâncias Gerais para construção Soldada:- para dimensões lineares e angulares segundo ISO 13920 (C);
 - para linearidade, planeza e paralelismo segundo ISO 13920 (G);

<table border="1"> <tr> <th>DATA</th> <th>RUBRICA</th> </tr> <tr> <td>14/09/2020</td> <td>Igor Couto</td> </tr> <tr> <td>14/09/2020</td> <td>Igor Couto</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Luís Alves</td> </tr> </table>		DATA	RUBRICA	14/09/2020	Igor Couto	14/09/2020	Igor Couto		Luís Alves	QUANT.: 1 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia		
DATA	RUBRICA													
14/09/2020	Igor Couto													
14/09/2020	Igor Couto													
	Luís Alves													
MATERIAL: Steel, Carbon ACABAMENTO: PESO UNIT.: 11,6 kg		ESCALA 1/3 Sheet 1/1	DESIGNAÇÃO Lateral da estrutura do sistema de fornecimento	REFERÊNCIA caleiro_direita										
				<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										
				substitui: subst.por:										



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

<table border="1"> <tr> <th>DATA</th> <th>RUBRICA</th> </tr> <tr> <td>14/09/2020</td> <td>Igor Couto</td> </tr> <tr> <td>14/09/2020</td> <td>Igor Couto</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Luís Alves</td> </tr> </table>		DATA	RUBRICA	14/09/2020	Igor Couto	14/09/2020	Igor Couto		Luís Alves	QUANT.: 1 (A FABRICAR)	PROJETO Serafim Fertuzinhos S.A.	 Universidade do Minho Escola de Engenharia
DATA	RUBRICA											
14/09/2020	Igor Couto											
14/09/2020	Igor Couto											
	Luís Alves											
MATERIAL: Steel, Carbon ACABAMENTO: PESO UNIT.: 6,5 kg		ESCALA 1/4 Sheet 1/1	DESIGNAÇÃO Lateral da estrutura para o fornecimento dos varões	REFERÊNCIA caleiro_esquera								
				substitui: subst.por:								

