



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA  
LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**TRABALHO DE LICENCIATURA**

**Projecção de um triturador para o  
reaproveitamento de Resíduos orgânicos  
depositados na lixeira de Hulene**

**Autor:** Jeremias Milagre Quive

**Supervisores:**

Mestre Mocomoque Domingos Júlio, Eng<sup>o</sup>

**Co-supervisor:**

Prof. Doutor Tomás Salomão Massingue, Eng<sup>o</sup>

Maputo, 2025

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**TRABALHO DE LICENCIATURA**

**Projecção de um triturador para reaproveitamento  
de resíduos orgânicos depositados na lixeira de  
Hulene**

**Relatório submetido ao Departamento de  
Engenharia Mecânica, Faculdade de e  
engenharia, da Universidade Eduardo  
Mondlane, como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Licenciado  
em Engenharia Mecânica.**

**Autor:** Jeremias Milagre Quive

**Supervisores:**

Mestre Mocomoque Domingos Júlio, Eng<sup>o</sup>

**Co-supervisor:**

Prof. Doutor Tomás Salomão Massingue, Eng<sup>o</sup>

Maputo, 2025



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
M O N D L A N E

FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO ENGENHARIA MECÂNICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

TERMO DE ENTREGA DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Jeremias Milagre Quive, com número de estudante 20172329, entregou no dia \_\_\_/\_\_\_/2025 as três cópias do relatório do seu trabalho de licenciatura com referência: \_\_\_\_\_,

Intitulado: Projecção de um triturador para reaproveitamento de resíduos orgânicos depositados na lixeira de Hulene.

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2025

Chefe da secretaria

\_\_\_\_\_

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Jeremias Milagre Quive

### PROJECÇÃO DE UM TRITURADOR PARA REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DEPOSITADOS NA LIXEIRA DE HULENE

Trabalho de licenciatura aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2025 como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, pelos professores:

Prof. \_\_\_\_\_

(Orientador)

Prof. \_\_\_\_\_

(Co-orientador)

Prof. \_\_\_\_\_

(Coordenador do Curso)



**PROJEÇÃO DE UM TRITURADOR PARA REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS  
ORGÂNICOS DEPOSITADOS NA LIXEIRA DE HULENE**

**JEREMIAS MILAGRE QUIVE**

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Declaro, sob palavra de honra, que o presente trabalho de licenciatura foi realizado por mim com base nos recursos que no mesmo se fazem referência, e que o conteúdo é original e todas as fontes consultadas ao longo do trabalho foram devidamente citadas no texto e nas referências bibliográficas.

---

(Jeremias Milagre Quive)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico o presente trabalho a todos que directo ou indirectamente me ajudaram a traçar o meu trajecto académico, pois sozinho, nada conseguiria. E principalmente para a mãe da minha filha Joana Salomão Chauque.

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de tudo agradeço a Deus por ter me dado forças e resiliência para que eu chegasse até aqui, pois sem ele nada seria possível.

Agradeço a todos docentes da UEM - faculdade de engenharia, pelo ensinamento e por tudo. Agradecimento estende-se a minha família pelo apoio e por tudo, principalmente durante o meu período acadêmico, e também a mãe da minha filha, a Joana Salomão Chauque, pelo suporte e por tudo.

E agradeço o meu co-supervisor Professor Doutor Tomás Salomão Massingue pela que me auxiliou de forma quase indescritível, pela orientação dedicada, sua paciência e compromisso excepcional, para a superação dos percalços encontrados, sua disponibilidade, rigor acadêmico, incentivo e confiança foram essenciais para que eu encontrasse o caminho certo a seguir.

E o agradecimento estende-se aos meus amigos, colegas e irmãos da igreja, pelo apoio incondicional.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta jornada atribulada, meu sincero e eterno agradecimento.

## RESUMO

A gestão inadequada de resíduos sólidos urbanos é um dos maiores desafios enfrentados pelas cidades em crescimento acelerado, especialmente nos países em desenvolvimento. A cidade de Maputo, capital de Moçambique, sofre há décadas com problemas sérios de coleta, tratamento e destinação final do lixo urbano, sendo a lixeira de Hulene o símbolo mais evidente dessa crise. Localizada em uma zona densamente habitada, essa lixeira opera a céu aberto há mais de 50 anos, acumulando toneladas de resíduos sem qualquer tratamento ou controle ambiental eficaz. Entre os diversos tipos de resíduos ali depositados, os resíduos orgânicos representam a fração predominante. Segundo estudos realizados por Marrengula, Siteo e Zimba (2023), mais de 60% dos resíduos sólidos urbanos coletados em Maputo são de origem orgânica, como restos de alimentos, vegetais, folhas e outros materiais biodegradáveis. Quando descartados sem separação ou tratamento, esses resíduos contribuem para a produção de chorume, emissão de gases de efeito estufa e proliferação de vetores de doenças, além de ocuparem grandes volumes nos aterros. Diante desse cenário, torna-se essencial o desenvolvimento de soluções tecnológicas simples, eficazes e adaptadas à realidade local para o reaproveitamento dos resíduos orgânicos. Nesse contexto, a utilização de trituradores de resíduos surge como uma alternativa promissora. Ao reduzir o volume e acelerar a decomposição dos resíduos, o triturador facilita processos como a compostagem e a biodigestão, contribuindo para a transformação do lixo orgânico em insumos úteis como adubo e energia.

O presente trabalho tem como objetivo projetar um triturador de resíduos orgânicos voltado para o reaproveitamento dos materiais depositados na lixeira de Hulene. A proposta busca não apenas oferecer uma solução técnica viável, mas também promover um modelo de gestão sustentável, com potencial de aplicação comunitária e baixo custo de implementação. O desenvolvimento desse equipamento pode representar um passo concreto na redução do impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de resíduos orgânicos, além de estimular práticas de economia circular e valorização de resíduos em contextos urbanos moçambicanos.

**Palavras chave:** Resíduos orgânicos, compostagem, triturador.

## **ABSTRACT**

The inadequate management of municipal solid waste is one of the greatest challenges faced by rapidly growing cities, especially in developing countries. The city of Maputo, capital of Mozambique, has suffered for decades with serious problems related to the collection, treatment, and final disposal of urban waste, with the Hulene dump site serving as the most evident symbol of this crisis. Located in a densely populated area, this open-air landfill has been in operation for over 50 years, accumulating tons of untreated waste without effective environmental control. Among the various types of waste deposited there, organic waste represents the predominant fraction. According to studies conducted by Marrengula, Siteo, and Zimba (2023), more than 60% of the municipal solid waste collected in Maputo is of organic origin, such as food scraps, vegetables, leaves, and other biodegradable materials. When disposed of without separation or treatment, this type of waste contributes to the production of leachate, the emission of greenhouse gases, and the proliferation of disease vectors. It also takes up significant space in landfills.

In this context, the development of simple, efficient, and locally adapted technological solutions for organic waste recovery becomes essential. Among the promising alternatives is the use of waste shredders. By reducing the volume and accelerating the decomposition of waste, shredders facilitate processes such as composting and anaerobic digestion, helping to transform organic waste into useful products like fertilizer and energy.

This study aims to design an organic waste shredder to promote the recovery of materials deposited at the Hulene dump. The proposal seeks not only to provide a technically viable solution but also to promote a sustainable waste management model with potential for community application and low implementation costs. The development of such equipment could represent a concrete step toward reducing the environmental impact caused by the improper disposal of organic waste, while also encouraging circular economy practices and waste valorization in Mozambican urban contexts.

**Keywords:** Organic waste, composting, shredder.

## Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	i
DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT .....	v
Capítulo I.....	1
Introdução .....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objectivos .....	2
1.3. Problematização .....	1
1.4. Razões que motivam a projecção do triturador de resíduos orgânicos....	2
1.5. Limitações do estudo e da projecção.....	3
1.6. Metodologia .....	3
1.7. Estrutura do projecto.....	4
Capítulo II.....	5
2. Revisão de bibliográfica .....	5
2.1. Classificação dos resíduos orgânicos.....	5
2.2. Mecanismos para dar o destino correcto dos resíduos orgânicos .....	7
2.3. Aproveitamento dos resíduos orgânicos por meio da compostagem.....	8
2.4. Tecnologias da compostagem .....	11
2.5. Campo de estudo (lixeira de Hulene).....	13
2.6. Tecnologias de Trituração.....	18
2.7. Análise de materiais para a construção .....	25
Capítulo III.....	29
3. metodologia da resolução do problema .....	29
3.1. Fase de projecto informacional.....	30

3.2.	Fase de projecto conceitual.....	32
3.3.	Fase de projecto preliminar .....	32
CAPÍTULO IV .....		34
4.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	34
4.1.	Fase de Projecto Informacional .....	34
4.2.	Fase Conceitual.....	41
4.3.	Fase de projecto preliminar .....	43
4.3.1.	Elaboração da lista de componentes .....	44
4.3.2.	Requisitos básicos do triturador .....	46
4.3.3.	Características técnicas do material escolhido para o triturador .	46
4.3.4.	Especificação da quantidade de resíduos a serem processadas	48
4.3.5.	Esquema do triturador de resíduos orgânicos.....	49
4.3.6.	Força necessária para cortar resíduos orgânicos .....	50
4.3.7.	Potencia de accionamento e escolha do motor.....	50
4.3.8.	Cálculo da transmissão por correia trapezoidal.....	54
4.3.9.	Escolha do diâmetro da polia menor e da potência na correia...	55
4.3.10.	Cálculo da distância entre eixos ou interaxial.....	56
4.3.11.	Cálculo do número de correias.....	59
4.3.12.	Cálculo da força de tensão inicial para cada correia .....	59
4.3.13.	Cálculo da força sobre os veios .....	60
4.3.14.	Cálculo estimativo da longevidade da correia .....	60
4.3.15.	Escolha do material para as polias.....	60
4.3.16.	Cálculo projectivo do veio.....	62
4.3.17.	Escolha do material do veio .....	62
4.3.18.	Determinação dos parâmetros geométricos do do veio .....	63
4.3.19.	Escolha preliminar dos rolamentos .....	65
4.3.20.	Composição do esboço do órgão executivo.....	66

4.3.21.	Determinação das reacções nos apoios e dos momentos .....	69
4.3.22.	Cálculo e escolha dos rolamentos.....	74
4.3.23.	Cálculo das chavetas .....	77
4.3.24.	Chaveta para o veio do motor eléctrico .....	78
4.3.25.	Chaveta do veio executivo .....	79
4.3.26.	Sistema de lubrificação dos rolamentos do triturador.....	79
4.3.27.	Tensionamento da correia.....	81
4.3.28.	Escolha das rodas do triturador.....	82
4.3.29.	Plano de manutenção do triturador .....	84
4.3.30.	Estimativa de Orçamento .....	85
Capítulo V.....		87
Conclusões.....		87
5. Bibliografia .....		88
Anexos .....		94
Apêndices.....		104

## Índice de Figuras

Fig 1.2. Ciclo da matéria orgânica.....	9
Fig 2.2. Compostagem aeróbica .....	11
Fig 3.2. Compostagem anaeróbica através da biodigestão.....	13
Fig 4.2. Triturador de impacto .....	20
Fig 5.2. Triturador de cisalhamento .....	21
Fig 6.2. Triturador de martelos .....	22
Fig 7.2. Triturador de mandíbula .....	23
Fig 8.3. Estrutura do modelo PRODIP .....	29
Fig 9.3. Actividades da fase informal.....	31
Fig 10.3. Actividades da fase conceitual .....	32
Fig 11.3. Actividades da fase do projecto preliminar .....	33
Fig 12.4. Triturador de resíduos orgânicos de impacto .....	42
Fig 13.4. Triturador de resíduos orgânicos de cisalhamentos .....	43
Fig 14.4. Triturador de resíduos orgânicos a ser projectado .....	44
Fig 19.4. Triturador de resíduos orgânicos a ser projectado .....	49
Fig 20.4. parâmetros dimensionais do motor .....	52
Fig 21.4. Transmissão por correia trapezoidal .....	54
Fig 22.4. Transmissão por correia do triturador.....	62
Fig 23.4. Veio do órgão executivo .....	63
Fig 24.4. Parâmetros do rolamento rígidos de rolos cilíndricos de uma carreira..	65
Fig 25.4. Composição do esboço do corpo do triturador .....	67
Fig 26. Esquema espacial do carregamento do órgão executivo .....	68
Fig 27.4. Modelo espacial de cálculo do veio executivo .....	69
Fig 28.4. Modelo espacial de cálculo dos troços do veio executivo .....	71
Fig 29.4. Diagramas dos momentos torçor e flectores do veio executivo .....	73
Fig 30.4. Esquema de montagem dos rolamentos do veio executivo .....	75
Fig 31.4. Parâmetros principais da chaveta prismática .....	77
Fig 32.4. Esquema de regulação da tensão da correia .....	82
Fig 33.4. Tipo de montagem das rodas.....	83
Fig 34.4. Parâmetros principais das rodas .....	84

## Índice de quadros

Quadro 1.2. O que pode ou não ser usado na compostagem.....	10
Quadro 2.3. Detalhamento do modelo PRODIP .....	29
Quadro 3.4. Necessidades dos usuários.....	34
Quadro 4.4. Necessidades dos usuários.....	35
Quadro 5.1. Requisitos do projecto .....	39

## Índice de Tabelas

Tab 1.2. Classificação dos resíduos orgânicos conforme a origem .....	6
Tab 2.4. Diagrama de Mudge para valorização dos requisitos dos usuários .....	36
Tab 3.4. Grau de importância segundo os potências usuários.....	38
Tab 4.4. Lista dos componentes .....	44
Tabela 5.4. Composição química do aço AISI 1035 e AISI 1045 .....	46
Tabela 6.4. Propriedades físicas do AISI 1035 e AISI 1045.....	47
Tabela 7.4. Propriedades mecânicas do aço AISI 1035 e AISI 1045 .....	47
Tabela 8.4. Propriedades térmicas do aço AISI 1035 e AISI 1045.....	47
Tab 9.4. Parâmetros dimensionais do motor.....	52
Tab 10.4. Especificações técnicas do motor .....	52
Tab 11.4. Resultados do cálculo cinemático do acionamento.....	54
Tab 12.4. Parâmetros geométricos da correia trapezoidal de Secção A.....	55
Tab 13.4. Comprimento da correia normalizado .....	57
Tab 14.4. Parâmetros principais da transmissão por correia .....	61
Tab 15.4. Parâmetros do rolamento de esferas radiais.....	65
Tab 16.4. Parâmetros do rolamento.....	66
Tab 17.4. Forças de carregamento dos veios .....	67
Tab 18.4. Forças em consola da transmissão.....	68
Tab 19.4. Parâmetros de carga e cinemáticos do veio executivo .....	68
Tab 20.4. Equações de equilíbrio e reacções no apoio do veio .....	69
Tab 21 - Determinação dos momentos internos do veio executivo .....	71
Tab 22.4. Parâmetros principais da chaveta prismática.....	78
Tab 23.4. Parâmetros principais da chaveta do veio executivo.....	79
Tab 24.4. Parâmetros principais da graxa escolhida.....	80
Tab 25.4. Parâmetros principais da roda.....	84

Tab 26.4. Plano de manutenção dos elementos do triturador .....	84
Tab 27.4. Estimativa de orçamento .....	85
Tab 28.4. Plano de manutenção dos elementos do triturador .....	86

## Lista de símbolos e abreviações

Símbolo	Designação	Unidades
Q	Especificação da quantidade de resíduos a serem processadas	kg/dia
m	Massa	kg
n	Frequência de rotações	rpm
$F_c$	força necessária para corte de resíduos orgânicos	kN
$P_1$	Potencia do motor eléctrico	kW
$P_2$	Potencia do órgão executivo	kW
$\eta_{cor}$	rendimento mecânico na transmissão por correia	%
$\eta_{rol}$	rendimento mecânico nos mancais de rolamentos	%
$\eta_{uv}$	rendimento mecânico na união do veio	%
$\eta_{laminas}$	rendimento mecânico na das laminas	%
$P_{util}$	Potencia útil	kW
T	Momento torsor	Nm
$d_1$	Diâmetro da polia motriz	mm
$d_2$	Diâmetro da polia movida	mm
$P_0$	potência respectiva por cada correia	kW
l	Comprimento da correia	mm
b	Largura da correia	mm
a	Distancia interaxial	mm
z	Número de correias	
$v_1$	Velocidade linear da correia	m/s
$v_s$	Velocidade de deslizamento	m/s
$[\sigma_t]$	Tensão útil admissível real	[MPa]
$\omega$	Velocidade angular	[s <sup>-1</sup> ]
$C_o$	Coeficiente que considera o método de tensionamento da correia	
A	Área da secção transversal da correia	mm <sup>2</sup>

Continuação da tabela anterior

<b>Símbolo</b>	<b>Designação</b>	<b>Unidades</b>
$C_r$	Coeficiente do regime de carregamento	
$C_v$	Coeficiente que tem em conta a velocidade real da correia	
$C_\alpha$	Coeficiente de abraçamento da correia na polia motriz	
$F$	Força axial	kN
$F_o$	Força de tensão inicial na correia	N
$F_r$	Carga sobre os veios	N
$F_t$	Força tangencial	N
$K_s$	Coeficiente normativo de segurança da resistência	
$K_v$	Coeficiente de carga dinâmica	
$K_\beta$	Coeficiente de concentração de carga	
$L$	Longevidade do rolamento	$\left[ \frac{10^6}{\text{voltas}} \right]$

# Capítulo I

## Introdução

### 1.1. Contextualização

O presente trabalho de licenciatura tem como objetivo o desenvolvimento de um triturador de resíduos orgânicos, destinado a ser utilizado na lixeira de Hulene, na cidade de Maputo. A problemática da gestão inadequada de resíduos orgânicos nestes locais resulta em graves impactos ambientais e de saúde pública, como a poluição do solo e da água, além da proliferação de vetores de doenças. O triturador proposto visa reduzir o volume dos resíduos orgânicos, facilitando seu transporte e tratamento, contribuindo para a mitigação desses impactos, e o posterior reaproveitamento desses resíduos.

O equipamento foi projetado com foco na simplicidade, baixo custo e eficiência. Ele é composto por um motor elétrico que, por meio de uma correia, transmite movimento ao eixo das facas do triturador. O corpo do triturador é robusto, e o equipamento é equipado com rodas para facilitar seu deslocamento, bem como uma base que permite sua fixação em uma superfície plana quando necessário.

A metodologia adotada envolveu uma revisão de literatura sobre as tecnologias de trituração de resíduos e um estudo de casos similares implementados em outros contextos urbanos. O desenvolvimento do triturador passou por etapas de design, construção e teste em software de simulação. Os resultados esperados incluem uma significativa redução do volume de resíduos orgânicos nos mercados e na lixeira de Hulene, com impactos positivos para o meio ambiente e a saúde pública.

E por sua vez, fazendo o reaproveitamento desses resíduos através da compostagem, para a fabricação de fertilizantes de alta qualidade, para a redução de uso de produtos químicos em plantações.

## **1.2. Objectivos**

### **1.2.1. Objectivo geral**

- Projectar um triturador de resíduos orgânicos eficiente e de baixo custo, adaptado às condições da lixeira de Hulene.

### **1.2.2. Objectivos específicos**

- Analisar as características dos resíduos orgânicos depositados na lixeira de Hulene, incluindo volume, composição e métodos atuais de descarte;
- Projetar um triturador de resíduos orgânicos que atenda às necessidades locais, utilizando materiais disponíveis e técnicas de fabricação acessíveis;
- Realizar testes de desempenho do triturador através de cálculos, avaliando sua eficiência, durabilidade e facilidade de uso;
- Propor recomendações para a implementação e disseminação da tecnologia desenvolvida em outras áreas de Maputo e além.

### **1.3. Problematização**

Os resíduos orgânicos gerados em mercados, em residências e em outros locais, tem sido um dos maiores motivos para a enchente na lixeira de Hulene, e apresenta diversos desafios. Em primeiro lugar, a decomposição desses resíduos em locais inadequados contribui para a emissão de gases de efeito estufa, como o metano, que é altamente prejudicial ao meio ambiente.

Além disso, a presença de resíduos orgânicos atrai vetores de doenças, como roedores e insetos, aumentando o risco de surtos de doenças infecciosas. A ausência de um sistema eficiente de trituração e processamento dos resíduos orgânicos agrava o problema, pois a falta de tratamento adequado impede que esses resíduos sejam convertidos em recursos úteis, como fertilizantes orgânicos naturais de alta qualidade.

Problema: como podemos reaproveitar os resíduos orgânicos depositados na lixeira de Hulene?

#### **1.4. Razões que motivam a projecção do triturador de resíduos orgânicos**

A motivação para a projecção de um triturador de resíduos orgânicos, nasce da necessidade urgente de melhorar o processo de trituração e reaproveitamento destes resíduos, não só na lixeira de Hulene, mas também em todos aterros sanitários no geral, aliada à oportunidade de aplicar conhecimentos de engenharia mecânica para desenvolver uma solução prática e sustentável. Pois através da prática do processo de trituração e reaproveitamento destes resíduos, oferece a redução de insetos, doenças, entre outras.

E a trituração dos resíduos orgânicos promove a aceleração do processo de decomposição, favorecendo a compostagem e a produção do adubo orgânico de alta qualidade. E também para evitar a decomposição desses resíduos em locais inapropriados.

Moçambique sendo um país que ainda esta em desenvolvimento, ainda não existem equipamentos para a trituração do lixo orgânico projetado localmente, o que torna o tema ainda mais relevante par ao desenvolvimento de práticas sustentáveis no país.

### **1.5. Limitações do estudo e da projecção**

Durante a recolha de dados na lixeira de Hulene, tivemos várias limitações e desafios para obter informações exactas sobre a quantidade de resíduos depositados nesta lixeira, visto que durante o depósito do lixo, não ocorre nenhum controle e registo de resíduos orgânicos depositados diariamente, o que dificulta a precisão exacta da quantidade do lixo orgânico depositado nessa lixeira, para a obtenção da quantidade diária (Kg/h), para a projecção do triturador.

Os valores usados nesta projecção, foram obtidos, através de inquéritos feitos a mais de 4 transportadores, a pessoa que faz o controle de entrada dos caminhões no lixo, e alguns catadores de lixo (em que houve dificuldade para a comunicação com esse grupo) no mesmo aterro sanitário.

### **1.6. Metodologia**

Este projecto foi feito na base da metodologia PRODIP (Projecto de Desenvolvimento Integrado de Produtos) que consiste em 3 fases: fase de planeamento, projecção e de implementação. Mas no nosso caso, vai se basear apenas na fase da projecção visto que o nosso produto para este caso passa por apenas essas fases, que irá ser detalhado no capítulo III.

## **1.7. Estrutura do projecto**

O presente projecto possui a seguinte estrutura:

### **Capítulo I:**

- Neste capítulo é feita a introdução do projecto, a definição do problema, a contextualização, justificativo, os objectivos do trabalho e a metodologia usada para a concepção do mesmo.

### **Capítulo II: Revisão bibliográfica**

- Neste capítulo é feito o desenvolvimento do trabalho, abordando todos aspectos relevantes para o tema em causa de modo a colocar a fundamentação teórica do mesmo.
- A Revisão de Literatura tem como objetivo analisar e sintetizar o conhecimento existente sobre a gestão de resíduos orgânicos, tecnologias de trituração e seus impactos ambientais e socioeconômicos. Esta seção examina as principais áreas relacionadas ao tema do trabalho, incluindo práticas de gestão de resíduos, tecnologias de trituração e compostagem, e os benefícios associados.

### **Capítulo III: Metodologia da resolução do problema**

- Neste capítulo são demonstrados todos os métodos, usados desde o planeamento, até a obtenção do produto final, que é o triturador.

### **Capítulo IV: Conclusões e recomendações**

- Neste capítulo são apresentadas as últimas considerações do trabalho respondendo a cada objectivo específico. São ainda apresentadas as dificuldades enfrentadas durante a concepção do mesmo dando assim algumas recomendações.

### **Capítulo V: Referencias bibliográficas**

- Neste capítulo são mostradas as fontes usadas para a realização do presente projecto.

## Capítulo II

### 2. Revisão de bibliográfica

Resíduos orgânicos são uma parte significativa do fluxo de resíduos gerados diariamente em nossas comunidades. Seja em residências, restaurantes, supermercados ou indústrias de processamento de alimentos, esses resíduos consistem principalmente de materiais de origem vegetal e animal, como restos de comida, cascas de frutas, aparas de grama e folhas. Estão em anexo A todos vários tipos de resíduos orgânicos.

Resíduos orgânicos são todos os materiais de origem biológica que se decompõem naturalmente por ação de microrganismos como bactérias e fungos. Essa decomposição é conhecida como biodegradação e resulta em subprodutos como gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), água e compostos orgânicos estáveis. Esses resíduos são provenientes principalmente de alimentos, vegetais, plantas e materiais de origem animal [57, 16 e 64].

A principal característica dos resíduos orgânicos é sua capacidade de serem decompostos por microrganismos, como bactérias e fungos, em um processo chamado decomposição. Durante esse processo, os materiais orgânicos são transformados em nutrientes que podem ser reintegrados ao solo, contribuindo para o ciclo natural de vida. Esses resíduos contêm carbono, nitrogênio e outros elementos essenciais para o crescimento de plantas e a fertilidade do solo.

Segundo [40], os resíduos orgânicos são o componente predominante do lixo doméstico nos países em desenvolvimento, podendo representar até 70% do total dos resíduos sólidos urbanos depositados em centros urbanos como Maputo.

#### 2.1. Classificação dos resíduos orgânicos

Conforme [16, 10 e 38], resíduos orgânicos podem ser classificados em diversas categorias, conforme sua origem, e estão mostrados a seguir na tab 1.2:

Tab 1.2. Classificação dos resíduos orgânicos conforme a origem

<b>Tipo</b>	<b>Origem</b>	<b>Exemplos</b>
Resíduos alimentares	Domicílios, restaurantes, mercados	Restos de comida, cascas de frutas, arroz
Resíduos agrícolas	Fazendas, hortas, agroindústrias	Palha, bagaço, folhas, talos
Resíduos de jardins	Jardins urbanos, podas públicas	Folhas secas, galhos, grama cortada
Resíduos industriais orgânicos	Indústrias alimentícias, matadouros	Soro de leite, restos de carne, cascas de frutas
Resíduos de feiras e mercados	Mercados municipais, feiras livres	Frutas estragadas, legumes, vegetais podres

Fonte: baseado em [16, 38 e 5]

Estes resíduos podem ser utilizados em terra infértil de modo a tornar-lho fértil, formando húmus (nutrientes essenciais para o crescimento das plantas), melhorando a estrutura e aumentando a actividade biológica do solo. E também podem ser utilizados, na produção da biogás, envolvendo outros processos, e como ate como ração animal [38 e 16].

Conforme [9, 6], estabelecem que somente devem ser enviados para aterros sanitários os resíduos que não tenham mais nenhuma possibilidade de recuperação ou reciclagem, ou seja, os rejeitos. O que torna muito importante a nível mundial a reciclagem de todo tipo de resíduo incluindo os resíduos orgânicos e os municípios são responsáveis pela implementação de sistemas de compostagem para resíduos orgânicos, assim como por viabilizar formas de utilização do composto produzido. Como os resíduos orgânicos podem ser facilmente reciclados, eles devem ser destinados para processos como a compostagem e a bio digestão [10].

Apesar disso em Moçambique segundo as informações obtidas nas empresas que prestam serviços ao município de Maputo tais como ENVRO SERV & ECO LIFE, há evidencias de que quase mais de 98% dos resíduos orgânicos são depositados em aterros sanitários sem nenhum aproveitamento prévio, existindo uma norma de

proibição quando se trata de resíduos que podem atrair vetores de doenças e risco a saúde dos catadores de lixo dentro da lixeira de Hulene.

### **2.1.1. Importância da Valorização dos Resíduos Orgânicos**

A valorização dos resíduos orgânicos, por meio de processos como compostagem ou biodigestão, é vista como uma estratégia essencial para diminuir o volume de resíduos destinados a aterros e lixeiras, reduzindo o impacto ambiental e gerando subprodutos úteis. Além disso, quando esses processos são associados a tecnologias acessíveis, como trituradores de pequeno e médio porte, tornam-se compatíveis com as realidades locais e permitem a inclusão de catadores e cooperativas no sistema de gestão [46 e 55].

### **2.2. Mecanismos para dar o destino correcto dos resíduos orgânicos**

Segundo [56, 30 e 22], para dar o destino adequado aos resíduos gerados em residências, mercados e em empresas, deve se seguir os passos abaixo:

- i. Separe o resíduo gerado em 3 frações: Resíduos orgânicos, que devem ser acondicionados em recipientes fechados, para evitar problemas com odores e insetos, resíduos recicláveis secos, que devem ser disponibilizados para a coleta seletiva ou para cooperativas de catadores e rejeitos, que devem ser disponibilizados para a coleta convencional.
- ii. Depois de separados, os resíduos orgânicos podem ser destinados: para a coleta seletiva de resíduos orgânicos, caso seu município possua este serviço, para unidades de compostagem condominial ou comunitária, para empresas que prestam serviços privados de coleta e compostagem ou para a compostagem domiciliar, por meio de minhocas ou outros métodos que podem ser feitos tanto em casas quanto em apartamentos.

Com esse destino, podemos dar uma oportunidade para o crescimento dos sistemas de reciclagem desses resíduos, proporcionando uma solução sustentável para os municípios de Maputo e geração de um novo mercado de trabalho, e também o crescimento na área da agricultura a nível nacional.

### **2.3. Aproveitamento dos resíduos orgânicos por meio da compostagem**

O aproveitamento dos resíduos orgânicos pode ser realizado por meio de um processamento denominado compostagem, considerado como uma das técnicas mais eficazes e sustentáveis para o tratamento desse tipo de material. Segundo [48], trata-se de um processo de biodegradação conduzida por microrganismos, responsáveis pela transformação da matéria orgânica em composto estável e rico em nutrientes.

Essa definição é compartilhada por [59], que explicam que a compostagem consiste em um processo biológico aeróbio, no qual microrganismos principalmente bactérias e fungos decompõem resíduos orgânicos sob condições controladas de temperatura, humidade e oxigênio, resultando em um fertilizante natural de alta qualidade. Já [52] destacam que a compostagem é aplicável tanto em pequena como em grande escala, sendo uma alternativa prática e acessível para áreas urbanas e rurais, além de reduzir significativamente o volume de resíduos enviados aos aterros sanitários.

De acordo com [45], o processo pode ser definido como uma decomposição controlada, exotérmica e biooxidativa da matéria orgânica em ambiente aeróbio e húmido, produzindo CO<sub>2</sub>, água, minerais e um composto orgânico estabilizado, conhecido como húmus. Essa mesma linha é sustentada por [15], que enfatizam que, além de estabilizar os resíduos, o composto gerado é rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco e cobre, fundamentais para o desenvolvimento vegetal.

O composto obtido por meio da compostagem contribui para o fornecimento de matéria orgânica ao solo, promovendo melhorias em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, o que é essencial para a fertilidade e estrutura do solo agrícola [44]. Para [49], a compostagem também se insere no conceito de economia circular, ao transformar resíduos em insumos úteis para a agricultura, fechando o ciclo de vida da matéria orgânica. Nesse sentido os mesmos autores], definem a compostagem como um processo biológico de decomposição de resíduos orgânicos cujo objetivo é produzir um fertilizante natural, reduzir o volume de resíduos sólidos e aumentar a qualidade do solo.

Martins, [18] corroboram essa visão, destacando que pesquisas indicam que sistemas de compostagem doméstica e comunitária são eficientes na redução do volume de resíduos destinados a aterros, além de gerar benefícios ambientais e sociais por meio do envolvimento comunitário e da educação ambiental. A compostagem também pode ser entendida como uma forma de reconectar o ser humano com os ciclos naturais. Segundo [35], a prática é simples, requer pouco tempo e esforço, e permite contato direto com a terra, sendo acessível mesmo em ambientes urbanos. Para [33], o processo imita o ciclo natural da matéria orgânica, onde tudo se transforma em novos recursos para o ambiente, reforçando a ideia de que “nada se perde, tudo se transforma”. Trituração da matéria orgânica

A seguir temos na fig. 1, um esquema que explica como funciona o ciclo da matéria orgânica:

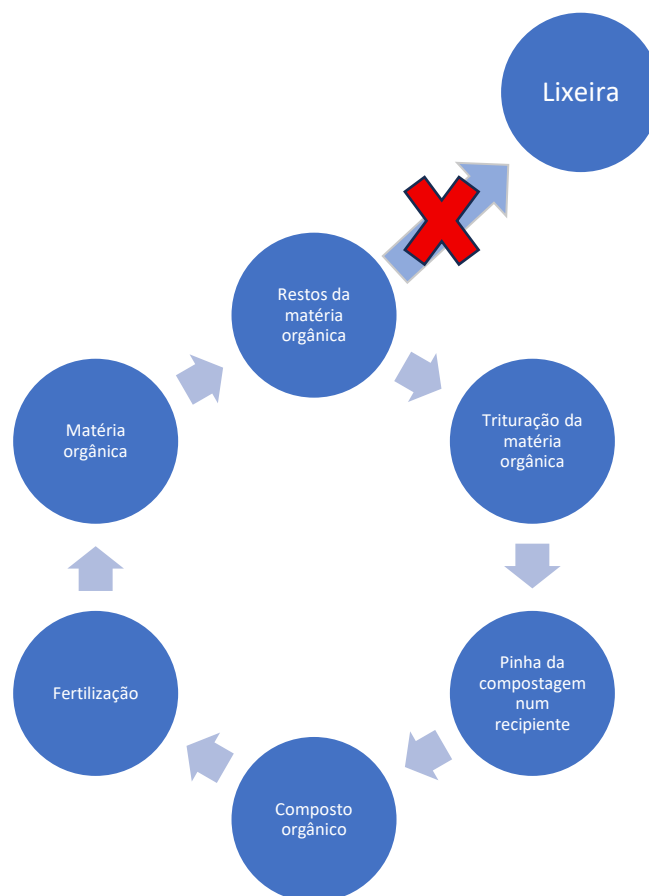


Fig 1.2. Ciclo da matéria orgânica

Fonte: baseado em Brasil, Ministério de Ambiente, 2009

Como podemos ver na figura acima, temos o ciclo da matéria orgânica, onde inicia na parte onde temos alimentos, de seguida esses alimentos são convertidos em refeições. O que acontece normalmente, é que depois das refeições, normalmente o que resta, é mandado para o lixo juntamente com outros resíduos sólidos, em vários países do mundo incluindo Moçambique. Mas o processo continua quando os restos de alimentos são reciclados e separados de resíduos não orgânicos, onde por sua vez essa matéria orgânica possuindo dimensões grandes ou não regulares será mandado para um triturador de resíduos orgânicos, para a redução do grão dos mesmos, condicionando rápida de teorização.

Depois de ter se feito a trituração essa matéria é armazenado em pilhas, normalmente durante 3 meses com a adição de alguns componentes se possível, para que se torne um composto orgânico pronto para o uso. Este composto orgânico depois de ter se tornado pronto para o uso, já se encontra pronto para ser usado como fertilizante, onde dará continuidade ao ciclo da matéria orgânica [10 e 38].

Segundo [10 e 38], para não quebrarmos o ciclo da matéria orgânica, precisamos reaproveitar o que a natureza oferece, cascas de frutas, restos de vegetais, folhas secas, etc. Eles são resíduos orgânicos e devem ser separados de outros resíduos (vidro, metal, plástico e papel) para podermos criar um adubo de qualidade. Veja o no quadro 1.2. a seguir o que pode e o que não pode ser utilizado para a compostagem:

Quadro 1.2. O que pode ou não ser usado na compostagem

<b>Pode</b>	<b>Não pode</b>
Restos de frutas, verduras e legumes	Laticínios (queijos, manteigas, etc.)
Restos de alimentos no geral	Fezes de animais domésticos
Aparas de madeira e serragem	Tecidos e tintas
Podas, palhas, folhas e aparas de grama	Medicamentos e produtos químicos
Borra de papel e filtros de papel	Gorduras, molhos, óleo de cozinha
Casca de ovo e guarda Napo	Material de higiene pessoal (papel higiênico, absorvente, etc.)

Fonte: Moghadam, M. R. A, 2009

## 2.4. Tecnologias da compostagem

Existem várias tecnologias da compostagem, mas no nosso caso, só iremos abordar sobre aquelas que se enquadram directamente ao nosso objectivo, que são a compostagem aeróbica e anaeróbica.

### 2.4.1. Compostagem aeróbica

A compostagem aeróbica é um processo biológico de decomposição controlada da matéria orgânica na presença de oxigênio, que transforma resíduos orgânicos como restos de alimentos, folhas secas e esterco em um fertilizante natural conhecido como composto. Este processo é conduzido por microrganismos aeróbios que metabolizam o carbono e o nitrogênio presentes nos resíduos, liberando calor, dióxido de carbono e água. A compostagem aeróbica é uma prática sustentável e eficiente para o reaproveitamento dos resíduos orgânicos, sendo aplicável tanto em ambientes domésticos como em sistemas industriais [48, 56 e 19]. Na fig 2.2. a seguir mostramos o processo de compostagem aeróbica.



Fig 2.2. Compostagem aeróbica

Fonte: Instituição Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil), 2009

Para [25, 63 e 51], o processo de compostagem aeróbica ocorre em quatro principais fases:

- iii. Fase Mesofílica (20–40 °C) - rápida degradação de açúcares e proteínas simples.
- iv. Fase Termofílica (40–70 °C) - decomposição de materiais mais resistentes, como celulose e lignina. Esta fase elimina patógenos e sementes de plantas daninhas.
- v. Fase de Resfriamento - diminuição da atividade microbiana e da temperatura.

- vi. Fase de Maturação - estabilização do composto, transformando-o em húmus.

Essas etapas são essenciais para garantir um composto final de qualidade, livre de agentes patogênicos e estável para uso agrícola.

#### **2.4.2. Compostagem Anaeróbica (com biodigestor)**

A compostagem anaeróbica ocorre na ausência de oxigênio, para a produção de biogás (metano) e adubo. O biogás, composto principalmente de metano e dióxido de carbono, pode ser utilizado como fonte de energia. A biodigestão anaeróbica é uma solução viável para o tratamento de resíduos orgânicos, especialmente em áreas onde a geração de energia renovável é uma prioridade [4, 5 e 26].

A digestão anaeróbica é um processo biotecnológico chave para o tratamento sustentável de resíduos orgânicos, reduzindo emissões de gases e gerando energia limpa por meio do biogás [4]. A biodigestão anaeróbica, além de contribuir para o tratamento de resíduos agroindustriais e urbanos, permite a recuperação de energia e a produção de fertilizantes, promovendo uma agricultura mais sustentável [5]. Para [26] a digestão anaeróbica é considerada uma solução eficiente para o tratamento de resíduos orgânicos, com destaque para a produção de biogás (metano e CO<sub>2</sub>) e biofertilizante, sendo particularmente útil em estratégias de geração de energia renovável.

Na fig. 3.2. a seguir é mostrado como é feita a compostagem anaeróbica através da biodigestão:

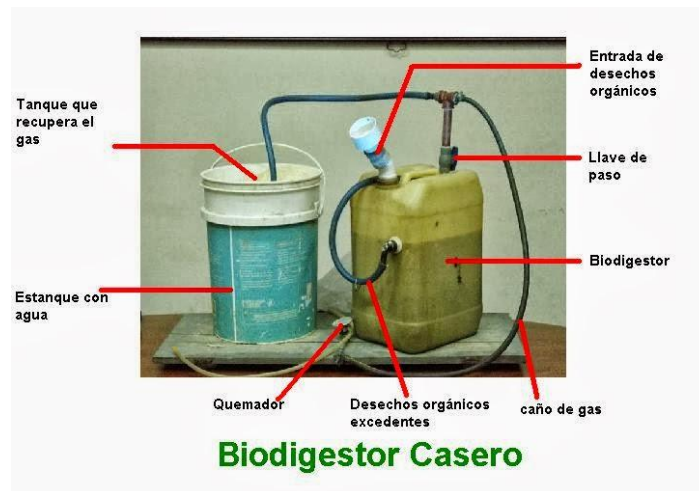


Fig 3.2. Compostagem anaeróbica através da biodigestão

Fonte: Instituição Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil), 2009

Como podemos ver na figura anterior, a compostagem anaeróbica ocorre na ausência do ar, e para a alimentação do biodigestor, é necessário que a matéria orgânica tenha pequenas dimensões para permitir a entrada no biodigestor, o que torna importante o processo de trituração.

### 2.4.3. Benefícios da compostagem

De acordo com [10], a compostagem apresenta vários benefícios, tais como:

- vii. Colabora com os ciclos da natureza e da renovação da vida;
- viii. Melhora a fertilidade do solo;
- ix. Aumenta a capacidade de absorção da água e do ar nos solos;
- x. Reduz o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos;
- xi. Diminui a quantidade de lixo depositado em aterros sanitários.

### 2.5. Campo de estudo (lixreira de Hulene)

O projecto é criado não só para a resolução do problema local, mas também em outros pontos do país e do mundo, onde há carência da reciclagem de resíduos orgânicos. Mas o campo de estudo como referência deste projecto, será a lixeira de Hulene.

A lixeira de Hulene, localiza-se em Maputo, no distrito Kamavota do Bairro de Hulene, na avenida Julius Nyerere. É uma lixeira que ocupa uma área de 250 000m<sup>2</sup>, que ao longo do tempo essa área tem tido aumentado, devido as condições climáticas que

tem tido. Actualmente, essa lixeira, tem ocupado áreas de casas ao redor, condicionado a condições climáticas e também devido a enchente. De acordo com os moradores ao redor, actualmente, mesmo a lixeira estando no estado crítico, tem tido aceite o depósito do lixo neste aterro sanitário. O município de Maputo, tem proibido o depósito de resíduos orgânicos que estejam num estado crítico de decomposição, e onde os mesmos são depositados em outros locais inapropriadas sem nenhum tratamento prévio ou aproveitamento. Pois ainda não existe uma entidade que faz o processo de reaproveitamento de resíduos orgânicos.

A gestão de resíduos orgânicos é um desafio crescente para muitas cidades ao redor do mundo, especialmente em países em desenvolvimento. Maputo, a capital de Moçambique, não é exceção. A cidade tem experimentado um rápido crescimento populacional e urbanização acelerada, o que tem exacerbado o problema do gerenciamento de resíduos orgânicos. Em particular, os mercados informais, como Xiquelene e Zimpeto, são centros de atividade econômica vibrante, mas também geradores significativos de resíduos orgânicos [43, 38 e 68].

Os mercados de Xiquelene e Zimpeto principalmente são locais cruciais para a economia de Maputo, fornecendo alimentos frescos e outros produtos essenciais para a população [28]. No entanto, a alta rotatividade de mercadorias e o volume considerável de resíduos gerados diariamente são desafiantes para o sistema de gestão de resíduos da cidade [66]. Os resíduos orgânicos provenientes desses mercados incluem restos de frutas, vegetais, resíduos alimentares e outros materiais biodegradáveis. Esses resíduos são frequentemente descartados sem qualquer forma de processamento, resultando em problemas significativos para o local e para a cidade, contribuindo também para a enchente na lixeira de Hulene [13].

O lixo orgânico depositado na lixeira de Hulene é composto por: Resíduos orgânicos (50-70%), plásticos: (10-20%), papel e papelão (5-10%), outros (5-10%).

### **2.5.1. Problemas Associados à Lixeira de Hulene**

A lixeira de Hulene é o principal aterro a céu aberto de Maputo e tem sido uma solução temporária para a disposição dos resíduos sólidos da cidade. Localizada nos

arredores de Maputo, a lixeira enfrenta uma série de problemas ambientais e de saúde. E segundo [12, 3 e 65], entre os principais desafios estão:

- a) Poluição do Ar: A decomposição dos resíduos orgânicos em um aterro a céu aberto gera gases de efeito estufa, como metano e dióxido de carbono, que contribuem para as mudanças climáticas e afetam a qualidade do ar local.
- b) Contaminação do Solo e Água: A lixiviação de resíduos pode contaminar o solo e os corpos da água adjacentes, resultando em impactos negativos sobre a flora e fauna locais, além de representar riscos para a saúde das comunidades vizinhas.
- c) Problemas de Saúde Pública: A presença de resíduos orgânicos em decomposição atrai vetores de doenças, como roedores e insetos, que podem espalhar doenças infecciosas e representar riscos à saúde dos habitantes locais.
- d) Invasão do lixo nas vias públicas e nas residências: Actualmente e principalmente nas épocas chuvosas, o lixo depositado neste aterro sanitário, tem ocupado áreas e zonas inapropriadas, condicionando a circulação e deslocação de alguns habitantes que vivem ao redor do mesmo. Uma situação muito preocupante aos residentes do bairro.

### **2.5.2. Desafios na Gestão de Resíduos Orgânicos**

Segundo [36], os mercados de Xiquelene e Zimpeto geram grandes quantidades de resíduos orgânicos diariamente, compostos principalmente por restos de alimentos, frutas e vegetais. A alta rotatividade e a diversidade dos produtos comercializados contribuem para um volume considerável de resíduos, que frequentemente é descartado de maneira inadequada. A falta de segregação na fonte e a mistura de resíduos orgânicos com resíduos não recicláveis dificultam a gestão e o tratamento eficiente desses materiais.

Além disso, a cidade de Maputo enfrenta limitações significativas na capacidade de processamento e tratamento de resíduos orgânicos. A ausência de infraestrutura adequada, como centros de compostagem ou instalações de triagem, impede a conversão eficaz dos resíduos orgânicos em compostos valiosos ou outros produtos reutilizáveis [17]. O sistema atual é predominantemente reativo, lidando com resíduos

apenas no ponto de descarte final, sem intervenções eficazes ao longo da cadeia de gestão.

O mesmo autor acima citado, afirma que, a gestão inadequada de resíduos orgânicos também tem implicações econômicas e sociais. O acúmulo de resíduos e a poluição associada podem afetar negativamente a atratividade dos mercados para consumidores e investidores, reduzindo a renda dos vendedores e a eficiência econômica dos mercados. Além disso, o custo de limpeza e manejo dos resíduos para as autoridades locais pode ser elevado, representando um ônus financeiro para a cidade.

A ausência de conscientização sobre a importância da gestão adequada de resíduos e a falta de capacitação dos trabalhadores e gestores dos mercados podem contribuir para práticas inadequadas de descarte. A educação e o treinamento são essenciais para a implementação eficaz de soluções sustentáveis e para promover mudanças no comportamento das comunidades envolvidas [46].

Segundo [17], afirma que a implementação de tecnologias adequadas para a gestão de resíduos orgânicos, como trituradores e sistemas de compostagem, é limitada. A falta de soluções tecnológicas acessíveis e adaptadas às condições locais impede a melhoria da eficiência na gestão de resíduos. O desenvolvimento e a adoção de tecnologias apropriadas podem oferecer uma abordagem prática e eficaz para lidar com o problema dos resíduos orgânicos.

### **2.5.3. Iniciativas adotadas para a gestão dos resíduos orgânicos**

Em Moçambique, particularmente em Maputo, o município da cidade deu uma iniciativa para a separação de resíduos, mas a iniciativa não teve sucesso, pois houve falta da sensibilização da população através dos meios de comunicação e outros motivos. Face a isso, o projecto foi abaixo, criando uma desordem a separação dos resíduos, embora em algumas zonas ainda existam essas boas praticas [17].

Conforme afirma o [12], “em Maputo os resíduos orgânicos representam uma parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos depositados na lixeira de Hulene. Através do estudo feito durante a entrada de caminhões para a descarga do lixo, notou-se que aproximadamente 50-70% dos resíduos gerados e depositados diariamente são

orgânicos, como restos de alimentos e materiais vegetais, pois alguns resíduos sólidos, são reciclados pelos catadores de lixo antes de chegarem ao aterro sanitário”.

Pela pesquisa feita pelo autor, em Maputo, ainda não existe uma indústria que processa e faz reaproveitamento do lixo orgânico, o que tem se tornado uma situação crítica na gestão desses resíduos. E este projecto, vem solucionar este problema, através do uso do triturador, que pode ser implementado em várias províncias, até noutros países.

#### **2.5.4. Factores que contribuem para a alta proporção de resíduos orgânicos em Maputo**

Mercados como Xiquelene, Zimpeto, Xipamanine e outros, geram grandes quantidade de resíduos orgânicos diariamente, principalmente restos de frutas, legumes e outros alimentos. A falta de empresas que fazem a reciclagem de resíduos orgânicos é uma das coisas que condicionam para uma má gestão destes resíduos, condicionando a vários factores e consequências [36].

Segundo [17], os resíduos domésticos em Maputo contem uma grande quantidade de restos de alimentos, o que reflete os hábitos alimentares locais e o consumo de produtos frescos. A infraestrutura de coleta de resíduos enfrenta desafios, com cobertura limitada e sistemas inadequados, o que aumenta a quantidade de resíduos orgânicos que são descartados neste aterro sanitário.

A separação de resíduos na fonte ainda é limitada em Maputo, o que significa que muitos resíduos orgânicos são misturados com outros materiais e acabam em aterros sanitários, como na lixeira de Hulene.

#### **2.5.5. O que é feito com os resíduos orgânicos depositados nesta lixeira?**

Segundo [36], quando o lixo chega neste aterro sanitário (lixeira de Hulene), chega enquanto está misturado (resíduos orgânicos e resíduos sólidos), onde por sua vez, os catadores de lixo separam os resíduos sólidos para efectuar a venda para empresas recicladoras ou para reaproveitamento através do uso. No caso dos resíduos orgânicos, eles são mantidos no aterro sanitário, onde por sua vez são compactados por uma máquina, se mantendo assim no aterro sanitário.

### **2.5.6. Soluções para reduzir os resíduos orgânicos na lixeira de Hulene**

Primeiro podemos incentivar a compostagem em bairros e mercados o que ajudaria a reduzir a quantidade de resíduos orgânicos enviados para aterros. E por outro lado instalar biodigestores em mercados e aterros, o que poderia transformar resíduos orgânicos em biogás e fertilizantes, contribuindo para a gestão de resíduos e geração de energia. Mas essas duas soluções dependem também a fazer campanhas de consciencialização para incentivar a separação dos resíduos orgânicos nas residências ajudariam a reduzir o volume de resíduos em aterros.

E a abertura de uma empresa de processamento de resíduos orgânicos, que pode ser uma das melhores soluções e viáveis para o reaproveitamento desses resíduos, pois eles serão tratados de maneira segura e eficaz. E como podemos notar, todas as soluções, independentemente de qual seja o método de aplicação, esses resíduos necessitarão de um processo, para a redução do tamanho para a sua reutilização. É daí que este projecto torna-se crucial para o sucesso dessas soluções.

### **2.5.7. Casos Internacionais**

Existem vários países que utilizam técnicas de reciclagem de resíduos orgânicos, onde muitos desses países fazem o reaproveitamento do lixo orgânico para a compostagem, de modo a evitar o uso de produtos químicos em plantações, reduzindo também o acúmulo do lixo orgânico em aterros sanitário. E essas técnicas tem tido melhorado, não só a saúde pública, mas também a geração de empregos e uma economia sustentável para o país [32]. Temos em anexo C, que demonstra os maiores recicladores a nível mundial.

## **2.6. Tecnologias de Trituração**

### **2.6.1. História do triturador**

Um triturador é uma máquina ou dispositivo projetado para reduzir o tamanho de materiais em pedaços menores. Ele funciona aplicando forças mecânicas, como corte, esmagamento ou trituração, para fragmentar materiais grandes em partículas menores ou pedaços que são mais fáceis de manejar, processar ou descartar.

Segundo [9], as máquinas modernas de trituração foram criadas depois que o motor a vapor e motor elétrico e outras máquinas de energia foram gradualmente aperfeiçoados e popularizados.

Em 1806 apareceu um triturador de rolos acionado por uma máquina a vapor, e mais tarde em 1858, Black nos estados unidos inventou um britador de mandíbulas giratório com ação de britagem contínua, e sua eficiência de produção é superior a britagem intermitente, que era usado para triturar rochas. E em 1895, William dos estados unidos inventou o triturador de impacto com menor consumo de energia, que era um triturador de mandíbulas com ação de esmagamento. O surgimento desses trituradores melhorou muito a eficiência das operações de trituração. No entanto, devido as diferenças nas características de pulverização de vários materiais, os requisitos de tamanho das partículas de diferentes indústrias também são diferentes uns aos outros, de modo que uma variedade de máquinas de pulverização para operações de pulverização de acordo com os diferentes princípios de trabalhos, foram criados sucessivamente, como roda de moinhos, moinhos vibratórios, moinho turbo, moinho a jato, moinho de carvão em leque, moinho de areia, moinho coloidal, etc. No início de década 1970s, trituradores giratórios de grandes escalas com uma produção de 5 000 T/h e moinhos coloidais que podiam moer materiais ate um tamanho de partícula inferior a 0,01 microm [7, 8 e 19].

## **2.6.2. Tipos de Trituradores**

Os trituradores de resíduos variam em termos de material a ser triturado, design e tecnologia, mas todos têm o objetivo comum de reduzir o volume dos resíduos e facilitar o processamento posterior. A literatura descreve diferentes tipos de trituradores, mas abaixo estão apresentamos os mais essenciais:

### **2.6.2.1. Trituradores de Impacto**

Os trituradores de impacto operam por meio de um mecanismo que aplica forças dinâmicas para fragmentar materiais diversos. São amplamente utilizados na indústria de processamento de minérios, resíduos sólidos e materiais de construção, devido à sua eficiência na redução granulométrica. Há três principais categorias de trituradores de impacto: os de eixo horizontal (HSI), os moinhos de gaiola, e os de eixo vertical (VSI). Cada tipo possui aplicações específicas, dependendo das

características do material a ser processado e da granulometria desejada. O triturador de impacto de eixo horizontal (HSI) é utilizado principalmente na britagem primária e secundária, promovendo a quebra do material por meio de martelos rotativos que o lançam contraplacas fixas. Já o moinho de gaiola emprega rotores opostos que causam colisões intensas entre partículas, sendo ideal para materiais frágeis como calcário. O VSI, por sua vez, projeta o material contra superfícies revestidas, promovendo fragmentação entre partículas, o que resulta em produtos com formato cúbico, desejável na produção de agregados. Esses equipamentos apresentam desempenho ideal com materiais levemente abrasivos, secos ou húmidos que não sejam pegajosos. A taxa de redução pode variar de 10:1 até 25:1, o que os torna eficientes para o processamento de materiais fibrosos e resíduos orgânicos. Contudo, o desgaste dos componentes, devido à natureza do impacto constante, exige manutenção regular [17, 22 e 23].

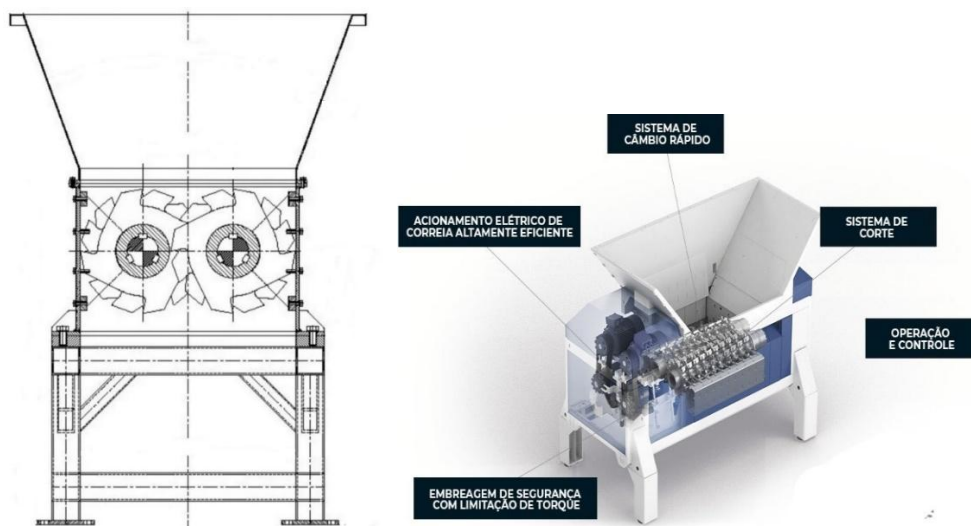


Fig 4.2. Triturador de impacto

Fonte: sibert.com.br/trituradorestetico

### 2.6.2.2. Trituradores de Cisalhamento

Funcionam através de lâminas rotativas que cortam os resíduos em pequenos pedaços. São adequados para uma ampla gama de materiais orgânicos e podem ser projetados para diferentes escalas de operação. Veja a seguir na fig. 5.2. um esquema básico de um triturador de cisalhamento.

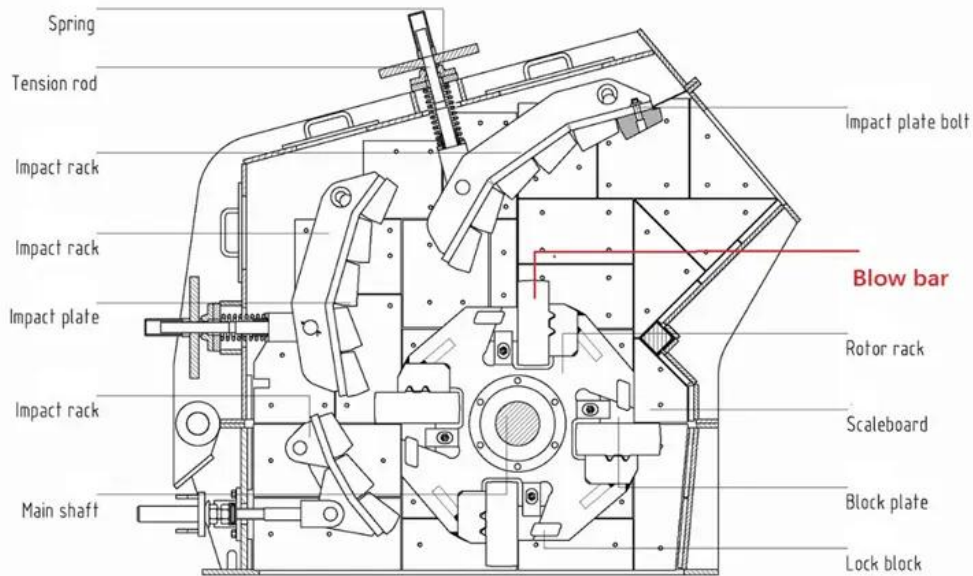


Fig 5.2. Triturador de cisalhamento

Fonte: <https://www.wjfoundry.com/es/impact-crusher-parts-blow-bar-product/>

### 2.6.2.3. Trituradores de Martelo

Os trituradores de martelo são equipamentos utilizados para fragmentar materiais por meio de impactos causados por martelos giratórios dentro de uma câmara de britagem. O material é quebrado quando os martelos em alta velocidade colidem com ele, resultando na fragmentação em partículas menores. Esses trituradores são bastante utilizados para materiais leves, como restos de alimentos, folhas, galhos finos e resíduos orgânicos de baixa densidade, podendo também ser adaptados para materiais industriais leves [24].

Um dos principais atributos desse tipo de triturador é a possibilidade de controlar o tamanho das partículas finais por meio de grades ou peneiras posicionadas na saída, permitindo que o equipamento produza fragmentos com diferentes granulometrias conforme a necessidade [34]. Os martelos podem ser fixos ou articulados, e seu design facilita a substituição e manutenção, tornando o equipamento relativamente fácil de operar e manter. Além disso, trituradores de martelo apresentam alta eficiência para materiais fibrosos ou volumosos, já que a fragmentação ocorre por impacto, não por corte, o que reduz a necessidade de forçar o material contra lâminas afiadas [60].

Apesar dessas vantagens, trituradores de martelo apresentam algumas limitações. Não são indicados para materiais muito duros ou abrasivos, como pedras ou ossos, devido ao desgaste rápido dos martelos. Além disso, a fragmentação por impacto tende a gerar partículas irregulares e produzir mais ruído durante a operação, o que deve ser considerado em instalações urbanas ou residenciais [24]. Veja a seguir na fig. 6.2. um esquema básico de um triturador de martelos

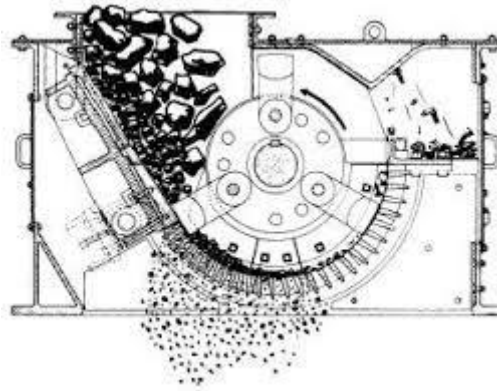


Fig 6.2. Triturador de martelos

Fonte: [images.app.goo.gl/Dbnxp5CJ8ZUEdrnW7](https://images.app.goo.gl/Dbnxp5CJ8ZUEdrnW7)

#### **2.6.2.4. Trituradores de Mandíbula**

São conhecidos por sua robustez e capacidade de lidar com materiais mais duros. Este tipo de triturador é usado para o desmantelamento de rocha e pedra. com este tipo de tritura pode-se triturar todo tipo de material em vários tamanhos, dependendo da sua necessidade. Explicativo pelo nome, os britadores de mandibulas reduzem os materiais entre uma mandibula fixa e uma outra móvel. A mandibula móvel exerce pressão sobre o material e empurra-o contra a placa estacionaria, as rochas são então mantidas entre as mandibulas ate que o material seja pequeno o suficiente para passar pelo espaço na parte inferior das mandibulas. A rotação do eixo e a placa de alternância causam uma Ação compreensiva, e eles funcionam melhor com material seco a ligeiramente húmido que não é pegajoso [17]. Veja a seguir na fig. 7.2. um esquema básico de um triturador de mandibula.

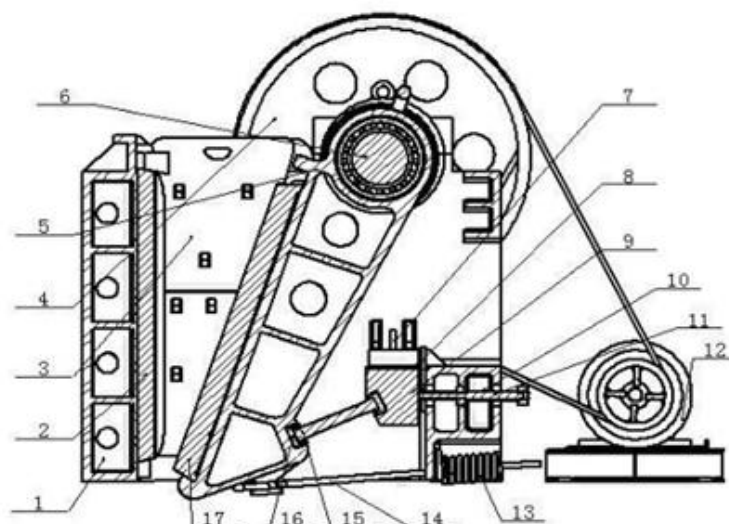


Fig 7.2. Triturador de mandibula

Fonte: [www.greatwallcrushers.com](http://www.greatwallcrushers.com)

### 2.6.3. Critérios de Seleção do tipo de Triturador

Vários autores como [27, 37, 53] destacavam vários critérios de seleção do triturador, para o nosso caso destacamos os pontos essenciais. Conforme Tipo de material a triturar: que podem ser materiais recicláveis, agrícolas, de construção, minérios de rocha, resíduos industriais, resíduos orgânicos, e diversos materiais (como vidros, ossos, etc).

- a) Eficiência e Desempenho: A literatura técnica avalia a eficiência dos trituradores com base em vários critérios, incluindo capacidade de processamento, consumo de energia e durabilidade. A eficiência de um triturador é influenciada por fatores como o tipo de material a ser triturado, a configuração do equipamento e as condições operacionais;
- b) Capacidade de Processamento: A eficiência de um triturador é medida pela quantidade de resíduos que pode processar em um determinado período. Equipamentos de maior capacidade são necessários para lidar com grandes volumes de resíduos;
- c) Consumo de Energia: A eficiência energética é um fator crítico, especialmente em ambientes com recursos limitados. Trituradores projetados para operar

com baixo consumo de energia podem ser mais adequados para áreas com restrições energéticas;

- d) Materiais e Durabilidade: Considerações sobre a escolha de materiais resistentes à corrosão e ao desgaste;
- e) Manutenção e Custos operacionais: Aspectos econômicos e operacionais relacionados à manutenção e ao custo total de propriedade do triturador.

#### **2.6.4. Impactos devido ao uso do triturador**

A literatura destaca vários impactos positivos associados ao uso de trituradores de resíduos orgânicos e ao tratamento adequado desses resíduos. Primeiro, a redução do volume de resíduos orgânicos em aterros diminui a produção de gases de efeito estufa, como o metano, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas [67].

Além disso, a transformação de resíduos orgânicos em compostos ou fertilizantes permite a recuperação de nutrientes e reduz a necessidade de fertilizantes químicos sintéticos, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis [29].

Uma gestão eficaz reduz a quantidade de resíduos enviados para aterros e minimiza problemas ambientais associados [14]. Os benefícios da compostagem estendem-se à agricultura, melhorando a qualidade do solo e aumentando sua capacidade de retenção de água [62].

A instalação e operação de sistemas de compostagem e trituradores criam oportunidades de emprego em áreas como manutenção, operação e gestão de resíduos, além de incentivar a economia circular [42].

Outro ponto relevante é que a redução da quantidade de resíduos enviados para aterros pode diminuir os custos associados ao transporte e ao manejo, beneficiando autoridades locais e contribuintes [58].

Do ponto de vista ambiental, a redução da poluição e a melhoria da gestão de resíduos contribuem para um ambiente urbano mais limpo e saudável, impactando positivamente a qualidade de vida dos residentes [47]. Finalmente, a gestão adequada de resíduos orgânicos pode reduzir a proliferação de vetores de doenças e melhorar as condições sanitárias, beneficiando diretamente as comunidades ao redor de mercados e aterros [67].

## **2.7. Análise de materiais para a construção do triturador de resíduos orgânicos**

Irá se detalhar os componentes principais de um triturador de resíduos orgânicos, considerando o projeto que pretendemos desenvolver. Esses componentes incluem as lâminas de corte, o motor, o eixo de transmissão, a estrutura, correia, rolamentos, polia, o sistema de alimentação, e os mecanismos de segurança. Abaixo estão os detalhes de cada um:

### **2.7.1. Lâminas de Corte**

As lâminas são os componentes responsáveis pela trituração efetiva dos resíduos orgânicos. Geralmente, são feitas de aço inoxidável ou aço carbono temperado, devido à sua alta resistência ao desgaste e à corrosão [11]. Esses materiais garantem a durabilidade das lâminas, considerando o contato constante com materiais húmidos e abrasivos. O tipo de lâmina (reta, serrilhada ou em formato de garras) depende do tipo de resíduo a ser triturado [58].

### **2.7.2. Motor Elétrico**

O motor é a unidade de potência que aciona o eixo de corte e, conseqüentemente, as lâminas. Motores de indução trifásicos são os mais comuns em trituradores por sua robustez e baixa manutenção [21]. A potência do motor deve ser adequada ao volume de resíduos processados; para pequenas e médias operações, 2 a 5 HP são suficientes, enquanto para aplicações maiores são necessários motores acima de 10 HP [20]. A utilização de motores com eficiência energética elevada (IE3/IE4) é recomendada para reduzir custos operacionais [42].

### **2.7.3. Veio de Transmissão**

O eixo é responsável por transmitir a potência do motor para as lâminas. Normalmente, é fabricado em aço SAE 1045 ou aços de alta resistência mecânica, capazes de suportar torques elevados [54]. O projeto deve considerar esforços de torção, fadiga e cargas axiais.

### **2.7.4. Estrutura**

A estrutura deve ser robusta, suportando o peso do motor, eixo e lâminas, além das vibrações geradas. Pode ser fabricada em aço carbono com revestimento anticorrosivo ou aço inoxidável [47]. A facilidade de manutenção e higienização é um critério importante.

A estrutura deve ser projetada para facilitar a manutenção e a limpeza, com acesso fácil aos componentes internos. Além disso, deve ser capaz de absorver as vibrações para evitar danos ao equipamento e garantir uma operação suave. Se o triturador for projetado para uso em diferentes locais, a estrutura pode ser montada sobre rodas resistentes, facilitando a movimentação.

### **2.7.5. Mecanismos de Segurança**

Garantir a segurança do operador e de outras pessoas próximas ao triturador é fundamental. Um botão de parada de emergência deve ser instalado em local de fácil acesso para interromper rapidamente a operação em caso de problemas. Proteções ao redor das lâminas e partes móveis devem ser instaladas para evitar o contato acidental. Sensores que desligam automaticamente o motor quando a tampa de inspeção é aberta, ou quando o funil está fora de posição, são essenciais para evitar acidentes [1].

### **2.7.6. Sistema de Lubrificação**

A lubrificação adequada dos componentes móveis é essencial para prolongar a vida útil do triturador. E aplicação da lubrificação vai depender de vários factores, como condições de funcionamento, e outros factores. E muitas das vezes é usado graxa quando se trata de uma transmissão aberta, para poder manter o lubrificante no rolamento. Um sistema de lubrificação pode ser implementado para garantir que as partes móveis, como o eixo e os rolamentos, estejam sempre bem lubrificadas, e essa lubrificação será manual. Pontos de lubrificação de fácil acesso facilitam a manutenção regular, garantindo a operação contínua do triturador [23].

### **2.7.7. Correia de Transmissão**

A correia de transmissão é um componente fundamental que conecta o motor ao eixo de corte, transmitindo a força gerada pelo motor para as lâminas do triturador. A

correia também absorve parte dos choques e vibrações durante a operação, protegendo o motor e outros componentes mecânicos de danos [39].

Segundo o autor acima citado, a correia em V (V-Belt), uma das mais comuns em aplicações industriais, a correia em V é durável e eficiente na transmissão de potência. Seu design em formato de "V" permite um excelente grip nas polias, reduzindo o risco de deslizamento. E também pode ser correia dentada (Timing Belt), este tipo de correia tem dentes moldados que se engatam com as polias correspondentes, garantindo uma transmissão sincronizada e evitando deslizamentos. É ideal quando se requer uma precisão maior na rotação do eixo. E as correias planas que podem ser usadas em aplicações onde se deseja uma operação suave com menor ruído, embora geralmente requeiram tensores adicionais para evitar deslizamentos, embora menos comum em trituradores.

O mesmo autor afirma que correia deve ser capaz de suportar a potência do motor sem escorregar ou romper. Para motores de alta potência, como aqueles usados em trituradores industriais, correias mais robustas, como as correias em V de seção larga, são recomendadas. O seu comprimento da correia deve ser calculado com precisão para garantir uma tensão adequada. Correias muito curtas ou muito longas podem resultar em falhas prematuras. Considerando também que as correias feitas de borracha reforçada com fibras de poliéster ou aramida são comuns devido à sua resistência ao desgaste e à capacidade de suportar altas cargas.

### **2.7.8. Rolamentos**

Os rolamentos são componentes essenciais que suportam o eixo de rotação, permitindo que ele gire suavemente com o mínimo de atrito. Eles reduzem o atrito entre o eixo e a estrutura fixa, facilitando a rotação suave e eficiente sob cargas pesadas. Além disso, suportam tanto cargas radiais (perpendiculares ao eixo) quanto axiais (ao longo do eixo), garantindo o alinhamento adequado do eixo durante a operação [61, 23].

Os rolamentos de esferas são os mais comuns, adequados para cargas radiais leves a moderadas e cargas axiais limitadas. Por isso, são frequentemente utilizados em trituradores de menor capacidade [39].

Já os rolamentos de rolos cilíndricos são ideais para cargas radiais mais pesadas, pois possuem cilindros em vez de esferas, permitindo suportar maiores forças sem deformação [54].

Os rolamentos de rolos cônicos são projetados para cargas combinadas (radiais e axiais), sendo empregados em equipamentos sujeitos a forças laterais significativas [61].

Por último, os rolamentos autocompensadores possuem duas fileiras de esferas ou rolos e uma pista de rolagem esférica no anel externo, permitindo suportar desalinhamentos entre o eixo e o alojamento, muito úteis em situações em que o eixo sofre deflexões [23].

A escolha do rolamento deve considerar as cargas radiais e axiais esperadas, evitando falhas prematuras. Também deve levar em conta o peso das lâminas, a força de trituração e as vibrações geradas. Para maior eficiência, são recomendados rolamentos projetados para altas velocidades, principalmente quando o triturador opera em rotações elevadas [39].

Além disso, rolamentos com selos de retenção de lubrificante ou com sistemas de lubrificação automática são preferíveis, pois garantem operação suave e prolongam a vida útil dos componentes [23].

## Capítulo III

### 3. metodologia da resolução do problema

No presente trabalho foi adoptada a metodologia denominada PRODIP – Projecto de Desenvolvimento Integrado de Produtos. O modelo PRODIP foi desenvolvido, em sua primeira versão, com base na experiência do NeDIP em projecto, construção e testes de protótipos de máquinas agrícolas [50]. Considerou, ainda, a pesquisa de práticas em empresas do sector de máquinas agrícolas e o estudo de modelos propostos na literatura. A figura a seguir mostra a versão actual do modelo PRODIP, adaptado de [7], sendo as fases iniciais de planeamento e projecção detalhadas.

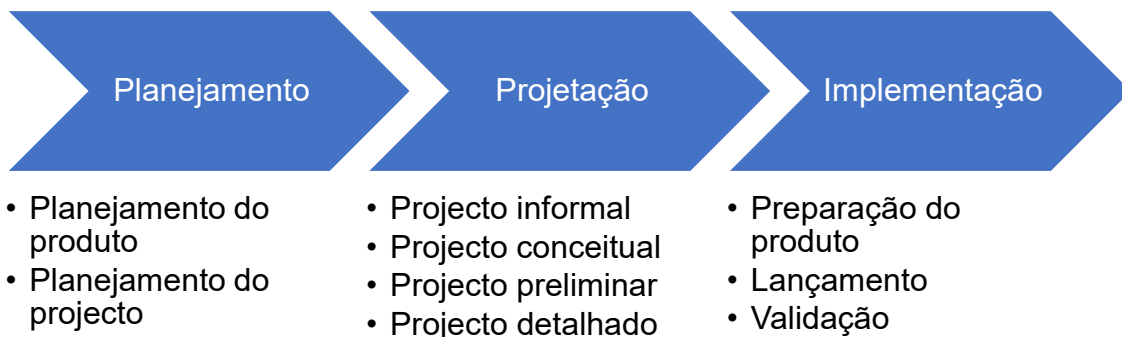


Fig 8.3. Estrutura do modelo PRODIP

Fonte: Baseado na estrutura do modelo PRODIP

Essa metodologia consiste em três macrofases a saber: planeamento, projecção e implementação, e abaixo no quadro 2.3. esta mais detalhado:

Quadro 2.3. Detalhamento do modelo PRODIP

Fase	Etapas
Planeamento	1 - Planeamento estratégico do produto: definição de ideias
	2 - Planeamento de portefólio: plano para o desenvolvimento das ideias do produto seleccionado
	3 - Projecto informacional: especificação do projecto
	4 - Projecto conceitual: busca de soluções conceptuais para o problema

Fase	Etapas
Projetação	5 - Projecto preliminar: nesta fase a solução conceptual é desenvolvida em termos de layout, arranjo, formas, geometria, materiais e processos de fabricação.
	6 - Projecto detalhado: fase na qual os detalhes da solução otimizada são finalizados.
Implementação	7 - Preparação da produção: desenvolvimento de lote piloto, onde elabora-se a documentação da montagem, compra do material, máquinas, etc.
	8 – Lançamento: nesta fase é feito o lançamento do produto no mercado e implementação do lote inicial.
	9- Validação: nesta fase ocorre o acompanhamento do produto no mercado

Fonte: Baseado no (EMC 5302)

O presente projecto é desenvolvido como requisito para a obtenção do grau de licenciatura em engenharia mecânica, portanto, será considerado os pontos 3, 4, 5, e 6 das macrofases descritas na tabela acima.

### 3.1. Fase de projecto informacional

Nesta fase do projecto são estabelecidas as especificações do projecto, identificando, primeiramente, as necessidades dos clientes ou usuários, sendo estas transformadas em requisitos dos usuários. A partir dos requisitos dos usuários são definidos os requisitos de projecto do produto, considerando diferentes atributos: funcionais, ergonómicos, de segurança, de confiabilidade, estéticos, entre outros (Nedip).

Portanto, para melhor visualização das actividades realizadas durante a fase de projecto informacional, a fig 9.3. apresenta as etapas aplicadas no presente trabalho:

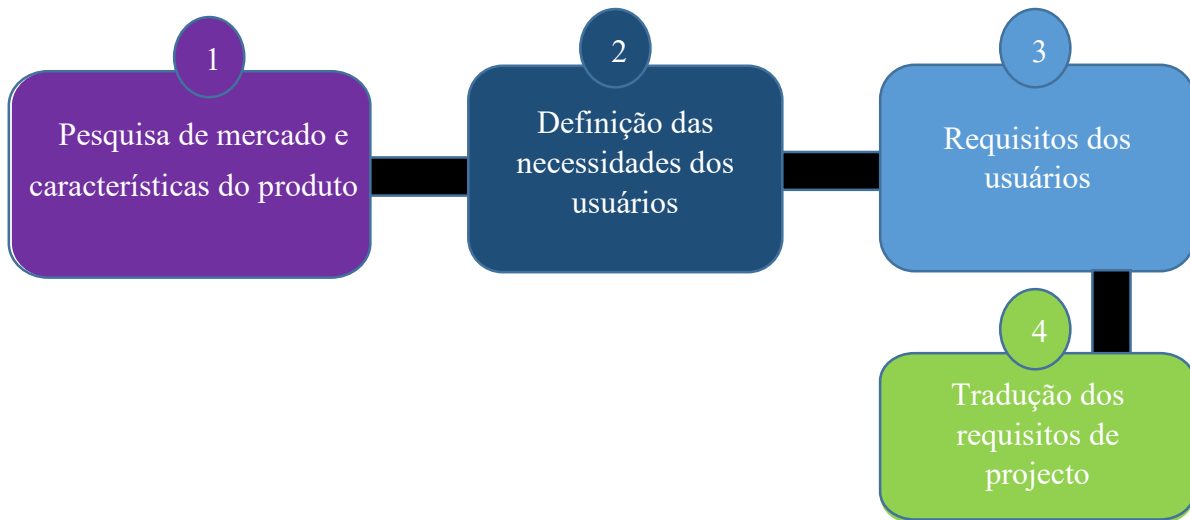


Fig 9.3. Actividades da fase informal

Fonte: Baseado no (EMC 5302)

- 3.1.1. Pesquisa do mercado e características do produto: a ferramenta usada para a pesquisa de Mercado foi um questionário online proporcionado pela Google Forms. Foram apresentadas as necessidades dos potenciais usuários, juntamente com alguns requisitos dos usuários, que foram extraídas da análise anterior, sendo elas: (i) possuir uma trituração contínua; (ii) ser motorizado; (iii) ser seguro; (iv) ser silencioso; (v) ser fácil de transportar; (vi) ser automatizado; (vii) ser leve; (viii) ser durável; (ix) Bom design; (x) ser barato. Para facilitar o estudo dos resultados foi utilizado uma escala que varia de um ponto (não importante) até cinco pontos (muito importante).
- 3.1.2. Definição das necessidades dos usuários: a definição das necessidades dos clientes foi realizada juntamente com a pesquisa de mercado.
- 3.1.3. Requisitos dos usuários: os requisitos dos usuários estão relacionados com as necessidades dos clientes que foram adaptadas para a linguagem técnica de engenharia.
- 3.1.4. Tradução dos requisitos do projecto: a tradução em requisitos de projecto é feita mediante o desdobramento dos requisitos de usuários em termos possíveis de serem quantificadas.

### 3.2. Fase de projecto conceitual

Esta fase destina-se ao desenvolvimento da concepção do produto. O alvo desta fase é alcançado com a realização de diversas tarefas que buscam, inicialmente, estabelecer a estrutura funcional do produto. Essa tarefa envolve a definição da função global a ser executada, bem como de suas subfunções. Determinada as funções a serem realizadas pelo produto, avança-se para o estudo de estruturas funcionais alternativas, com o objectivo de seleccionar a mais adequada [Nedip].

Após a seleção do produto, iniciam-se os estudos para identificação dos processos de fabricação. Na fig 10.3 são apresentadas para melhor visualização as actividades realizadas no presente trabalho durante a fase de projecto conceitual.



Fig 10.3. Actividades da fase conceitual

Fonte: Baseado no (EMC 5302)

- 3.2.1. Elaboração da estrutura funcional: a primeira actividade é a elaboração da estrutura funcional do produto.
- 3.2.2. Concepção de modelos alternativos: a segunda actividade consiste na determinação das concepções alternativas.
- 3.2.3. Seleção da concepção: a terceira actividade consiste na seleção de uma das concepções alternativas.

E essa seleção é baseada nos requisitos dos usuários, já definidos na fase informacional.

### 3.3. Fase de projecto preliminar

Esta fase destina-se ao estabelecimento do layout final do produto e a determinação da viabilidade técnica e económica (NEdip).

A fig 11.3. abaixo apresenta as etapas realizadas para o desenvolvimento da fase preliminar no presente trabalho.

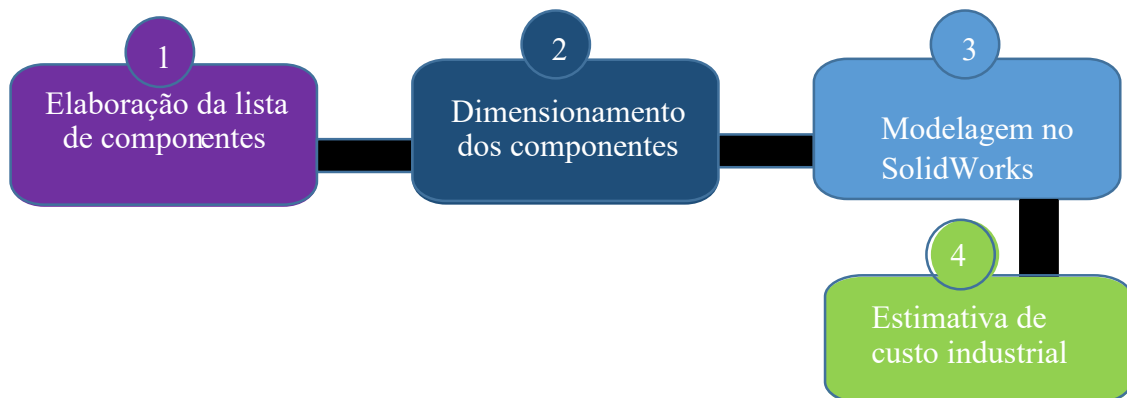


Fig 11.3. Actividades da fase do projecto preliminar

Fonte: Baseado no (EMC 5302)

- 3.3.1. Elaboração de lista de componentes: a primeira actividade foi destinada a elaborar a lista de componentes do produto, o objectivo é listar cada componente necessário para realizar as funções do produto.
- 3.3.2. Dimensionamento dos componentes: a segunda actividade destina-se ao dimensionamento dos componentes do produto. Para o efeito, foram avaliados os elementos funcionais e como os mesmos se relacionam.
- 3.3.3. Modelagem no Solidworks: a terceira actividade destina-se em modelar virtualmente o layout final do produto. Essa actividade foi realizada com a assistência de *softwares* de projecto 3D auxiliados por computador, conhecidos por Solidworks e Inventor.
- 3.3.4. Estimativa do custo industrial: quinta actividade realizada define a estimativa de custo industrial para confecção do produto. Foi elaborada uma lista com todos os componentes e serviços necessários para a construção do produto, detalhando os gastos despendidos em cada elemento.

## CAPÍTULO IV

### APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

#### 4.1. Fase de Projecto Informacional

As actividades desenvolvidas nessa fase tem como objectivo a obtenção dos requisitos do projecto, e esses objectivos foram alcançados à medida que se fez, a identificação das necessidades dos usuários, a obtenção dos requisitos dos clientes, a obtenção dos requisitos de projecto e a especificação de projecto.

##### 4.1.1. Identificação das necessidades dos usuários

Para a identificação das necessidades dos usuários, recorreu-se a ferramenta Google forms, que permite a criação de questionário e pesquisas de opinião bem elaborados. Com isso, foi possível analisar as respostas do questionário e ter melhor compreensão da expectativa dos possíveis consumidores do produto a ser projetado. Uma vez que o nosso país não produz trituradores de resíduos orgânicos, o questionário foi mais dedutivo, analisando a máquina disponível no mercado nacional, que é o triturador de amendoim. As respostas relacionadas ao triturador de amendoim não se distanciam as do triturador de resíduos orgânicos que pretendemos projectar, uma vez que essa poderá ser adaptada para a trituração de amendoim também.

O questionário foi elaborado de tal forma que as respostas fossem dadas em forma de uma escala que varia de (1) nada importante até (5) muito importante. Essa escala permite a interpretação dos resultados com uma certa margem de intensidade de afirmação da resposta.

O questionário ou formulário online esteve disponível durante duas semanas e meia, do dia 28/07/24 ate 18/08/2024, e teve um total de 32 participantes. Os resultados, podem serem vistos no Apêndice A.

Os principais resultados da pesquisa são apresentados na tabela abaixo:

Quadro 3.4. Necessidades dos usuários

No	Necessidades
1	Ser fácil de manuseio

No	Necessidades
2	Ser Seguro
3	Ser eficiente
4	Ter baixo custo
5	Ter longo período de vida útil
6	Pouco ruído
7	Cabo de alimentação resistente e com comprimento regulável

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.1.2. Obtenção dos requisitos de usuários

Os requisitos dos usuários, obtidos a partir da conversão de cada necessidade do usuário, são mostrados na tabela abaixo:

Quadro 4.4. Necessidades dos usuários

Número	Necessidades dos usuários	Designação	Requisitos dos usuários
1	Ser prático	A	Ser de fácil limpeza
		B	Ser de fácil manutenção
		C	Ser transportável
		D	Ser automatizado
		E	Ser leve
2	Ser seguro	F	Ter funil de alimentação com sistema de segurança
		G	Acesso as laminas do triturador protegido
		H	Ter botão de emergência

Número	Necessidades dos usuários	Designação	Requisitos dos usuários
3	Ser eficiente	I	Ser motorizado
		J	Ser potente
		K	Ter um bom design
		L	Ser silencioso
4	Ter custo acessível	M	Ser fabricado com matérias com grande disponibilidade
		N	Ser de fácil fabricação
		O	Ser de fácil montagem
5	Ser durável	P	Ser resistente a corrosão
		Q	Ter uma boa resistência mecânica
		R	Cabo de alimentação resistente e com comprimento regulável

Fonte: adaptado pelo autor com base no método MUDGE

Tab 2.4. Diagrama de Mudge para valorização dos requisitos dos usuários

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	Pontos	%
A	B3	C1	D3	E3	F5	G5	H5	I5	J5	A1	L3	M5	N3	O3	P5	Q5	A1	2	0.5%
	B5	B3	B3	B3	B1	G1	B1	I3	J1	B5	B3	M1	B3	B3	B1	B1	B3	34	8.2%
		C3	D3	E3	F3	G3	H3	I5	J5	C3	L1	M1	C1	O3	P5	Q5	R1	5	1.2%
			D1	D1	D1	G3	H1	I5	J3	D3	D1	M1	D1	O3	P1	Q3	D3	16	3.9%

E	F3	G5	E1	I5	J3	E1	L3	M1	E1	O1	P3	Q5	E3	12	2.9%
	F	G3	F1	I5	J3	F5	F3	M3	F1	F1	P3	Q3	F1	23	5.6%
		G	G3	G1	J1	G5	G3	G1	G1	G3	G1	G1	G1	40	9.7%
			H	I3	J5	K1	H3	M3	N3	H3	P3	Q5	H1	15	3.6%
				I	I3	I5	I5	I3	I3	I5	I1	I1	I3	60	14.5%
					J	J3	J3	J1	N3	J1	P1	Q1	J5	27	6.5%
						K	L3	M5	N1	O5	P5	Q5	R1	1	0.2%
							L	M3	N5	O5	P5	Q5	R1	10	2.4%
								M	M1	M3	P1	Q3	M5	32	7.7%
									N	N1	P3	Q3	N3	19	4.6%
										O	P5	Q3	O3	23	5.6%
											P	Q1	P5	40	9.7%
												Q	Q5	52	12.6%
													R	3	0.7%
														414	100%

- 1 – Moderadamente mais importante
- 2 – Mediamente mais importante
- 3 – Muito mais importante

Fonte: Adaptado pelo autor com base no diagrama de Mudge

Tab 3.4. Grau de importância segundo os potenciais usuários

<b>Classificação</b>	<b>Número</b>	<b>Requisitos dos usuários</b>	<b>Valor</b>	<b>%</b>
1o	A	Ser de fácil limpeza	2	0.5%
2o	B	<b>Ser de fácil manutenção</b>	34	8.2%
3o	C	Ser transportável	5	1.2%
4o	D	Ser automatizado	16	3.9%
5o	E	Ser leve	12	2.9%
6o	F	Ter funil de alimentação com sistema de segurança	23	5.6%
7o	G	<b>Acesso as laminas do triturador protegido</b>	40	9.7%
8o	H	Ter botão de emergência	15	3.6%
9o	I	<b>Ser motorizado</b>	60	14.5%
10o	J	<b>Ser potente</b>	27	6.5%
11o	K	Ter um bom design	1	0.2%
12o	L	Ser silencioso	10	2.4%
13o	M	<b>Ser fabricado com matérias com grande disponibilidade</b>	32	7.7%
14o	N	Ser de fácil fabricação	19	4.6%
15o	O	Ser de fácil montagem	23	5.6%
16o	P	<b>Ser resistente a corrosão</b>	40	9.7%
17o	Q	<b>Ter uma boa resistência mecânica</b>	52	12.6%
18o	R	Cabo de alimentação resistente e com comprimento regulável	3	0.7%

Fonte: adaptado pelo autor

Do diagrama de Mudge, percebe-se que o requisito mais importante a ser considerado é o "I": Ser motorizado. Esse resultado vai de acordo com a necessidade de tornar os processos indústrias mecanizados. O segundo maior requisito Q: ter alta

resistência mecânica, resultado esperado para uma máquina que ira funcionar em vários regimes, e que também se pretende uma boa longevidade do equipamento.

O terceiro maior requisito é o G e P: Acesso as laminas do triturador protegido e resistência a corrosão, respetivamente, esse resultado era esperado pois, a segurança deve ser garantida nos processos indústrias e o processo da corrosão deve ser retardado de modo a evitar a rápida ruptura dos componentes. Em quarto, e quinto estão relacionados com a durabilidade, custos de fabricação e mais sobre o produto. Importa referir que esse diagrama tem a função de avaliar o grau de importância de um requisito em relação ao outro, o que significa que todos requisitos são importantes, porém, o projecto terá como base a satisfação dos requisitos mais importantes, sob o ponto de vista funcional.

#### 4.1.3. Obtenção dos requisitos de projecto

A tabela abaixo apresenta os requisitos de projecto obtidos a partir dos requisitos dos usuários.

Quadro 5.1. Requisitos do projecto

Número	Requisitos dos usuários	Número	Requisitos do Projecto
A	Ser de fácil limpeza	1	Rugosidade ( $\mu m$ )
B	Ser de fácil manutenção	2	Número de elementos na estrutura (nº)
C	Ser transportável	3	Número de rodas (nº)
D	Ser automatizado	4	Rampa que possibilita a saída do óleo (nº)
E	Ser leve	5	Massa (kg)
F	Ter funil de alimentação	6	Comprimento do funil (mm)
G	Acesso ao parafuso protegido	7	Números de parafusos de fixação (nº)

Número	Requisitos dos usuários	Número	Requisitos do Projecto
H	Ter botão de emergência	8	Apresentar botão de emergência (nº)
I	Ser motorizado	9	Apresentar motor (nº)
J	Ser potente	10	Potência do motor (kw)
K	Ser esteticamente agradável	11	-----
L	Ser silencioso	12	Ruido (dB)
M	Ser fabricado com matérias com grande disponibilidade	13	Preço de matérias (Mts)
N	Ser de fácil fabricação	14	Número de elementos na estrutura (nº)
O	Ser de fácil montagem	15	Número de elementos na estrutura (nº)
P	Ser resistente a corrosão	16	Taxa de corrosão das matérias utilizados ( $\mu\text{m/ano}$ )
Q	Ter uma boa resistência mecânica	17	Resistência ao escoamento (Mpa)
R	Cabo de alimentação resistente e com comprimento regulável	18	Diâmetro e comprimento do cabo (m)

Fonte: adaptado pelo autor

O requisito K, por ser muito subjetivo foi desconsiderado para a conversão em requisito de projecto.

## **4.2. Fase Conceitual**

A fase conceitual tem como finalidade a geração da concepção do produto. Para tal, as actividades dessa fase foram divididas em três etapas: elaboração da estrutura funcional do produto, elaboração das concepções alternativas e por fim, a seleção da concepção do produto.

### **4.2.1. Elaboração da estrutura funcional do produto**

A função principal do nosso produto é a trituração de resíduos orgânicos, através das forças de cisalhamento, produzidas pela rotação das laminas, a medida que os resíduos forem depositados.

De uma forma genérica, a entrada e a saída são definidas como sendo resíduos orgânicos não triturados e resíduos orgânicos triturados, respetivamente, tendo os resíduos orgânicos triturados um comprimento máximo de 2 cm.

Da entrada até a saída do material, são desenvolvidas forças de cisalhamento, conversão, transferência de energia, além de movimentação e fragmentação dos resíduos. A título de exemplo, a energia de entrada é proveniente da rede elétrica local, que alimenta o motor elétrico, sendo convertida em energia mecânica graças aos rotores, e com ajuda de elementos de máquina essa energia mecânica é transmitida ao disco das laminas e como resultado a energia de saída gera cisalhamento dos resíduos.

### **4.2.2. Concepções alternativas**

Existem diversas variedades de trituradores de resíduos orgânicos no mercado internacional, portanto, no presente trabalho são considerados apenas duas concepções alternativas. A primeira concepção possibilita um bom equilíbrio entre custo x benefício, a segunda tem o objectivo de reduzir o máximo os custos de fabricação.

#### **4.2.2.1. Concepção do triturador de resíduos orgânicos A**

A primeira concepção, consiste num triturador de resíduos orgânicos de impacto, que utiliza um mecanismo de impacto para fragmentar resíduos orgânicos. São eficazes para processar materiais duros e fibrosos, mas podem exigir manutenção regular devido ao desgaste dos componentes. E a construção do mecanismo do impacto é

muito complexo, e possui vários elementos, o que torna o seu custo de fabricação mais caro. Além disso a sua manutenção requer. Este triturador, possui, mais de 27 laminas verticais, permitindo reduzir ainda mais as partículas processadas em offshore.

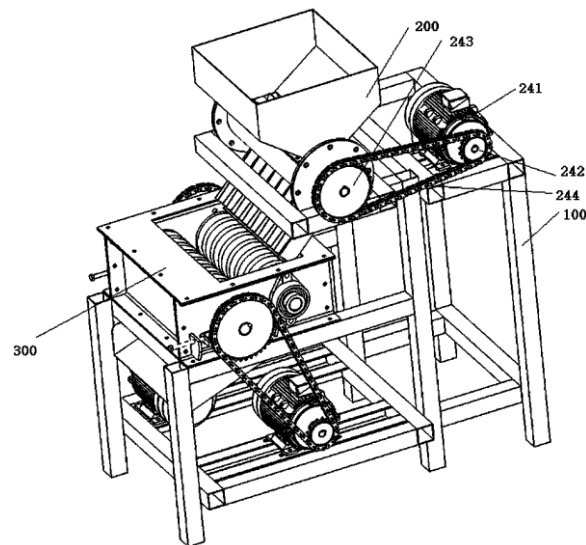


Fig 12.4. Triturador de resíduos orgânicos de impacto

Fonte: IMAC, (triturador de resíduos orgânicos TRO 3000)

#### 4.2.2.2. Concepção do triturador de resíduos orgânicos B

A segunda concepção, consiste num triturador de resíduos orgânicos de cisalhamento, que funcionam através de lâminas rotativas que cortam os resíduos em pequenos pedaços. São adequados para uma ampla gama de materiais orgânicos e podem ser projetados para diferentes escalas de operação. Este tipo de triturador possui uma fácil manutenção, pois frequentemente o tipo de manutenção que é feito, é a afiação das laminas de modo que recortem os resíduos em fragmentos desejados.

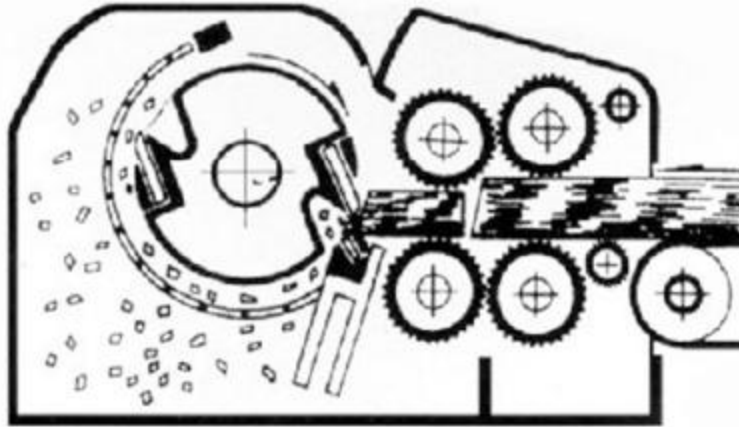


Fig 13.4. Triturador de resíduos orgânicos de cisalhamentos

Fonte: (Refer comercio e Irmãos Jouglard Lda.)

#### 4.2.3. Seleção da concepção do produto

A concepção B, vai de acordo em aspectos de grande relevância quanto aos requisitos preestabelecidos pelos potenciais usuários. Ora vejamos, essa concepção, possui um sistema de trituração muito simples, apresentado um veio que possui laminas em torno da sua superfície. De modo que haja facilidade na manutenção, assim como na trituração e versatilidade. E como possui menor número de componentes e peças que podem ser fabricadas localmente, o seu custo é muito baixo e relação a concepção A. A sua força de cisalhamento depende da robustez do equipamento e afiação das laminas.

Por sua vez a concepção A, possui um sistema de trituração muito potente para capacidade de processamento muito elevadas para indústrias que podem processar até 24h por dia, mas possui componentes que precisam de ferramentas especiais para a sua fabricação, elevando assim os custos de fabricação e a sua aquisição.

Conclui-se, portanto, que a concepção B, apresenta a melhor solução de acordo com os critérios definidos.

#### 4.3. Fase de projecto preliminar

Depois de escolhida a concepção na fase conceitual, prossegue-se para a fase de projecto Preliminar. Essa fase visa avaliar tecnicamente as configurações do ponto de vista funcional e da análise econômica.

### 4.3.1. Elaboração da lista de componentes

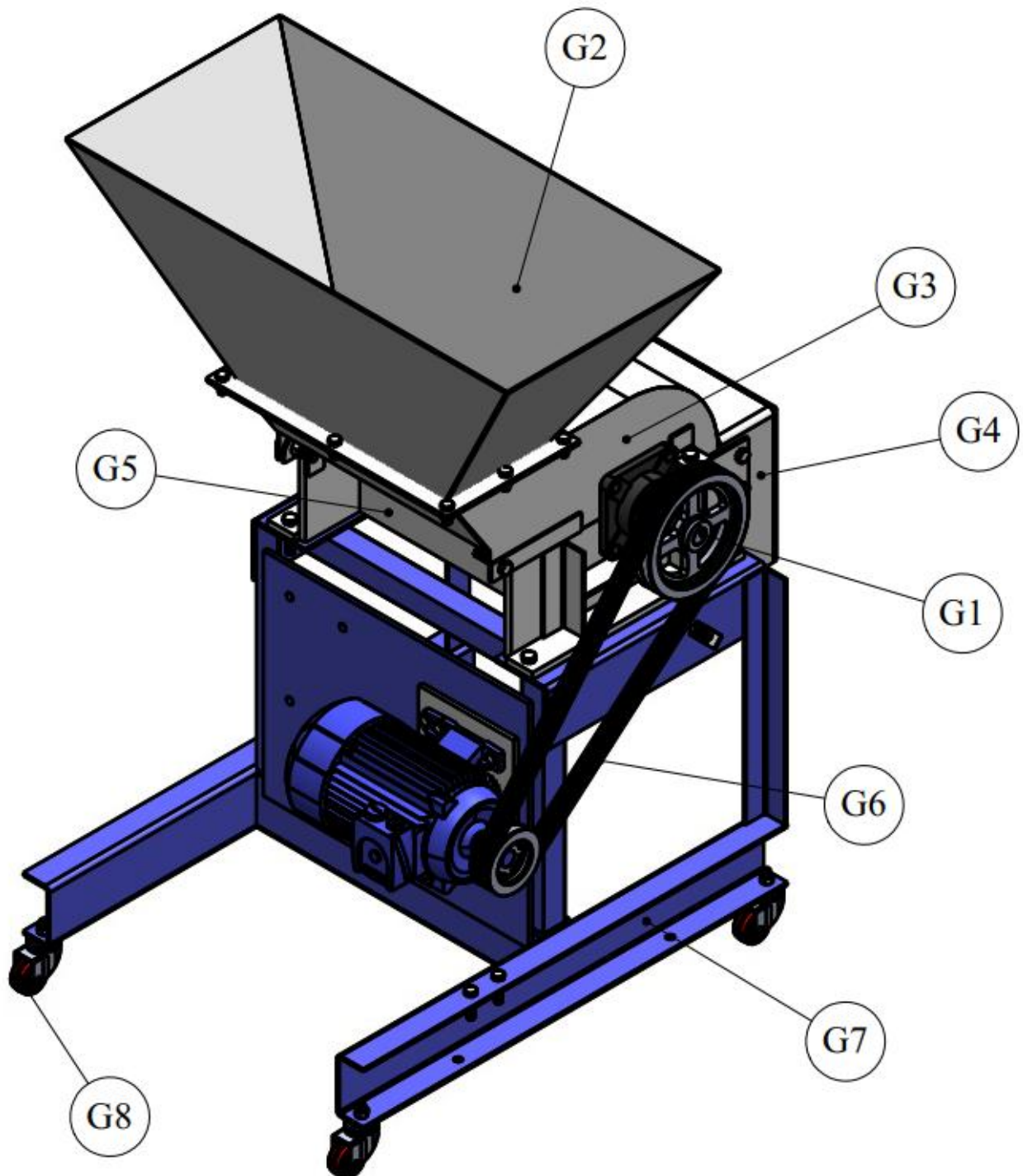


Fig 14.4. Triturador de resíduos orgânicos a ser projectado

Fonte: desenhado pelo autor (solidWorks)

Tab 4.4. Lista dos componentes

Conjunto	Elemento Funcional	Componentes	Quantidade
----------	--------------------	-------------	------------

G1	Órgão executivo	Laminas	4
		Discos estrelados	5
		Rolamentos	2
		Veio	1
		Chaveta do veio	1
		Parafusos Allen	16
G2	Funil de entrada	Chapas	5
G3	Tampa superior	Chapas	6
		Parafusos e porcas	4
G4	Tapa frontal	Chapas	2
		Parafusos e porcas	4
G5	Caixa do órgão executivo	Chapas	6
		Cantoneiras	6
		Tiras de chapas	6
		Parafusos e porcas	6
G6	Acionamento	Correia	2
		Polias	2
		Motor	1
		Chavetas	2
		Parafusos e porcas	6
G7	Base de suporte	Cantoneiras	7
		Perfil em U	3
G8	Elementos de transporte	Rodas	4
		Parafusos e porcas	4

**Fonte:** adaptado pelo autor

#### 4.3.2. Requisitos básicos do triturador

O triturador deverá ter uma capacidade de 141 kg/h para poder processar uma quantidade significativa de resíduos na Lixeira de Hulene. Isso também permitirá que o equipamento seja usado em mercados, embora a capacidade maior possa ser subutilizada em um ambiente menor. O triturador deverá processar uma variedade de resíduos orgânicos comuns em mercados, como: Restos de alimentos (frutas, legumes, cascas, etc.), Resíduos verdes (folhas, galhos pequenos), Resíduos de papel biodegradável.

Dado o tipo de resíduo, as lâminas precisarão ser robustas o suficiente para lidar com materiais mais duros, como galhos pequenos, mas também afiladas para cortar resíduos mais macios como folhas e restos de alimentos. O material triturado deve ser suficientemente pequeno para facilitar a compostagem, o que significa um tamanho final de aproximadamente 1 a 2 cm. Este tamanho é adequado para acelerar o processo de decomposição.

O triturador deve ser móvel com um sistema de rodas reforçado para facilitar o transporte dentro da lixeira e entre diferentes locais de mercado. Considerando o peso maior devido à capacidade aumentada, a estrutura e as rodas devem ser projetadas para suportar a carga. Facilidade de manutenção, manutenção deve ser simplificada, com fácil acesso a componentes críticos como lâminas e motor, devido à operação intensa esperada na lixeira.

#### 4.3.3. Características técnicas do material escolhido para o triturador

Foi escolhido dois tipos de materiais de aço para a construção deste triturador. Aço AISI 1045 para a parte que estarão em contacto com o material triturado e aço AISI 1020 para parte que não estarão em contacto com o material a ser triturado. A especificação do material de cada componente foi especificada na legenda do desenho de fabrico de cada componente, excepto as laminas que serão comprados. As polias serão feitas de ferro fundido.

Tabela 5.4. Composição química do aço AISI 1035 e AISI 1045

Elemento	Quantidade (%)	
	AISI 1020	AISI 1045

Ferro (Fe)	98,69-99,09	≈ 98
Manganês (Mn)	0,60-0,0,90	0,60-0,0,90
Carbono (C)	0,310-0,380	0,43-0,50
Enxofre (S)	≤ 0,050	0,05 max
Fósforo (P)	≤ 0,040	0,04 max

Fonte: disponível em (<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6540>)

Tabela 6.4. Propriedades físicas do AISI 1035 e AISI 1045

Propriedade	Valor métrico	
	AISI 1020	AISI 1045
Densidade, $\gamma$	7.85 g/cm <sup>3</sup>	7.85 g/cm <sup>3</sup>

Fonte: disponível em (<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6540>)

Tabela 7.4. Propriedades mecânicas do aço AISI 1035 e AISI 1045

Propriedades	Valor métrico	
	AISI 1020	AISI 1045
Resistência à tracção (máxima), $\sigma_r$	585 MPa	700 Mpa
Resistência à tracção (escoamento), $\sigma_r$	370 MPa	570 Mpa
Módulo de elasticidade, $E$	190-210 GPa	210 GPa
Módulo de volume	140 GPa	160 GPa
Módulo de cisalhamento	80 GPa	100 GPa
Coefficiente de Poisson	0.27- 0.30	0.27- 0.30
Alongamento na ruptura (50mm)	30%	33%

Fonte: disponível em (<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6540>)

Tabela 8.4. Propriedades térmicas do aço AISI 1035 e AISI 1045

Propriedade Térmica	Valor métrico	
	AISI 1020	AISI 1045
Coefficiente de expansão térmica (@20°C°C)	11 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	11 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$
Conductividade térmica	51.9 W/m.k	79.3 W/m.k

#### 4.3.4. Especificação da quantidade de resíduos a serem processadas

Como a L.H por dia recebe, 15 caminhões grandes com a capacidade de 8m<sup>3</sup> de deposito de lixo, de empresas licenciadas como ENVRO SERV, ECO LIFE entre outros, que por sua vez podem dar em média 10 voltas por dia do local da recolha até o local de deposito. E também recebe em média 10 caminhões pequenos com capacidade de 16m<sup>3</sup> por dia de empresas não licenciadas que pagam uma determinada taxa. O que matematicamente significa:

$$Q = 15 \times 12 \times 10 \times 0.5 + 10 \times 6 \times 0.5 = 930 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Nota: neste cálculo foi considerado que 50% dos resíduos de cada caminhão são resíduos orgânicos.

Sabemos que:  $\rho = \frac{m}{V}$ , e  $\rho = 1.213 \text{ Kg/m}^3$  (densidade media de resíduos orgânicos), então:

$$m = \rho * V \quad (4.1)$$

$$m = 1.213 * 930 = 1128.09 \text{ Kg}$$

$$Q = 1128.09 \text{ Kg} / 8 \text{ h} = 141 \text{ Kg/h}$$

#### 4.3.5. Esquema do triturador de resíduos orgânicos

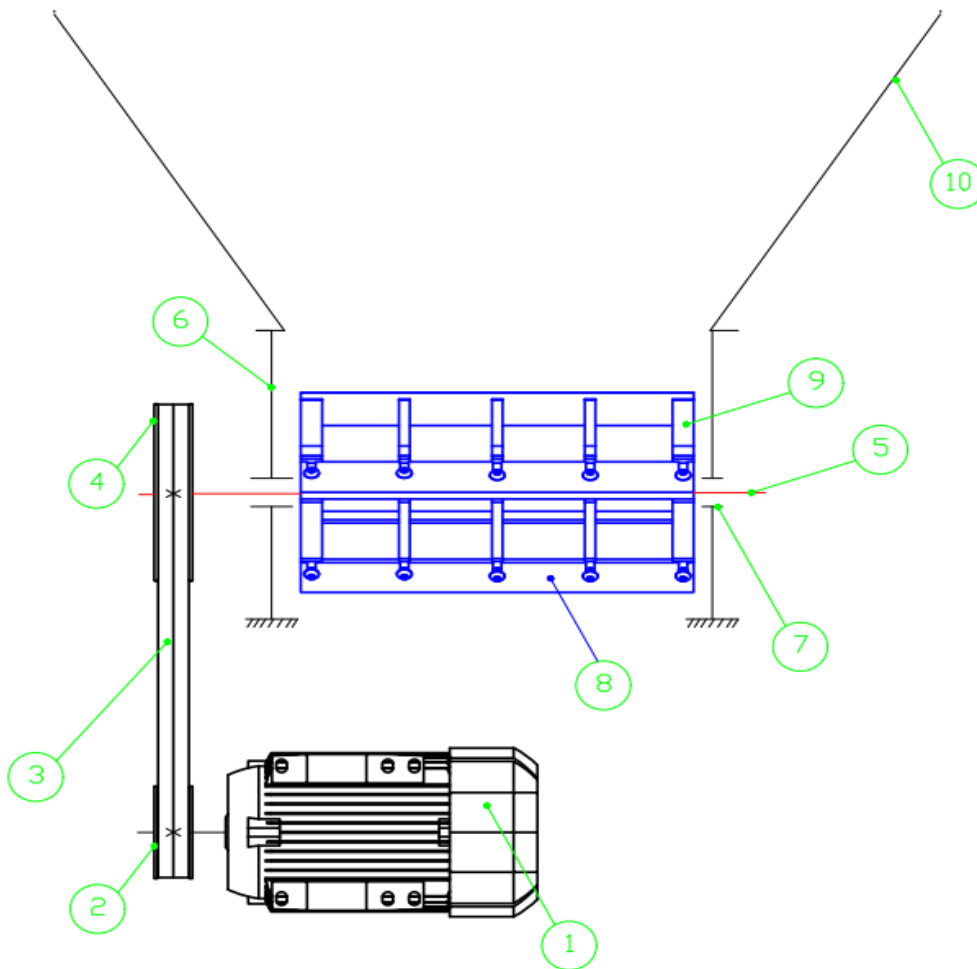


Fig 15.4. Triturador de resíduos orgânicos a ser projectado

Fonte: desenhado pelo autor (solidworks)

#### Legenda:

1. Motor elétrico
2. Polia motora
3. Correia trapezoidal
4. Polia movida
5. Veio executivo
6. Corpo do triturador
7. Apoios com rolamentos
8. Laminas do triturador
9. Discos das laminas do triturador
10. Funil de entrada da carga

#### 4.3.6. Força necessária para cortar resíduos orgânicos

Como o nosso projecto não teve oportunidades de estarmos em um laboratório para fazer experimentos, recorreu-se a consulta de várias referencias bibliográficas, como vídeos de experimentos feitos em outros países, (como Brasil, China e Rússia), constatou-se que para resíduos mais fibrosos (como galhos) exigem mais força para serem cortados do que matérias macias (como frutas estragadas, restos de alimentos, etc).

A resistência de cisalhamento de materiais fibrosos pode variar entre 1 a 10MPa, enquanto restos de frutas ou alimentos podem ser bem menor e variando de 0.5 a 1 MPa, onde se efectuou o corte por laminas, com uma velocidade e inclinação das laminas ajustadas. E noutros experimentos constatou-se que para um triturador de laminas, e a tensão ao cisalhamento de vários materiais orgânicos, sendo 1.5MPa a 3MPa.

Sendo assim:

$$F_c = P \times A \quad (4.2)$$

$$F_c = 3\text{MPa} \times 3700\text{mm}^2 = 11.1\text{kN}$$

P – É a pressão (Pa);

F – É a força necessária para corte de resíduos orgânicos considerados no projecto (N)

A – É a área de corte das laminas (m<sup>2</sup>)

#### 4.3.7. Potencia de accionamento e escolha do motor

##### Força tangencial

$$F_a = \frac{F_t}{\tan\gamma} \quad (4.3)$$

$$F_t = 11.1 \times \tan 30^\circ = 6.4 \text{ kN}$$

Onde:

$F_a$  - Força axial no veio [kN];

$F_t$  – Força tangencial no veio [kN]

$\gamma$  – Ângulo de das laminas de corte[°]

Torque: segundo [7] o torque é dado pela a equação (4.7)

$$T = \frac{F_t * d_w}{2000} \quad (4.4)$$

$$T = \frac{6.4 * 100}{2000} = 320.4 \text{ Nmm}$$

Rendimento geral: A fórmula para a determinação do rendimento global do accionamento é:

$$\eta_{global} = \eta_{cor} * \eta_{rol}^n * \eta_{uv} * \eta_{laminas} \quad (4.5)$$

Onde:

$\eta_{cor}$  – é o rendimento mecânico na transmissão por correia (95%);

$\eta_{rol}$  – é o rendimento mecânico nos mancais de rolamentos (99%);

$\eta_{uv}$  – é o rendimento mecânico na união do veio (99%); e

$\eta_{laminas}$  – é o rendimento mecânico na das laminas.

n – número de rolamentos

$$\eta_{laminas} = \eta_{corte} * \eta_{transmissao} \quad (4.6)$$

Considerando o limite superior do corte:

$$\eta_{laminas} = 0.9 * 0.94 = 0.846 = 84.6\%$$

Se a eficiência do corte for um pouco menor:

$$\eta_{laminas} = 0.8 * 0.94 = 0.752 = 75.2\%$$

Logo:  $\eta_{laminas} = (75.2\% \dots 84.6\%)$

$$\eta_{global} = 0,95 * 0,99^2 * 0,99 * 0,84 = 0,7742 \text{ (77.4 \%)}$$

Potência:

$$P = \frac{Q * g * \tau * V_{rot}}{\eta_{global}} \quad (4.7)$$

$$P = \frac{(141 \div 3600) * 9.81 * 3 * 10^6 * 0.001}{0.77} = 1496.98 \text{ W} = 1.497 \text{ Kw}$$

$$P \leq P_{\text{motor}}$$

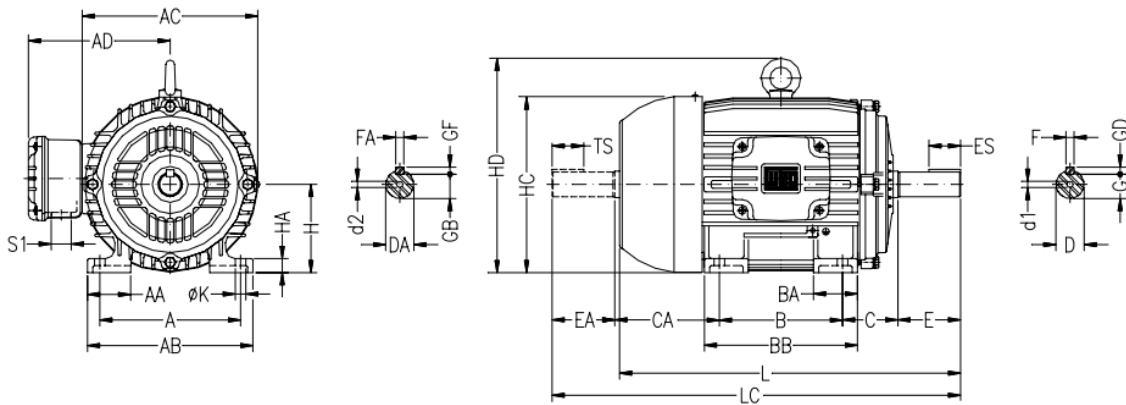


Fig 16.4. parâmetros dimensionais do motor

Fonte: catálogo da Weg Motores

Tab 9.4. Parâmetros dimensionais do motor

mm											
A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB	C	CA	H	HA
125	35	149	159	136	100	40	125,5	50	93	80	13
D	E	ES	F	G	GD	DA	EA	TS	FA	GB	GF
19j6	40	28	6	15,5	6	14j6	30	18	5	11	5
HC	HD	K	L	LC							
157		10	276	313							

Fonte: catálogo da Weg Motores

Tab 10.4. Especificações técnicas do motor

Dados técnicos	Valor
Potencia	1,5 KW (2HP)
Número de rotações	2850RPM
Corrente nominal em 220V	5,46A
Rendimento	75%
Fator de segurança	1,15
Nível medio de pressão	62dB
Peso aproximado	15Kg

Fonte: catálogo da Weg Motores

#### 4.3.7.1. Frequências de rotação dos veios

- **Veio do motor eléctrico**

$$n_1 = n_{assinc} = 2850 \text{ rpm}$$

- **Veio do órgão executivo (no veio das laminas do triturador)**

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{cor}} = \frac{2850}{2} = 1425 \text{ rpm} \quad (4.8)$$

#### 4.3.7.2. Potência dos veios

O cálculo de potência nos veios de accionamento é feito considerando a potência realmente consumida e não a catalogada segundo recomendações 1.7.6 de [1].

- **Potência do veio do motor eléctrico**

$$P_1 = 1,5 \text{ kW}$$

- **Veio do órgão executivo (no veio das laminas do triturador)**

$$P_2 = P_1 * \eta_{cor} = 1,5 * 0,95 = 1,425 \text{ kW} \quad (4.9)$$

A potência útil no veio de accionamento e ligeiramente menor do que a potência total no mesmo veio, devido a perda por atrito nos rolamentos:

$$P_{util} = P_2 * \eta_{rol} = 1,425 * 0,99 = 1,41 \text{ kW} \quad (4.10)$$

#### 4.3.7.3. Momentos torsores nos veios

A fórmula para determinação dos torques em cada veio é:

$$T_i = 9\,550 * \frac{P_i}{n_i} \quad [Nm] \quad (4.11)$$

- **Veio do motor eléctrico**

$$T_1 = 9\,550 * \frac{P_1}{n_1} = 9\,550 * \frac{1,5}{2850} = 5,02 \text{ Nm}$$

- **Veio do órgão executivo (no veio das laminas do triturador)**

$$T_2 = 9\,550 * \frac{P_2}{n_2} = 9\,550 * \frac{1,425}{1425} = 9,55 \text{ Nm}$$

Tab 11.4. Resultados do cálculo cinemático do acionamento

<b>Tipo de motor: 4A100S4Y3; Potência:2,0 kW; Freqüência Nominal: 1 435 rpm</b>			
Parâmetro	Veio	Fórmula	Valores
Potência, $P$ [kW]	1. Motor eléctrico	$P_1 = P_m$	1,5
	2. Órgão executivo	$P_2 = P_1 * \eta_{cor}$	1,425
Freqüência de rotação, $n$ [rpm]	1. Motor eléctrico	$n_1 = n_{assinc}$	2850
	2. Órgão executivo	$n_2 = \frac{n_1}{u_{cor}}$	1425
Momento torsor, $T$ [Nm]	1. Motor eléctrico	$T_1 = 9\,550 * \frac{P_1}{n_1}$	5,02
	2. Órgão executivo	$T_2 = 9\,550 * \frac{P_2}{n_2}$	9,55

Fonte: adaptado pelo autor

#### 4.3.8. Cálculo da transmissão por correia trapezoidal

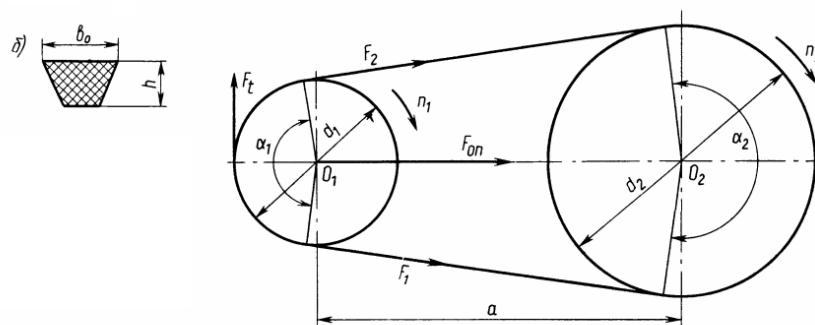


Fig 17.4. Transmissão por correia trapezoidal

Fonte: Introdução as transmissões (Rui Vasco Siteo 2007)

As transmissões por correias são um tipo de transmissão que usa o atrito para transmitir o movimento entre os elementos motor e movido. O cálculo da transmissão por correia é feito tendo em conta os seus principais critérios de capacidade de trabalho que são a capacidade de transmitir potência (isto é, ausência de deslizamento entre a correia e as polias) e a longevidade (durabilidade) das correias.

A seguir, é apresentado o cálculo prático da transmissão por correia.

#### 4.3.8.1. Escolha do tipo de perfil da correia

O tipo de secção ou perfil da correia é escolhido em função da potência a transmitir e do número da frequência de rotações. No caso, a potência e a frequência de rotações são de 1,5 kW e 2850 rpm respectivamente, assim, de acordo com a figura 12.23 de [2], então a correia terá secção A.

Tab 12.4. Parâmetros geométricos da correia trapezoidal de Secção A

$h$ (mm)	$b_0$ (mm)	$b_c$ (mm)	$l$ (mm)		$d_{min}$ (mm)	$A$ (mm <sup>2</sup> )	$h_c$ (mm)
			min	máx			
8	13	11	560	4000	90	81	2,8

Fonte: adaptado pelo autor (Atlas construção de máquinas 3)

#### 4.3.9. Escolha do diâmetro da polia menor e da potência por cada correia

Os valores do diâmetro  $d_{c1}$  e da potência  $P_0$  por cada correia são escolhidos de acordo com a figura 12.25 de [2] segundo as recomendações do cálculo das transmissões por correias trapezoidais.

$$d_{c1} = (52 \dots 64) * \sqrt[3]{T_1} \quad (4.12)$$

$$d_{c1} = 52 * \sqrt[3]{5.02} = 89mm$$

Diâmetro normalizado:  $d_{c1} = 90mm$

$$d_{c1} = 90 \text{ mm e } P_0 = 1,8 \text{ kW}$$

#### 4.3.9.1. Cálculo da velocidade linear da correia

A velocidade da correia é determinada por:

$$v_{cor} = \frac{\pi * d_{c1} * n_1}{60\ 000} = \frac{\pi * 90 * 2850}{60\ 000} = 13,43 \text{ m/s} \quad (4.13)$$

#### 4.3.9.2. Cálculo do diâmetro da polia movida

O diâmetro da polia movida é determinado utilizando a fórmula que relaciona a relação de transmissão e os diâmetros das polias (motriz e movida). O deslizamento é desprezado por ser muito pequeno ( $\varepsilon = 0,01 - 0,03$ ).

$$i = \frac{d_{c2}}{d_{c1}} \rightarrow d_{c2} = i * d_{c1} = 2 * 90 = 180 \text{ mm} \quad (4.14)$$

**Nota:** Visto que o valor encontrado é um valor normalizado, não há necessidade de se fazer uma alteração no valor do diâmetro da polia 2.

#### 4.3.9.3. Correção da relação de transmissão e da frequência de rotação no veio movido

Considerando os valores finais dos diâmetros das polias, calcula-se a relação de transmissão efectiva da transmissão.

$$i = \frac{d_{c2}}{d_{c1}} = \frac{180}{90} = 2$$

A frequência de transmissão será:

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{cor}} = \frac{2850}{2} = 1425 \text{ rpm} \quad (4.15)$$

$$\Delta i = \left| \frac{2 - 2}{2} \right| = 0 \%$$

Como  $\Delta i < 4\%$ , não há necessidade de se recalculer o diâmetro das polias.

#### 4.3.10. Cálculo da distância entre eixos ou interaxial

Segundo as recomendações, a distância interaxial é determinada tendo em conta a relação de transmissão, assim para  $i = 3,11$ , a distância interaxial é expressão por:

$$a = d_{c2} = 180 \text{ mm}$$

Nota: como se fez os cálculos posteriores, usando esse valor da distância interaxial e notamos que  $U = 12,67 \text{ s}^{-1}$ , e esta entre  $10 \dots 20 \text{ s}^{-1}$ , o que não pode acontecer, pois quanto maior for o  $U$  menor será a longevidade da correia, e foi necessário aumentar a distância interaxial para evitar esse problema.

$$a = 485 \text{ mm}$$

#### 4.3.10.1. Cálculo do comprimento da correia e correção da distância interaxial

Segundo as recomendações o comprimento da correia, determina-se por:

$$l = 2 * a + \pi * \frac{d_2 + d_1}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 * a} \quad [mm] \quad (4.16)$$

$$l = 2 * 500 + \pi * \frac{280 + 90}{2} + \frac{(280 - 90)^2}{4 * 500} = 1398,29 \text{ mm}$$

O valor normalizado do comprimento da correia para esta distância interaxial é de (ver na Folha 100 no Atlas construção de máquinas):

Tab 13.4. Comprimento da correia normalizado

Comprimento da correia (mm)	Designação da secção da correia	Variação tolerável		Máximo
		+18	-12	
1 400	Z.A.B	+18	-12	3

Fonte: adaptado pelo autor (Atlas construção de máquinas 3)

Recalculando a distância interaxial:

$$a = \frac{1}{8} * \left[ 2 * l - \pi * (d_2 + d_1) + \sqrt{[2 * l - \pi * (d_2 + d_1)]^2 - 8 * (d_2 - d_1)^2} \right] mm \quad (4.17)$$

$$a = \frac{1}{8} * \left[ 2 * 1600 - \pi * (280 + 90) + \sqrt{[2 * 1600 - \pi * (2800 + 90)]^2 - 8 * (280 - 90)^2} \right]$$

$$a = 485,86 mm$$

Toma-se o valor normalizado  $a = 500 mm$ .

#### 4.3.10.2. Verificação do ângulo de abraçamento da correia na polia motriz

Para a verificação do angulo de abraçamento, recorre-se à expressão:

$$\alpha = 180^\circ - 57^\circ * \frac{d_2 - d_1}{a} = 180^\circ - 57^\circ * \frac{180 - 90}{500} = 169,74^\circ \quad (4.18)$$

Como  $169,74^\circ$  é maior que  $120^\circ$  (mínimo recomendado para as correias trapezoidais) a distância interaxial escolhida é válida e não é necessário colocar polias tensoras (polias desviadoras) ou aumentar a distância interaxial.

#### 4.3.10.3. Verificação da frequência de passagens

A fórmula para o cálculo da frequência de passagens é:

$$U = \frac{v}{l} \quad [s^{-1}] \quad (4.19)$$

Onde:

$v$  – é a velocidade linear da correia ( $v_{cor} = 13.43 m/s$ );

$l$  – é o comprimento da correia ( $l = 1,06 m$ )

$$U = \frac{13,43}{1,4} = 9,59 \text{ s}^{-1}$$

Sendo  $U < 10 \dots 20 \text{ s}^{-1}$ , então não há necessidade de aumentar a distância interaxial da transmissão.

#### 4.3.10.4. Cálculo da potência a transmitir por cada correia

A potência que cada correia transmitirá ( $P_c$ ), é determinada a seguir pela fórmula:

$$P_c = P_0 * \frac{C_\alpha * C_l * C_i}{C_r} \text{ [kW]} \quad (4.20)$$

Onde:

$P_0$  – é a potência respectiva por cada correia [kW];

$C_\alpha$  – é o coeficiente do ângulo de abraçamento;

$C_l$  – é o coeficiente de comprimento da correia;

$C_i$  – é o coeficiente de relação de transmissão; e

$C_r$  – é o coeficiente de regime de carregamento.

Consultando os valores dos coeficientes acima em tabelas e em gráficos, obtiveram-se os seguintes resultados:

Tendo em conta o ângulo de abraçamento, da página 35 de [2], tem-se:

$$C_\alpha = 1 - 0,003 * (180 - \alpha) = 1 - 0,003 * (180 - 169,74) = 0,97 \quad (4.21)$$

Considerando a frequência de passagens da correia, da figura 12.27 de [2], tem-se:

$$C_l = 0,87.$$

Considerando a relação de transmissão da correia, da figura 12.28 de [2], tem-se:

$$C_i = 1,14.$$

Para um regime de carregamento com vibrações moderadas, tem-se:  $C_r = 1,3$ .

Assim, a potência transmissível é:

$$P_c = 1,8 * \frac{0,97 * 0,87 * 1,14}{1,3} = 1,33 \text{ kW} \quad (4.22)$$

#### 4.3.11. Cálculo do número de correias

O número de correias para a transmissão da potência é determinado por:

$$z = \frac{P}{P_c * C_z} \quad (4.23)$$

Onde:

$P$  – é a potência total ( $P = 1,5 \text{ kW}$ );

$C_z$  – é o coeficiente do número de correias (toma-se  $C_z = 0,95$ )

Então, o número de correias é:

$$z = \frac{1,5}{1,33 * 0,95} = 1,19$$

Para maior segurança, toma  $z = 2$ .

#### 4.3.12. Cálculo da força de tensão inicial para cada correia

O cálculo da tensão inicial para cada correia, é feito utilizando a fórmula:

$$F_0 = 0,85 * \frac{P * C_r * C_l}{z * v * C_a * C_i} + F_v \quad [N] \quad (4.24)$$

Onde;

$F_v$  – é a força centrífuga, que é dada por:

$$F_v = \rho * A * v^2 \quad [N] \quad (4.25)$$

Onde:

$\rho$  – é a massa específica da correia ( $\rho = 1\,250 \text{ kg/m}^3$ );

$A$  – é a área da secção transversal da correia (para secção A,  $A = 81 * 10^{-6} \text{ m}^2$ )

Então a força centrífuga será:

$$F_v = 1\,250 * 81 * 10^{-6} * 13,43^2 = 18,26 \text{ N}$$

Tendo o valor da força centrífuga, a tensão inicial será:

$$F_0 = 0,85 * \frac{1\,500 * 1,3 * 0,87}{2 * 13,43 * 0,97 * 1,14} + 18,26 = 66,81 \text{ N}$$

#### 4.3.13. Cálculo da força sobre os veios

A força sobre os veios é determinada, utilizando a fórmula:

$$F_r = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 * F_1 * F_2 * \cos\beta} \approx 2 * F_0 * \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad [N] \quad (4.26)$$

Onde:

$\beta$  – é o ângulo entre os ramais da correia; é dado por:

$$\beta = 180^\circ - \alpha = 180^\circ - 169,74^\circ = 10,26^\circ \quad (4.27)$$

A força  $F_r$  depende do número de correias  $z$ , assim multiplica-se  $F_0$  por  $z$ .

$$F_r = 2 * z * F_0 * \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) = 2 * 2 * 66,81 * \cos\left(\frac{10,26^\circ}{2}\right) = 266,17 \text{ N} \quad (4.28)$$

#### 4.3.14. Cálculo estimativo da longevidade da correia

A longevidade da correia é o outro principal critério de capacidade de trabalho das correias. A estimativa da longevidade da correia é feita considerando um regime de um regime de exploração médio, com vibrações moderadas, utilizando a fórmula:

$$T = T_{\text{med}} * K_1 * K_2 \quad [horas] \quad (4.29)$$

Onde:

$T_{\text{med}}$  – é o regime de exploração médio com vibrações moderadas ( $T_{\text{med}} = 2\ 000$ );

$K_1$  – é o coeficiente de regime de carga ( $K_1 = 1,0$ );

$K_2$  – é o coeficiente que considera as condições climáticas ( $K_2 = 1$  para zonas centrais).

Desse modo, estima-se uma longevidade de:

$$T = 2\ 000 * 1 * 1 = 2\ 000 \text{ horas}$$

#### 4.3.15. Escolha do material para as polias

Tendo em conta os parâmetros geométricos e cinemáticos da correia e os diâmetros das polias, escolhe-se como material das polias o ferro fundido, que é um material com boas propriedades sob o ponto de vista térmico por não possuir o inconveniente de aumento excessivo da temperatura devido ao atrito durante o funcionamento da transmissão, como acontece por exemplo com os plásticos.

## Parâmetros principais da transmissão por correia

Tab 14.4. Parâmetros principais da transmissão por correia

Parâmetro	Polias/correia	Fórmula	Valor
Tipo de secção	Correia	-	A
Diâmetro [mm]	Polia motriz	$d_{c1}$	90
	Polia movida	$d_{c2} = i * d_{c1}$	180
Velocidade linear [m/s]	Correia	$v_{cor} = \frac{\pi * d_{c1} * n_1}{60\ 000}$	13,43
Comprimento [mm]	Correia	$l = 2 * a + \pi * \frac{d_2 + d_1}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 * a}$	1400
Ângulo de abraçamento [°]	Polia/correia	$\alpha = 180^\circ - 57^\circ * \frac{d_2 - d_1}{a}$	169,74
Distância interaxial [mm]	Polias	a	500
Potencia transmissível [kW]	Por correia	$P_c = P_0 * \frac{C_\alpha * C_1 * C_i}{C_r}$	1,33
Número de correias	Correia	$z = P / (P_c * C_z)$	2
Tensão inicial	Por correia	$F_0 = 0,85 * \frac{P * C_r * C_1}{z * v * C_\alpha * C_i} + F_v$	66,81
Ângulo entre ramais [°]	correia	$\beta = 180^\circ - \alpha$	10,26
Força radial [N]	Veios	$F_r = 2 * z * F_0 * \cos(\beta/2)$	266,17
Longevidade [h]	Correia	$T = T_{med} * K_1 * K_2$	2000
Número de voltas da correia ( $s^{-1}$ )	correia	$U = \frac{v}{l}$	9,59

Fonte: adaptado pelo autor

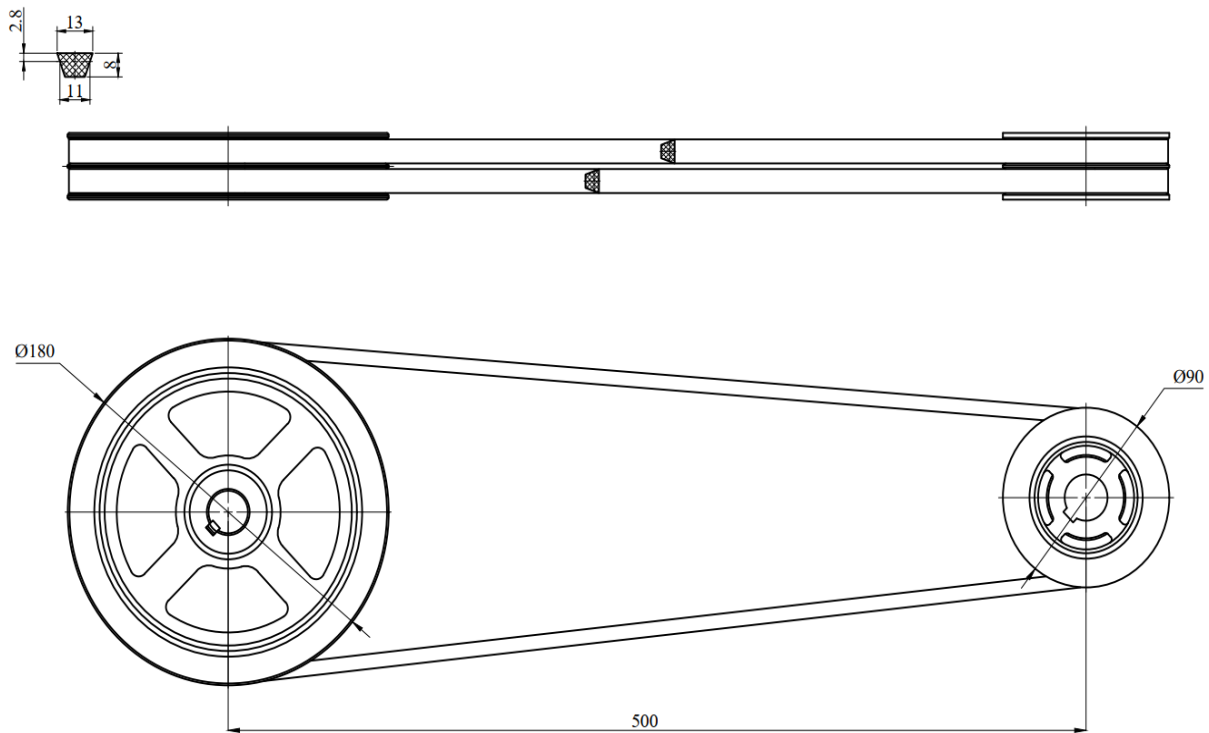


Fig 18.4. Transmissão por correia do triturador

Fonte: desenhado pelo Autor

#### 4.3.16. Cálculo projectivo do veio

O veio é um elemento de transmissão cuja secção transversal é normalmente circular que serve para transmitir torques de uma peça à outra. Geralmente o veio é escalonado para facilitar o posicionamento dos órgãos montados sobre eles, como também para garantir o esforço inicial necessário para rolamentos e pode servir de reacção às forças axiais em certos órgãos.

Os principais critérios de capacidade de trabalho utilizados na projecção dos veios dos órgãos executivos são a resistência mecânica e a resistência à fadiga.

#### 4.3.17. Escolha do material do veio

O material escolhido para a execução dos veios é o aço *AISI 1045*, como material para construção dos veios. As suas tensões tangenciais admissíveis para veios de transmissão são:  $[\tau] = 20 \dots 30 \text{ MPa}$ . Os cálculos do projecto serão feitos com  $[\tau] = 20 \text{ MPa}$ .

#### 4.3.18. Determinação dos parâmetros geométricos dos escalões do veio

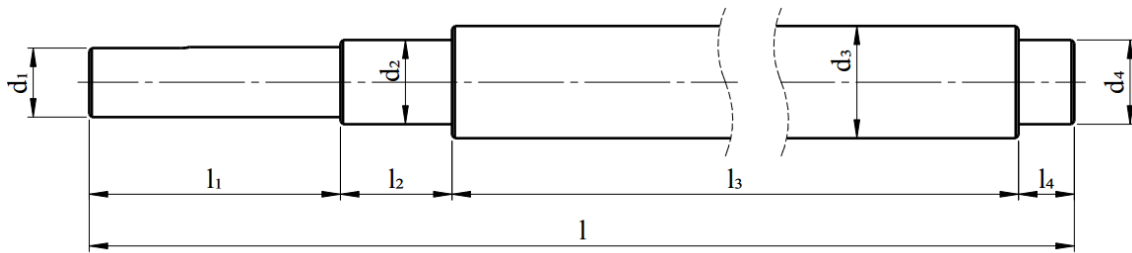


Fig 19.4. Veio do órgão executivo

Fonte: desenhado pelo autor

##### ➤ Primeiro escalão

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad [mm] \quad (4.30)$$

Onde:

$T_2$  – é o torque de entrada no veio redutor ( $T_2 = 9,55 \text{ Nm}$ );

$[\tau]$  – é a tensão tangencial admissível (escolheu-se anteriormente  $[\tau] = 20 \text{ MPa}$ ).

Assim, o diâmetro do primeiro escalão será:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{9,55 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 13,37 \text{ mm}$$

Da série R 40 normaliza-se  $d_1 = 15 \text{ mm}$

Nota: fez se os cálculos posteriores e notou-se que este diâmetro é inferior ao diâmetro crítico (o diâmetro mínimo que o veio pode ter) durante o cálculo da resistência mecânica, neste caso escolheu-se  $d_1 = 25 \text{ mm}$  pra satisfazer a condição.

O comprimento será:

$$l_1 = (1 \dots 1,5) \cdot d_1 \quad [mm] \quad (4.31)$$

$$l_1 = 1,5 \cdot 25 = 37,5 \text{ mm}$$

$l_1 = 40 \text{ mm}$ , valor normalizado pela série R 40.

##### ➤ Segundo escalão

O diâmetro do escalão:

$$d_2 = d_1 + 2 * t \text{ [mm]} \quad (4.32)$$

O valor de  $t$  é tabelado,  $t = 2,2 \text{ mm}$ .

$$d_2 = 25 + 2 * 2,2 = 29,4 \text{ mm}$$

Adopta-se  $d_2 = 30 \text{ mm}$ , que é um valor normalizados para diâmetros internos de rolamentos.

O comprimento do escalão:

$$l_2 = 1,5 * d_2 \text{ [mm]} \quad (4.33)$$

$$l_2 = 1,5 * 30 = 45 \text{ mm}$$

Normaliza-se  $l_2 = 45 \text{ mm}$  da série R 40.

➤ Terceiro escalão

Diâmetro do escalão:

$$d_3 = d_2 + 3,2 * r \text{ [mm]} \quad (4.34)$$

Onde:

$r = 2 \text{ mm}$ , segundo recomendações de [4].

$$d_3 = 30 + 3,2 * 2 = 36,4 \text{ mm}$$

$d_3 \leq d_{f1} \Rightarrow d_3 = 40 \text{ mm}$ , valor normalizado pela série R 40.

Comprimento do escalão  $l_3$  determina-se graficamente através do esboço do redutor:

$$l_3 = x \text{ [mm]} \quad (4.35)$$

Onde:

$x$  – é a distância entre as paredes do corpo do triturador ( $x = 376 \text{ mm}$ );

$$l_3 = 376 \text{ mm}$$

➤ Quarto escalão

O diâmetro do escalão  $d_4 = d_2 = 30 \text{ mm}$ .

O comprimento do escalão  $l_4$  também se determina graficamente.

#### 4.3.19. Escolha preliminar dos rolamentos

A escolha de rolamentos é complexa e depende de uma série de factores. A escolha dos rolamentos para a transmissão, será feita obedecendo as recomendações de [4]. Para a transmissão de órgãos executivos.

Então, escolhe-se **um rolamento de rolos radiais com rolos cilíndricos Tipo 2000**, de **séries media pequena** para o veio executivo; com um esquema de montagem 3, dois apoios fixos, veio comprido.

Tab 15.4. Parâmetros do rolamento de esferas radiais

Rolamentos de rolos radiais com rolos cilíndricos Tipo 2000	d	D	B	r	D <sub>1</sub>	C	-	-
	mm							
Série media pequena	30	72	19	2	60,5	40	-	-

Fonte: adaptado pelo autor (Atlas Construção de Máquinas 3)

Os valores acima, serão aproximados aos valores do catálogo SKF, para o veio do órgão executivo.

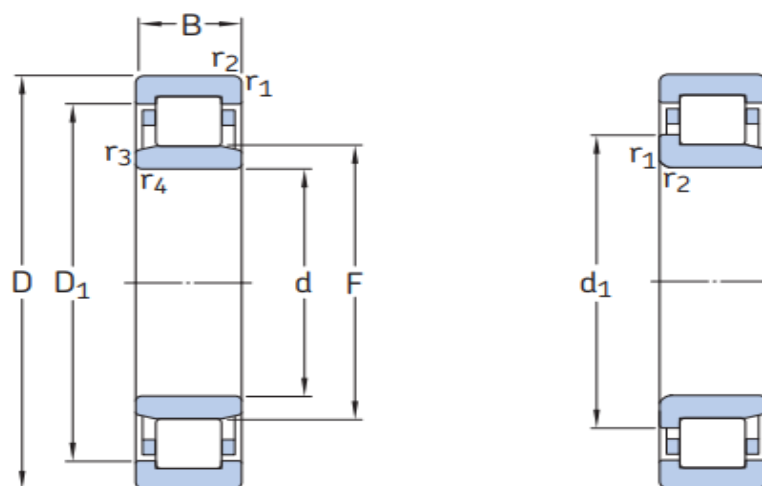


Fig 20.4. Parâmetros do rolamento rígidos de rolos cilíndricos de uma carreira

Fonte: adaptado pelo autor (do Catálogo SKF)

A seguir são apresentados em tabelas os parâmetros dos rolamentos dos veios.

Tab 16.4. Parâmetros do rolamento

<b>Dimensões [mm]</b>								
d	D	D <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	B	F	r <sub>3,4 mi</sub>	r <sub>a max</sub>	r <sub>1,2 min</sub>
30	72	58,9	45	19	40,5	1,1	1	1,1
Cargas [kN]		Rotação [rpm]		Factores de cálculo			Massa	Limite de fadiga
C	C <sub>0</sub>	Limite	Referência	k <sub>r</sub>	–	–	[kg]	P <sub>u</sub> [kN]
58,5	48	12000	11000	0,15	-	-	0,38	6,2

Fonte: adaptado pelo autor (do Catálogo SKF: Designação NU 306 ECP)

Portanto, depois de escolher o rolamento do veio pinhão, pode-se determinar o comprimento do quarto escalão do mesmo veio:

$$l_4 = B = 58,5 \text{ mm}$$

#### 4.3.20. Composição do esboço do órgão executivo

A composição do esboço do corpo do nosso triturador determina as posições das laminas, e de todos elementos que irão compor o sistema de corte. Mostrando também como estará disposto o veio nos rolamentos e nos apoios do corpo do triturador.

Também determina os comprimentos entres os pontos de aplicação das reacções nos apoios do veio.

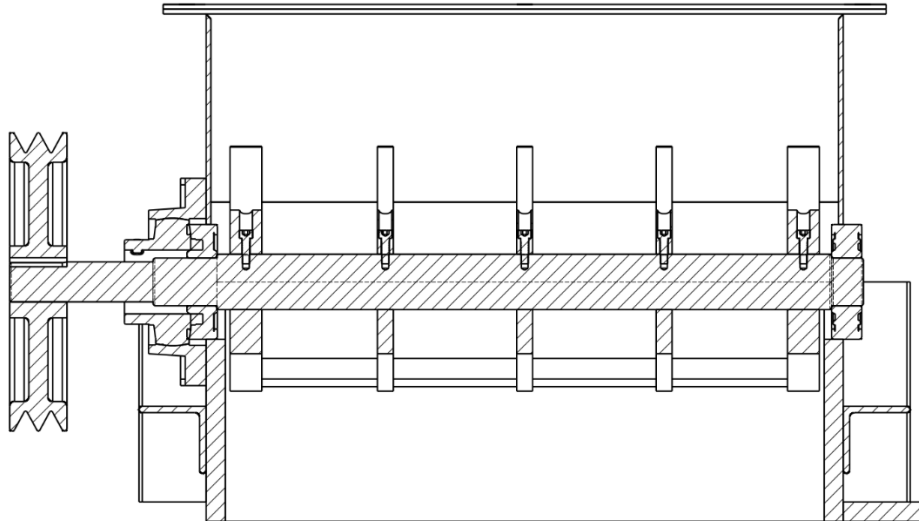


Fig 21.4. Composição do esboço do corpo do triturador

Fonte: desenhado pelo autor

#### 4.3.20.1. Carregamento do veio do órgão executivo

O veio está sujeito a deformações por torção e flexão, devido à acção de momentos torsores e momentos flectores.

#### 4.3.20.2. Determinação das forças nas laminas do triturador

A determinação das forças no veio do órgão executivo das laminas do triturador, é feita com base nas recomendações da tabela 6.1. de [4].

Tab 17.4. Forças de carregamento dos veios

Transmissão para laminas dispostas ao longo do veio	Forças no engrenamento	Fórmula	Valor [N]
	Tangencial	$F_t = 2 * 10^3 * T_2/d_2$	1 002,67
	Radial	$F_r = F_t * tg\alpha$	398,2

Fonte: adaptado pelo autor

#### 4.3.20.3. Determinação das forças em consola

As forças em consola que se fazem sentir no presente accionamento são a força devido à transmissão por correia trapezoidal (na entrada do órgão executivo que são as laminas). A sua determinação é feita seguindo as recomendações da tabela 6.2 de [4], e os resultados estão apresentados a seguir.

Tab 18.4. Forças em consola da transmissão

Tipo de transmissão	Direcção da força	Fórmula	Valor [N]
Correia trapezoidal	Radial	$F_{ab} = 2 * z * F_0 * \cos(\beta/2)$	286,88

Fonte: adaptado pelo autor

#### 4.3.20.4. Esquema de carregamento do veio do triturador

O esquema de carregamento dos veios destina-se a auxiliar a determinação das forças nas laminas do triturador, as forças em consola das transmissões abertas, as reacções nos apoios e as direcção do momento torsor e velocidade angular do veio.

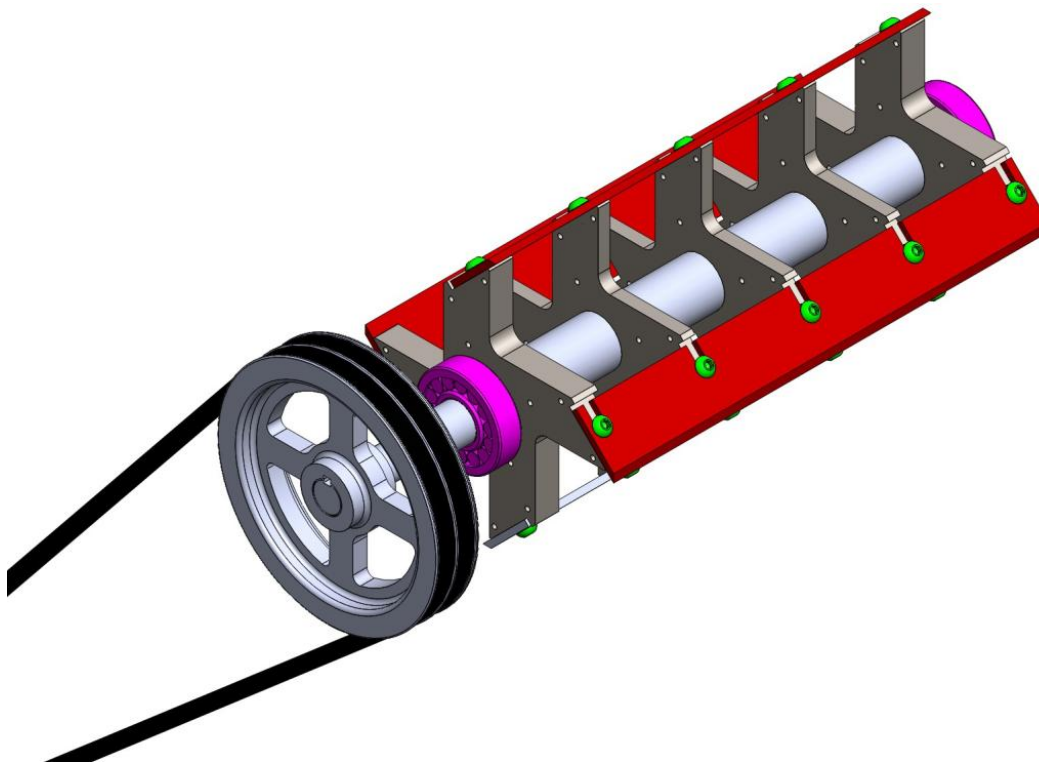


Fig 22. Esquema espacial do carregamento do órgão executivo

Fonte: desenhado pelo autor

Tab 19.4. Parâmetros de carga e cinemáticos do veio executivo

Parâmetro	Valores
$F_t$ [N]	1 002,67
$F_r$ [N]	398,2

$F_{ab}$ [N]	286,88
$T$ (Nm)	9,55
$\omega$ (s <sup>-1</sup> )	0,66

Fonte: adaptado pelo autor

#### 4.3.21. Determinação das reacções nos apoios e dos momentos

Para a determinar das reacções, é necessário conhecer antes a distância entres os apoios e os pontos de aplicação das forças, que foram determinados graficamente durante a composição do esboço do triturador de resíduos orgânicos.

##### 4.3.21.1. Determinação das reacções nos apoios e dos momentos no veio executivo.

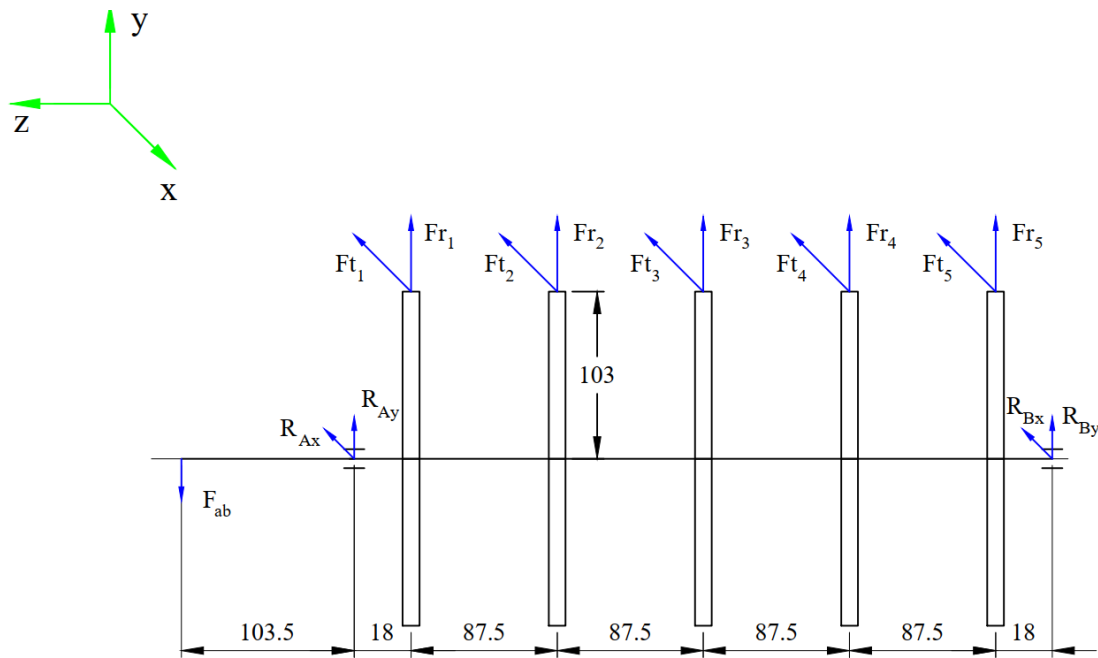


Fig 23.4. Modelo espacial de cálculo do veio executivo

Fonte: adaptado pelo autor

Tab 20.4. Equações de equilíbrio e reacções no apoio do veio

$i$	Equações de equilíbrio	Valores das reacções [N]
$x$	$-R_{Ax} - R_{Bx} + 5F_{tk} = 0$	$R_{Bx} = -803,57$

$y$	$-F_{ab} + R_{Ay} + 5F_{rk} + R_{By} = 0$	$R_{By} = -206,44$
$(M_x)_B$	$-R_{Ax} * l_p - F_{tk} * (368 - 280,5 - 193 - 105,5 - 18) = 0$	$R_{Ay} = -95,12$
$(M_y)_B$	$F_{ab} * 489,5 - R_{Ay} * 386 - F_{rk} * (368 - 280,5 - 193 - 105,5 - 18) = 0$	$R_{Ax} = -199,1$

Fonte: adaptado pelo autor

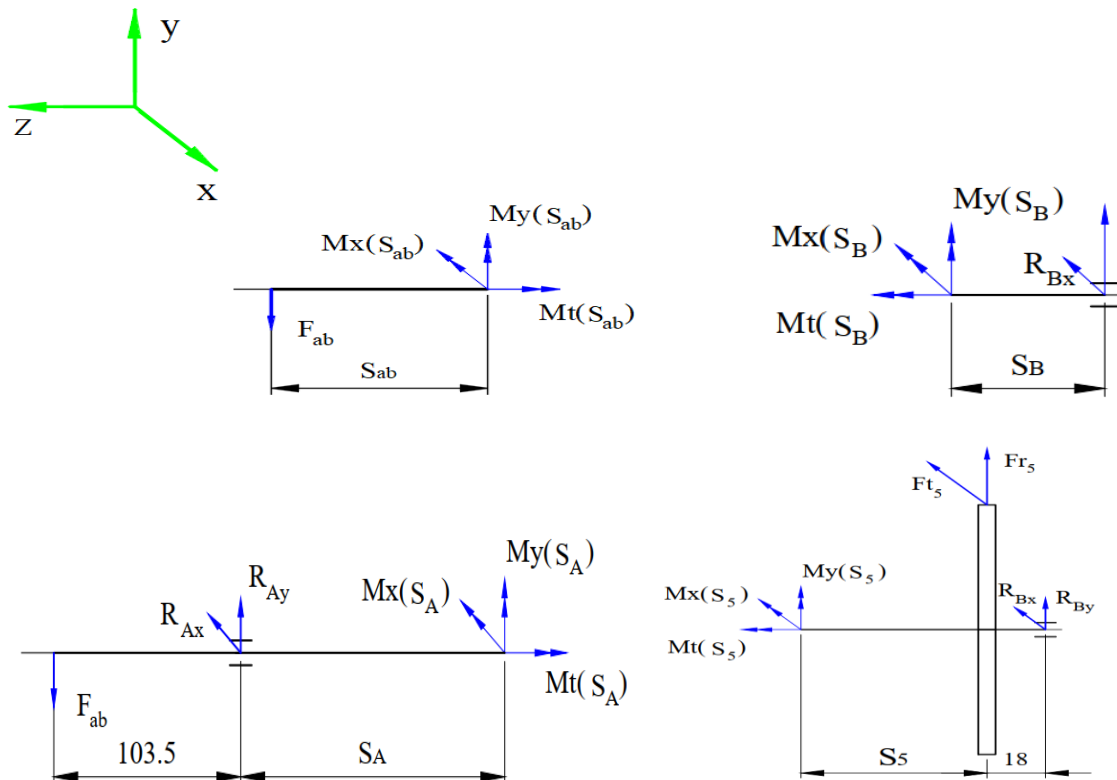
As forças resultantes nos apoios são:

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{(-199,1)^2 + (-95,12)^2} = 220,65 \text{ N} \quad (4.36)$$

$$R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} = \sqrt{(-803,57)^2 + (-206,44)^2} = 829,66 \text{ N} \quad (4.37)$$

O apoio "B" é o mais carregado.

### Diagramas dos momentos flectores e torsor para o veio executivo



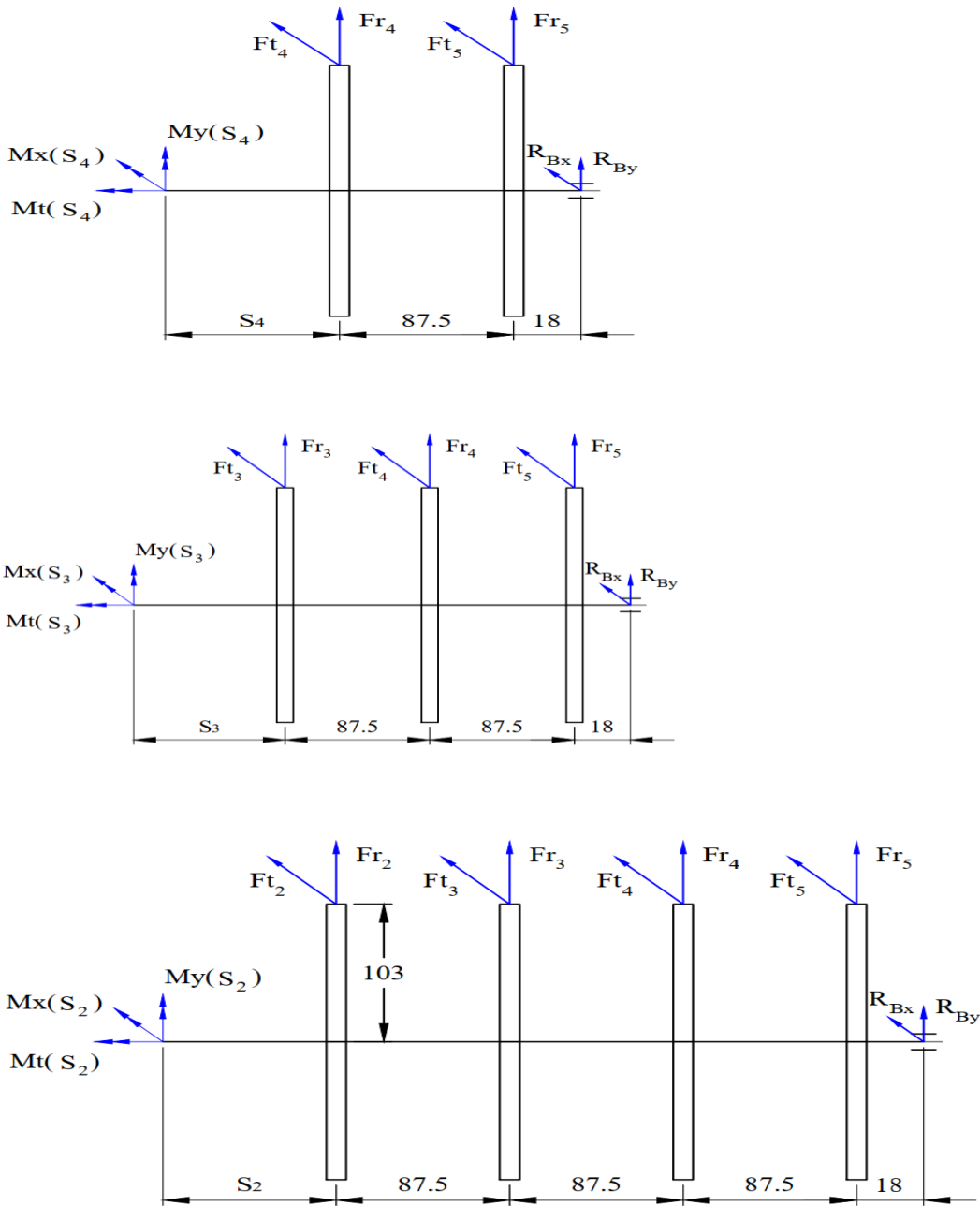


Fig 24.4. Modelo espacial de cálculo dos troços do veio executivo

Fonte: desenhado pelo autor

Tab 21 - Determinação dos momentos internos do veio executivo

Troço	Equações de equilíbrio dos momentos internos	[i ... f] [mm]	Valores [Nm]	
			$M_{min}(S_i)$	$M_{max}(S_i)$
1	$M_t(S_{ab}) = 0$	[0...103.5]	0	0
	$M_x(S_{ab}) - F_{ab} * S_{ab} = 0$		0	25,8

	$M_y(S_{ab}) = 0$		0	0
2	$M_t(S_2) = 0$	[0...18]	0	0
	$M_x(S_B) + R_{By} * S_B = 0$		0	2,2
	$M_y(S_B) + R_{Bx} * S_B = 0$		0	8,4
3	$M_t(S_5) - F_{tk} * 105,7 = 0$	[0...87,5]	21,2	21,2
	$M_x(S_5) + (F_{rk} + R_{By}) * S_5 + R_{By} * 18 = 0$		2,2	13,9
	$M_y(S_5) + (F_{tk} + R_{Bx}) * S_5 + R_{Bx} * 18 = 0$		8,4	28

Continuacao da tabela anterior

Troço	Equações de equilíbrio dos momentos internos	[i ... f] [mm]	Valores [Nm]	
			$M_{min}(S_i)$	$M_{max}(S_i)$
4	$M_t(S_4) - 2 * F_{tk} * 105,5 = 0$	[0...87,5]	42,4	42,4
	$M_x(S_4) + (2F_{rk} + R_{By}) * S_4 - (F_{rk} * 87,5 + R_{By} * 105,5) = 0$		13,9	18,3
	$M_y(S_4) + (2F_{tk} + R_{Bx}) * S_4 + (F_{tk} * 87,5 + R_{Bx} * 105,5) = 0$		64,2	101,4
5	$M_t(S_3) - 3 * F_{tk} * 105,5 = 0$	[0...87,5]	63,6	63,6
	$M_x(S_3) + (3F_{rk} + R_{By}) * S_3 + (F_{rk} * 280,5 + R_{By} * 193) = 0$		18,3	15,3
	$M_y(S_3) + (3F_{tk} + R_{Bx}) * S_3 + (F_{tk} * 280,5 + R_{Bx} * 193) = 0$		101,5	120,2
6	$M_t(S_2) - 4 * F_{tk} * 105,5 = 0$	[0...87,5]	84,8	84,8
	$M_x(S_2) + (F_{rk} + R_{By}) * S_2 + (F_{rk} * 555 + R_{By} * 280,5) = 0$		15,3	4,9
	$M_y(S_2) + (F_{tk} + R_{Bx}) * S_2 + (F_{tk} * 555 + R_{Bx} * 280,5) = 0$		120,1	120,3
7	$M_t(S_A) = 0$	[0...18]	0	0
	$M_x(S_A) - R_{Ay} * S_A - F_{ab} * (S_A + 103,5) = 0$		25,8	29,8

	$M_y(S_A) - R_{Ax} * S_A = 0$		0	-2,1
--	-------------------------------	--	---	------

Fonte: adaptado pelo autor

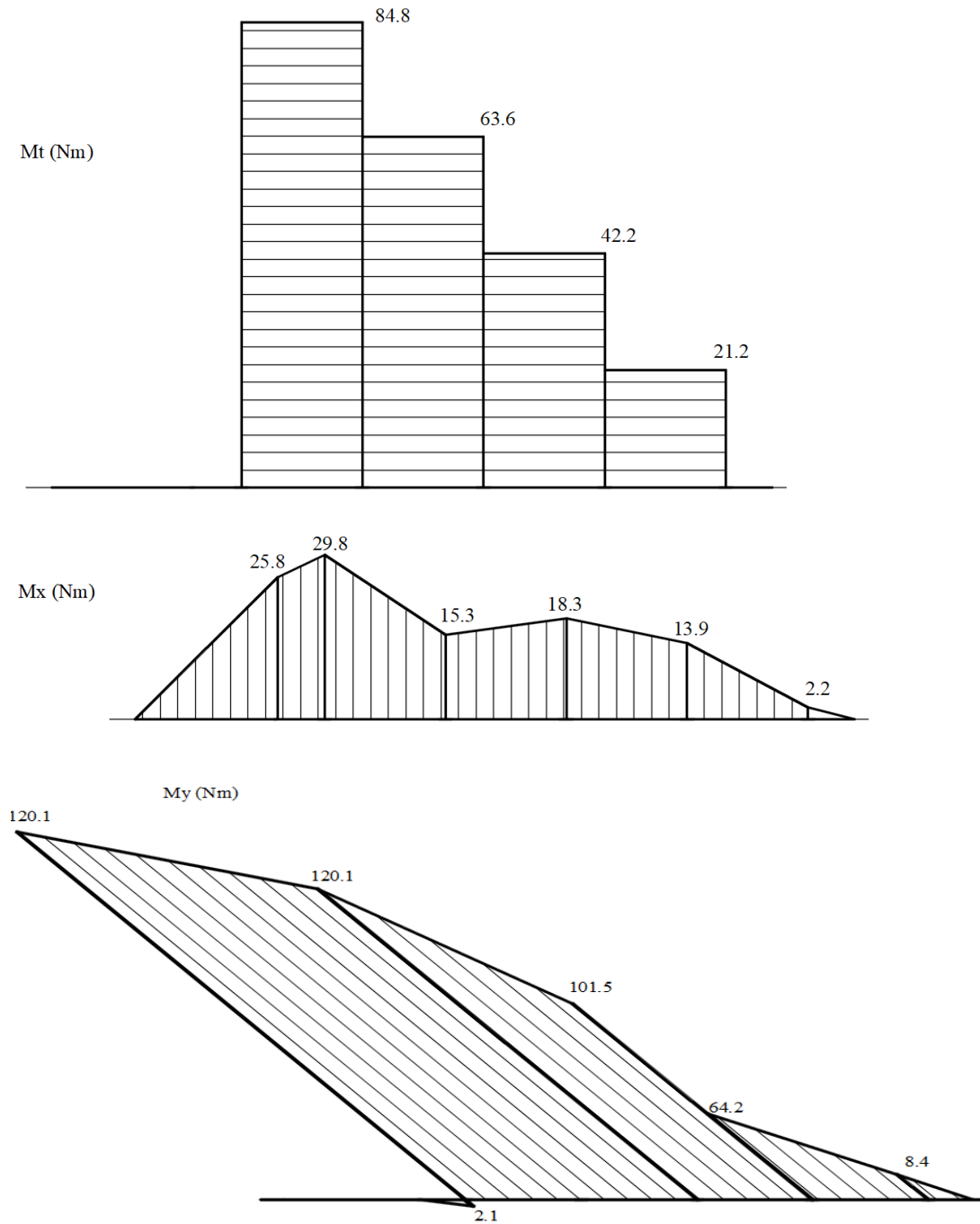


Fig 25.4. Diagramas dos momentos torçor e flectores do veio executivo

Fonte: desenhado pelo autor

Nota-se que o ponto mais carregado é o ponto de mais próximo do apoio A.

➤ **Determinação do momento flector resultante**

$$M_{res} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{(29,8)^2 + (120,1)^2} = 123,9 \text{ Nm} \quad (4.38)$$

➤ **Determinação do momento reduzido**

$$M_{red} = \sqrt{M_{res}^2 + \alpha * M_t^2} = \sqrt{123,9^2 + 84,8^2} = 150,14 \text{ Nm} \quad (4.39)$$

➤ **Determinação do diâmetro crítico**

$$d_{cr} = \sqrt[3]{\frac{M_{red}}{0,1 * [\sigma_F]}} \quad [\text{mm}] \quad (4.40)$$

Onde:

$[\sigma_F]$  – é a tensão de flexão admissível aos veios ( $[\sigma_F] = 60 \dots 90 \text{ MPa}$ )

$$d_{cr} = \sqrt[3]{\frac{150,14 * 10^3}{0,1 * 80}} = 26,57 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{|d_1 - d_{cr}|}{d_1} * 100\% = \frac{|25 - 26,57|}{25} * 100\% = 6,28\% \quad (4.41)$$

O desvio entre o diâmetro médio  $d_1$  e o diâmetro crítico  $d_{cr}$  não ultrapassa o limite recomendado 50 ... 60%. O facto de o diâmetro médio ser maior que o crítico, possibilita maior segurança de funcionamento.

#### 4.3.22. **Cálculo e escolha dos rolamentos**

Em geral um rolamento é escolhido com base na sua capacidade de carga em relação às cargas aplicadas e aos requisitos de vida do rolamento e de confiabilidade. Ambas condições de cargas de rolamento dinâmicas e estáticas devem ser verificadas. A verificação da capacidade de carga dos rolamentos será feita seguindo as recomendações do Catálogo SKF.

##### 4.3.22.1. **Determinação do tipo de montagem dos rolamentos**

Antes de se fazer a verificação da capacidade de carga dos rolamentos, é necessário saber como será feita a montagem dos rolamentos no veio. Seguindo recomendações, e a montagem será feita em forma de X.

**i) *Montagem dos rolamentos do veio de alta velocidade***

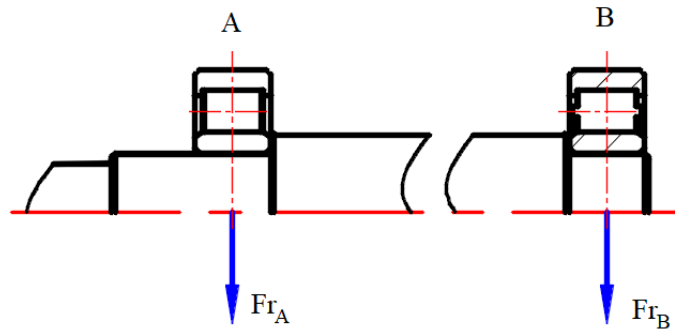


Fig 26.4. Esquema de montagem dos rolamentos do veio executivo

Fonte: desenhado pelo autor

#### 4.3.22.2. Verificação da capacidade de carga dinâmica dos rolamentos

$$C = P * \sqrt[p]{L_{10}} \leq [C] \quad [kN] \quad (4.42)$$

Onde:

[C] – é a carga dinâmica admissível do rolamento (valor retirado do catálogo SKF);

P – é a carga dinâmica equivalente do rolamento [kN];

p – é o expoente da equação de vida ( $p = 10/3$  para rolamento de rolos);

$L_{10}$  – é a vida nominal básica (com 90% de confiabilidade).

$$L_{10} = \frac{60 * L_{10h} * n}{10^6} \quad [\text{milhões de revoluções}] \quad (4.43)$$

Onde:

$L_{10h}$  – é o tempo de vida de rolamento ( $L_{10h} = L_h = 12\,614,4[\text{horas}]$ );

n – é a frequência de rotação do rolamento.

A capacidade de carga dinâmica equivalente P do rolamento, é determinada de acordo com as seguintes condições:

$$\frac{F_a}{F_r} \leq e \Rightarrow P = F_r \quad (4.44)$$

$$\frac{F_a}{F_r} > e \Rightarrow P = 0,4 * F_r + Y * F_a \quad (4.45)$$

Onde:

$F_a$  – é a força axial do rolamento;

$F_r$  – é a força radial do rolamento.

#### 4.3.22.3. Verificação das cargas dinâmicas dos rolamentos do veio executivo

Dados para verificação da capacidade de carga:

$$e = 0,3; \quad Y = 0,4; \quad F_{rA} = 0,22 \text{ kN}; \quad e \quad F_{rB} = 0,83 \text{ kN}$$

##### a) Rolamento A

➤ Carga dinâmica equivalente do rolamento:

$$F_{aA} = 0,5 * \frac{F_{rA}}{Y}$$

$$F_{aA} = 0,5 * \left( \frac{0,22}{0,4} \right) = 0,28 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{aA}}{F_{rA}} = \frac{0,28}{0,22} = 1,25 > e = 0,37$$

Então,  $P = 0,92 * F_{rA} + Y * F_{aA} = 0,92*0,22+0,4*0,28 = 0,31$

➤ Vida nominal básica do rolamento

$$L_{10} = \frac{60 * 904,76 * 60000}{10^6} = 3 \text{ 257,14 milhões de revoluções}$$

Assim, a capacidade de carga do rolamento, será:

$$C = 0,31 * \sqrt[10]{\frac{10}{3} * 3257,14} = 3,5 \text{ kN}$$

$$C = 3,5 \leq [C] = 58,5$$

O rolamento “A” resiste às cargas dinâmicas.

##### b) Rolamento B

$$F_{aB} = F_{aA} - F_a$$

$$F_{aB} = 0,28 - 0 = 0,28 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} = \frac{0,28}{0,28} = 1 > e = 0,3$$

Logo:  $P = 0,92 * F_{rB} + Y * F_{aB} = 0,92*0,28+0,4*0,28 = 0,37 \text{ kN}$

Então a carga dinâmica será:

$$C = 0,37 * \sqrt[10]{3257,14} = 4,18 \text{ kN}$$

$$C = 4,18 \leq [C] = 58,5$$

Cumpre-se a condição de resistência dinâmica do rolamento “B”.

Os rolamentos anteriormente escolhidos suportarão as cargas geradas durante o funcionamento do triturador.

#### 4.3.23. Cálculo das chavetas

As chavetas e as ligações por elas constituídas transmitem momentos torsores (às vezes forças axiais) por meio de contacto entre as superfícies da chaveta e das peças, na presença de uma certa pressão mútua que tende a causar o esmagamento das peças da ligação. Para o presente projecto serão utilizadas as chavetas prismáticas.

O cálculo será feito de forma a achar o comprimento da chaveta, visto que a secção é predeterminada.

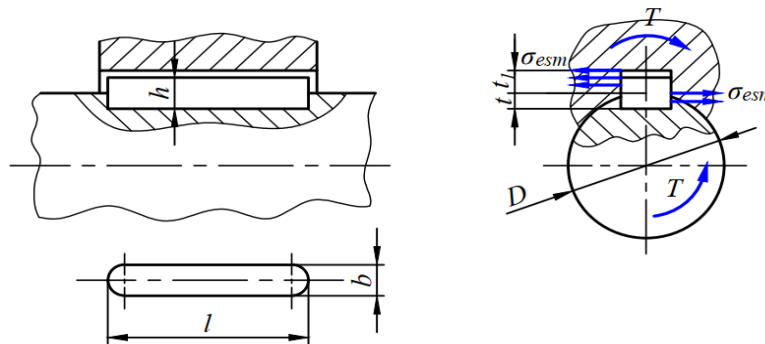


Fig 27.4. Parâmetros principais da chaveta prismática

Fonte: desenhado pelo autor

Parâmetros principais da chaveta:

$b$  – é a largura;

$l$  – é o comprimento;

$t$  – é a profundidade da ranhura para a chaveta no veio;

$t_1$  – é a profundidade da ranhura para a chaveta no cubo.

A tensão de esmagamento é determinada por:

$$\sigma_{esm} = \frac{4 * T * 10^3}{h * l_c * D} \leq [\sigma_{esm}] \quad (4.46)$$

$$l_c = l - b \quad [mm] \quad (4.47)$$

Assim, o comprimento da chaveta será de dado:

$$l \geq \frac{4 * T * 10^3}{h * [\sigma_{esm}] * D} + b \quad [mm] \quad (4.48)$$

Onde:

$T$  – é o momento tursor do veio [ $Nm$ ];

$[\sigma_{esm}]$  – é a tensão admissível ao esmagamento ( $[\sigma_{esm}] = 80 \dots 150 \text{ MPa}$ );

Escolhe-se para os cálculos das chavetas  $[\sigma_{esm}] = 115 \text{ MPa}$ .

$l_c$  – é o comprimento de cálculo da chaveta.

#### 4.3.24. Chaveta para o veio do motor eléctrico

##### a) Chaveta para instalação da polia motriz da transmissão por correia

Tab 22.4. Parâmetros principais da chaveta prismática

Parâmetros	$D$	$b$	$h$	$t$	$t_1$
Valor [ $mm$ ]	20	6,0	6,0	3,5	2,6

Fonte: Adaptado pelo autor (Atlas Construção de Máquinas I)

O momento tursor do veio é:  $T_1 = 5,02 \text{ Nm}$ , então o comprimento mínimo da chaveta será:

$$l \geq \frac{4 * 5,02 * 10^3}{6,0 * 115 * 20,0} + 6,0$$

$$l \geq 7,46 \text{ mm}$$

Toma-se  $l = 28 \text{ mm}$ , que é o comprimento da chaveta que vem com o motor elétrico.

#### 4.3.25. Chaveta do veio executivo

##### a) Chaveta para o escalão para instalação da polia movida da transmissão por correia

Tab 23.4. Parâmetros principais da chaveta do veio executivo

Parâmetros	$D$	$b$	$h$	$t$	$t_1$	Parâmetros	$D$	$b$	$h$	$t$	$t_1$
Valor [mm]	25	8,0	7,0	4,0	3,1	Valor [mm]	28,0	8,0	7,0	4,0	3,1

Fonte: adaptado pelo autor (Atlas Construção de Máquinas I)

O momento tursor do veio é:  $T_2 = 9,55 \text{ Nm}$ , então o comprimento mínimo da chaveta será:

$$l \geq \frac{4 * 9,55 * 10^3}{7,0 * 115 * 25,0} + 8,0$$

$$l \geq 9,9 \text{ mm}$$

Toma-se  $l = 28 \text{ mm}$ .

#### 4.3.26. Sistema de lubrificação dos rolamentos do triturador

A lubrificação é uma operação que consiste em introduzir certas substâncias (como graxa ou óleo) para impedir o contacto directo entre superfícies sólidas que estejam em contacto entre si e que executam movimento. Uma boa seleção do lubrificante reduz a temperatura, evita a corrosão, diminui vibrações e ruídos e reduz o desgaste, em suma há diminuição do consumo de energia.

A lubrificação apenas será feita nos rolamentos usando graxa de forma programada, e tendo como base, lubrificação, remoção de calor, redução de atrito e proteção contra contaminantes.

##### 4.3.26.1. Cálculo para escolha da graxa a aplicar

$$A = n * d_n \quad (4.49)$$

$$A < [A] * 0,70$$

Onde:

A – factor de velocidade (mm/min)

$d_m$  – diâmetro medio do rolamento (mm) =  $0,5(d + D)$

n – velocidade de rotação (rpm)

C – carga dinâmica (C = 58,5 kN)

P – limite de carga de fadiga (P = 6,6 kN)

Relação da carga:  $C/P = 58,5/6,2 = 9,44 > 8$

$[A] = 200\ 000$  mm/min (da tabela 5 da SKF)

$A = 1425 \cdot 0,5(30+72) = 72\ 675$  mm/min

$A = 72\ 675 < [A] = 200\ 000 \cdot 0,75$

$A = 72\ 675$  mm/min  $< [A] = 150\ 000$  mm/min

Então escolhe-se a graxa SKF “L GBB2”

Da tabela 5 e do diagrama 4 da SKF:  $b_f = 2$  e  $t_f = 9000$  horas de funcionamento

Tab 24.4. Parâmetros principais da graxa escolhida

Dados técnicos	Valor
Designação da graxa	L GBB2
Classe NGLI	2
Tipo de óleo base	Complexo de cálcio mineral
Intervalo de relubrificação	9 000 horas de funcionamento
Faixa de temperaturas (LTL-HTPL)	-40 a 120°C
Viscosidade do óleo a (40°C e	68mm <sup>2</sup> /s e 10mm <sup>2</sup> /s
Faixa de velocidade	Lenta
Faixa de temperatura da graxa	Medio
Faixa de cargas da graxa C/P)	Media

Fonte: adaptado pelo autor (do Catálogo SKF)

#### 4.3.26.2. Quantidade da graxa a aplicar

Como este projecto iremos comprar rolamentos que já vem com a graxa do fabricante, e o próprio fabricante já coloca a quantidade necessária para o rolamento e a escolhida.

E os rolamentos escolhidos já vem vedados pelo fabricante e a vida útil do rolamento, coincide com a vida útil da graxa. Mas no caso da escolha de um rolamento não vedado, já foi especificado neste projecto que tipo de graxa deve ser aplicado.

$$Q = 0,005 \cdot D \cdot B \quad (4.50)$$

$$Q = 0,005 \cdot 72 \cdot 19 = 6,84g$$

Q – quantidade de graxa a aplicar (g)

D – diâmetro externo do rolamento (D = 72mm)

B – largura do rolamento (B = 19 mm)

Aplicar 6,48g de graxa no rolamento escolhido para este projecto. Para mais informações, vá no catálogo da SKF.

#### **4.3.26.3. Cuidados a ter**

- Uma quantidade muito pequena da graxa pode condicionar a falha prematura do rolamento
- O excesso da graxa pode aumentar a temperatura operacional do rolamento especialmente ao trabalhar em altas velocidades;

#### **4.3.27. Tensionamento da correia**

Para evitar a patinagem e o desgaste intensivo da correia, é necessário A regulação da tensão da correia será feita por meio massa do motor eléctrico e uma chapa vertical montada da base do triturador, juntamente com os parafusos de fixação. Este método garantirá uma regulação constante e automática da tensão na correia.

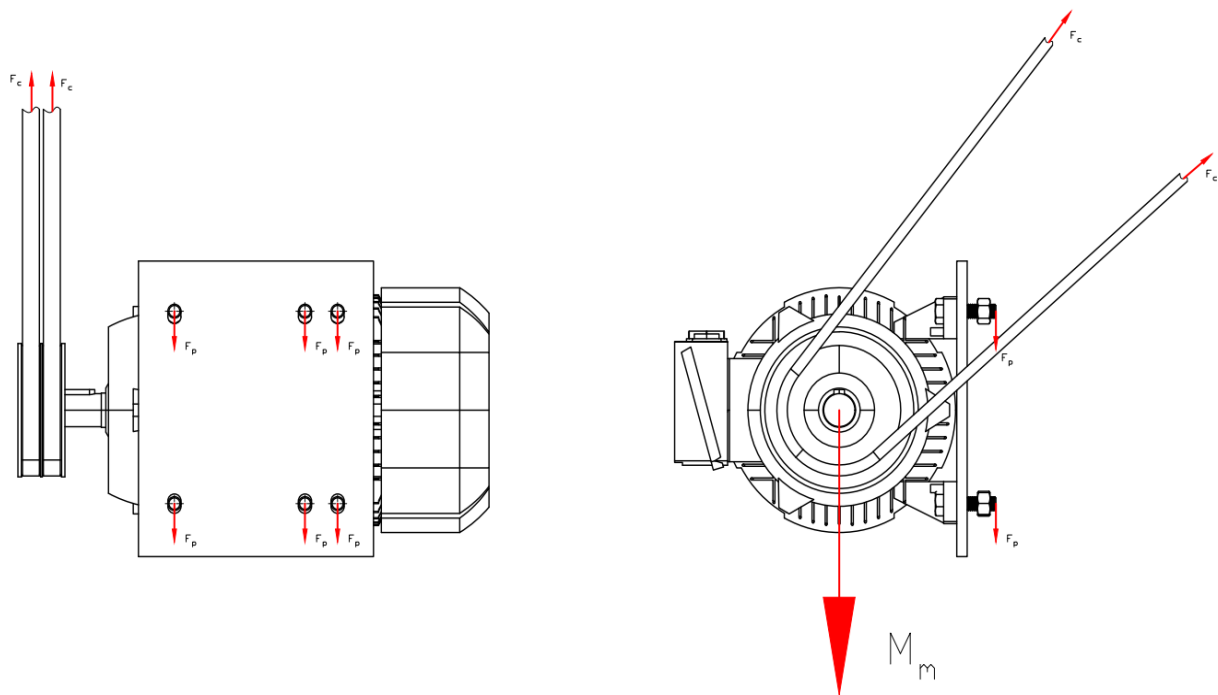


Fig 28.4. Esquema de regulação da tensão da correia

Fonte: desenhado pelo autor

#### 4.3.28. Escolha das rodas do triturador

1° Passo: Cálculo da capacidade de carga das rodas

$$C_c = \frac{P_{tr} * P_{carga}}{K} \quad (4.51)$$

$C_c$  – capacidade de carga de cada roda (kg)

$P_{tr}$  – peso do triturador (kg)

$P_{carga}$  – peso da carga orgânica (aproximadamente 20kg)

$K$  – coeficiente de calculo

$K = 3$  – carga solida com piso liso

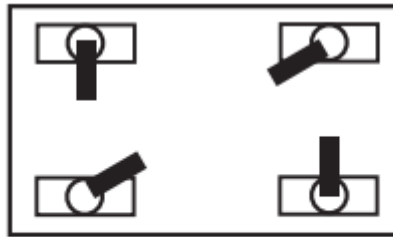
$K = 2$  – carga líquida ou solida para pavimento liso com obstáculos

2° Passo: especificação das condições de funcionamento

- Piso – Asfalto
- Movimentação – Normal

- Temperatura – 3 °C a 45°C
- Velocidade de funcionamento – 4 km/h (medio)
- Carga estática – Vibração
- Resistência – resistir aos líquidos gerados por resíduos orgânicos e as vibrações.

3° Passo: escolha de tipo de montagem de rodas em equipamentos



#### **4 Giratórios**

Fig 29.4. Tipo de montagem das rodas

Fonte: adaptado pelo autor (do Catálogo da novex 2015 – rodízios e rodas)

4° Passo: escolha do material das rodas

A escolha do material das rodas é feita de acordo com as condições de funcionamento do triturador.

U – material da banda da rodagem (Poliuretano termoplástico)

P – material do núcleo (Polipropileno)

S – mancal (rolamento de esferas “ZZ” de duas blindagens)

5° Passo: escolha das rodas

Com a  $C_c = 77.5\text{kg}$  e UPS.

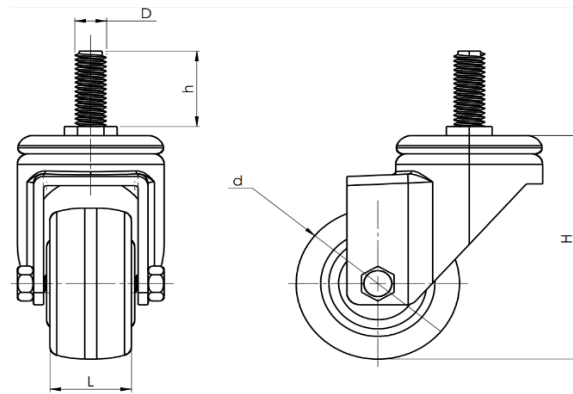


Fig 30.4. Parâmetros principais das rodas

Fonte: adaptado pelo autor (do Catálogo da novex 2015 – rodízios e rodas)

Tab 25.4. Parâmetros principais da roda

Roda	C <sub>c</sub> (kg)	d	L(mm)	H (mm)	d(mm)	h	Sistema
R 312	80	75	30	100	M12	25	Giratório

Fonte: adaptado pelo autor (do Catálogo da novex 2015 – rodízios e rodas)

#### 4.3.29. Plano de manutenção do triturador

É um documento que tem como objectivo relatar quais são as frequências e periodicidade das actividades de manutenção. Para além disso detalha em quais equipamentos essas actividades devem ser executadas, tudo isso de forma simples e clara. Para o presente projecto, foi escolhida a manutenção preventiva como o tipo de manutenção recomendável, para a disponibilidade do equipamento durante o seu período de vida útil.

Para os equipamentos adquiridos (como motor), a manutenção será baseada nas recomendações dos fabricantes.

O plano propriamente dito, pode ser observado na tabela abaixo:

Tab 26.4. Plano de manutenção dos elementos do triturador

Tempo	Elementos Funcionais	Acção
Trimestralmente	Correia	- Verificar esticamento e estado do desgaste das correias

	Rolamentos	- Verificar a lubrificação dos rolamentos. - Verificar o desgaste dos mancais
Semestralmente	Motor	- Analisar o óleo lubrificante - Monitorar a temperatura do trabalho - Analisar as vibrações
	Estrutura	Verificar os elementos de ligações, como parafusos.
3 a 6 meses	Rodas	- Verificar se ainda permitem o deslocamento do triturador - Verificar as condições de resistência - Elementos de fixação - Lubrificação e limpeza
	Laminas de corte	- Verificar a afiação das laminas e as condições de resistências

Fonte: Adaptado pelo autor

#### 4.3.30. Estimativa de Orçamento

Tab 27.4. Estimativa de orçamento

Componentes	Preço unitário (MZN)	Quant.	Preço (MZN)
Laminas de corte	744.31	4	2977.24
Motor trifásico IP55	5401	1	5400.95
Rolamentos ISO 15 RCR – 0330 - Full, DE, NC, Full	1100.5	2	2201.02
Varão Ø50x600mm	1050	1	1050
Chaveta do veio	125	1	125
Chaveta do motor	125	1	125
Parafusos Allen M8x8	22.5	16	360
Chapas 3000x1200x8	4900	1	4900
Chapas 3000x1200x3	3800	2	7600

Cantoneira 40x40x4x6000mm	352	1	352
Perfil em U 100x50x5x6000mm	420	1	420
Parafusos e porcas M12x20	25	20	500
Correia Tipo A	391.84	2	783.68
Ferro fundido	100	2	200
Rodas	222.97	4	891.88
		<b>Total</b>	<b>27886.8</b>

Fonte: desenhado pelo autor

O agrupamento do mancal de rolamento, caixa de proteção, tampa do triturador e funil de alimentação deve-se ao facto de todos componentes mencionados serem fabricados a partir de uma única chapa.

Tab 28.4. Plano de manutenção dos elementos do triturador

<b>Custo</b>	<b>Preço (MZN)</b>
Transporte	3000
Materia-prima	27886.8
Mão de obra	4000
<b>Total</b>	<b>34886.8</b>

Fonte: adaptado pelo autor (consulta em soldadores profissionais de Maputo)

A estimativa do custo da implementação do projecto é de 45352.84 **Mts**

## Capítulo V

### Conclusões

Na projecção de um triturador de resíduos orgânicos, surge várias ideias do design disposição e tipo de sistema de corte dos resíduos. O que é mais importante é o projectista se focar nos requisitos dos usuais e a disponibilidade da matéria prima, não se esquecendo dos custos de aquisição e fabricação do mesmo. Tendo em conta os dados reais e iniciais do projecto, o projecto foi executado de forma iterativa e seguindo recomendações de aulas, vídeos, manuais e catálogos relacionados ao assunto. No decurso do projecto foram tomadas decisões técnicas de modo a alcançar da melhor forma o objectivo final. E a projecção de um triturador de resíduos orgânicos é de extrema importância para facilitar e dar a continuidade do ciclo da matéria orgânica.

Foram cumpridos os objectivos propostos no início do projecto, excepto ter o produto final e apresentar o produto no mercado.

### Recomenda-se:

- A verificação periódica do desgaste do veio do triturador;
- A verificação do estado da graxa e a sua substituição ou relubrificação;
- Fazer inspeção periódica do triturador;
- Fazer manutenção preventiva de modo que o triturador funcione no maior tempo possível;
- Verificar se os parâmetros do acionamento ainda estão próximos aos parâmetros propostos no projecto (por exemplo a potência do motor);
- Controlar o estado da correia;
- Importância da educação e treinamento para usuários e gestores de resíduos;
- Para a projecção de vários equipamentos mecânicos usar Manuais de Órgãos de Máquinas do Eng Rui Vasco Siteo, Atlas de construção das máquinas I, II e III, juntamente com a matéria dada nas cadeiras de Engenharia Mecânica e catálogos confiáveis da internet (Catálogos da SKF, WEG motors, etc).
- Para instalação do quadro elétrico no triturador, recomenda-se procurar um profissional especializado para o mesmo.

## 5. Bibliografia

- [1] ABNT. (2013). *NBR ISO 12100: Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Avaliação de risco e redução de risco*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [2] African Union; UNEP; UN-Habitat. (2021). *African Strategy for Waste Management 2020–2030*. Nairobi: UN Publications.
- [3] AIM News. (2024, 25 de fevereiro). *Lixeira de Hulene tem pelo menos quatro elementos químicos prejudiciais à saúde*. Recuperado de [AIM Newsaimnews.org](https://www.aimnewsaimnews.org)
- [4] Angelidaki, I., Treu, L., Tsapekos, P., Luo, G., Campanaro, S., Wenzel, H., & Kougias, P. G. (2018). *Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives*. *Biotechnology Advances*, 36(2), 452–466. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.01.011>
- [5] Appels, L., Lauwers, J., Degrève, J., Helsen, L., Lievens, B., Willems, K., Van Impe, J., & Dewil, R. (2011). *Anaerobic digestion in global bio-energy production: Potential and research challenges*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4295–4301. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.121>
- [6] Australia Government – Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water. (2022). *National Waste Policy: Less Waste, More Resources (2018)*. Disponível em: <https://www.dcceew.gov.au/environment/protection/waste/national-waste-policy>
- [7] Back, N.; Forcellini, F. A.; Pacheco, F. C.; Alliprandini, D. H.; Inácio, E. (2008). *Projeto de Produto*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- [8] Back, N.; Ogliari, A.; Dias, A.; Silva, J. C. (2008). *Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem*. Barueri: Manole.
- [9] Brasil. (2010). *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)
- [10] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Programa Nacional Lixão Zero. Brasília, DF, 2019. 72 p. (Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana, 2). Disponível em: [https://www.gov.br/mma/ptbr/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/Programa-Lixao-Zero.pdf/@@\\_download/file/Programa-Lixao-Zero.pdf](https://www.gov.br/mma/ptbr/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/Programa-Lixao-Zero.pdf/@@_download/file/Programa-Lixao-Zero.pdf). Acesso em: 25 ago. 2021.
- [11] Callister, W. D.; Rethwisch, D. G. (2018). *Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC.

[12] Chong, M. C. (s.d.). *Análise Lixeira de Hulene*. Recuperado de [ScribdScribd+1Scribd+1](#)

[13] Conselho Municipal de Maputo. (2022). *Diagnóstico Integrado – Componente 1. Projeto de Transformação Urbana de Maputo (PTUM)*. Disponível em: [https://ptum.cmmaputo.gov.mz/wp-content/uploads/2022/03/DIAGNOSTICO\\_INTEGRADO\\_COMPONENTE-1\\_V2i.pdf](https://ptum.cmmaputo.gov.mz/wp-content/uploads/2022/03/DIAGNOSTICO_INTEGRADO_COMPONENTE-1_V2i.pdf)

[14] Costa, F. A.; Silva, R. M. (2018). *Gestão de resíduos sólidos urbanos: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Elsevier.

[15] Costa, J. A.; Mendes, E. F.; Farias, P. L. (2019). *Agricultura Sustentável com Compostagem*. Campinas: Nova Terra Editora.

[16] Cunha, M. E.; Moraes, J. R.; Costa, D. A. *Resíduos Sólidos Urbanos: Desafios e Perspectivas*. Curitiba: InterSaberes, 2019.)

[17] Diário Económico. (2023). *Gestão de Resíduos – Desafios Que o País Ainda Enfrenta*. Recuperado de: <https://www.diarioeconomico.co.mz/2023/05/31/opinioao/gestao-de-residuos-desafios-que-o-pais-ainda-enfrenta/Diário Económico+1Diário Económico+1>

[18] Diaz, L. F.; Savage, G. M.; Eggerth, L. L.; Golueke, C. G. (2007). *Composting and Recycling Municipal Solid Waste*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press.

[19] Epstein, E. (1997). *The Science of Composting*. Lancaster: Technomic Publishing.

[20] Filho, A. S. (2005). *Máquinas elétricas: princípios de funcionamento, aplicações e controle*. São Paulo: Érica.

[21] Fitzgerald, A. E.; Kingsley, C.; Umans, S. D. (2014). *Máquinas Elétricas*. 7. ed. Porto Alegre: AMGH.

[22] Freitas, G. R.; Andrade, L. V.; Gomes, H. M. (2021). *Gestão Eficiente de Resíduos Sólidos*. São Paulo: Editora Terra Verde.

[23] Hamrock, B. J.; Schmid, S. R.; Jacobson, B. O. (2013). *Fundamentals of Machine Elements*. New York: McGraw-Hill.

[24] Harper, J. (2011). *Biomass Processing Technologies*. Wiley-Blackwell.

[25] Haug, R. T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Boca Raton: CRC Press.

[26] Holm-Nielsen, J. B., Al Seadi, T., & Oleskowicz-Popiel, P. (2009). *The future of anaerobic digestion and biogas utilization*. *Bioresource Technology*, 100(22), 5478–5484. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.046>

- [27] Jadovski, I. (2015). *Diretrizes econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição*. Instituto de Engenharia e Tecnologia de São Paulo. Disponível em: [https://ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/luri\\_Jadovski\\_-\\_Diretrizes\\_Economicas\\_para\\_Usinas\\_de\\_RCD.pdf](https://ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/luri_Jadovski_-_Diretrizes_Economicas_para_Usinas_de_RCD.pdf)
- [28] Jasse, V. J. (s.d.). *Análise do Contributo da Educação Ambiental na Promoção das Condições Sanitárias da Comercialização do Peixe no Mercado Informal de Xiquelene*. Universidade Eduardo Mondlane. Disponível em: <https://monografias.uem.mz/handle/123456789/2527>
- [29] Kale, D.; Gokhale, V. (2019). Design and Development of Organic Waste Shredding Machine. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(6), 1120–1124.
- [30] Lima, S. C.; Rocha, E. A.; Torres, D. F. (2018). *Resíduos Orgânicos: Soluções para Cidades Sustentáveis*. Porto Alegre: Editora Ambiental.
- [31] Lin, Y., et al. (2014). *Biomass Conversion and Biorefinery*, 4(3), 211-220.
- [32] Lourenço, N. (2010). Vermicompostagem, Gestão de Resíduos Orgânicos – Princípios, Processos e Aplicações. FUTURAMB. [Wikipédia](#)
- [33] Machado, R. A.; Alves, M. N.; Pinto, F. R. (2022). *Compostagem Doméstica: Guia Prático e Científico*. Porto Alegre: EcoVida.
- [34] Mahmood, F., et al. (2017). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(1), 22-32.
- [35] Martins, D. C.; Ferreira, A. G.; Oliveira, L. S. (2021). *Compostagem Comunitária e Educação Ambiental*. São Paulo: Editora Verde.
- [36] Matsinhe, F. O., Paulo, M., & Timbane, A. A. (2020). Estudo etnográfico sobre os catadores de lixo da lixeira pública de Hulene (Maputo). *Cadernos de África Contemporânea*, 3(5). Recuperado de: [https://revistas.uneb.br/index.php/cac/article/view/14326/Revistas\\_UNEB](https://revistas.uneb.br/index.php/cac/article/view/14326/Revistas_UNEB)
- [37] Matte Neto, J. (2018). *Análise de eficiência e durabilidade de trituradores para resíduos sólidos orgânicos*. Repositório Anima Educação. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/525ea294-7ac6-4ade-8503-38a879659ab4/download>
- [38] Moghadam, M. R. A., Mokhtarani, N., & Mokhtarani, B. (2009). *Municipal solid waste management in Rasht City, Iran*. *Waste Management*, 29(1), 485–489.
- [39] Mott, R. L. (2013). *Elementos de máquinas em projeto mecânico*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman.
- [40] Mudu, P.; Naddafi, K.; Lopes, V.; de Souza, C. A.; Kadir, M. M. (2021). Waste and human health: evidence and needs. *World Health Organization Reports*.

- [41] NeDIP – Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos. (2002). *Relatórios Técnicos e Experiências no Desenvolvimento de Protótipos de Máquinas Agrícolas*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- [42] Nunes, F. G.; Costa, C. F. (2016). Processos mecânicos de fragmentação de resíduos: parâmetros de escolha e aplicação. *Revista Engenharia Mecânica Aplicada*, 12(2), 77–89.
- [43] O País (2017). *Mercados de Maputo geram toneladas de lixo por dia*. Jornal O País. Disponível em: <https://www.opais.co.mz> (acesso feito em 2025).
- [44] Paixão, A. L.; Carvalho, D. R.; Silva, J. F. (2012). *Reciclagem e Compostagem: Fundamentos e Aplicações*. Belo Horizonte: Editora Técnica Ambiental.
- [45] Paula, R. M.; Nascimento, L. C.; Oliveira, B. J. (2010). *Compostagem Urbana: Processos e Práticas*. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- [46] Pavan, L. H.; Oliveira, J. A.; Silva, R. D. A. (2020). Desenvolvimento e Avaliação de Trituradores de Resíduos Orgânicos para Uso Comunitário. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24(6), 412–418.
- [47] Pereira, M. A.; Gomes, L. S. (2017). *Tecnologias ambientais para o tratamento de resíduos sólidos*. São Paulo: Edgard Blücher.
- [48] Pereira-Neto, J. C. (2007). *Tratamento e Valorização de Resíduos Orgânicos*. São Paulo: Edusp.
- [49] Rodrigues, M. T.; Ferreira, H. G.; Alves, C. S. (2014). *Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no Meio Rural*. Brasília: Embrapa.
- [50] Romano, L. N. (2003). *Metodologia para o desenvolvimento de máquinas agrícolas: proposta de um modelo integrado*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [51] Ruggieri, L., Gea, T., & Sánchez, A. (2008). *Composting of the organic fraction of municipal solid waste: Optimization of the process*. *Bioresource Technology*, 99(11), 4786–4794.
- [52] Santos, V. M.; Rocha, A. P.; Lima, F. N. (2020). *Gestão de Resíduos Orgânicos Urbanos*. Salvador: EcoEditora.
- [53] Schlickmann, S. & Medeiros Jacinto, F. (2018). *Viabilidade econômica e técnica de trituradores de resíduos sólidos*. Repositório Acadêmico. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br>
- [54] Shigley, J. E.; Mischke, C. R.; Budynas, R. G. (2011). *Projeto de engenharia mecânica de Shigley*. 8. ed. Porto Alegre: Bookman.
- [55] Silva, A. L. P.; Rosa, I. M. D.; Geyer, R.; Brito, J. C. (2021). The role of waste management in climate mitigation. *Nature Climate Change*, 11(2), 100–105.

[56] Silva, A. L.; Mendes, R. P.; Oliveira, G. F. (2015). *Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos Urbanos*. Belo Horizonte: Editora UFMinas.

[57] Silva, J. P.; Gomes, R. T.; Andrade, F. A. *Gestão Integrada de Resíduos Sólidos*. São Paulo: Ed. Acadêmica, 2020.)

[58] Silva, J. T.; Carvalho, M. E. (2015). *Engenharia de resíduos sólidos: fundamentos e aplicações*. Belo Horizonte: UFMG.

[59] Silva, L. M.; Oliveira, R. S.; Nascimento, F. G. (2020). *Gestão de Resíduos Orgânicos: Teoria e Prática*. São Paulo: Editora Sustentável.

[60] Singh, R., & Sharma, R. (2016). *Waste Management*, 48, 1-10

[61] SKF. (2012). *Rolling Bearings Catalogue*. Gothenburg: SKF Group.

[62] Souza, J. P.; Oliveira, A. C. (2020). Critérios técnicos para seleção de equipamentos de processamento de resíduos sólidos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 25(3), 455–464.

[63] Sundberg, C., Smårs, S., & Jönsson, H. (2004). *Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting*. *Bioresource Technology*, 95(2), 145–150.

[64] Teixeira, A. L.; Nunes, F. J.; Carvalho, S. P. *Fundamentos da Sustentabilidade no Manejo de Resíduos*. Belo Horizonte: UFMG, 2018.)

[65] Tiago. (s.d.). *Lixo Urbano Em Maputo*. Recuperado de [ScribdScribd](#)

[66] Tinga, L. M. A. F. (2022). *Gestão e Tratamento de Resíduos Orgânicos Provenientes do Mercado Grossista do Zimpeto*. Universidade Politécnica. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/647413945/Trabalho-de-Final-de-Cursos-Copy>

[67] Wilson, D. C.; Velis, C.; Rodic, L. (2012). Integrated sustainable waste management in developing countries. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Waste and Resource Management*, 165(2), 52–68.

[68] Zurbrügg, C., Gfrerer, M., Ashadi, H., Brenner, W., & Kühr, R. (2012). *Determinants of sustainability in solid waste management – The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia*. *Waste Management*, 32(11), 2126–2133.

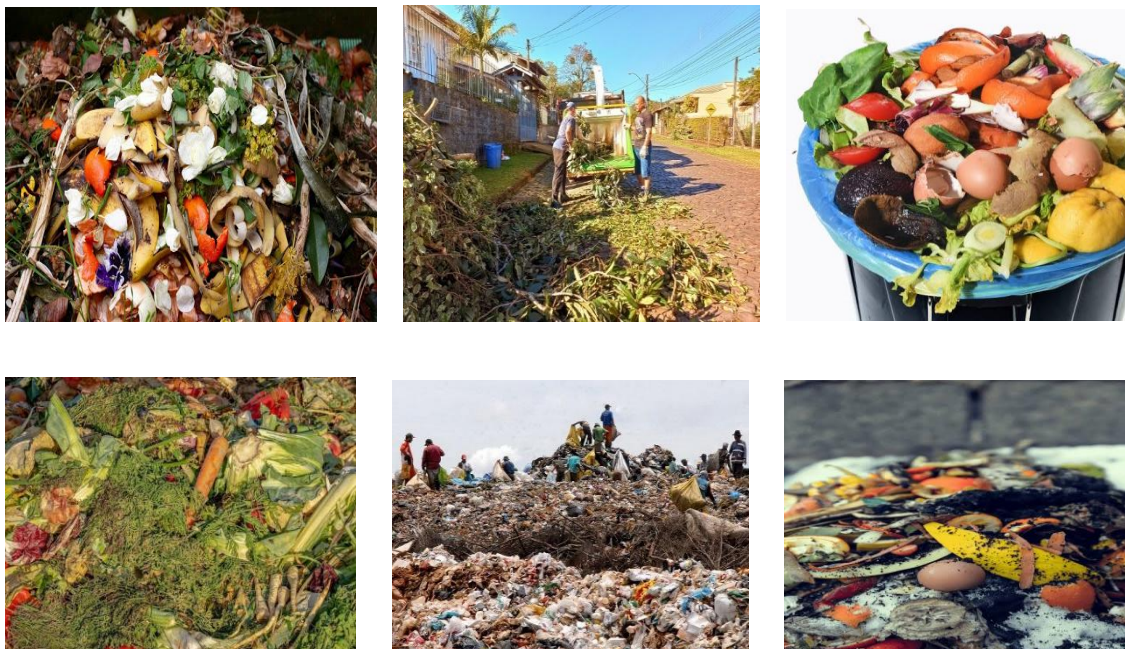
#### Manuais para o cálculo

- DUNAEV, P., & O.P, L. (2006). *Projecto de unidades e peças de máquinas*. Rússia: Publishing Center Academy.

- KUZMAZ, L., & SKOEIBEDA, A. (2005). *Projecto de peças de máquinas* (2a ed.). Rússia.
- RESHETOV, D. N. (1979). *Atlas de Construção de Máquinas* (Vol. I). Brasil, Rio de Janeiro: Renoovada Livros Culturais.
- RESHETOV, D. N. (1979). *Atlas de Construção de Máquinas* (Vol. II). Brasil, Rio de Janeiro: RENovada Livros Culturais.
- RESHETOV, D. N. (1979). *Atlas de Construção de Máquinas* (Vol. III). Brasil, Rio de Janeiro: Renovada Livros Culturais.
- SHEINBLIT, A. (2004). *Projecto do curso de peças de máquinas* (2a ed.). Kaliningrado: Amber Skaz.
- SITÕE, R. V. (2005). *Transmissões por Correias*. Moçambique, Maputo; Universidade Eduardo Mondlane: Departamento de Engenharia Mecânica.
- SITÕE, R. V. (2011). *Lubrificação*. Moçambique, Maputo: FE-UEM: Engenharia Mecânica.
- Sitõe, R. V., & Iatsina, I. V. (1996). *Guia para o Cálculo Cinemático de Accionamentos*. Moçambique, Maputo: Departamento de Engenharia Mecânica.
- Catálogos da SKF, caixas de mancais e unidades de rolamentos, 2019.
- Catálogo da novex 2015 – rodízios e rodas.
- Catálogo da Weg Motores.
- Recomendações do docente da disciplina de Projecto Mecânico, órgãos de máquinas e Desenho de Máquinas I e II da UEM- Faculdade de engenharia.

# Anexos

## Anexos A. Tipos de resíduos orgânicos



*Fonte: obtidas pelo autor (lixeira de Hulene, mercado Zimpeto e, 2024)*

## Anexo B. Ciclo da matéria orgânica, passando da compostagem



(Fonte: Brasil, Ministério de Ambiente, 2009)

# Anexo C. Escolha do motor eléctrico

## Motor trifásico IP55



Potência CV	KW	Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I <sub>b</sub> / I <sub>a</sub>	Conjugado nominal C <sub>n</sub> (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C <sub>b</sub> / C <sub>a</sub>	Conjugado máximo C <sub>max</sub> /C <sub>n</sub>	Rendimento η %			Fator de potência Cos φ			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
									% da potência nominal										
									50	75	100	50	75	100					



### 2 Pólos - 60 Hz

0.16	0.12	63	3420	0.77	5.3	0.03	4.0	4.0	45.0	53.0	58.1	0.53	0.63	0.70	1.15	0.00010	21	56	6
0.25	0.18	63	3380	1.02	4.7	0.05	3.0	3.4	52.0	58.0	61.9	0.60	0.68	0.75	1.15	0.00012	16	56	6
0.33	0.25	63	3360	1.34	5.0	0.07	3.2	3.0	54.2	59.0	62.9	0.62	0.72	0.78	1.15	0.00014	12	56	7
0.5	0.37	63	3360	1.71	5.5	0.11	3.2	3.2	55.2	65.5	66.4	0.60	0.73	0.83	1.15	0.00019	9	56	7
0.75	0.55	71	3400	2.39	6.2	0.16	2.9	3.1	63.2	68.5	71.0	0.64	0.77	0.85	1.15	0.00037	8	60	10
1.0	0.75	71	3425	3.01	7.2	0.21	3.5	3.6	70.0	74.0	77.0	0.68	0.78	0.85	1.15	0.00052	8	60	11
1.5	1.1	80	3370	4.28	7.5	0.32	3.0	3.0	76.5	78.0	78.5	0.70	0.80	0.86	1.15	0.00079	8	62	14
2.0	1.5	80	3380	5.46	7.5	0.42	3.0	2.8	77.0	79.0	81.0	0.73	0.82	0.89	1.15	0.00096	7	62	15
3.0	2.2	90S	3465	8.43	7.8	0.62	3.0	3.0	78.5	80.0	81.5	0.66	0.77	0.84	1.15	0.00205	5	68	19
4.0	3.0	90L	3450	11.0	7.9	0.83	3.0	3.4	81.5	82.5	83.0	0.70	0.80	0.86	1.15	0.00266	4	68	22
5.0	3.7	100L	3485	12.9	8.0	1.03	2.6	2.8	81.0	84.8	85.6	0.75	0.83	0.88	1.15	0.00672	6	71	33
6.0	4.5	112M	3465	15.8	7.5	1.24	2.2	2.9	83.0	84.4	85.1	0.77	0.85	0.88	1.15	0.00727	10	69	39
7.5	5.5	112M	3500	19.1	8.0	1.53	2.6	3.4	84.0	86.2	86.7	0.72	0.80	0.87	1.15	0.00842	8	69	41
10	7.5	132S	3510	25.5	7.8	2.04	2.2	2.8	84.0	86.5	87.6	0.77	0.85	0.88	1.15	0.02243	12	72	63
12.5	9.2	132M	3520	31.2	7.8	2.54	2.4	3.0	85.8	87.5	88.0	0.77	0.84	0.88	1.15	0.02430	10	72	68
15	11	152M	3520	36.9	8.5	3.05	2.6	3.3	85.0	87.5	87.8	0.77	0.85	0.89	1.15	0.02804	5	72	73
20	15	160M	3540	50.3	7.8	4.05	2.3	3.0	85.4	88.6	89.0	0.75	0.84	0.88	1.15	0.04706	12	75	107
25	18.5	160M	3525	61.6	8.0	5.08	2.4	2.8	88.0	89.5	89.5	0.78	0.85	0.88	1.15	0.05295	12	75	114
30	22	160L	3530	72.1	8.5	6.08	2.5	3.0	90.2	91.0	91.0	0.78	0.85	0.88	1.15	0.06471	11	75	129
40	30	200M	3555	99.0	7.2	8.06	2.9	2.9	88.5	90.0	90.4	0.80	0.86	0.88	1.15	0.17042	15	81	215
50	37	200L	3555	120	7.5	10.1	3.0	2.9	90.0	91.5	92.2	0.81	0.86	0.88	1.15	0.20630	23	81	247
60	45	225S/M	3560	142	8.0	12.1	2.6	3.0	88.6	91.0	92.5	0.82	0.87	0.90	1.00	0.34063	21	85	390
75	55	225S/M	3560	173	8.0	15.1	2.5	2.7	90.0	92.0	92.8	0.85	0.89	0.90	1.00	0.44846	16	85	405
100	75	250S/M	3560	231	8.2	20.1	3.0	3.3	91.0	92.5	93.5	0.85	0.90	0.91	1.00	0.50227	13	85	453
125	90	280S/M	3575	286	8.0	25.0	2.5	3.0	90.0	92.0	93.7	0.80	0.86	0.88	1.00	1.27083	30	86	708
150	110	280S/M	3570	344	7.8	30.1	2.5	2.7	89.0	92.0	93.3	0.82	0.86	0.90	1.00	1.27083	34	86	708
175	132	315S/M	3570	409	7.9	35.1	2.5	2.6	91.5	93.1	94.0	0.83	0.88	0.90	1.00	1.41204	15	89	797
200	150	315S/M	3575	464	7.8	40.1	2.7	2.8	91.5	93.2	94.2	0.84	0.88	0.90	1.00	1.64738	17	89	867
250	185	315S/M	3575	572	8.5	50.1	2.8	3.0	92.0	93.7	94.3	0.82	0.88	0.90	1.00	2.11806	18	89	995
300	220	355M/L	3580	662	7.2	60.0	1.7	2.5	91.0	92.7	93.8	0.88	0.91	0.93	1.00	4.36696	70	96	1482
350	260	355M/L	3580	781	7.6	70.0	2.3	2.4	91.8	93.8	94.0	0.89	0.92	0.93	1.00	5.17105	60	96	1626

### 4 Pólos - 60 Hz

0.16	0.12	63	1720	0.89	4.5	0.07	3.2	3.4	45.0	52.0	57.0	0.46	0.55	0.62	1.15	0.00046	31	48	7
0.25	0.18	63	1710	1.14	4.5	0.10	2.8	3.0	53.0	60.0	64.0	0.47	0.57	0.65	1.15	0.00056	18	48	8
0.33	0.25	63	1710	1.44	4.5	0.14	2.9	2.9	59.0	64.0	67.0	0.48	0.59	0.68	1.15	0.00067	20	48	8
0.50	0.37	71	1720	2.07	5.0	0.21	2.7	3.0	56.0	64.0	66.0	0.48	0.59	0.69	1.15	0.00079	10	47	10
0.75	0.55	71	1705	2.90	5.5	0.31	3.0	3.2	62.0	69.0	71.0	0.49	0.60	0.70	1.15	0.00096	10	47	11
1.0	0.75	80	1720	3.02	7.2	0.42	2.5	2.9	72.0	77.5	79.5	0.62	0.74	0.82	1.15	0.00294	8	48	15
1.5	1.1	80	1720	4.43	7.8	0.62	2.9	3.2	72.0	77.0	79.5	0.60	0.73	0.82	1.15	0.00328	5	48	16
2.0	1.5	90S	1740	6.12	6.4	0.82	2.5	3.0	77.0	81.0	82.5	0.60	0.72	0.78	1.15	0.00560	7	51	21
3.0	2.2	90L	1725	8.70	6.8	1.25	2.6	2.8	79.0	82.0	83.0	0.64	0.75	0.80	1.15	0.00672	6	51	23
4.0	3.0	100L	1725	11.8	7.5	1.66	2.6	2.8	82.0	83.0	83.5	0.61	0.73	0.80	1.15	0.00918	7	54	31
5.0	3.7	100L	1715	14.0	7.6	2.09	2.9	3.1	82.5	84.3	85.5	0.63	0.75	0.81	1.15	0.00995	7	54	33
6.0	4.5	112M	1745	16.7	7.4	2.46	2.2	2.8	85.0	86.0	86.2	0.66	0.77	0.82	1.15	0.01741	11	58	44
7.5	5.5	112M	1740	20.0	7.0	3.09	2.2	2.8	86.6	87.5	88.0	0.63	0.74	0.82	1.15	0.01741	11	58	44
10	7.5	132S	1760	26.6	8.0	4.07	2.2	3.0	86.0	88.0	89.0	0.66	0.77	0.83	1.15	0.04852	5	61	62
12.5	9.2	132M	1755	33.3	8.7	5.10	2.5	2.9	86.3	87.8	88.5	0.62	0.73	0.82	1.15	0.05427	5	61	69
15	11	132M	1755	39.3	8.3	6.12	2.3	2.8	86.8	88.2	88.5	0.68	0.80	0.83	1.15	0.06815	5	61	72
20	15	160M	1760	52.6	6.3	8.14	2.3	2.2	88.0	89.3	90.2	0.69	0.79	0.83	1.15	0.09635	13	69	114
25	18.5	160L	1755	64.3	6.3	10.2	2.3	2.4	89.0	90.0	91.0	0.70	0.79	0.83	1.15	0.11542	15	69	128
30	22	180M	1765	75.5	7.5	12.2	2.8	2.8	89.3	90.0	91.0	0.70	0.80	0.84	1.15	0.16145	12	68	158
40	30	200M	1770	101	6.6	16.2	2.3	2.5	89.5	90.5	91.7	0.72	0.82	0.85	1.15	0.27579	19	71	216
50	37	200L	1770	122	6.6	20.2	2.3	2.3	90.2	91.5	92.4	0.75	0.83	0.86	1.15	0.33095	16	71	252
60	45	225S/M	1775	146	7.2	24.2	2.3	2.7	91.0	92.2	93.0	0.75	0.84	0.87	1.00	0.69987	20	75	393
75	55	225S/M	1775	176	7.4	30.3	2.2	2.7	90.3	92.0	93.0	0.76	0.84	0.88	1.00	0.80485	15	75	396
100	75	250S/M	1780	242	8.8	40.2	3.2	3.2	92.0	93.0	93.5	0.74	0.83	0.87	1.15	1.15478	12	75	496
125	90	280S/M	1780	293	7.3	50.3	2.2	2.5	91.5	92.9	93.8	0.75	0.83	0.86	1.00	1.92710	25	80	658
150	110	280S/M	1785	353	8.0	60.2	2.6	2.7	91.5	93.5	94.1	0.78	0.84	0.87	1.00	2.56947	20	80	753
175	132	315S/M	1785	433	7.5	70.2	2.5	2.5	91.0	93.0	94.1	0.79	0.83	0.85	1.00	2.81036	14	82	859
200	150	315S/M	1785	484	7.5	80.2	2.4	2.6	90.5	93.0	94.5	0.75	0.83	0.86	1.00	3.21184	19	82	924
250	185	315S/M	1785	597	8.3	100	2.8	2.8	91.0	93.0	94.5	0.76	0.84	0.86	1.00	3.77391	22	82	1010
300	220	355M/L	1790	691	7.0	120	2.2	2.3	93.0	94.5	95.0	0.79	0.85	0.88	1.00	6.33813	48	83	1428
350	260	355M/L	1790	815	7.3	140	2.3	2.4	92.9	94.6	95.1	0.77	0.85	0.88	1.00	7.45663	32	83	1544
400	300	355M/L	1790	939	6.6	160	2.1	2.1	93.3	94.7	95.3	0.81	0.86	0.88	1.00	9.32079	37	83	1723
450	330	355M/L	1790	1090	7.1	180	2.1	2.1	93.8	94.8	95.4	0.77	0.85	0.88	1.00	10.25267	39	83	1837
500	370	355M/L	1790	1160	6.6	200	2.1	2.2	93.9	95.0	95.4	0.79	0.85	0.88	1.00	11.18495	31	83	1923

\* Motores com sobrelevação de temperatura ΔT de 105K

Os valores apresentados estão sujeitos à

Anexo D. Escolha do tipo e dos parâmetros da correia

**TRANSMISSÕES POR CORREIAS**

**ESQUEMA DAS SEÇÕES DE CORREIAS TRAPEZOIDAIS PARA TRANSMISSÕES**

**FIG. 1 TECIDA COM CORDA**

**FIG. 2 GUARNECIDA COM CORDA**

**FIG. 3 GUARNECIDA COM CORDA**

**FIG. 4 COM DENTES**

**FIG. 5 NORMAIS**

**FIG. 6 ESTREITA**

**SEÇÕES DE CORREIAS TRAPEZOIDAIS PARA TRANSMISSÕES CONF. GOST 1284-57**

**FIG. 7**

**FIG. 8**

**OBSERVAÇÕES:**

- Em comprimentos até 1700 mm, o comprimento calculado é igual ao comprimento interno de correia mais 25,33 mm.
- Nas tabelas ΔL é a diferença entre o comprimento de correias de um conjunto.

**SEÇÕES DE CORREIAS TRAPEZOIDAIS PARA TRANSMISSÕES CONF. GOST 5813-64**

Seção	MEDIDAS Em mm.					
	Z	A	B	C	D	E
σ <sub>a</sub>	8,5	11	14	19	27	42
a	10	13	17	22	32	50
h	6	8	10,5	13,5	19	23,5
φ	2,1	2,8	4,1	4,8	6,9	8,3
g	4,0*	4,0*	4,0*	4,0*	4,0*	4,0*

**MEDIDAS DE CORREIAS TRAPEZOIDAIS PARA VENTILADORES CONF. GOST 5813-64**

Tipo de correia	Estreita		Normal	
	Medida de seção a x b	Medida	Medida de seção a x b	Medida
10,5 x 8	13 x 10	17 x 13	15 x 9	17 x 10
8,5	11	14	12,5	14
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
710-1500	750-1650	1000-2000	825-1170	875-1400
Dens. limite calculados		1000-1000		

**COMPRIMENTOS PADRÃO DE CORREIAS TRAPEZOIDAIS CONF. GOST 1284-57 (EM mm)**

Compr. calculado de correia	Designação de seção de correias						Variação tolerável	Máxima
	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F		
1700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+25	5
1900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-15	7,5
2100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+30	10
2300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-15	12,5
2500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+50	15
2700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-25	17,5
2900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+80	20
3100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-30	22,5
3300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	25
3500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	27,5
3700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	30
3900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	32,5
4100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	35
4300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	37,5
4500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	40
4700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	42,5
4900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	45
5100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	47,5
5300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	50
5500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	52,5
5700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	55
5900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	57,5
6100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	60
6300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	62,5
6500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	65
6700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	67,5
6900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	70
7100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	72,5
7300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	75
7500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	77,5
7700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	80
7900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	82,5
8100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	85
8300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	87,5
8500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	90
8700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	92,5
8900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	95
9100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	97,5
9300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	100
9500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	102,5
9700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	105
9900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	107,5
10100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	110
10300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	112,5
10500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	115
10700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	117,5
10900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	120
11100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	122,5
11300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	125
11500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	127,5
11700	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	130
11900	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	132,5
12100	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	135
12300	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	-57,5	137,5
12500	Z, A, B	Z, A, B, C	A, B, C	A, B, C, D	B, C, D, E	C, D, E, F	+87,5	140

**COMPRIMENTOS DE CORREIAS TRAPEZOIDAIS DE DUPLA FACE (EM mm)**

Comprimento calculado da correia	Comprimento interno para seção					
	AA	BB	CC	DD	DD	DD
1700	1667	1659				
1900	1867	1759				
2100	2067	1959	1845			
2300	2267	2159	1945			
2500	2467	2359	2045			
2700	2667	2559	2145			
2900	2867	2759	2245			
3100	3067	2959	2345			
3300	3267	3159	2445			
3500	3467	3359	2545			
3700	3667	3559	2645			
3900	3867	3759	2745			
4100	4067	3959	2845			
4300	4267	4159	2945			
4500	4467	4359	3045			
4700	4667	4559	3145			
4900	4867	4759	3245			
5100	5067	4959	3345			
5300	5267	5159	3445			
5500	5467	5359	3545			
5700	5667	5559	3645			
5900	5867	5759	3745			
6100	6067	5959	3845			
6300	6267	6159	3945			
6500	6467	6359	4045			
6700	6667	6559	4145			
6900	6867	6759	4245			
7100	7067	6959	4345			
7300	7267	7159	4445			
7500	7467	7359	4545			
7700	7667	7559	4645			
7900	7867	7759	4745			
8100	8067	7959	4845			
8300	8267	8159	4945			
8500	8467	8359	5045			
8700	8667	8559	5145			
8900	8867	8759	5245			
9100	9067	8959	5345			
9300	9267	9159	5445			
9500	9467	9359	5545			
9700	9667	9559	5645			
9900	9867	9759	5745			
10100	10067	9959	5845			
10300	10267	10159	5945			
10500	10467	10359	6045			
10700	10667	10559	6145			
10900	10867	10759	6245			
11100	11067	10959	6345			
11300	11267	11159	6445			
11500	11467	11359	6545			
11700	11667	11559	6645			
11900	11867	11759	6745			
12100	12067	11959	6845			
12300	12267	12159	6945			
12500	12467	12359	7045			

**OBSERVAÇÕES:**

- A potência transmitida pelas correias AA, BB, CC e DD é 25% superior à das correias A, B, C e D.
- As correias de dois lados são fabricadas sob encomenda especial.

**CORREIAS TRAPEZOIDAIS PARA TRANSMISSÕES** **FOLHA 100**

Anexo E. Escolha dos parâmetros das polias

TRANSMISSÕES POR CORREIAS

**PERFIL DE RANHURAS DE POLÍAS**

DE FUNDIÇÃO E TORNEADAS

**PERFIL DAS GARGANTAS DE POLÍAS FUNDIDAS E TORNEADAS**

Medidas em mm.

Desig. da sec.	MEDIDAS EM mm.									
	Para gargantas normais					Para gargantas profundas				
	C	E	L	S	W	C	E	L	S	W
O	5,5	10	12	8	5,5	5	13	15	9	63-70
A	3,5	12,5	16	10	6	7,5	17	19	12	90-112
B	5	16	20	12,5	7,5	10	22	24	15	125-160
C	6	21	26	17	10	12,5	27	30	20	160-224
D	8,5	28,5	34,5	24	12	17,5	36	44	27	224-315
E	10	34	44,5	29	15	20	45	52	32	315-450
F	12,5	43	58	38	19	25	58	67	40	450-630

Angulo de garganta  $\psi$  em graus: 34, 36, 38, 40

Sobre o diâmetro calculado  $D$  em mm: 80-100, 112-160, 160-400, 450-560, 560-800, 800-1120, 1120-1600

**VERIFICAÇÃO DAS GARGANTAS DE POLÍAS**

DE FUNDIÇÃO E TORNEADAS

Os diâmetros de polias são calculados pelas fórmulas:  
 $D = D_H - 2c$ ,  $D = D_H - 2x + 2m$ ,  $D = f - 2x$ ,  $D_H$ ,  $c$ ,  $m$ ,  $f$  — medidasáveis conforme medições  $x$  — da tabela

A verificação são submediadas todas as gargantas das polias. A verificação de diâmetros calculados de gargantas é feita de um dos seguintes modos, com ajuda de um rolo de medida  $C$ ,  $m$  ou  $f$ .

- Com um medidor de profundidade especial de ponta medidora.
- Com um indicador fixado no suporte ou com um aparelho especial com indicador de ponta plana (este aparelho se prepara conforme a medida nominal  $m = x - c$ ).
- Com uma braçadeira micrométrica ou indicador de calibre. (Adota-se para polias de diâmetros pequenos e médios e diante da superfície não cilíndrica.)

A verificação admittível do ângulo  $\psi$  de gargantas é  $\pm 1'$ . O ângulo de gargantas é verificado conforme a ponta medidora do indicador de profundidade ou com um calibre de duplo cone.

$\beta_1 = \frac{\psi}{2} \text{ nom} - 30'$   
 $\beta_2 = \frac{\psi}{2} \text{ nom} + 30'$

Verificam-se todas as gargantas da polia

**DIÂMETRO CALCULADO DA POLIA MENOR EM mm**

CONF. GOST 5813-64

Seção	A	B	C	D	E	F
$D_{\text{mín}}$	63	90	125	160	200	250

**DIÂMETRO CALCULADO DA POLIA MENOR EM mm**

CONF. GOST 5813-64

Correia	Estreitas	Normais
$a \times b$	10x8	10x10
$b$ em mm	71	90
$b$ em mm	90	140
$b$ em mm	140	80
$b$ em mm	80	90
$b$ em mm	105	125
$b$ em mm	140	150

**DIÂMETROS DE ROLOS E MEDIDAS DE POLIAS EM mm**

NA MEDIÇÃO COM ROLOS PARA CORREIAS PADRONIZADAS TRAPEZOIDAIS

Medidas em mm	Para a seção da correia					
	0	A	B	C	D	E
$d$	9	14,6	19,7	20	26,5	33,8
$x$	6,0	7,6	9,6	13,1	16,8	22,3
Para ranhuras normais	3,5	4,1	4,6	7,1	10,3	12,3
Para ranhuras profundas	1,0	0,1	0,4	0,6	1,3	2,3

Diferença nas medidas de gargantas de uma mesma polia conforme GOST 1284-57

Dif. sup. nas medidas em mm	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
A DIFERENÇA SUPERIOR ADMITÍVEL NAS MEDIDAS $f$ , E DUAS VEZES MAIOR						

**DIÂMETROS CALCULADOS DE POLÍAS E TOLERÂNCIAS ADMITÍVEIS EM mm**

$D$	$D_0$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$
63	280	1120			
71	+0,8	315	+3	1250	+7
80		355		1400	
90		400		1600	
100	+1	450	+4	1800	+6
112		500		2000	
125		560		2200	
140	+1,5	630	+5	2500	+9
150		710		2800	
160		800		3150	
200		900	+6	3550	+10
225	+2	1000		4000	
250					

**LARGURA DAS POLÍAS DE FUNDIÇÃO E TORNEADAS EM mm**

Sobre o n.º de ranhuras  $Z$ :

Seção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
O	18	28	40	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A	20	36	52	68	94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B	25	45	65	85	105	125	145	165	—	—	—	—	—	—	—	—
C	34	60	88	112	138	164	190	216	242	268	—	—	—	—	—	—
D	48	85,5	123	160,5	198	235,5	273	310,5	348	385,5	423	460,5	—	—	—	—
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

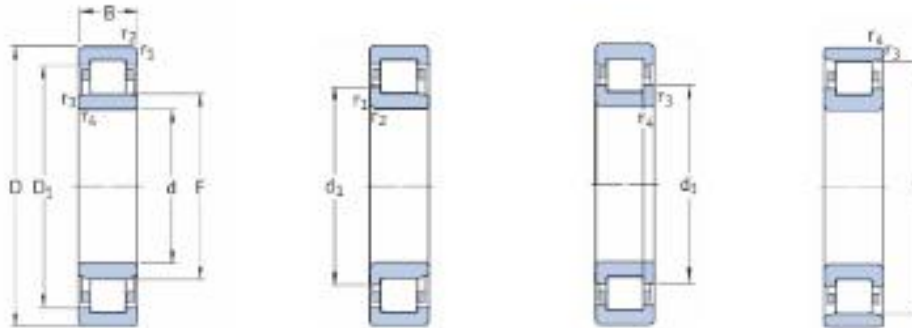
CONSTRUÇÃO DE POLÍAS PARA CORREIAS TRAPEZOIDAIS VERIFICAÇÃO DE RANHURAS

FOLHA 104



## Anexo F. Escolha dos rolamentos

### 5.1 Rolamentos de uma carreira de rolos cilíndricos d de 25 a 30 mm

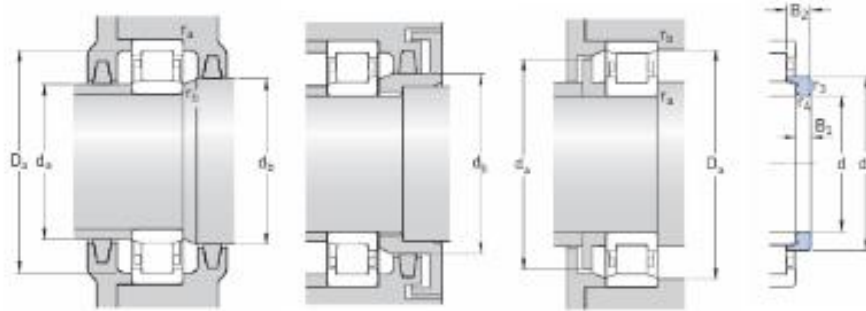


Dimensões principais	Classificações básicas de carga		Limite de carga de fadiga $P_0$	Classificações de velocidade		Massa	Designações Rolamento com gaiola padrão	Gaiola padrão alternativa <sup>1)</sup>			
	dinâmica C	estática $C_0$		Velocidade de referência	Velocidade-limite						
d D B	kN	kN	kN	r/min	r/min	kg	-	-			
mm	mm	mm	kN	r/min	r/min	kg	-	-			
25 cont.	52	18	34,1	34	4,25	14 000	16 000	0,16	NU 2205 ECP	ML	
	52	18	34,1	34	4,25	14 000	16 000	0,17	NJ 2205 ECP	ML	
	52	18	34,1	34	4,25	14 000	16 000	0,17	NUP 2205 ECP	ML	
	62	17	46,5	36,5	4,55	12 000	15 000	0,23	* NU 305 ECP	J, ML	
	62	17	46,5	36,5	4,55	12 000	15 000	0,24	* NJ 305 ECP	J, ML	
	62	17	46,5	36,5	4,55	12 000	15 000	0,25	* NUP 305 ECP	J, ML	
	62	17	46,5	36,5	4,55	12 000	15 000	0,24	* N 305 ECP	-	
	62	24	64	55	6,95	12 000	15 000	0,34	* NU 2305 ECP	J, ML	
	62	24	64	55	6,95	12 000	15 000	0,35	* NJ 2305 ECP	J, ML	
	62	24	64	55	6,95	12 000	15 000	0,36	* NUP 2305 ECP	J, ML	
	30	55	13	17,9	17,3	1,86	15 000	15 000	0,12	NU 1006	-
		62	16	44	36,5	4,5	13 000	14 000	0,2	* NU 206 ECP	J, ML, PH
62		16	44	36,5	4,5	13 000	14 000	0,21	* NJ 206 ECP	J, ML, PH	
62		16	44	36,5	4,5	13 000	14 000	0,21	* NUP 206 ECP	J, ML, PH	
62		16	44	36,5	4,5	13 000	14 000	0,2	* N 206 ECP	-	
62		20	55	49	6,1	13 000	14 000	0,26	* NU 2206 ECP	J, ML, PH	
62		20	55	49	6,1	13 000	14 000	0,26	* NJ 2206 ECP	J, ML, PH	
62		20	55	49	6,1	13 000	14 000	0,27	* NUP 2206 ECP	J, ML, PH	
72		19	58,5	48	6,2	11 000	12 000	0,36	* NU 306 ECP	J, M, ML	
72		19	58,5	48	6,2	11 000	12 000	0,37	* NJ 306 ECP	J, M, ML	
72		19	58,5	48	6,2	11 000	12 000	0,38	* NUP 306 ECP	J, M, ML	
72		19	58,5	48	6,2	11 000	12 000	0,36	* N 306 ECP	-	
72	27	83	75	9,65	11 000	12 000	0,53	* NU 2306 ECP	ML		
72	27	83	75	9,65	11 000	12 000	0,54	* NJ 2306 ECP	ML		
72	27	83	75	9,65	11 000	12 000	0,55	* NUP 2306 ECP	ML		
90	23	60,5	53	6,8	9 000	11 000	0,75	NU 406	MA		
90	23	60,5	53	6,8	9 000	11 000	0,79	NJ 406	MA		



<sup>1)</sup> Ao encomendar rolamentos com uma gaiola padrão alternativa, o sufixo da gaiola padrão deverá ser substituído pelo sufixo da gaiola alternativa. Por exemplo, NU...ECP torna-se NU...ECML (para a velocidade permitida → página 400).  
\* Rolamentos SKF Explorer

## Anexo G. Escolha dos parâmetros dos rolamentos



5.1

Anel de encosto

Dimensões				Dimensões de encosto e raio								Fator de cálculo	Anel de encosto	Dimensões			
d	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	F.E	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>1,4</sub> min.	s <sup>[1]</sup>	d <sub>2</sub> min.	d <sub>3</sub> máx.	d <sub>2</sub> , D <sub>2</sub> min.	D <sub>3</sub> máx.	r <sub>3</sub> máx.	r <sub>2</sub> máx.	k <sub>r</sub>	Designação	Massa	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
mm																	
25 cont.	34,7	43,8	31,5	1	0,6	1,8	28,9	30,4	33	46,4	1	0,6	0,2	HJ 2205 EC	0,014	3	6,5
	34,7	43,8	31,5	1	0,6	1,8	29,9	30,4	36	46,4	1	0,6	0,2	HJ 2205 EC	0,014	3	6,5
	34,7	43,8	31,5	1	0,6	-	29,9	-	36	46,4	1	0,6	0,2	-	-	-	-
25	38,1	50,7	34	1,1	1,1	1,3	31	32,5	36	54,9	1	1	0,15	HJ 305 EC	0,025	4	7
	38,1	50,7	34	1,1	1,1	1,3	31	32,5	40	54,9	1	1	0,15	HJ 305 EC	0,025	4	7
	38,1	50,7	34	1,1	1,1	-	31	-	40	54,9	1	1	0,15	-	-	-	-
	38,1	-	54	1,1	1,1	1,3	31	52	56	56,4	1	1	0,12	-	-	-	-
25	38,1	50,7	34	1,1	1,1	2,3	31	32,5	36	54,9	1	1	0,25	HJ 2305 EC	0,023	4	8
	38,1	50,7	34	1,1	1,1	2,3	31	32,5	40	54,9	1	1	0,25	HJ 2305 EC	0,023	4	8
	38,1	50,7	34	1,1	1,1	-	31	-	40	54,9	1	1	0,25	-	-	-	-
30	-	45,6	36,5	1	0,6	2,1	32,9	35,4	38	49,8	1	0,6	0,1	-	-	-	-
	41,2	52,5	37,5	1	0,6	1,3	34,3	36,1	39	55,9	1	0,6	0,15	HJ 206 EC	0,025	4	7
	41,2	52,5	37,5	1	0,6	1,3	35,3	36,1	43	55,9	1	0,6	0,15	HJ 206 EC	0,025	4	7
	41,2	52,5	37,5	1	0,6	-	35,3	-	43	55,9	1	0,6	0,15	-	-	-	-
	41,2	-	55,5	1	0,6	1,3	35,3	54	57	58,1	1	0,6	0,12	-	-	-	-
	-	52,5	37,5	1	0,6	1,8	34,3	36,1	39	55,9	1	0,6	0,2	-	-	-	-
	41,2	52,5	37,5	1	0,6	1,8	35,3	36,1	43	55,9	1	0,6	0,2	-	-	-	-
	41,2	52,5	37,5	1	0,6	-	35,3	-	43	55,9	1	0,6	0,2	-	-	-	-
	45	58,9	40,5	1,1	1,1	1,4	37	39	43	65,1	1	1	0,15	HJ 306 EC	0,042	5	8,5
	45	58,9	40,5	1,1	1,1	1,4	37	39	47	65,1	1	1	0,15	HJ 306 EC	0,042	5	8,5
45	58,9	40,5	1,1	1,1	-	37	-	47	65,1	1	1	0,15	-	-	-	-	
45	-	62,5	1,1	1,1	1,4	37	61	64	65,5	1	1	0,12	-	-	-	-	
-	58,9	40,5	1,1	1,1	2,4	37	39	43	65,1	1	1	0,25	-	-	-	-	
45	58,9	40,5	1,1	1,1	2,4	37	39	47	65,1	1	1	0,25	-	-	-	-	
45	58,9	40,5	1,1	1,1	-	37	-	47	65,1	1	1	0,25	-	-	-	-	
50,5	66,6	45	1,5	1,5	1,6	41	43	47	81	1,5	1,5	0,15	HJ 406	0,08	?	11,5	
50,5	66,6	45	1,5	1,5	1,6	41	43	53	81	1,5	1,5	0,15	HJ 406	0,08	7	11,5	



<sup>[1]</sup> Deslocamento axial permitido a partir da posição normal de um anel do rolamento em relação ao outro.

## Anexo H. Escolha da graxa de lubrificação

### Lubrificação

#### Graxas SKF – características e especificações técnicas

Designação	Descrição	Temperatura	Velocidade	Carga	Classe NGU	Faixa de temperaturas <sup>1)</sup>		Viscosidade do óleo base	
						LTL	HTPL	40 °C	100 °C
-	-	-	-	-	-	°C		mm <sup>2</sup> /s	
LGMT 2	Uso geral, industrial e automotiva	M	M	de L a M	2	-30	120	110	11
LGMT 3	Uso geral, industrial e automotiva	M	M	de L a M	3	-30	120	120	12
LGEP 2	Pressão extrema, carga pesada	M	de L a M	H	2	-20	110	200	16
LGWA 2	Ampla faixa de temperatura <sup>2)</sup> , pressão extrema	de M a H	de L a M	de L a H	2	-30	140	185	15
LGFP 2	Compatível com alimentos	M	M	de L a M	2	-20	110	130	7,3
LGGB 2	Biodegradável e ecológico, baixa toxicidade	de L a M	de L a M	de M a H	2	-40	90 <sup>3)</sup>	110	13
LGBB 2	Graxa para pá de turbina eólica e rolamento de guinada	de L a M	VL	de M a H	2	-40	120	68	10
LGLT 2	Baixa temperatura, velocidades extremamente altas	de L a M	de M a EH	L	2	-50	110	18	4,5
LGWM 1	Pressão extrema, baixa temperatura	de L a M	de L a M	H	1	-30	110	200	16
LGWM 2	Carga pesada, ampla faixa de temperatura	de L a M	de L a M	de M a H	2	-40	110	80	8,6
LGEM 2	Alta viscosidade, lubrificantes sólidos	M	VL	de H a VH	2	-20	120	500	32
LGEV 2	Viscosidade extremamente alta, lubrificantes sólidos	M	VL	de H a VH	2	-10	120	1.020	58
LGHB 2	EP de alta viscosidade, alta temperatura <sup>4)</sup>	de M a H	de VL a M	de L a VH	2	-20	150	400	26,5
LGHP 2	Graxa de políureia de alto desempenho	de M a H	de M a H	de L a M	2	-40	150	96	10,5
LGET 2	Temperatura extrema	VH	de L a M	de H a VH	2	-40	260	400	38

<sup>1)</sup> LTL: Limite da temperatura baixa HTPL: Limite de desempenho da temperatura alta

<sup>2)</sup> LGGB 2 pode suportar picos de temperatura de 120 °C

<sup>3)</sup> LGWA 2 pode suportar picos de temperatura de 220 °C

<sup>4)</sup> LGHB 2 pode suportar picos de temperatura de 200 °C

Tabela 4

Designação	Eixo vertical	Rotação rápida do anel externo	Movimentos oscilatórios	Vibrações fortes	Carga de choque ou início de operação frequente	baixo ruído	Baixo atrito	Propriedades de inibição de ferrugem
LGMT 2	○	-	-	+	-	-	○	+
LGMT 3	+	○	-	+	-	-	○	○
LGEP 2	○	-	○	+	+	-	○	+
LGWA 2	○	○	○	○	+	-	○	+
LGFP 2	○	-	-	-	-	-	○	+
LGGB 2	○	-	+	+	+	-	-	○
LGBB 2	-	-	+	+	+	-	-	+
LGLT 2	○	-	-	-	○	+	+	○
LGWM 1	-	-	+	-	+	-	-	+
LGWM 2	○	○	+	+	+	-	-	+
LGEM 2	○	-	+	+	+	-	-	+
LGEV 2	○	-	+	+	+	-	-	+
LGHB 2	○	+	+	+	+	-	-	+
LGHP 2	+	-	-	○	○	+	○	+
LGET 2	○	+	+	○	○	-	-	○

Símbolos: + Recomendado  
 ○ Adequado  
 - Não adequado



Anexo J. Escolha dos parâmetros das chavetas

UNIÕES POR CHAVETAS

**CHAVETAS PRISMÁTICAS ALTAS**  
Seções de chavetas e ranhuras conforme GOST 10748-64

**TABELA 2**

**CASO A** **CASO B**

Nos planos de trabalho fazer constar:  
Para o eixo,  $D - 1$  ou  $t$ ;  
Para casquilhos  $D + 1/4$ ;

**TABELA 1**  
**CHAVETAS PRISMÁTICAS** Medidas em mm  
Guilhotas com parafuso de retenção no eixo conforme GOST 8790-58

**CASO A** **CASO B**

No plano de trabalho fazer constar:  
Para o eixo,  $D - 1$  ou  $t$ ;  
Para o casquilho  $D + 1$ ;

Para diâmetros de eixo até 24 mm não padronizados

$d_1$	$d_2$	$d$	$h_1$	$h_2$	$l_1$	$l_2$	$l$
3,3	M3	3,6	6	6	7	M3x8	7,5
4,3	M4	4,6	6	6	7	M4x10	9,5
5,3	M4	5,6	6	6	7	M4x10	11,0
6,3	M5	6,6	6	6	7	M5x12	12,0
7,3	M6	7,6	7	7	8	M6x15	14,0
8,3	M6	8,6	7	7	8	M6x15	16,0
9,3	M8	9,6	7	7	8	M8x18	18,0
10,3	M8	10,6	7	7	8	M8x18	20,0
11,3	M10	11,6	7	7	8	M10x22	22,0
12,3	M10	12,6	7	7	8	M10x22	24,0
13,3	M12	13,6	7	7	8	M12x30	26,0
14,3	M12	14,6	7	7	8	M12x30	28,0

Para diâmetro de eixo de mais de 200 mm não padronizados

$d_1$	$d_2$	$d$	$h_1$	$h_2$	$l_1$	$l_2$	$l$
200	M20	200	10	10	11	M20x25	300
250	M25	250	12	12	13	M25x30	400
300	M30	300	14	14	15	M30x35	500
350	M35	350	16	16	17	M35x40	600
400	M40	400	18	18	19	M40x45	700
450	M45	450	20	20	21	M45x50	800
500	M50	500	22	22	23	M50x55	900
550	M55	550	24	24	25	M55x60	1000
600	M60	600	26	26	27	M60x65	1100
650	M65	650	28	28	29	M65x70	1200
700	M70	700	30	30	31	M70x75	1300
750	M75	750	32	32	33	M75x80	1400
800	M80	800	34	34	35	M80x85	1500
850	M85	850	36	36	37	M85x90	1600
900	M90	900	38	38	39	M90x95	1700
950	M95	950	40	40	41	M95x100	1800
1000	M100	1000	42	42	43	M100x105	1900
1050	M105	1050	44	44	45	M105x110	2000
1100	M110	1100	46	46	47	M110x115	2100
1150	M115	1150	48	48	49	M115x120	2200
1200	M120	1200	50	50	51	M120x125	2300
1250	M125	1250	52	52	53	M125x130	2400
1300	M130	1300	54	54	55	M130x135	2500
1350	M135	1350	56	56	57	M135x140	2600
1400	M140	1400	58	58	59	M140x145	2700
1450	M145	1450	60	60	61	M145x150	2800
1500	M150	1500	62	62	63	M150x155	2900
1550	M155	1550	64	64	65	M155x160	3000
1600	M160	1600	66	66	67	M160x165	3100
1650	M165	1650	68	68	69	M165x170	3200
1700	M170	1700	70	70	71	M170x175	3300
1750	M175	1750	72	72	73	M175x180	3400
1800	M180	1800	74	74	75	M180x185	3500
1850	M185	1850	76	76	77	M185x190	3600
1900	M190	1900	78	78	79	M190x195	3700
1950	M195	1950	80	80	81	M195x200	3800
2000	M200	2000	82	82	83	M200x205	3900
2050	M205	2050	84	84	85	M205x210	4000
2100	M210	2100	86	86	87	M210x215	4100
2150	M215	2150	88	88	89	M215x220	4200
2200	M220	2200	90	90	91	M220x225	4300
2250	M225	2250	92	92	93	M225x230	4400
2300	M230	2300	94	94	95	M230x235	4500
2350	M235	2350	96	96	97	M235x240	4600
2400	M240	2400	98	98	99	M240x245	4700
2450	M245	2450	100	100	101	M245x250	4800
2500	M250	2500	102	102	103	M250x255	4900
2550	M255	2550	104	104	105	M255x260	5000

**TABELA 3**  
**CHAVETA** 20x19x100 GOST 10748-64  
**CHAVETA** B 20x19x100 GOST 10748-64  
Desvios limites conforme GOST 7227-58 (v. folha 68).

$l$	Seção			Profund. ranhura			$\Gamma_1$			C ou F			
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$t$	$h$	$b$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	Até	De	Até	$C$ ou $F$
6	—	—	—	1,0	1,0	1,0	4,5	4,6	5,2	0,3	2,2	10,0	0,4
8	—	—	—	1,2	1,2	1,2	5,5	5,6	6,4	—	2,8	11,5	—
10	—	—	—	1,4	1,4	1,4	6,5	6,6	7,6	—	3,4	13,0	—
12	—	—	—	1,6	1,6	1,6	7,5	7,7	8,8	—	4,0	14,5	—
14	—	—	—	1,8	1,8	1,8	8,5	8,7	10,0	—	4,6	16,0	—
16	—	—	—	2,0	2,0	2,0	9,5	9,7	11,2	—	5,2	17,5	—
18	—	—	—	2,2	2,2	2,2	10,5	10,7	12,4	—	5,8	19,0	—
20	—	—	—	2,4	2,4	2,4	11,5	11,7	13,6	—	6,4	20,5	—
22	—	—	—	2,6	2,6	2,6	12,5	12,7	14,8	—	7,0	22,0	—
24	—	—	—	2,8	2,8	2,8	13,5	13,7	16,0	—	7,6	23,5	—
26	—	—	—	3,0	3,0	3,0	14,5	14,7	17,2	—	8,2	25,0	—
28	—	—	—	3,2	3,2	3,2	15,5	15,7	18,4	—	8,8	26,5	—
30	—	—	—	3,4	3,4	3,4	16,5	16,7	19,6	—	9,4	28,0	—
32	—	—	—	3,6	3,6	3,6	17,5	17,7	20,8	—	10,0	29,5	—
34	—	—	—	3,8	3,8	3,8	18,5	18,7	22,0	—	10,6	31,0	—
36	—	—	—	4,0	4,0	4,0	19,5	19,7	23,2	—	11,2	32,5	—
38	—	—	—	4,2	4,2	4,2	20,5	20,7	24,4	—	11,8	34,0	—
40	—	—	—	4,4	4,4	4,4	21,5	21,7	25,6	—	12,4	35,5	—
42	—	—	—	4,6	4,6	4,6	22,5	22,7	26,8	—	13,0	37,0	—
44	—	—	—	4,8	4,8	4,8	23,5	23,7	28,0	—	13,6	38,5	—
46	—	—	—	5,0	5,0	5,0	24,5	24,7	29,2	—	14,2	40,0	—
48	—	—	—	5,2	5,2	5,2	25,5	25,7	30,4	—	14,8	41,5	—
50	—	—	—	5,4	5,4	5,4	26,5	26,7	31,6	—	15,4	43,0	—
52	—	—	—	5,6	5,6	5,6	27,5	27,7	32,8	—	16,0	44,5	—
54	—	—	—	5,8	5,8	5,8	28,5	28,7	34,0	—	16,6	46,0	—
56	—	—	—	6,0	6,0	6,0	29,5	29,7	35,2	—	17,2	47,5	—
58	—	—	—	6,2	6,2	6,2	30,5	30,7	36,4	—	17,8	49,0	—
60	—	—	—	6,4	6,4	6,4	31,5	31,7	37,6	—	18,4	50,5	—
62	—	—	—	6,6	6,6	6,6	32,5	32,7	38,8	—	19,0	52,0	—
64	—	—	—	6,8	6,8	6,8	33,5	33,7	40,0	—	19,6	53,5	—
66	—	—	—	7,0	7,0	7,0	34,5	34,7	41,2	—	20,2	55,0	—
68	—	—	—	7,2	7,2	7,2	35,5	35,7	42,4	—	20,8	56,5	—
70	—	—	—	7,4	7,4	7,4	36,5	36,7	43,6	—	21,4	58,0	—
72	—	—	—	7,6	7,6	7,6	37,5	37,7	44,8	—	22,0	59,5	—
74	—	—	—	7,8	7,8	7,8	38,5	38,7	46,0	—	22,6	61,0	—
76	—	—	—	8,0	8,0	8,0	39,5	39,7	47,2	—	23,2	62,5	—
78	—	—	—	8,2	8,2	8,2	40,5	40,7	48,4	—	23,8	64,0	—
80	—	—	—	8,4	8,4	8,4	41,5	41,7	49,6	—	24,4	65,5	—
82	—	—	—	8,6	8,6	8,6	42,5	42,7	50,8	—	25,0	67,0	—
84	—	—	—	8,8	8,8	8,8	43,5	43,7	52,0	—	25,6	68,5	—
86	—	—	—	9,0	9,0	9,0	44,5	44,7	53,2	—	26,2	70,0	—
88	—	—	—	9,2	9,2	9,2	45,5	45,7	54,4	—	26,8	71,5	—
90	—	—	—	9,4	9,4	9,4	46,5	46,7	55,6	—	27,4	73,0	—
92	—	—	—	9,6	9,6	9,6	47,5	47,7	56,8	—	28,0	74,5	—
94	—	—	—	9,8	9,8	9,8	48,5	48,7	58,0	—	28,6	76,0	—
96	—	—	—	10,0	10,0	10,0	49,5	49,7	59,2	—	29,2	77,5	—
98	—	—	—	10,2	10,2	10,2	50,5	50,7	60,4	—	29,8	79,0	—
100	—	—	—	10,4	10,4	10,4	51,5	51,7	61,6	—	30,4	80,5	—
102	—	—	—	10,6	10,6	10,6	52,5	52,7	62,8	—	31,0	82,0	—
104	—	—	—	10,8	10,8	10,8	53,5	53,7	64,0	—	31,6	83,5	—
106	—	—	—	11,0	11,0	11,0	54,5	54,7	65,2	—	32,2	85,0	—
108	—	—	—	11,2	11,2	11,2	55,5	55,7	66,4	—	32,8	86,5	—
110	—	—	—	11,4	11,4	11,4	56,5	56,7	67,6	—	33,4	88,0	—
112	—	—	—	11,6	11,6	11,6	57,5	57,7	68,8	—	34,0	89,5	—
114	—	—	—	11,8	11,8	11,8	58,5	58,7	70,0	—	34,6	91,0	—
116	—	—	—	12,0	12,0	12,0	59,5	59,7	71,2	—	35,2	92,5	—
118	—	—	—	12,2	12,2	12,2	60,5	60,7	72,4	—	35,8	94,0	—
120	—	—	—	12,4	12,4	12,4	61,5	61,7	73,6	—	36,4	95,5	—
122	—	—	—	12,6	12,6	12,6	62,5	62,7	74,8	—	37,0	97,0	—
124	—	—	—	12,8	12,8	12,8	63,5	63,7	76,0	—	37,6	98,5	—
126	—	—	—	13,0	13,0	13,0	64,5	64,7	77,2	—	38,2	100,0	—
128	—	—	—	13,2	13,2	13,2	65,5	65,7	78,4	—	38,8	101,5	—
130	—	—	—	13,4	13,4	13,4	66,5	66,7	79,6	—	39,4	103,0	—
132	—												

# Anexo K. escolha das rodas



## Linha 312 Série Industrial Leve L

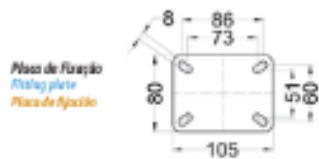
Light Industrial L | Industrial Liviana L



Rodízios da linha leve, construídos em chapas de aço estampadas e zincadas. A versão giratória possui duas placas de esferas e placa de fixação. Versátil, atende boa parte das aplicações de cargas leves e moderadas com tração manual, podendo ser fornecida, também, com a ferragem bicompatível ou pintada em epóxi (consultar cores disponíveis).

Light line casters built in stamped galvanized steel plates. The swivel version has two ball raceways and fixing plate. Versatile, attends several applications from light and moderate loads, with manual traction, can also be supplied with bichromated or epoxy painting fork (consult for available colors).

Ruedas Industriales de la línea Divina construídas en chapas de acero estampadas y galvanizadas. La versión rotatoria tiene dos placas de esferas y placa de fijación. Atiende diversas aplicaciones de cargas livianas y moderadas, con tracción manual, y también se puede fornecer con herraje bicompatible o con pintura epoxi. (consultar colores disponibles).



Placa de Fixação / Fixing plate / Placa de fijación



Construção do Cabeçote / Head Construction / Construcción del cabezal

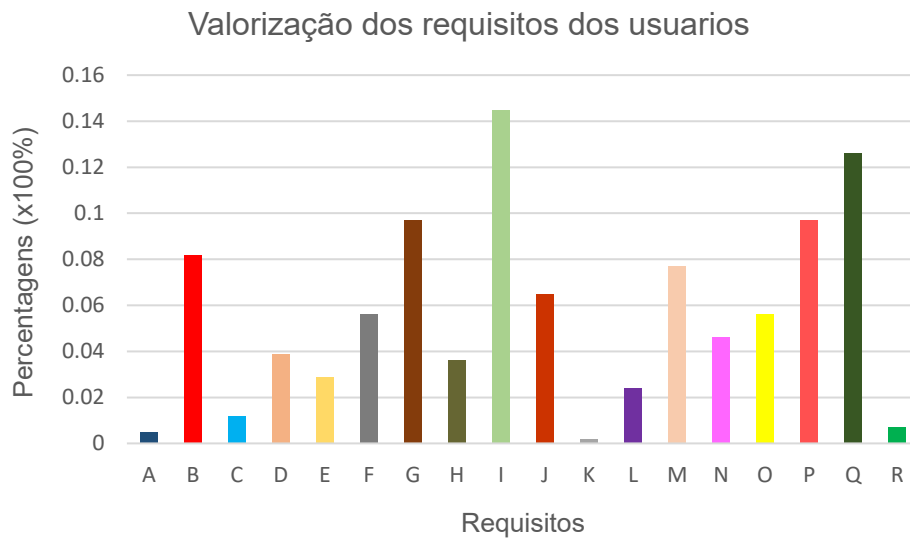


	Roda / Wheel / Rueda	Ø / Pk. (mm)	Large Load / Load / Carga	Material / Material / Material	Fork / Fork / Bico	Swivel / Swivel / Rotatoria	Load / Load / Carga	Roller / Roller / Roda	Roller / Roller / Roda		
	R 312 BPC	3" (75)	30		FL 312 BPC	GL 312 BPC	80	100	28		
	R 312 BPS									FL 312 BPS	GL 312 BPS
	R 312 UPC	3" (75)	30		FL 312 UPC	GL 312 UPC	80	100	28		
	R 312 UPS									FL 312 UPS	GL 312 UPS
	R 312 PPF	3" (75)	30		FL 312 PPF	GL 312 PPF	90	100	28		
	R 312 PPC									FL 312 PPC	GL 312 PPC
	R 312 PPS									FL 312 PPS	GL 312 PPS
	R 312 NPC	3" (75)	30		FL 312 NPC	GL 312 NPC	80	100	28		
	R 312 NPS									FL 312 NPS	GL 312 NPS
	R 312 NMF	3" (75)	30		FL 312 NMF	GL 312 NMF	150	100	28		
	R 312 NNC									FL 312 NNC	GL 312 NNC
	R 312 NNS									FL 312 NNS	GL 312 NNS
	R 312 NHF	3" (75)	30		FL 312 NHF	GL 312 NHF	150	100	28		
	R 312 NHF									FL 312 NHF	GL 312 NHF
	R 312 GIF	3" (75)	30		FL 312 GIF	GL 312 GIF	80	100	28		
	R 312 CCF	3" (75)	32		FL 312 CCF	GL 312 CCF	150	100	28		
	R 312 BIF	3" (75)	32		FL 312 BIF	GL 312 BIF	90	100	28		
	R 312 BIR									FL 312 BIR	GL 312 BIR
	R 312 BFM	3" (75)	30		FL 312 BFM	GL 312 BFM	90	100	28		
	R 312 BFL									FL 312 BFL	GL 312 BFL
	R 312 BFS									FL 312 BFS	GL 312 BFS
	R 312 UFN	3" (75)	30		FL 312 UFN	GL 312 UFN	170	100	28		
	R 312 UFL									FL 312 UFL	GL 312 UFL
	R 312 UFS	3" (75)	32		FL 312 UFS	GL 312 UFS	170	100	28		
	R 312 FFN									FL 312 FFN	GL 312 FFN
	R 312 FFZ	3" (75)	32		FL 312 FFZ	GL 312 FFZ	170	100	28		



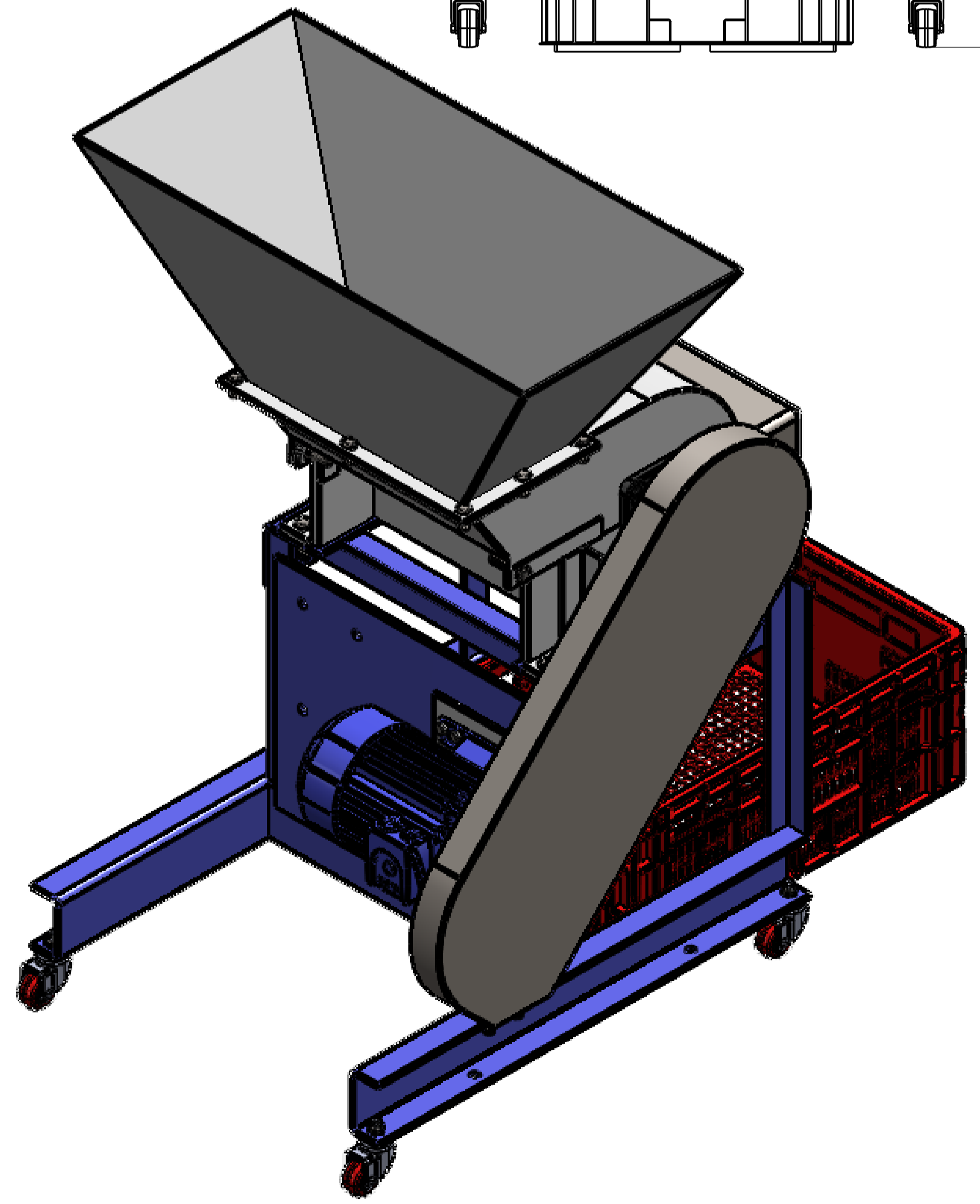
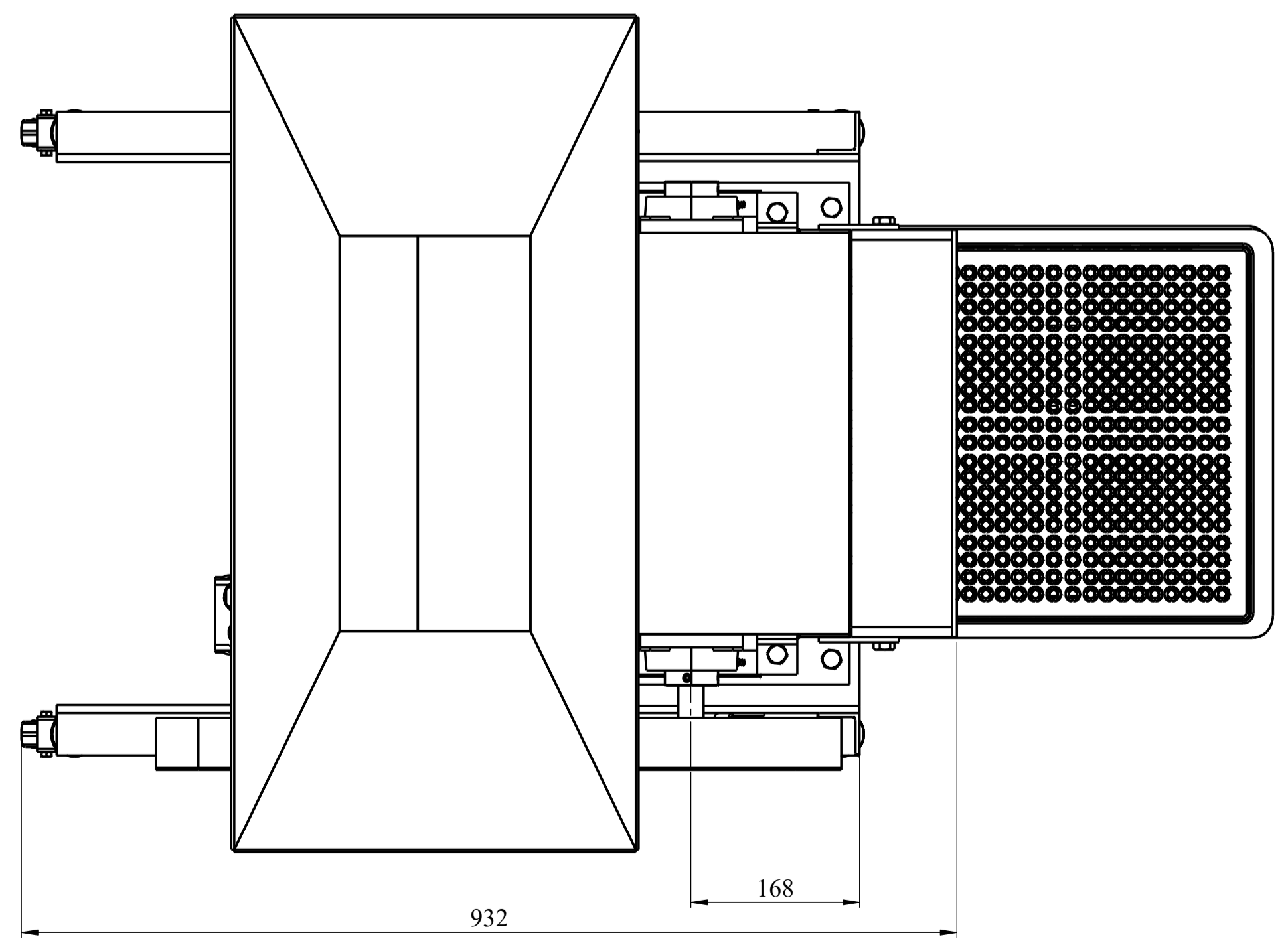
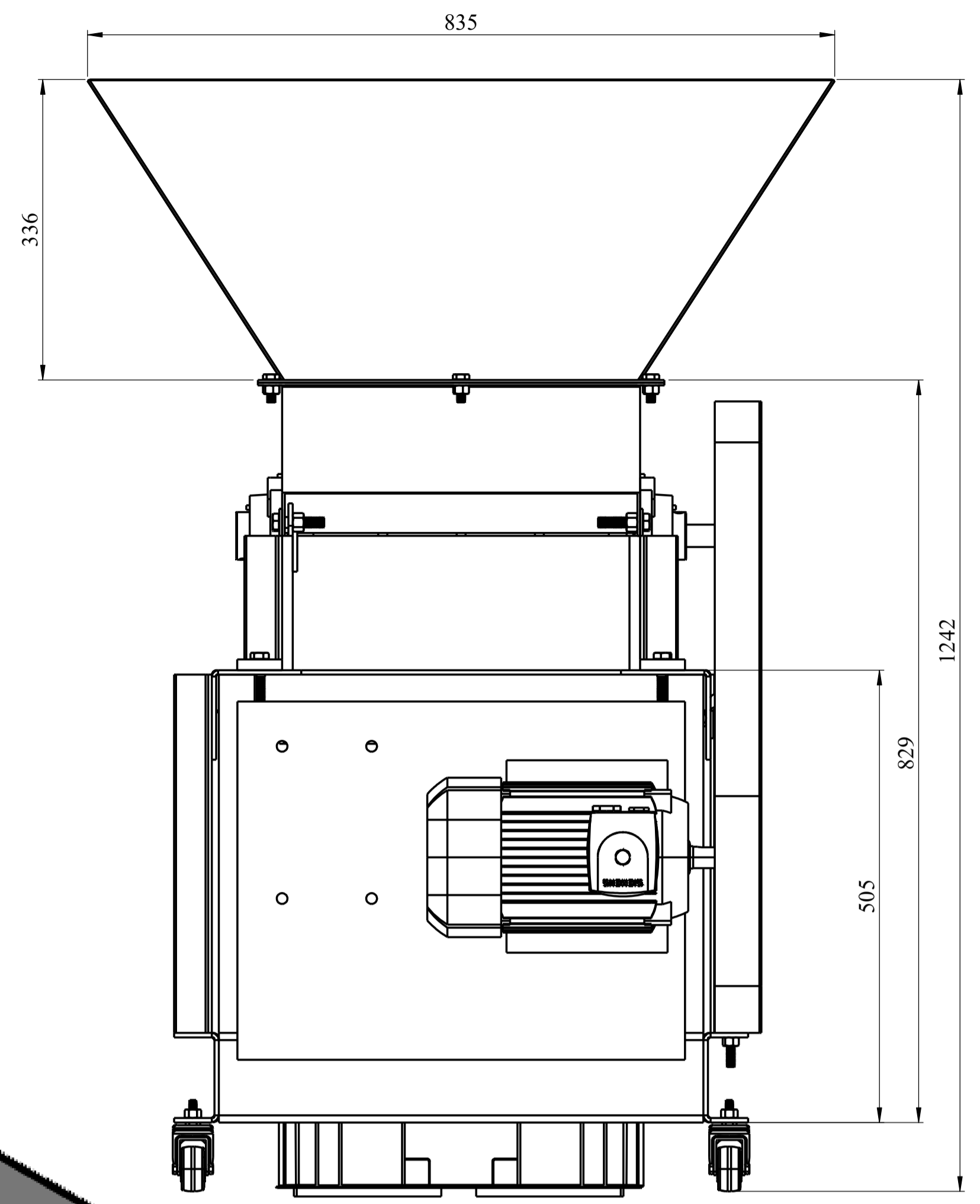
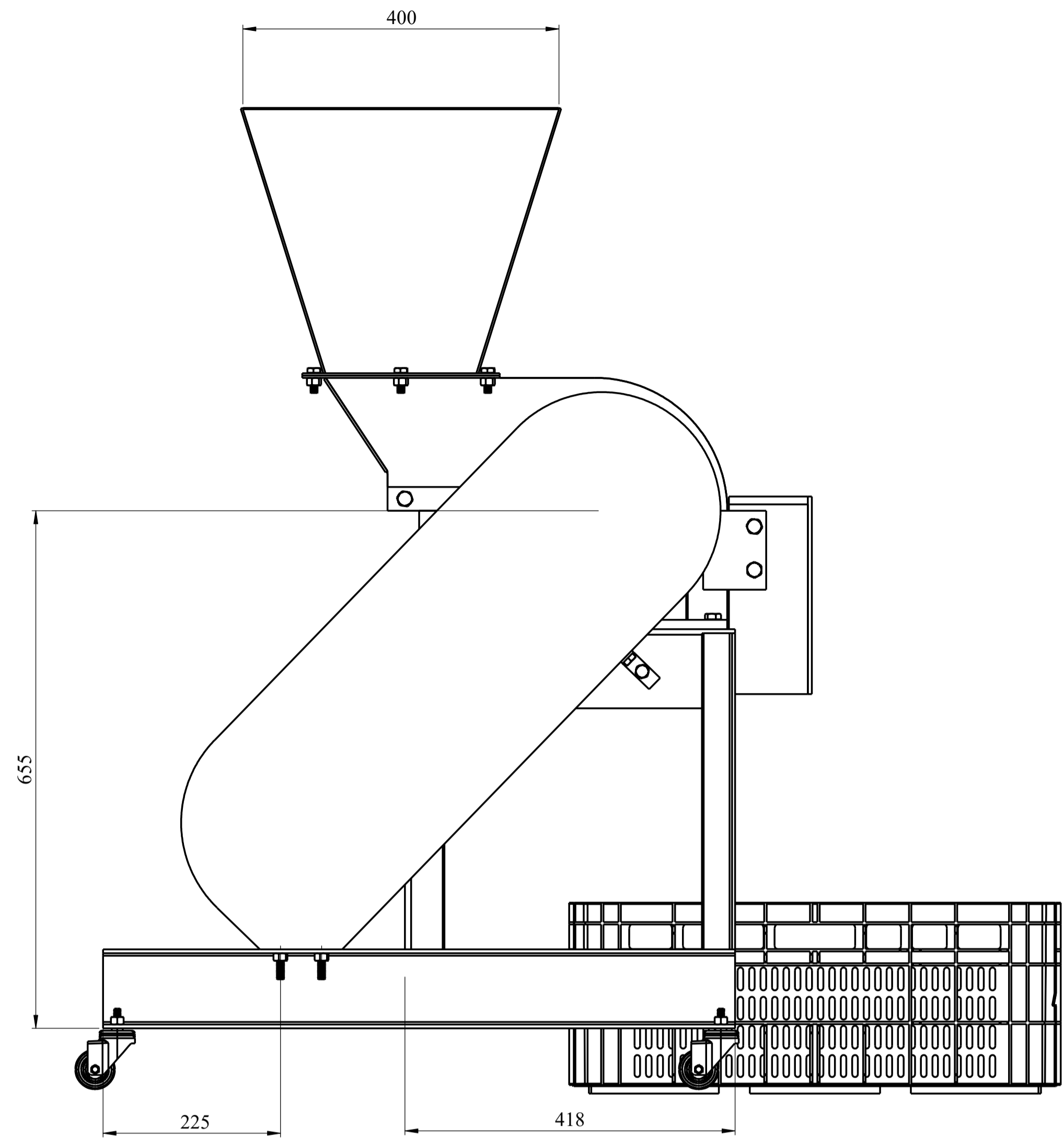
## Apêndices

### Apêndice 1. Grau de importância dos requisitos segundo os potências usuários

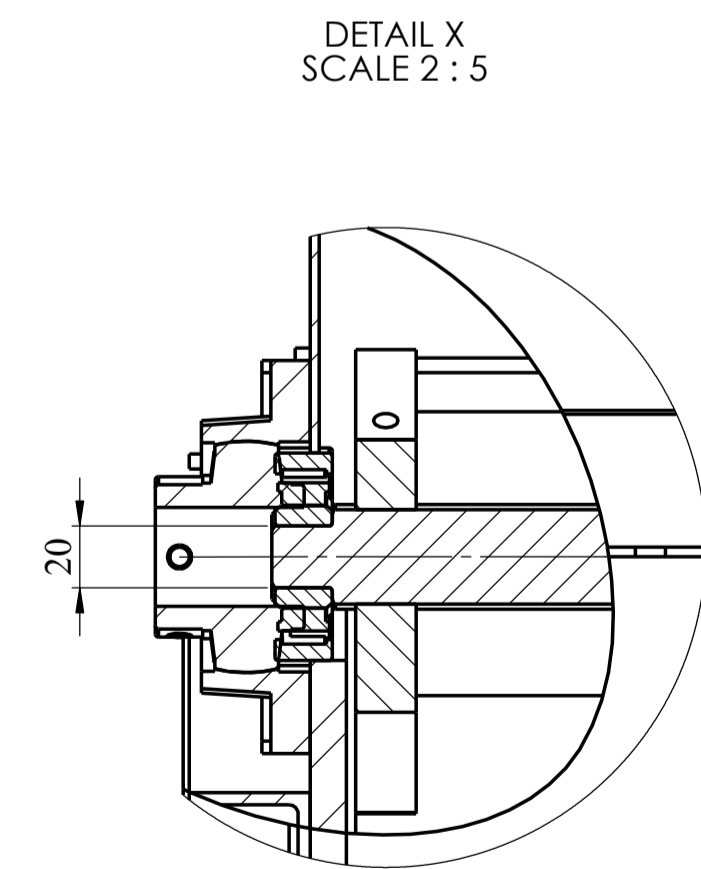
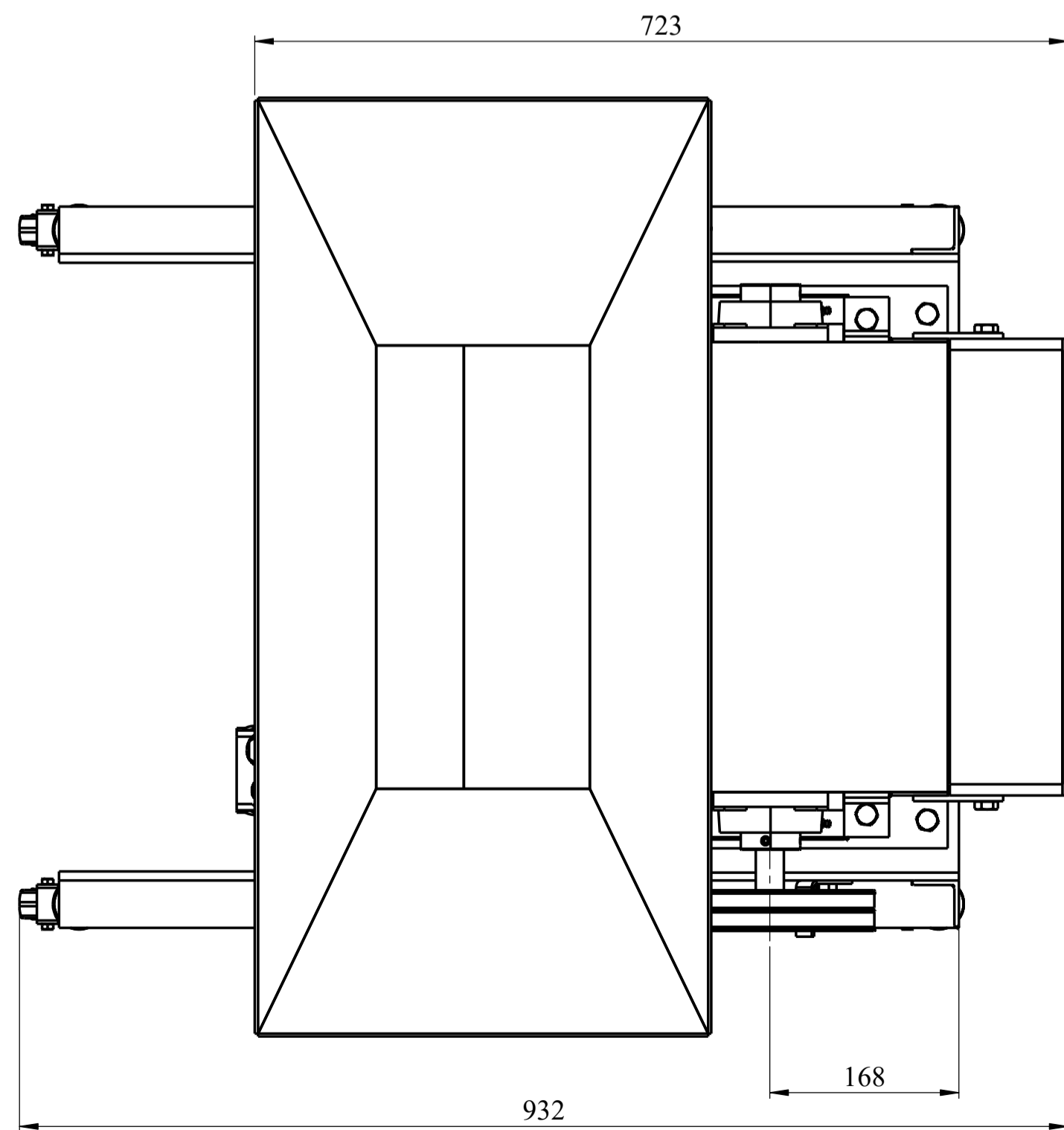
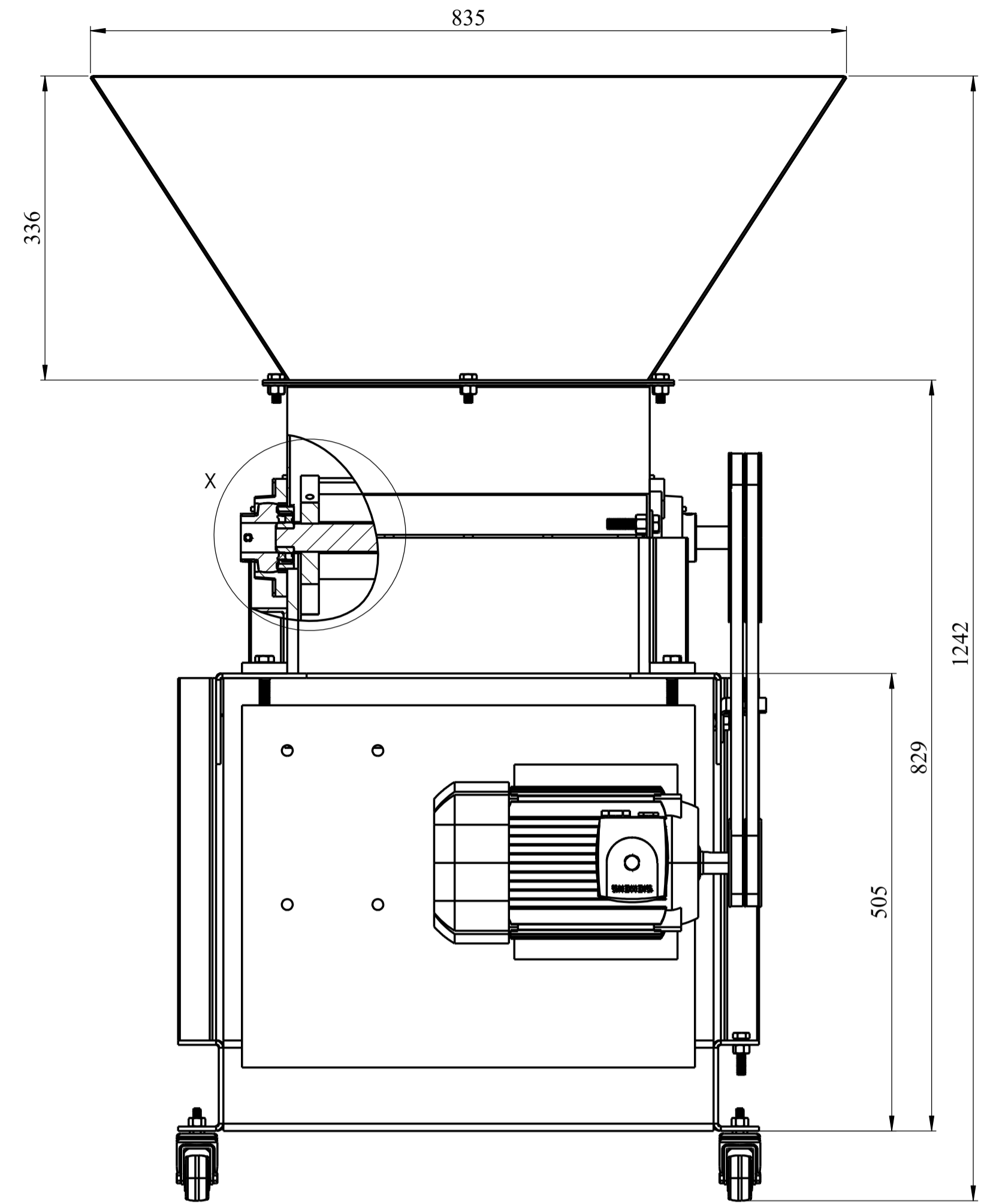
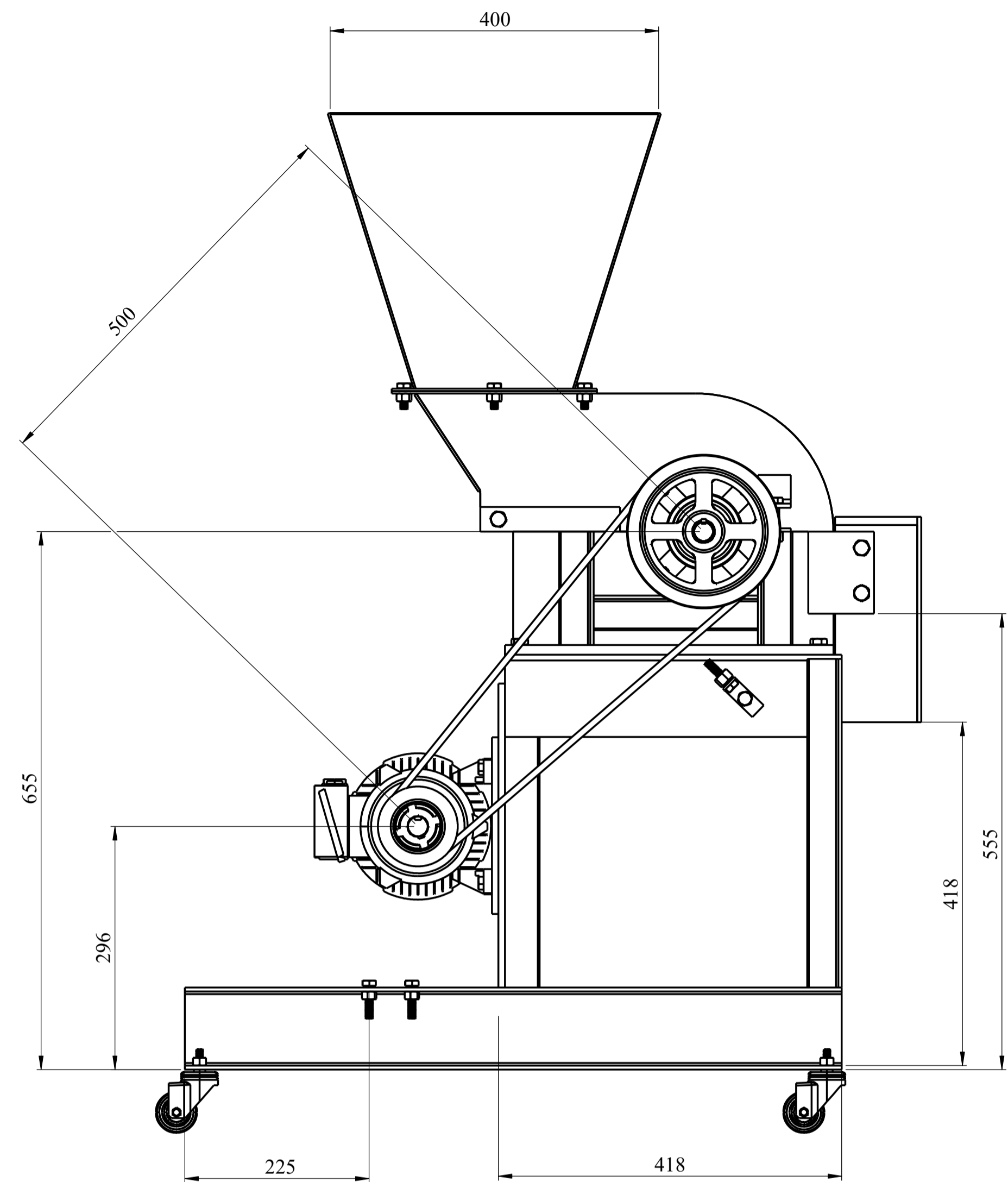


Do gráfico acima, percebe-se que o requisito mais importante a ser considerado é o “I”: Ser motorizado. Esse resultado vai de acordo com a necessidade de tornar os processos indústrias mecanizados. O segundo maior requisito Q: ter alta resistência mecânica, resultado esperado para uma máquina que ira funcionar em vários regimes, e que também se pretende uma boa longevidade do equipamento.

O terceiro maior requisito é o G e P: Acesso as laminas do triturador protegido e resistência a corrosão, respetivamente, esse resultado era esperado pois, a segurança deve ser garantida nos processos indústrias e o processo da corrosão deve ser retardado de modo a evitar a rápida ruptura dos componentes. Em quarto, e quinto estão relacionados com a durabilidade, custos de fabricação e mais sobre o produto. Importa referir que esse diagrama tem a função de avaliar o grau de importância de um requisito em relação ao outro, o que significa que todos requisitos são importantes, porém, o projecto terá como base a satisfação dos requisitos mais importantes, sob o ponto de vista funcional.

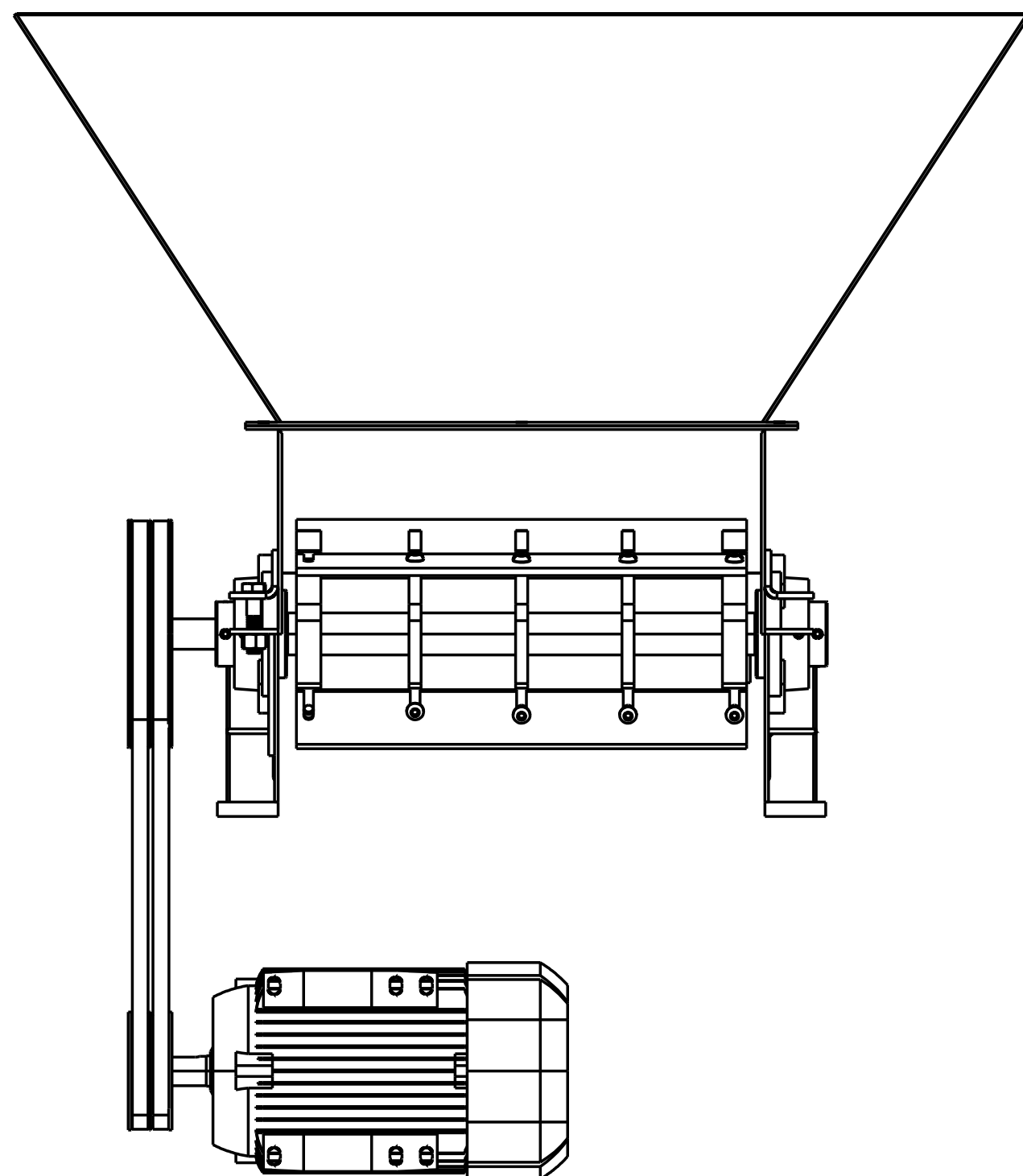


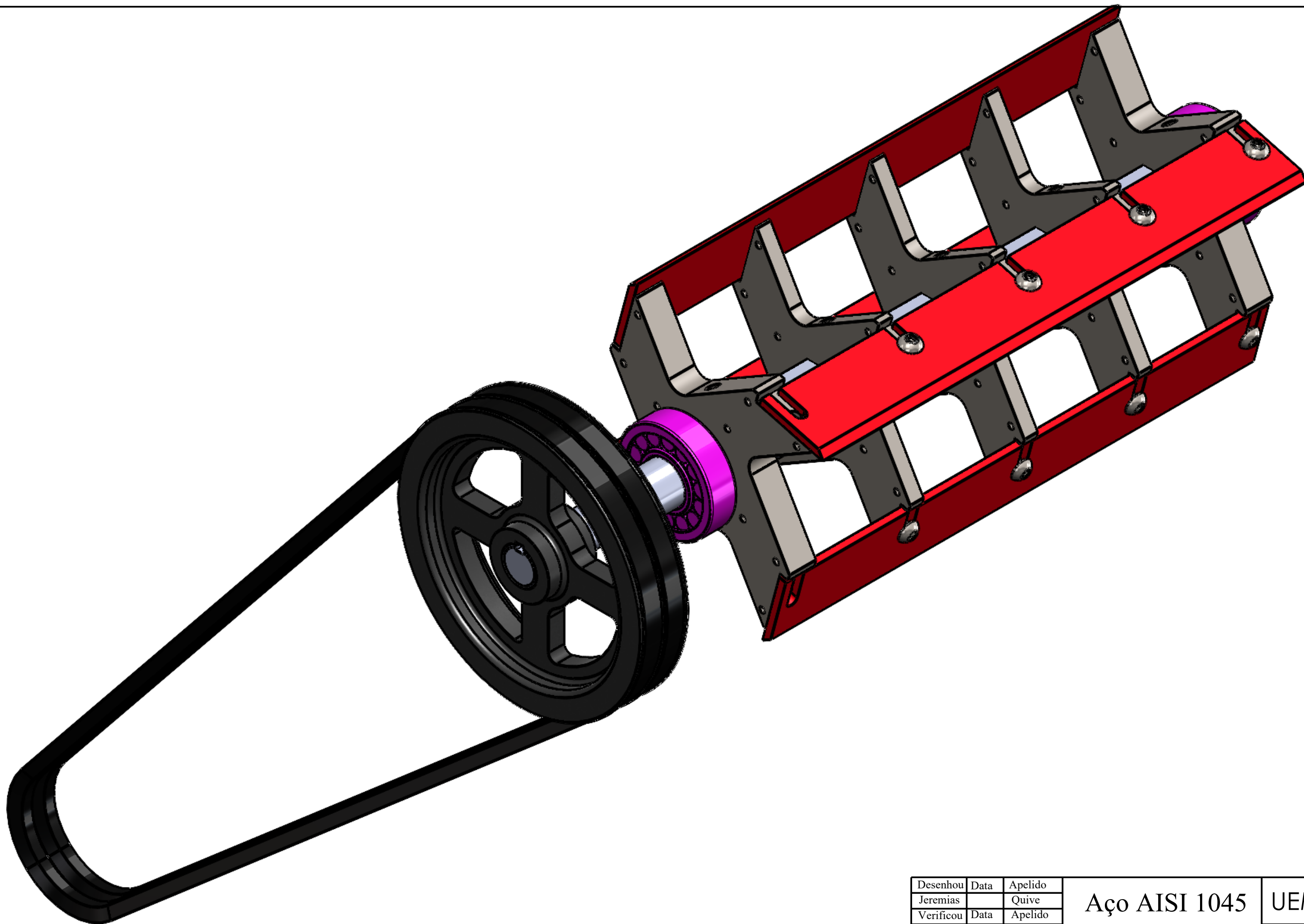
Desenhou	Data	Apelido	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive	
Verificou	Data	Apelido	
Júlio		Mocomoque	
1:10	Triturador de resíduos Orgânicos		TL-LP-2025



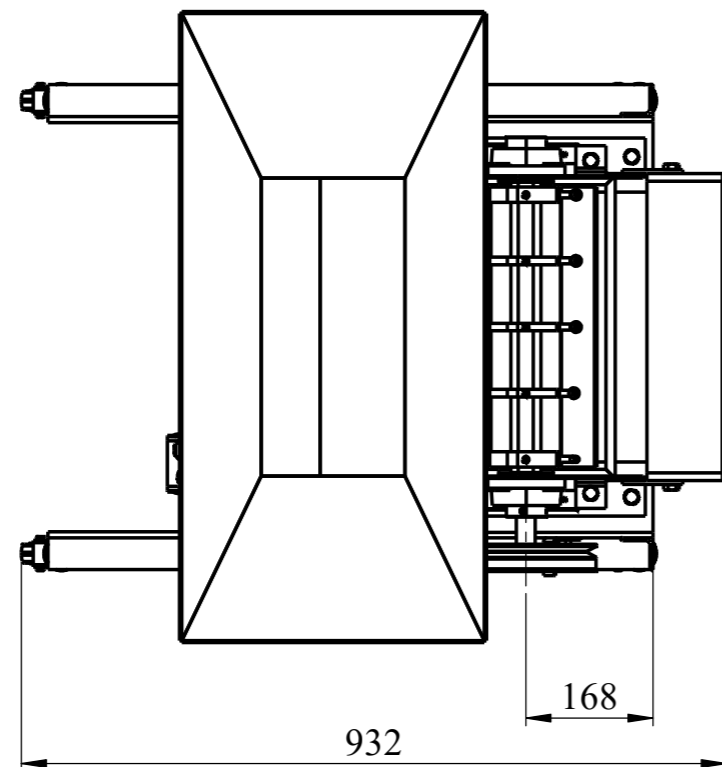
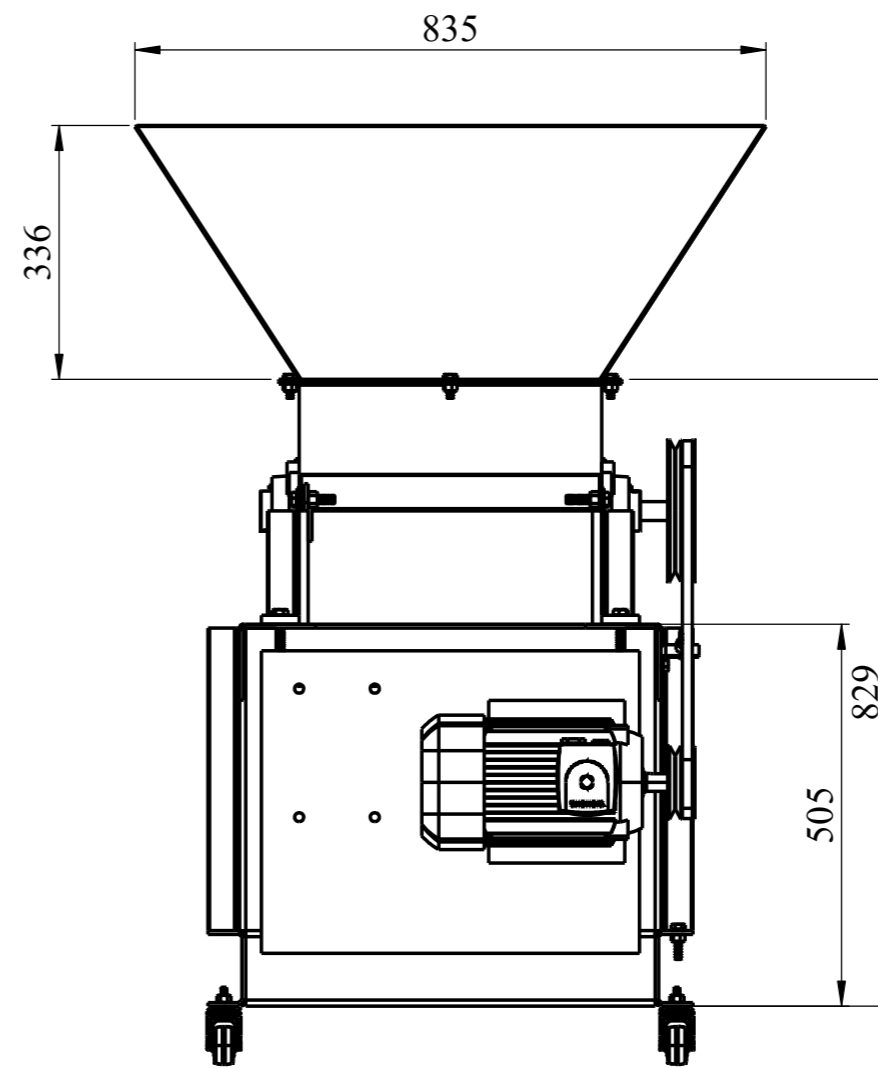
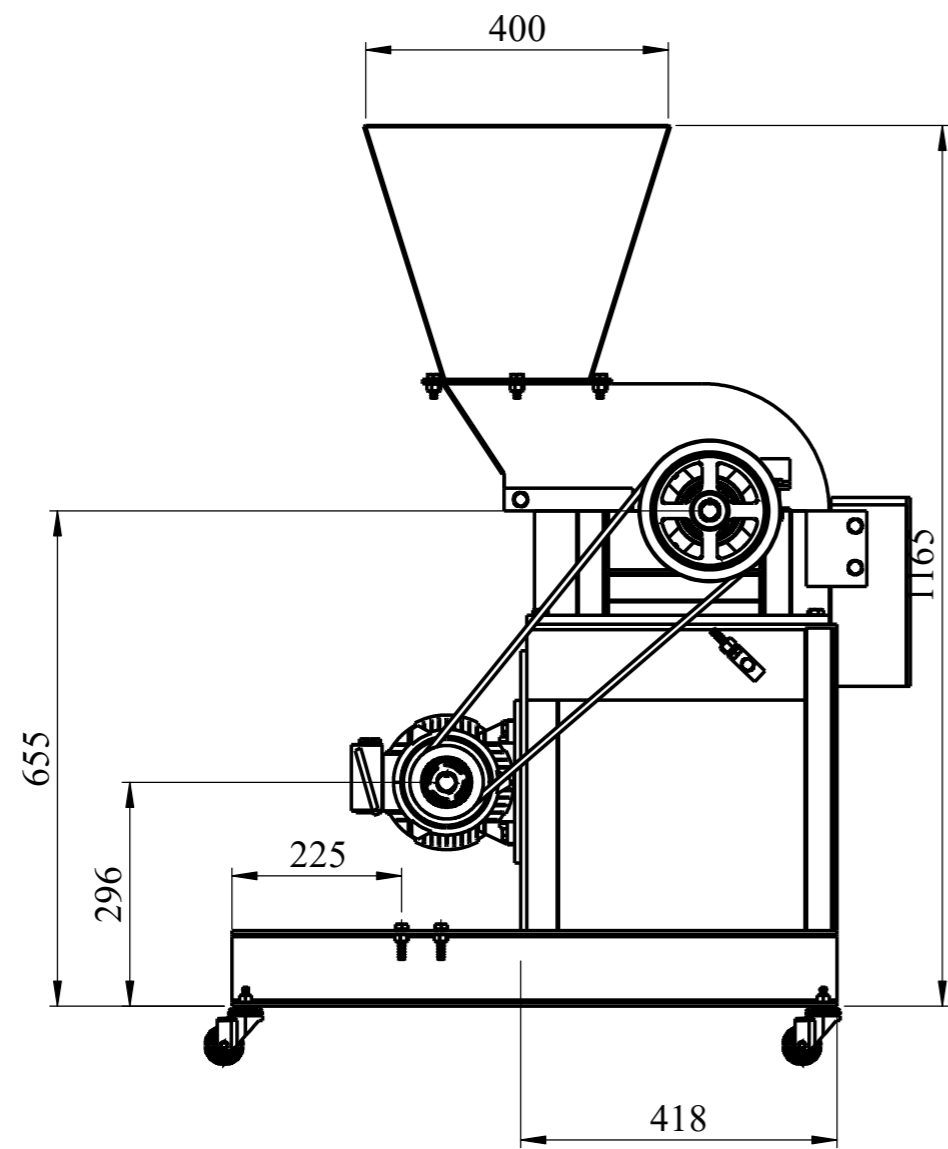
Especificações técnicas	
Potencia do motor	2HP
Capacidade	141kg/h
Sistema de corte	Laminas

Desenhou	Data	Apelido	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive	
Verificou	Data	Apelido	
Julio		Mocomoque	
1:10	Triturador de resíduos Orgânicos		TL-LP-2025



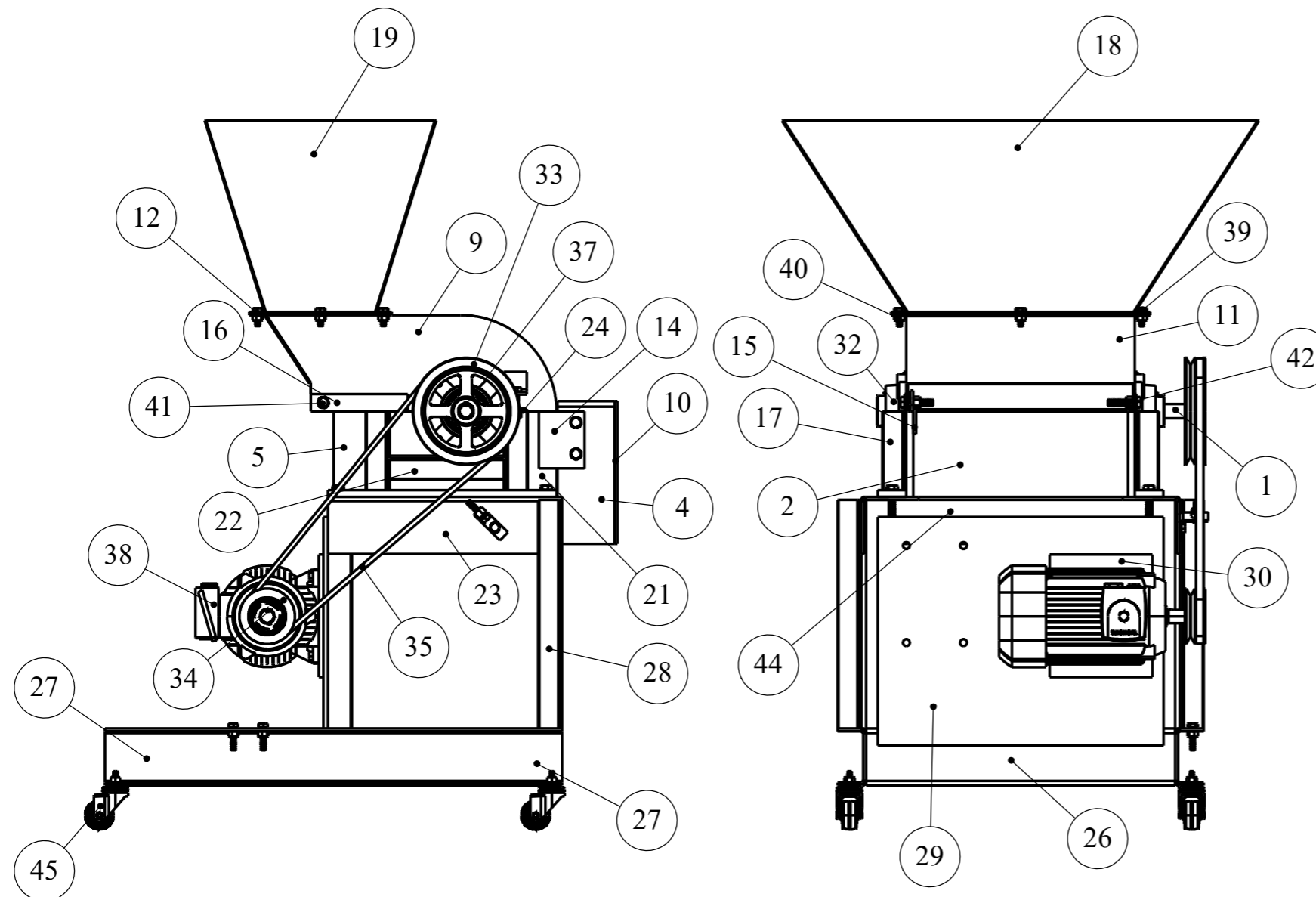


Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1045	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:5	Montagem do orgao Executivo			TL-MC-2025



Especificações técnicas	
Potencia do motor	2HP
Capacidade	141kg/h
Sistema de corte	Laminas

Desenhou	Data	Apelido		UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:10	Triturador de resíduos Orgânicos			TL-LP-2025

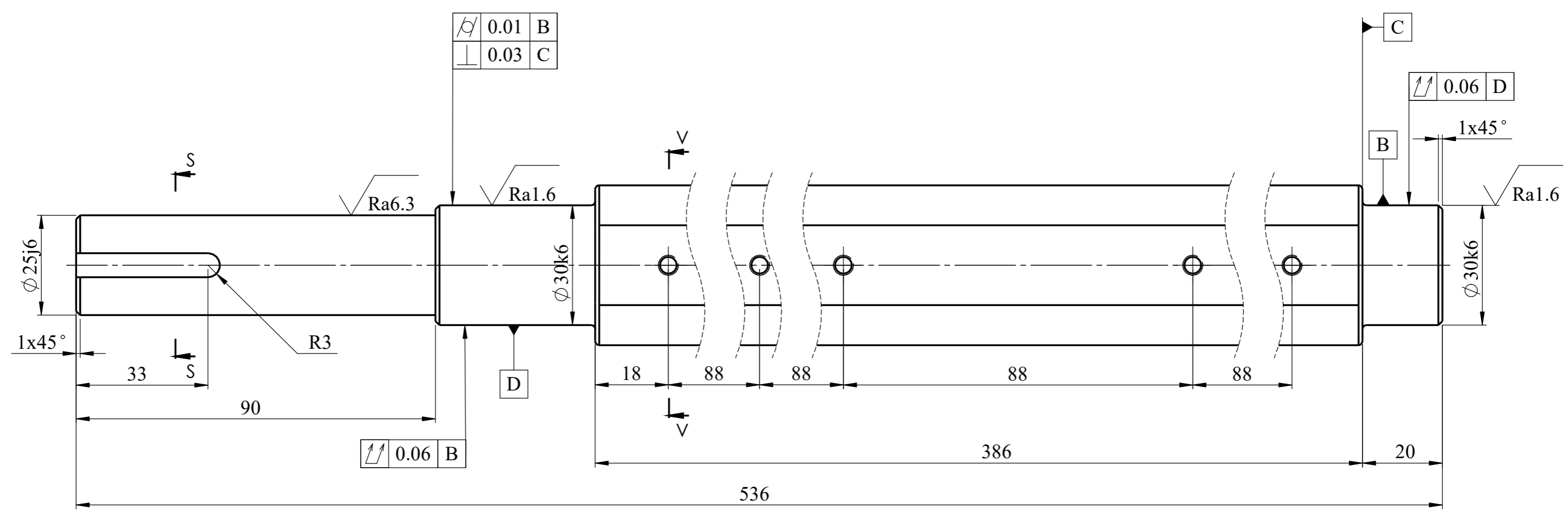


Lista de peças				
ITEM	Nome do componente	Material	Descrição	QTY.
1	Veio executivo	AISI 1045	Fabricar	1
2	Chapa lateral maior	AISI 1020	Fabricar	2
3	Chapa superior da tampa	AISI 1045	Fabricar	1
4	Chapa frontal dobrada	AISI 1020	Fabricar	1
5	Chapa lateral menor	AISI 1045	Fabricar	2
6	Disco estrelado 10mm	AISI 1045	Fabricar	3
7	Disco estrelado 16mm	AISI 1045	Fabricar	2
8	Lamina	AISI 1045	Comprar	4
9	Chapa lateral auxiliar	AISI 1020	Fabricar	1
10	Chapa frontal	AISI 1020	Fabricar	1
11	Chapa traseira	AISI 1045	Fabricar	1
12	Chapa traseira interior	AISI 1045	Fabricar	1
13	Chapa superior	AISI 1045	Fabricar	1
14	suporte das dobradicass	AISI 1020	Fabricar	2
15	Suporte da caixa horizontal	AISI 1020	Fabricar	4
16	Chapa de funil frontal	AISI 1045	Fabricar	1
17	Chapa de funil lateral	AISI 1045	Fabricar	1
18	Chapas laterais auxiliares	AISI 1020	Fabricar	2
19	Barra lateral	AISI 1020	Fabricar	2
20	Suporte da caixa	AISI 1020	Fabricar	2
21	Perfil L lateral	AISI 1020	Fabricar	2
22	Base das rodas auxiliar	AISI 1020	Fabricar	1
23	ISO 4017 - M10 x 25-S	AISI 1020	Fabricar	2
28	ISO - 4034 - M10 - S	AISI 1020	Fabricar	4
29	ISO - 4034 - M12 - S	AISI 1020	Fabricar	1
26	ISO 8765 - M12x1.5 x 50 x 30-S	AISI 1020	Fabricar	1
27	Rolamento ISO 15 RCR - 0330 - Full,DE,NC,Full	-	Comprar	1
28	Tampa de rolamento	AISI 1020	Comprar	1

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020 Aço AISI 1045	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:10	Lista de peças			TL-LP-2025

12 VIEW SCALE 1 : 10

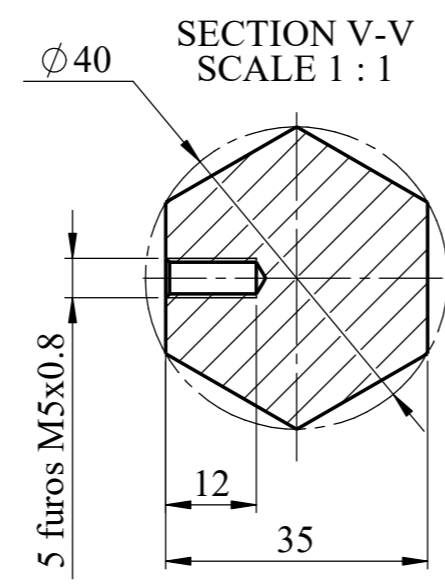
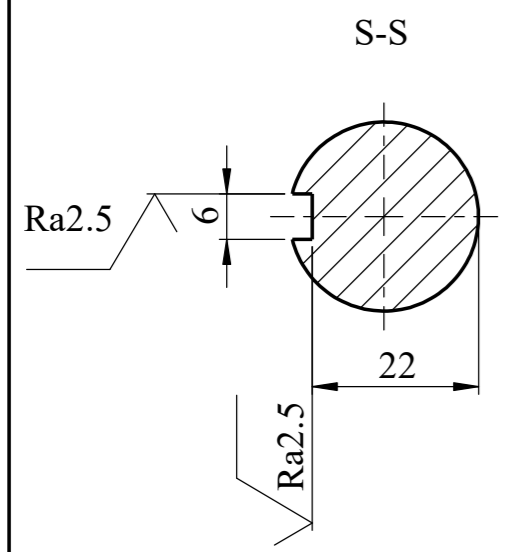
√ Rz20 (✓)



⊂	0.01	B
⊥	0.03	C

↗	0.06	D
---	------	---

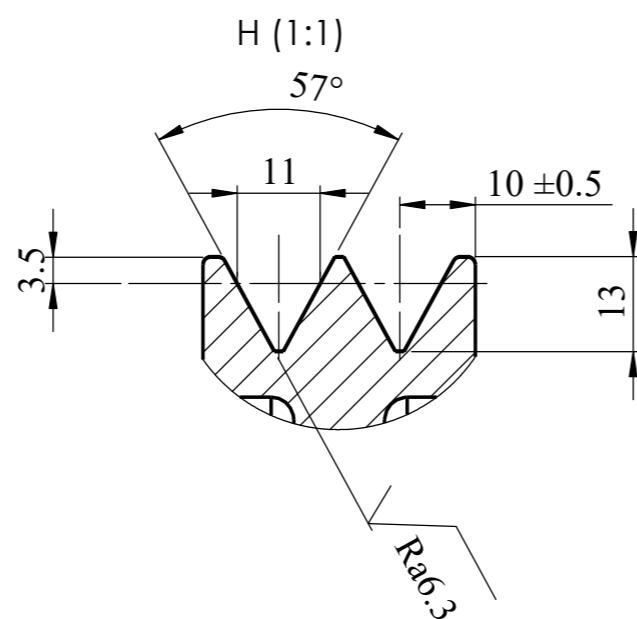
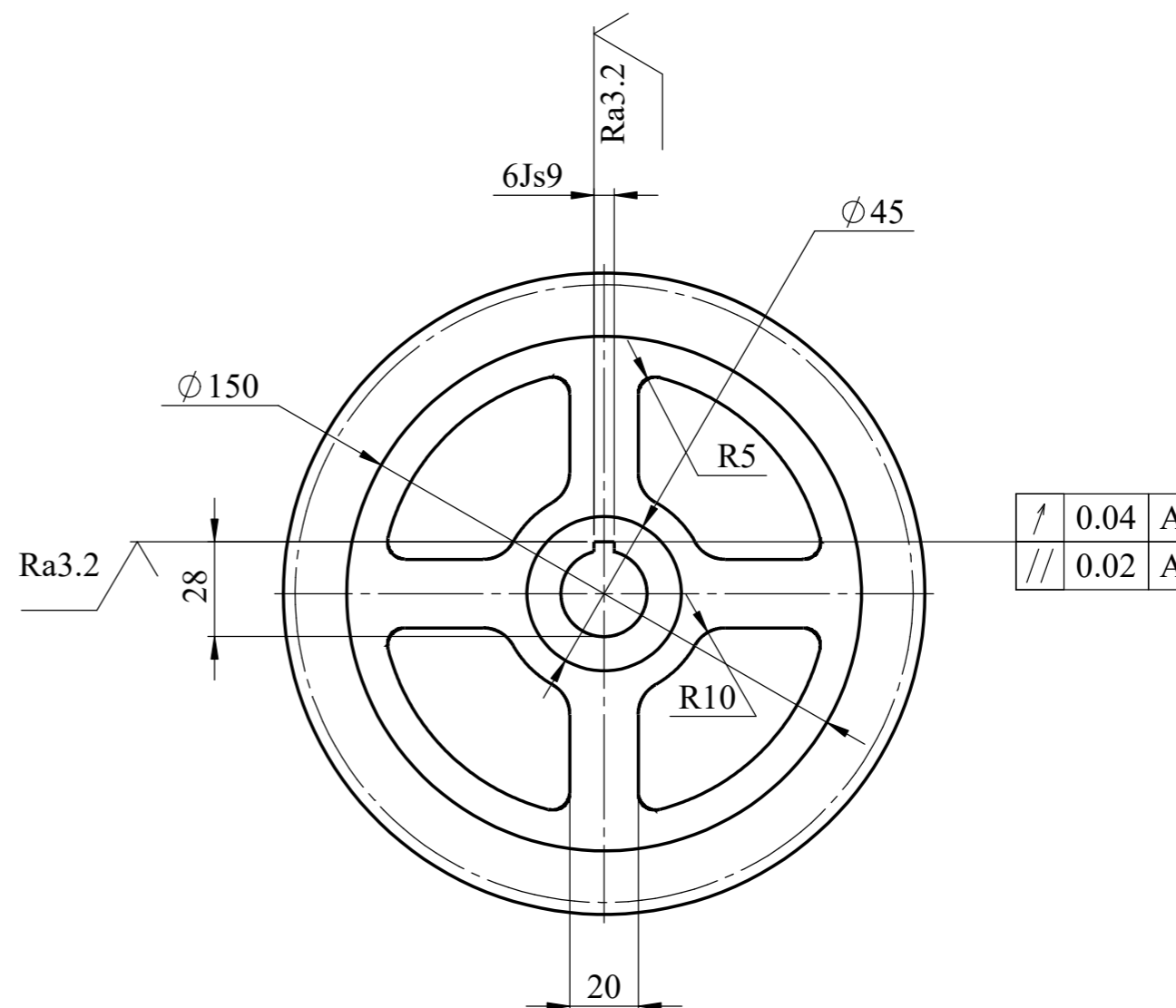
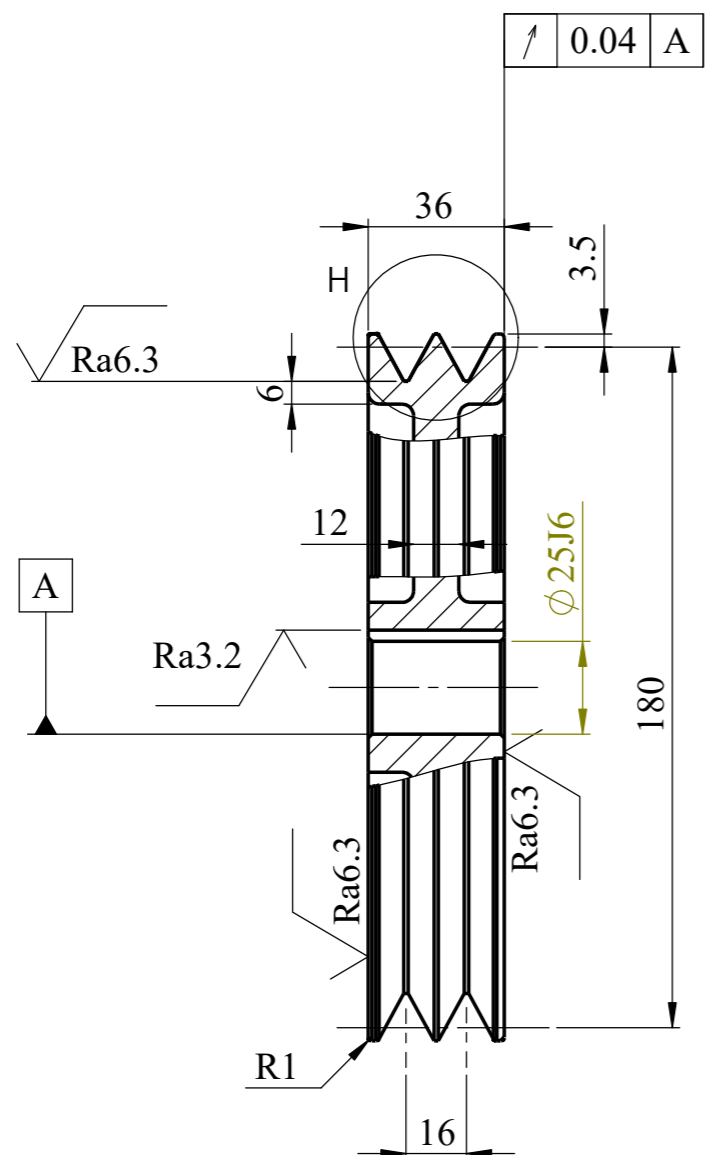
↗	0.06	B
---	------	---



1. Dimensões não indicadas: H14, h14; ±IT14/2
2. Todos chanfros não indicados 1x45° mm

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1045	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:1	Veio central			TL-01-2025

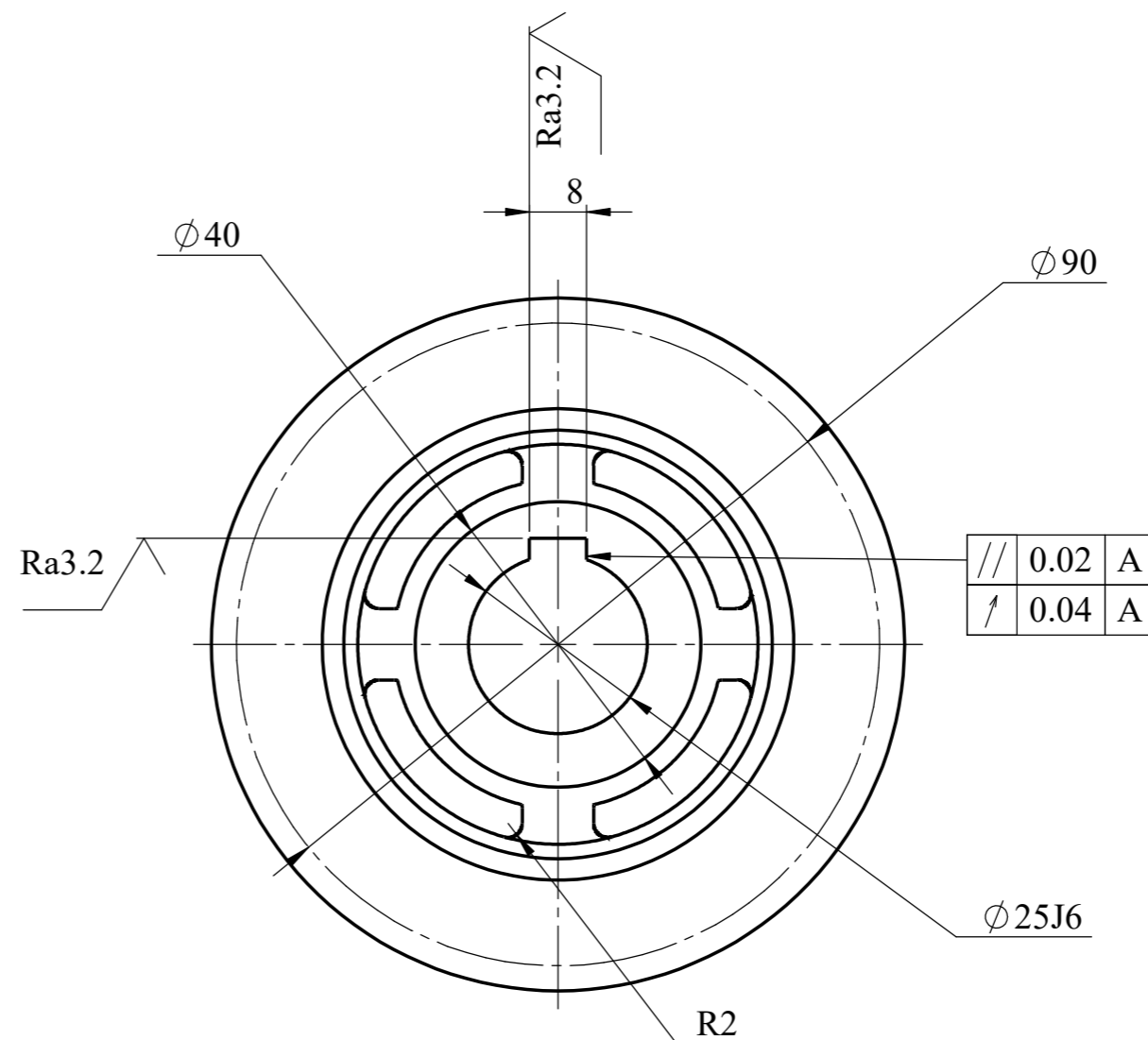
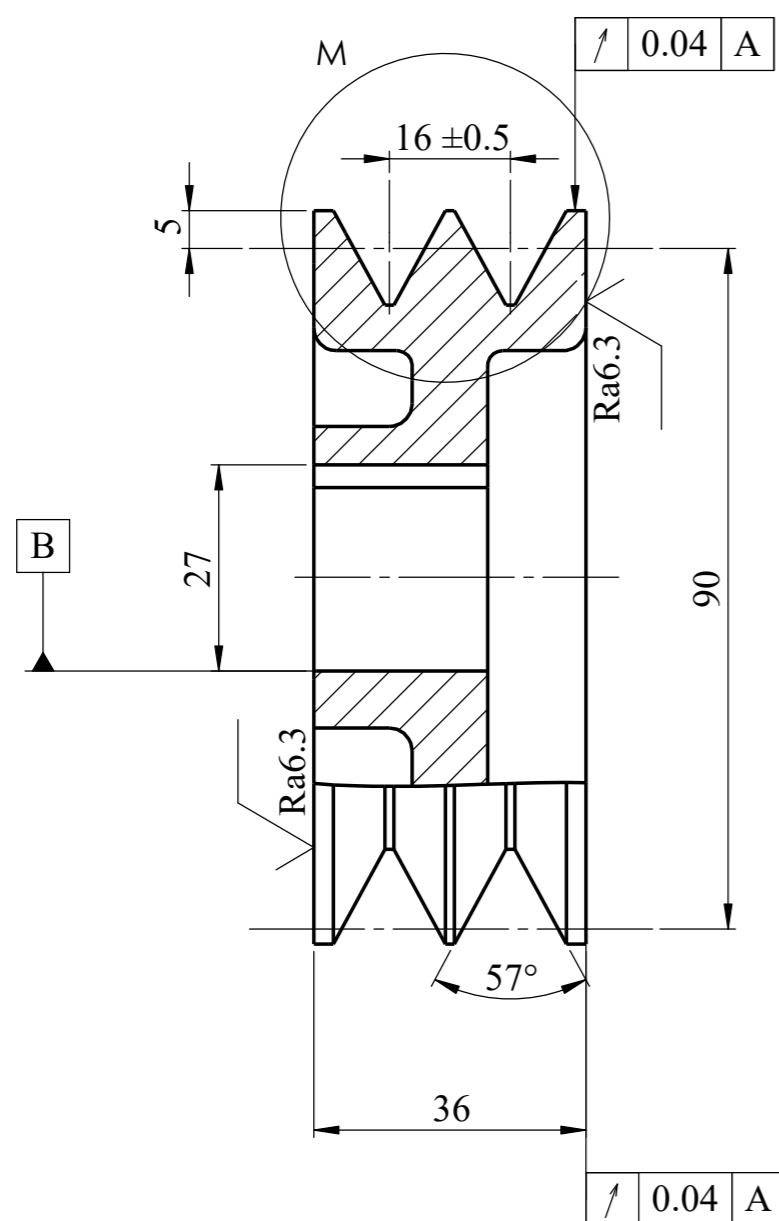
√ Rz20 (√)



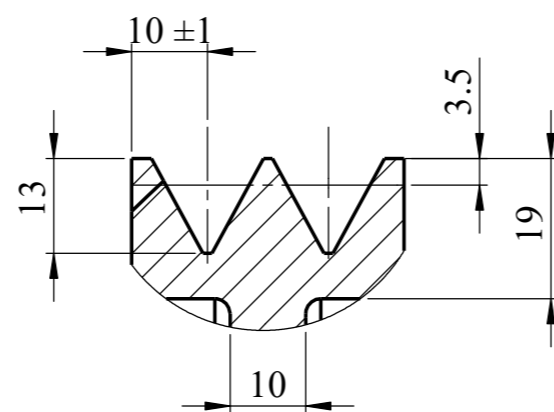
1. Dimensões não indicadas: H14, h14; ±IT14/2
2. Raios transitorios R0.5...3 mm

Desenhou	Data	Apelido	Ferro fundido	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido	Polia movida	TL-33-2025
Júlio		Mocomoque		
1:2				

√ Rz20 (√)



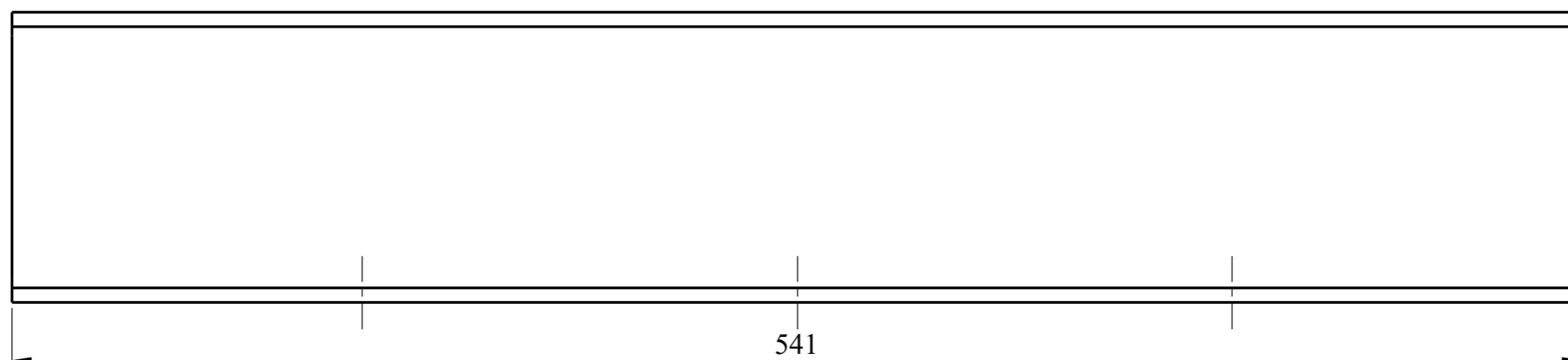
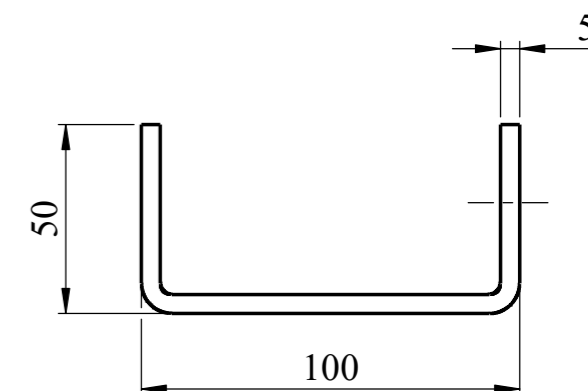
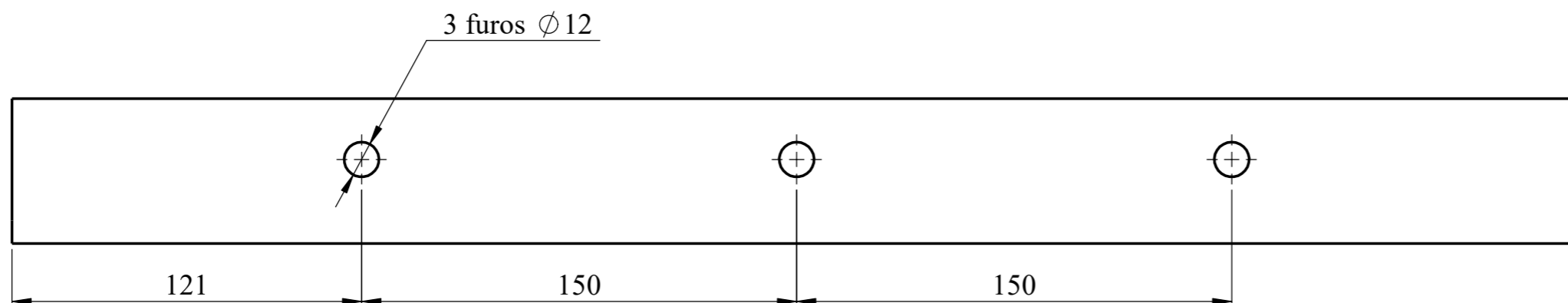
M (1:1)



1. Dimensões não indicadas: H14, h14; ±IT14/2
2. Raios transitorios R0.5...3 mm

Desenhou	Data	Apelido	Ferro fundido	UEM-FE-DEMA										
Jeremias		Quive												
Verificou	Data	Apelido	1:1	Polia motora										
Júlio		Mocomoque												
TL-34-2025														
<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>														

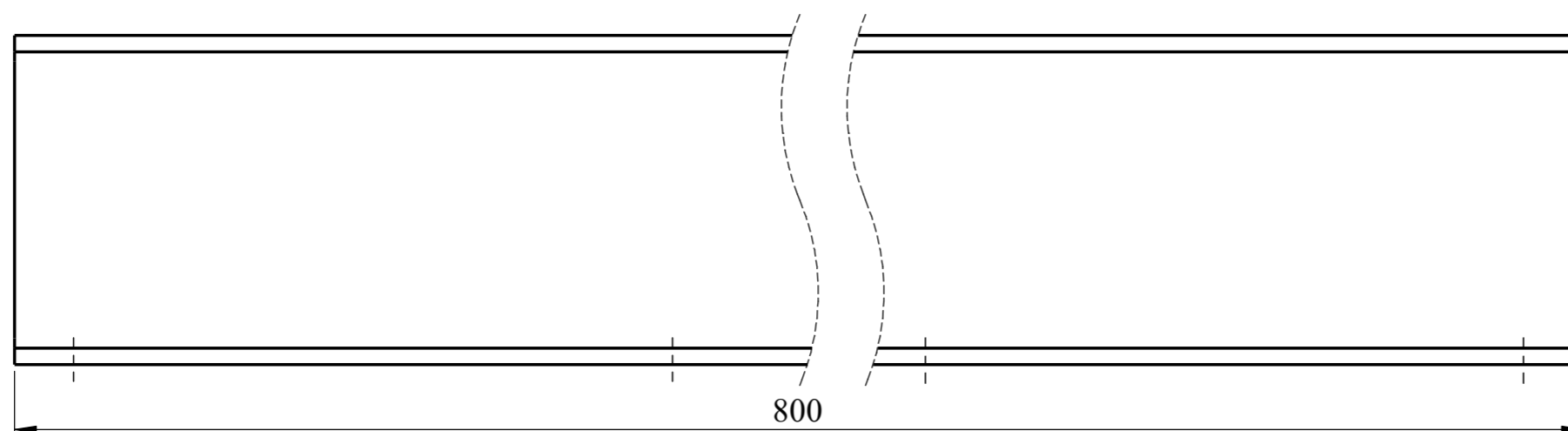
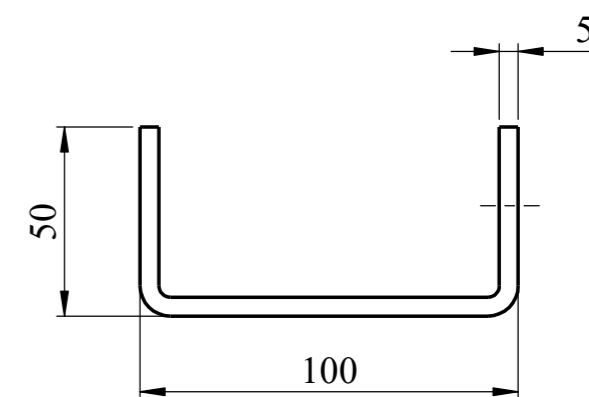
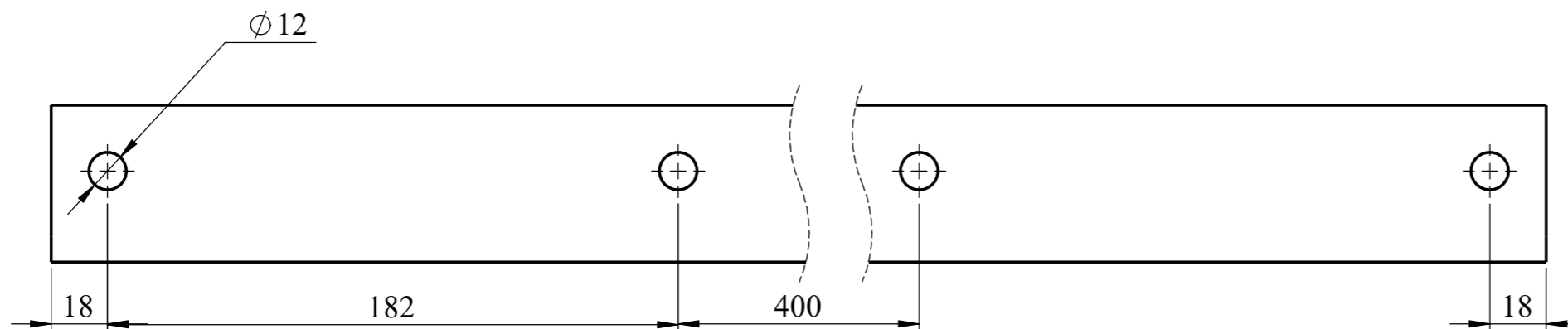
Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$
2. Raios transitorios R2...5 mm

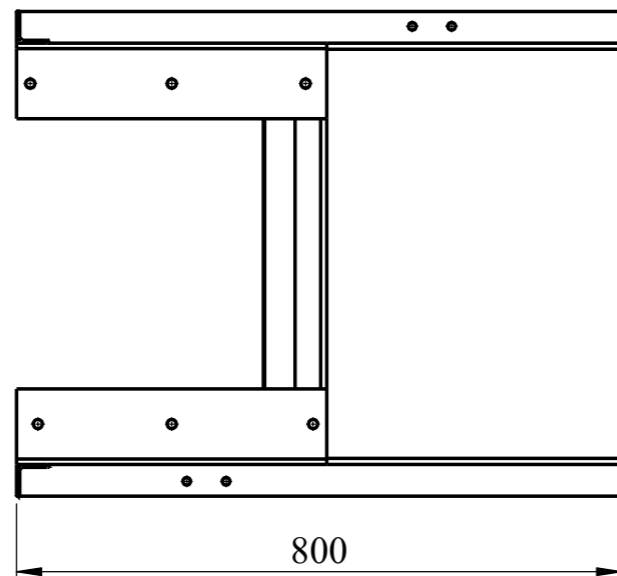
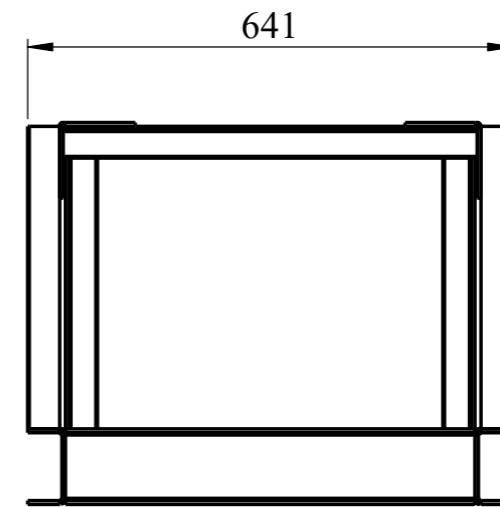
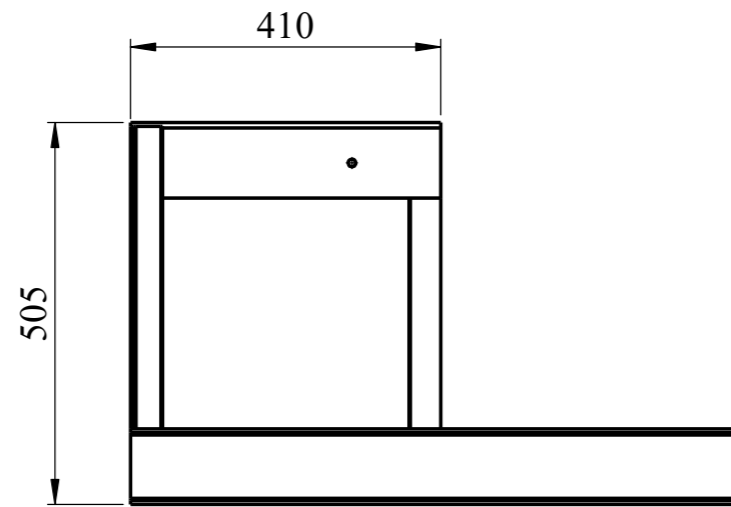
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:2	Base das rodas auxiliares			TL-26-2025

Rz80

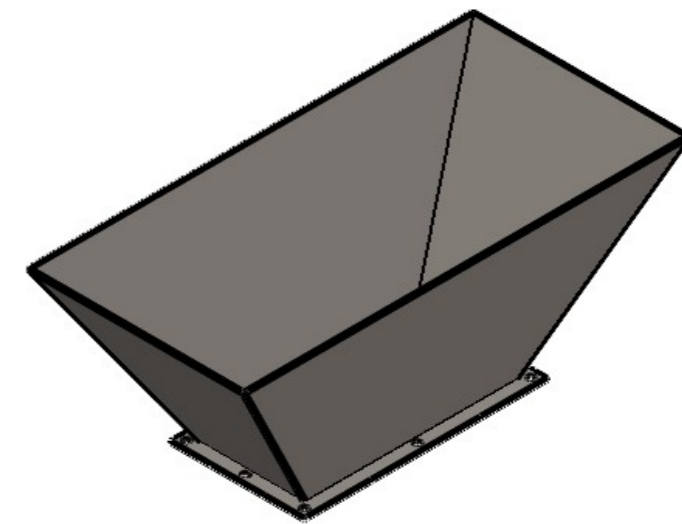
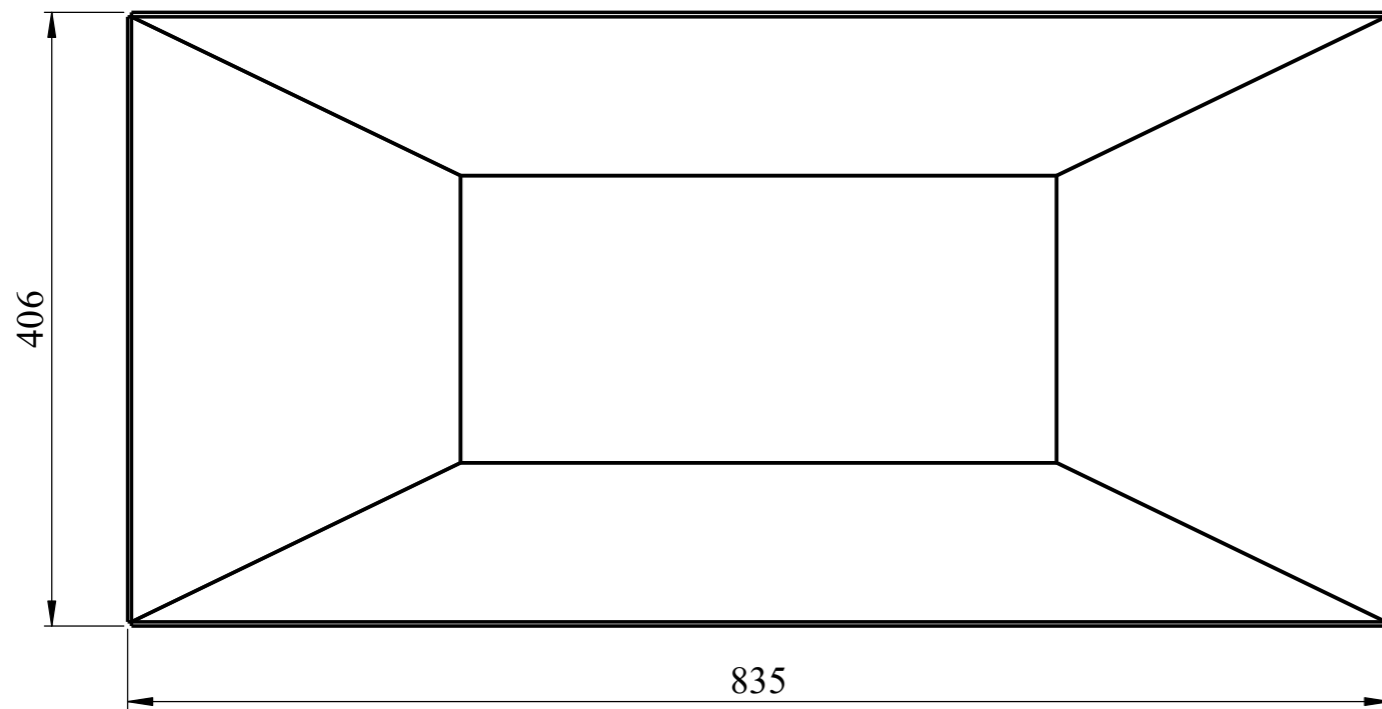
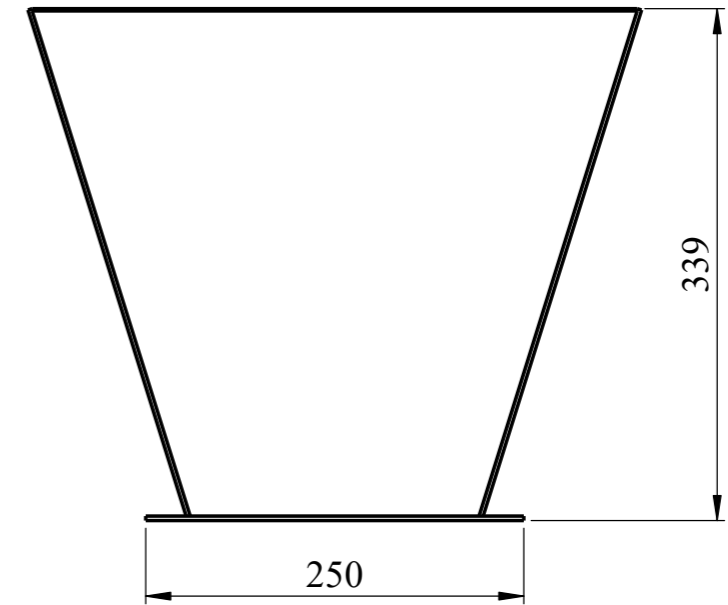


1. Dimensões não indicadas: H14, h14; ±IT14/2
2. Raios transitorios R2...5 mm

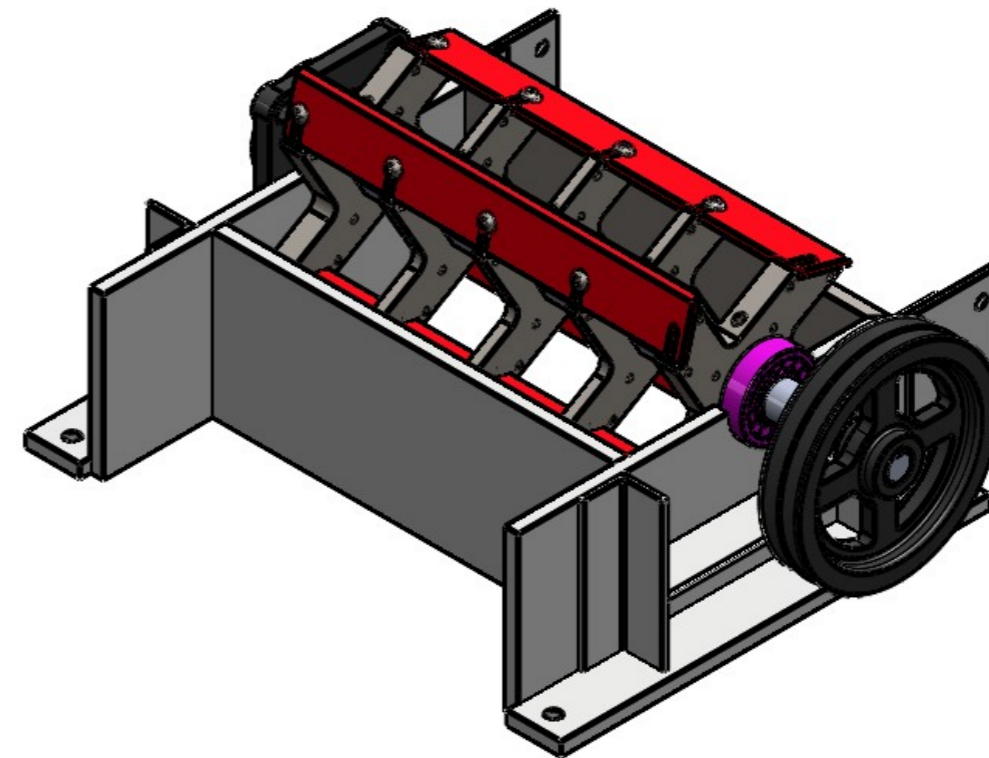
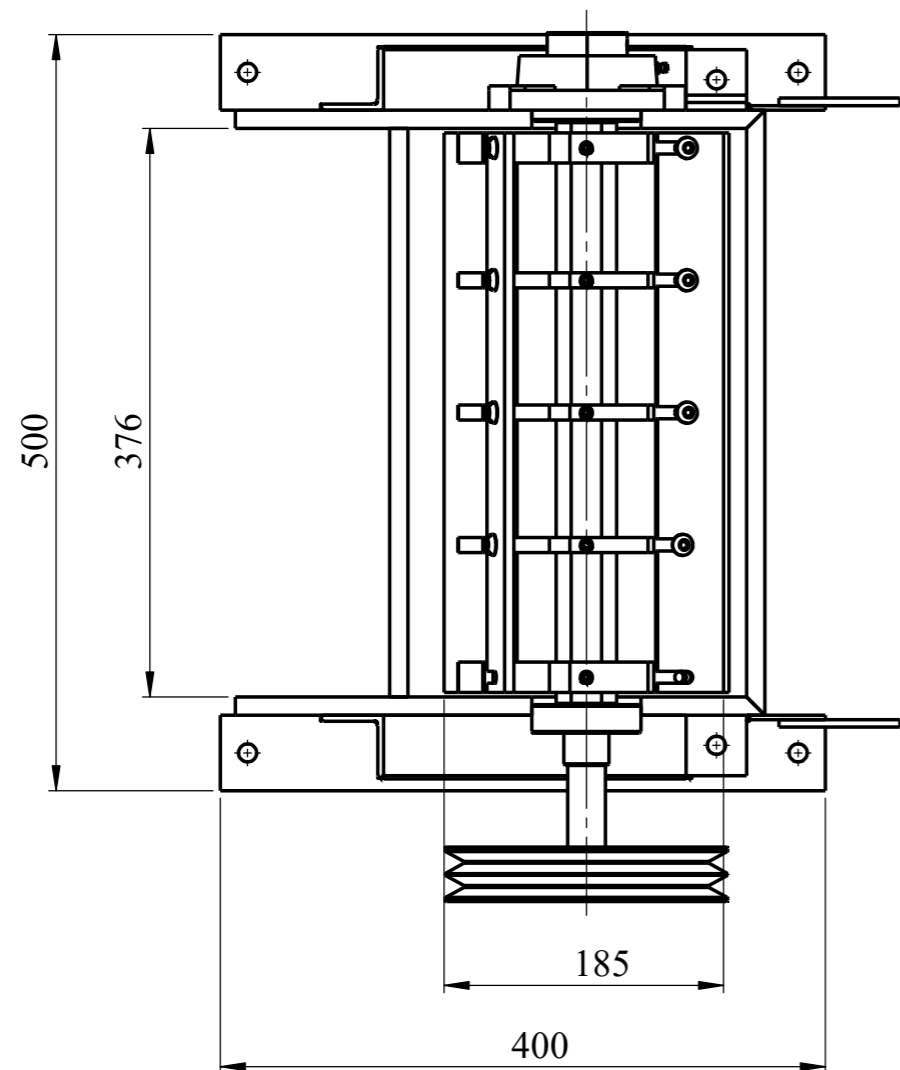
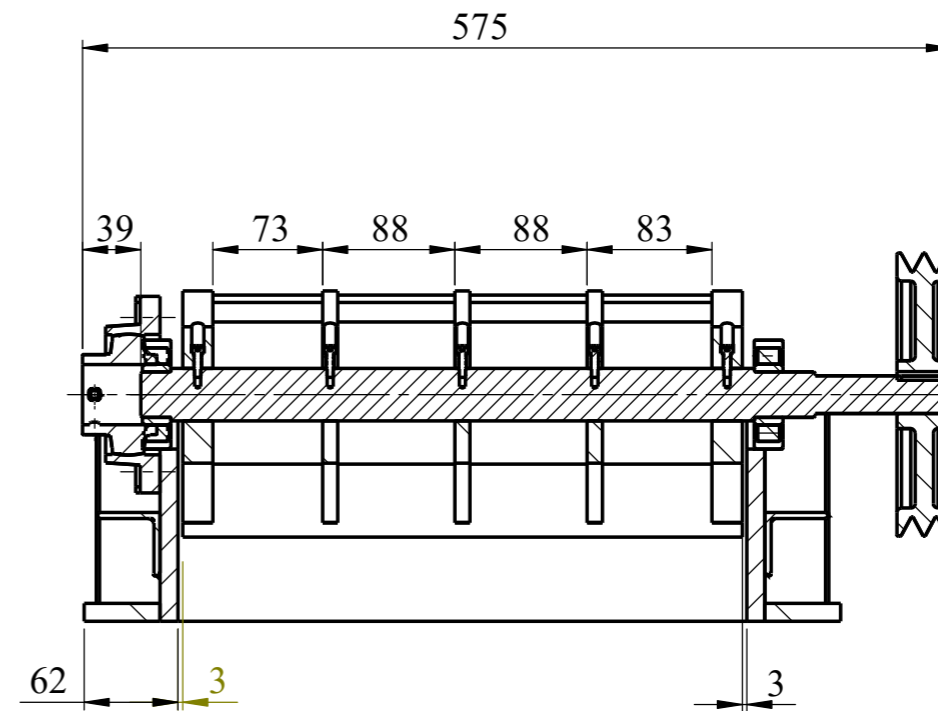
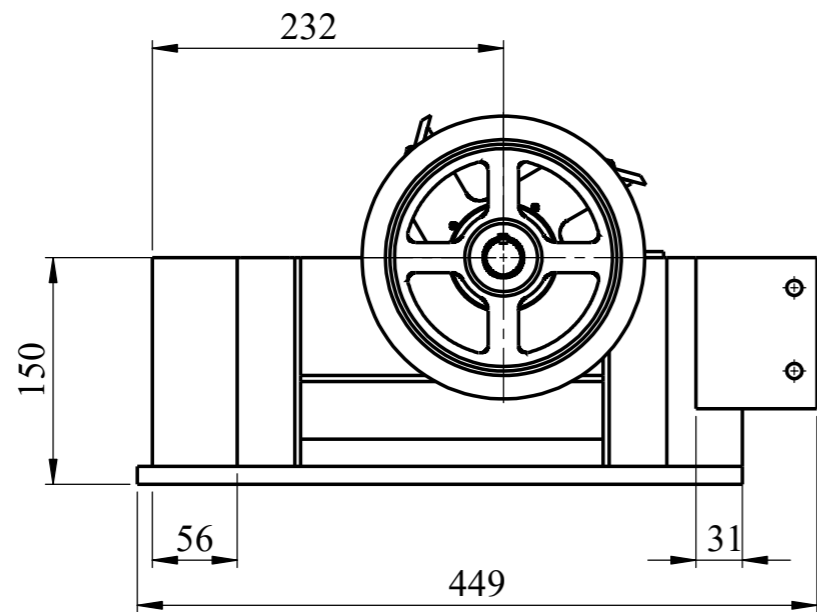
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:2	Base das rodas			TL-27-2025



Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:10	Montagem da base		TL-MB-2024	



Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1045	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:5	Montagem do funil			TL-MF-2025



Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1045	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido	1:5	Montagem do orgao Executivo
Júlio		Mocomoque		
				TL-MC-2025

Lista de peças

ITEM	Nome do componente	Material	Descrição	QTY.
29	Polia movida	F.Fundido	Fabricar	1
30	Polia motora	F.Fundido	Fabricar	1
31	Correia	-	Comprar	2
32	Chaveta do motor Key ISO 2491 6x4-36-C	-	Comprar	1
33	Chaveta do veio Key ISO 2491 6x4-36-C	-	Comprar	1
34	Parafusos - M10 x 25	-	Comprar	24
35	Porca - M10 x 25	-	Comprar	24
41	Parafuso - M12x1.5 x 50 x 30	-	Comprar	10
37	Porca - M12x1.5 x 50 x 30	-	Comprar	10
38	ISO 7380 - M8 x 10 - 10S	-	Comprar	12
39	Suporte horizontal	AISI 1020	Fabricar	1
40	Rodas	-	Comprar	4
53	M.Funil			1
54	ISO 4762 M5 x 16 - 16S			5
55	Motor electrico			1
56	Bloqueio superior 2			1
57	Bloqueio superior			1

Desenhou	Data	Apelido
Jeremias		Quive
Verificou	Data	Apelido
Júlio		Mocomoque

Aço AISI 1020

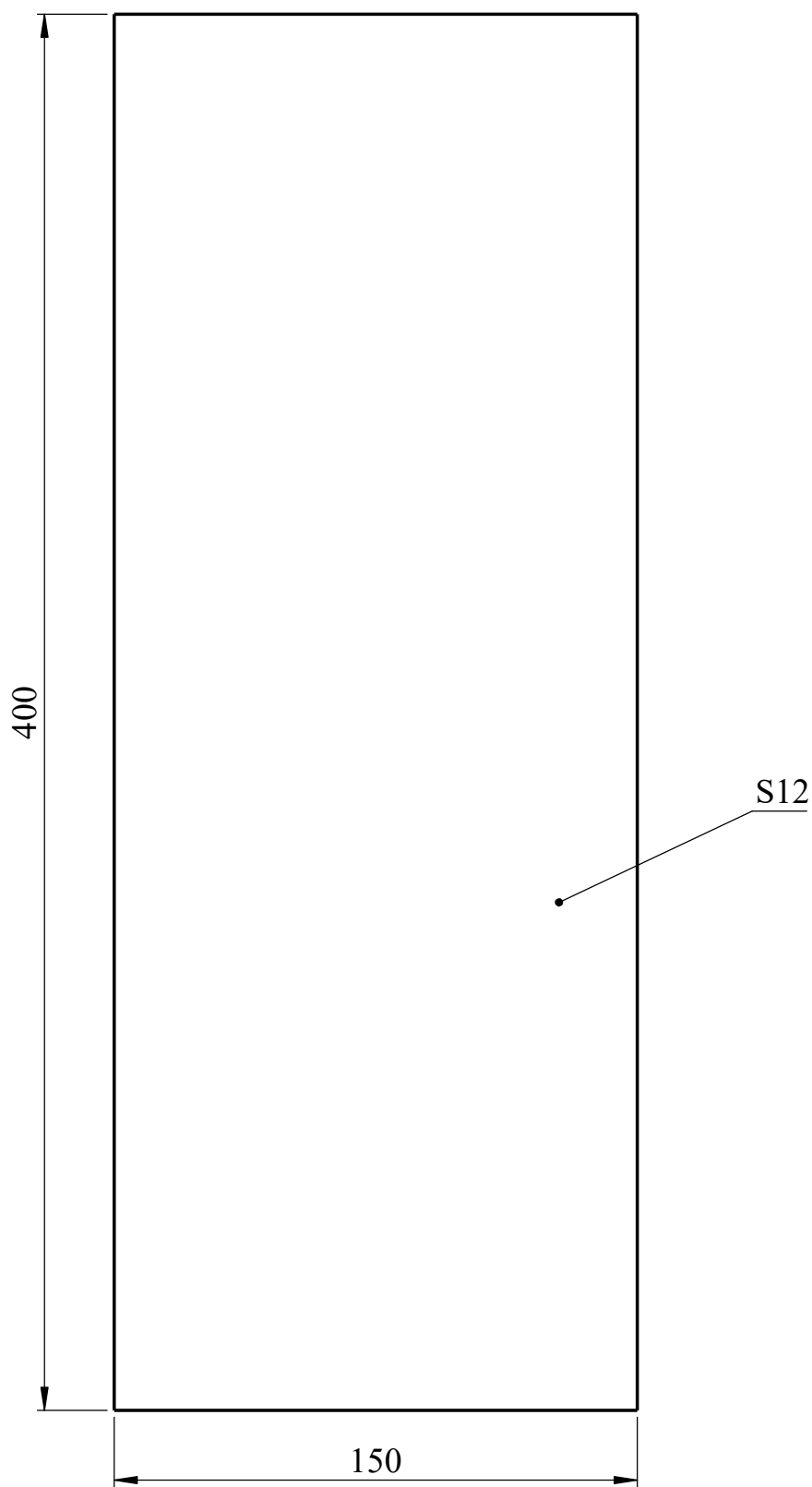
UEM-FE-DEMA

1:1

Lista de peças

TL-LP-2025

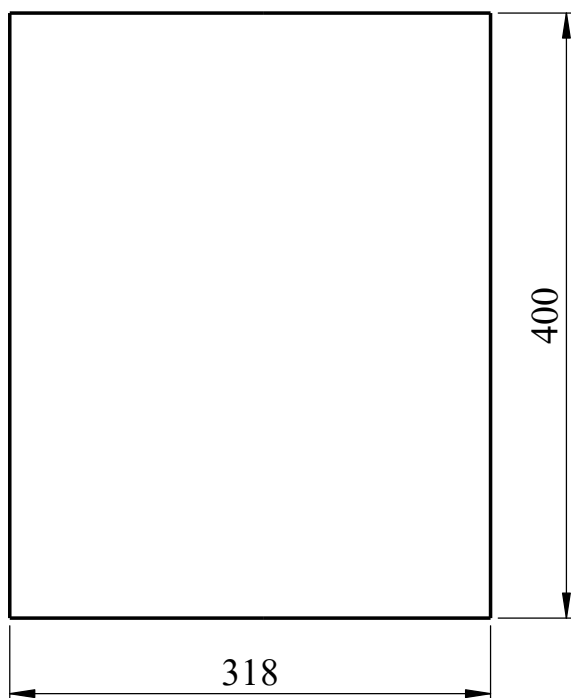
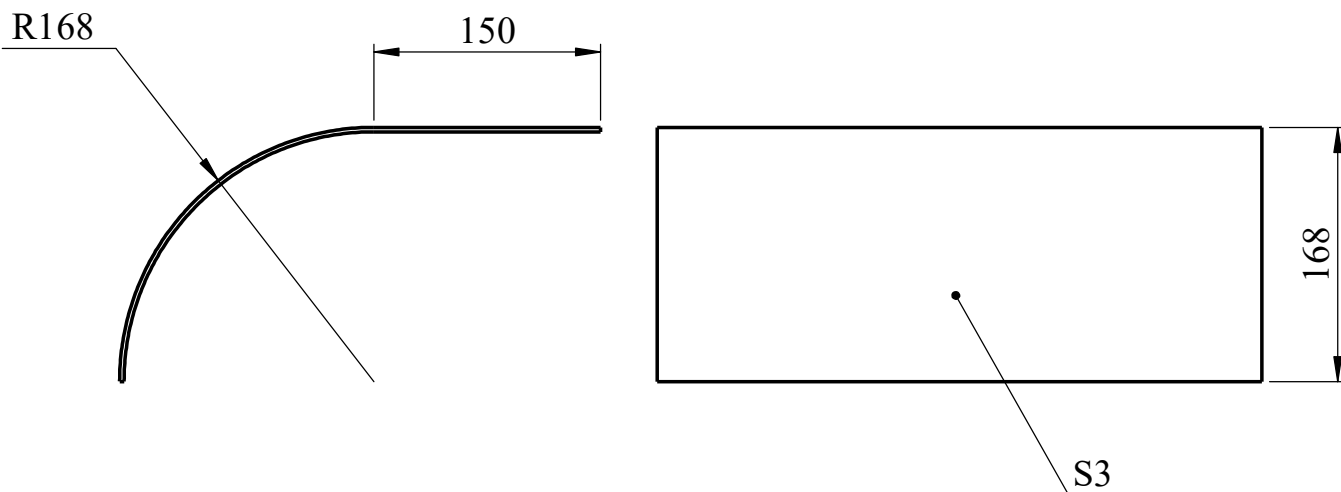
--	--	--	--	--	--	--



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

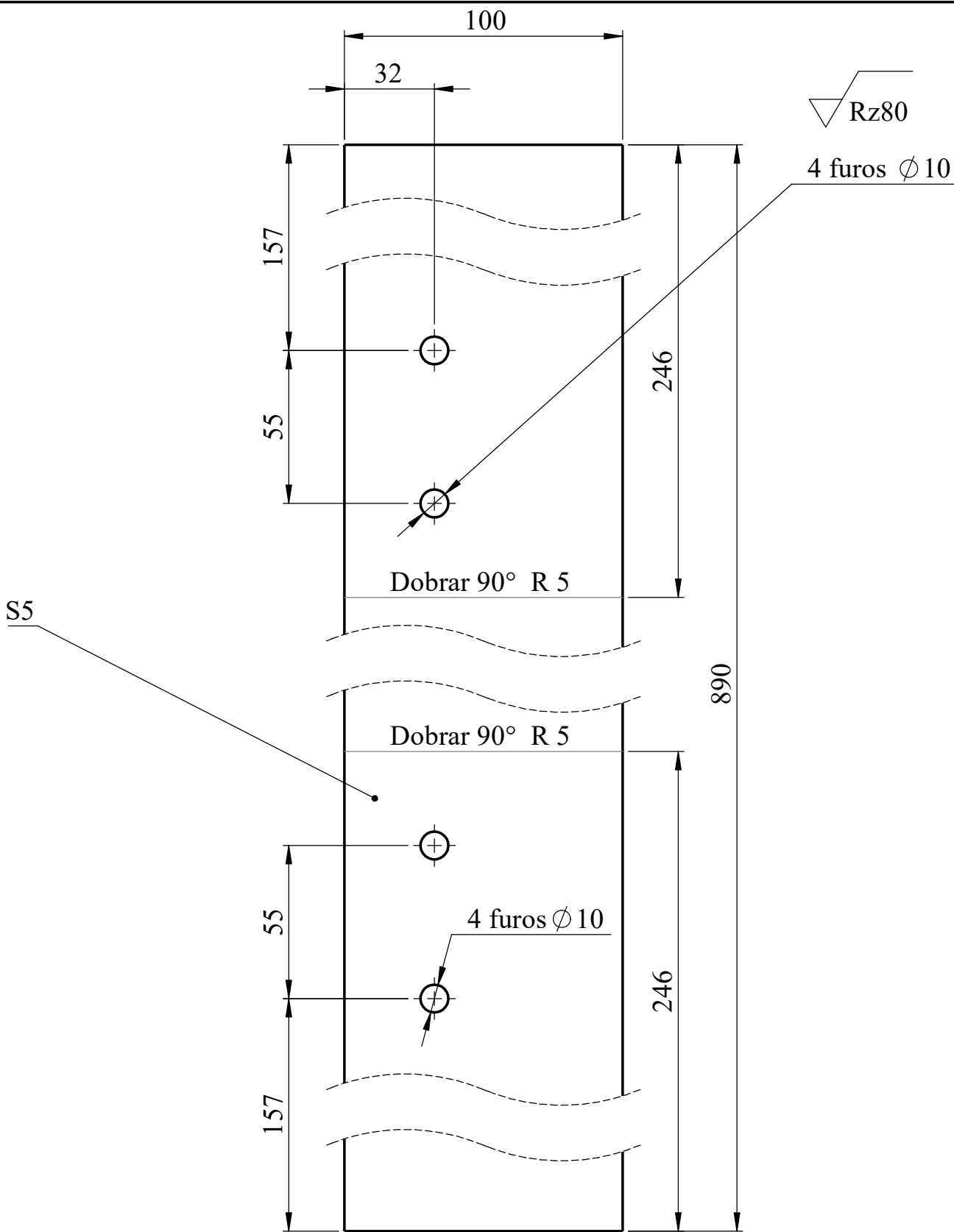
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:2	Chapa lateral maior			TL-02-2025

Rz80



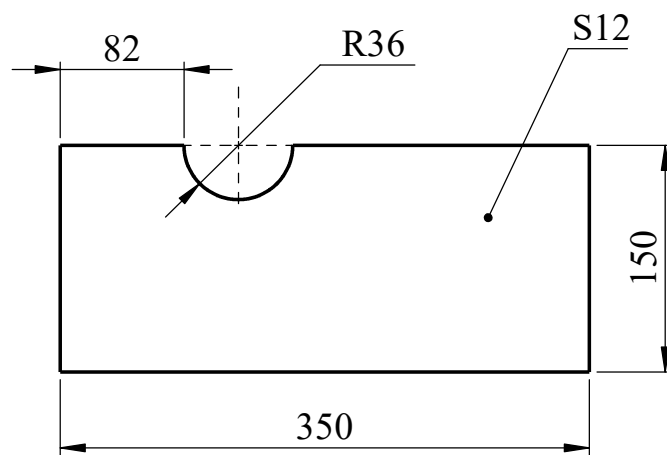
1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:5	Chapa superior da tampa			TL-03-2025



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

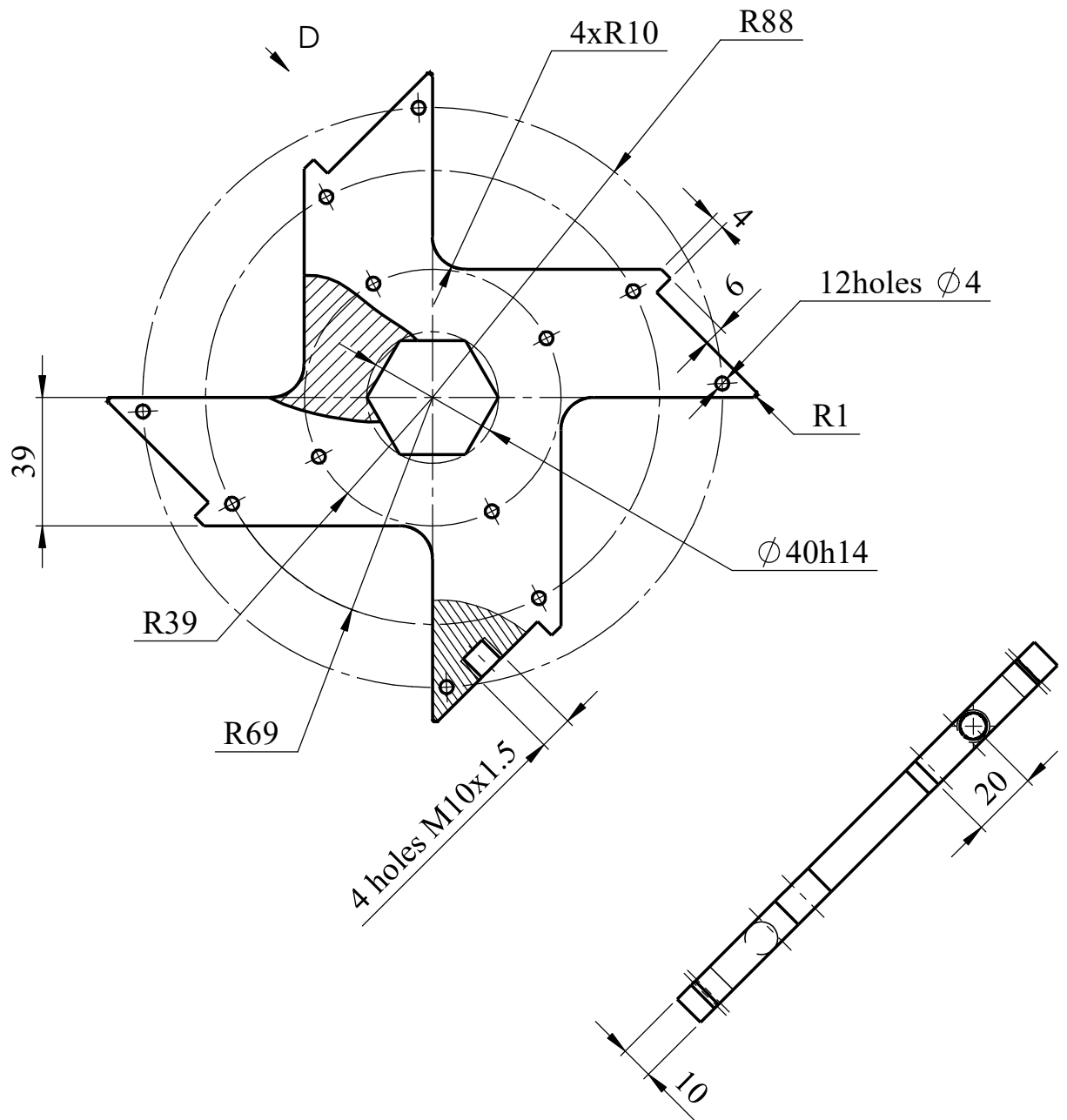
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:2	Chapa frontal dobrada			TL-04-2025



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:5	Chapa lateral menor			TL-05-2025

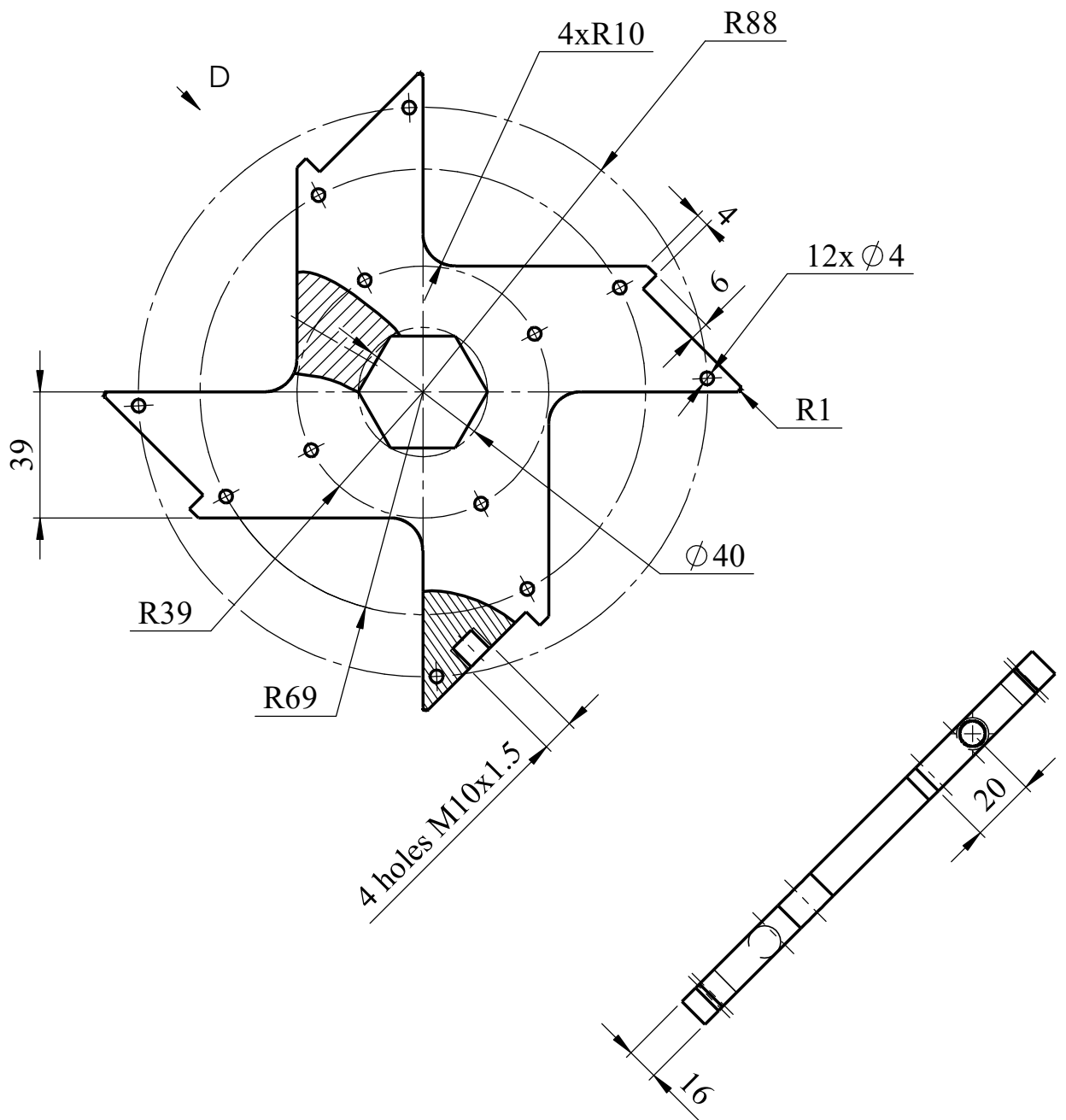
Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$   
Acabamento dos furos e roscas deve ser Rz20

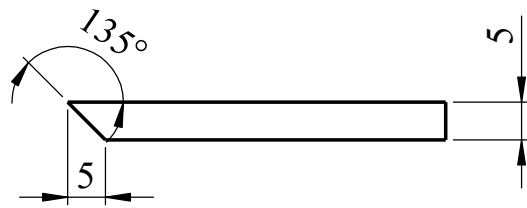
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1045	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:2	Disco estrelado 10mm			TL-06-2025

Rz80

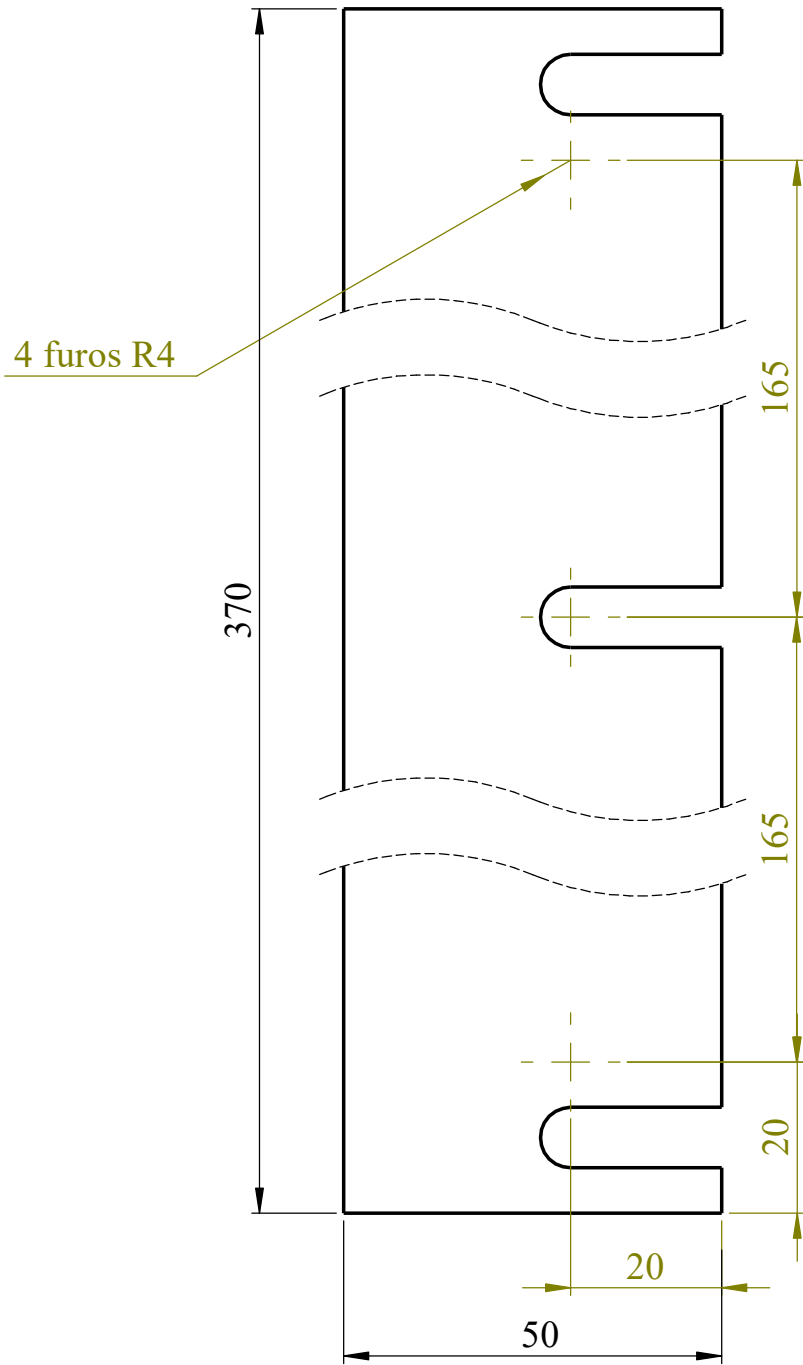


1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$   
Acabamento dos furos e roscas deve ser Rz20

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1045	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:2	Disco estrelado 16mm			TL-07-2025

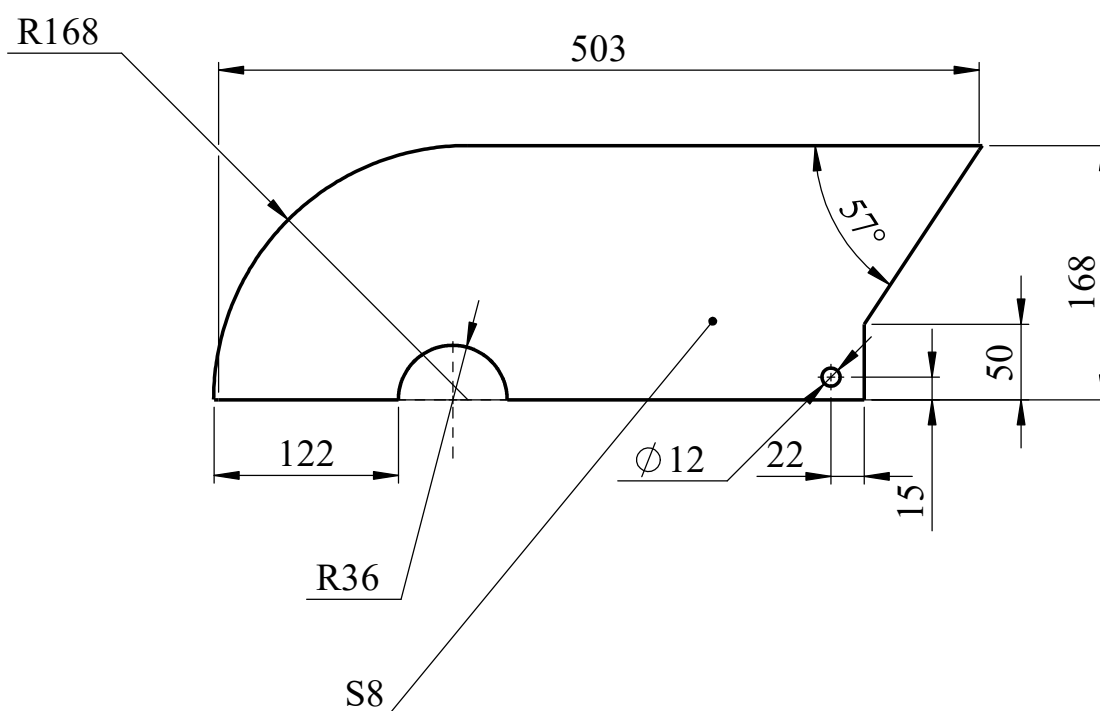


Rz20



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

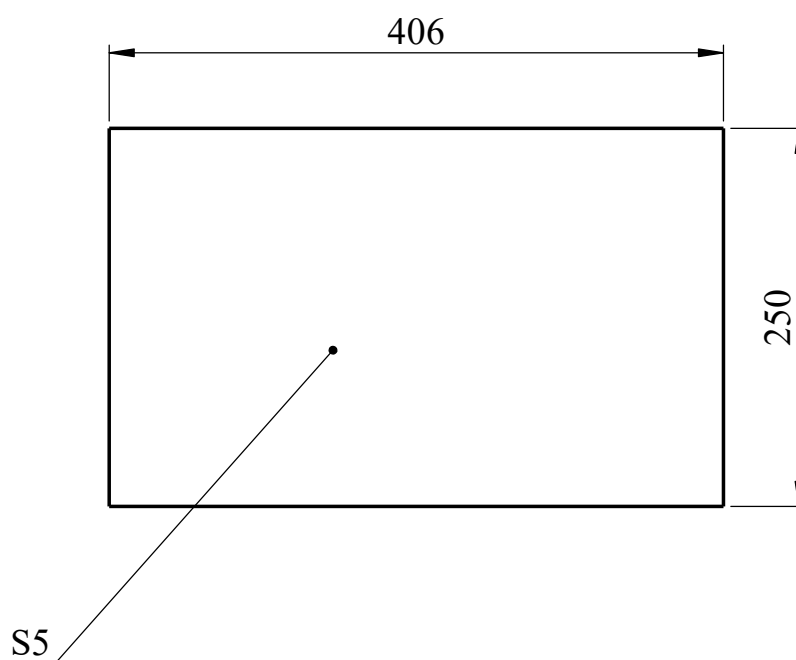
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:1	Lamina			TL-08-2025



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:5	Chapa lateral auxiliar			TL-09-2025

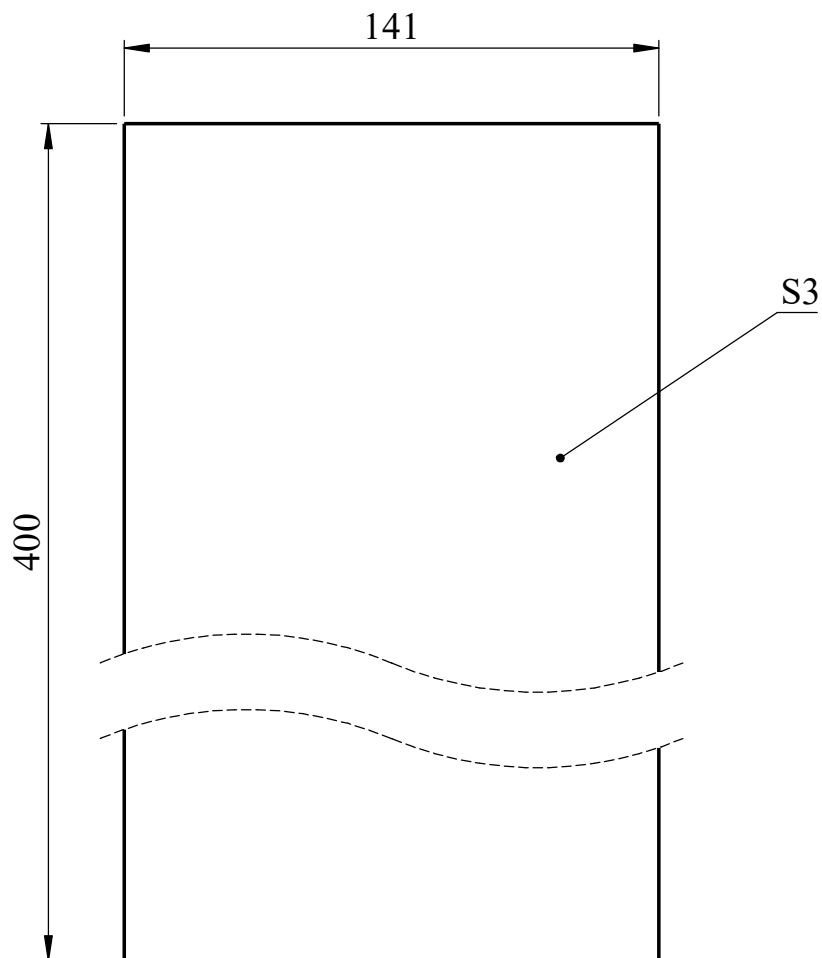
Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:5	Chapa frontal			TL-10-2025

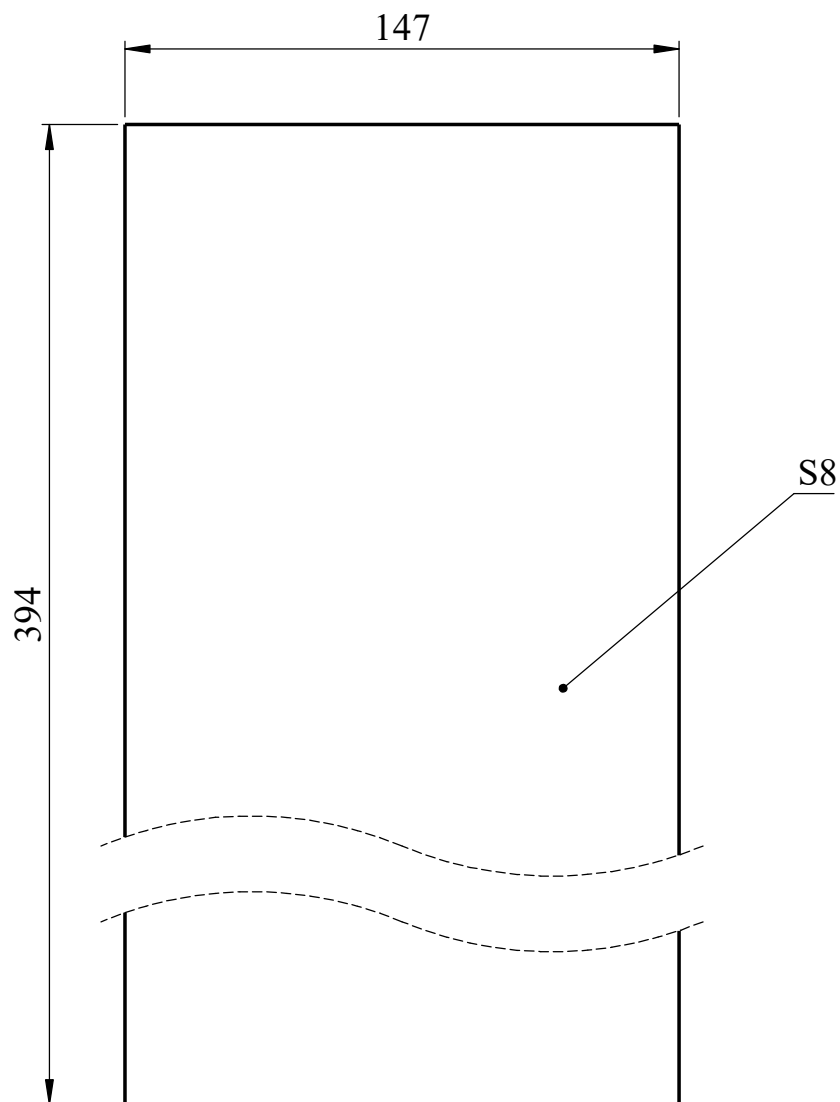
Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

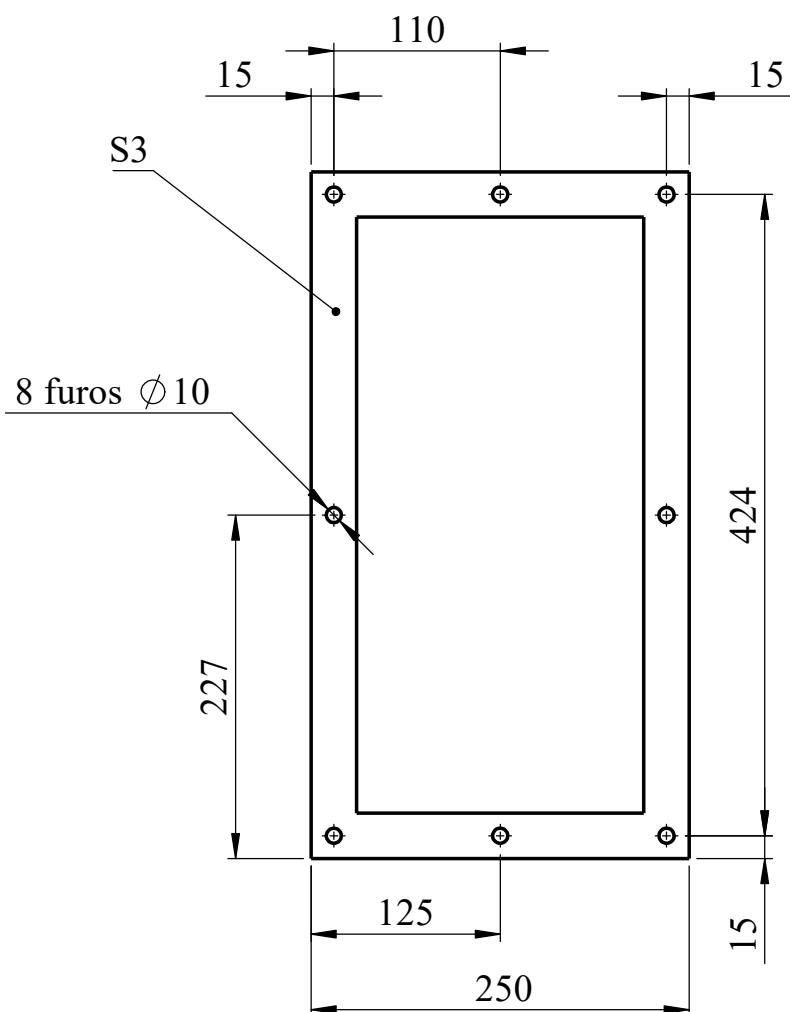
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:2	Chapa traseira			TL-11-2025

Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

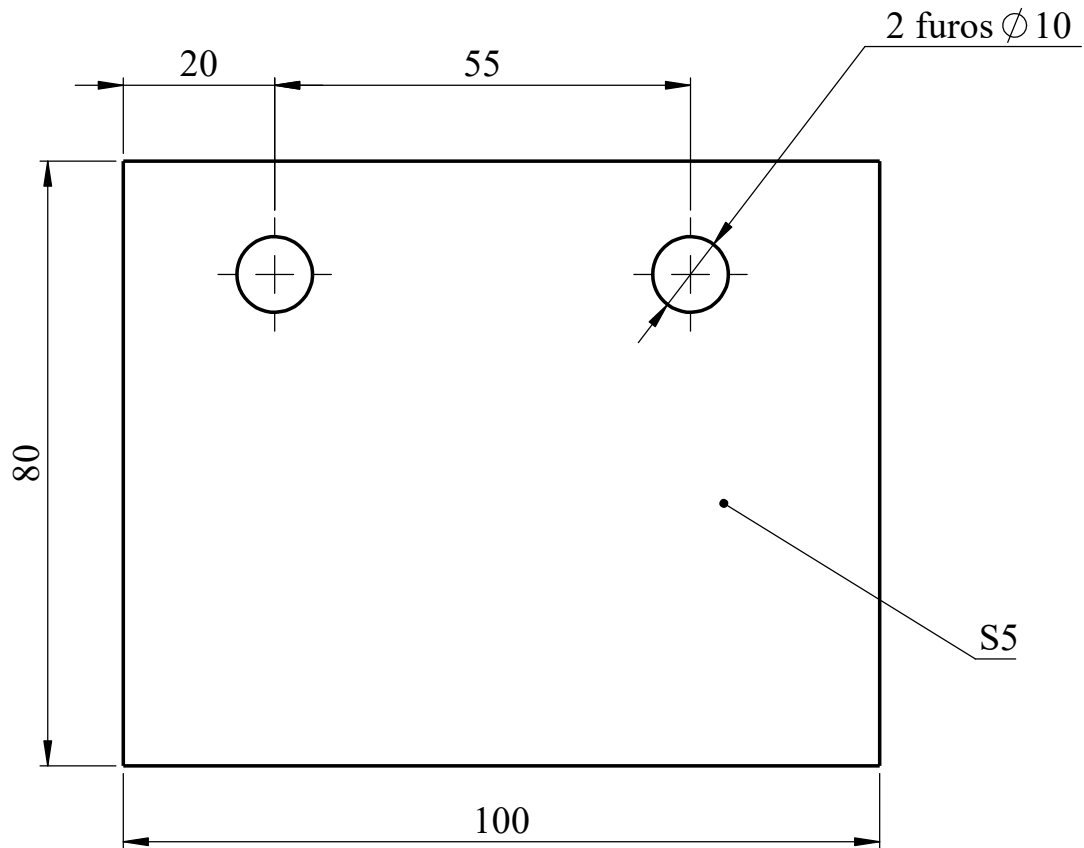
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:2	Chapa traseira interior			TL-12-2025



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

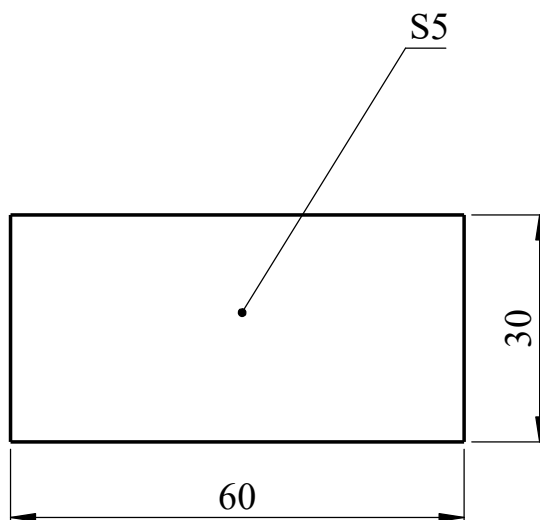
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:5	Chapa superior			TL-14-2025

Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

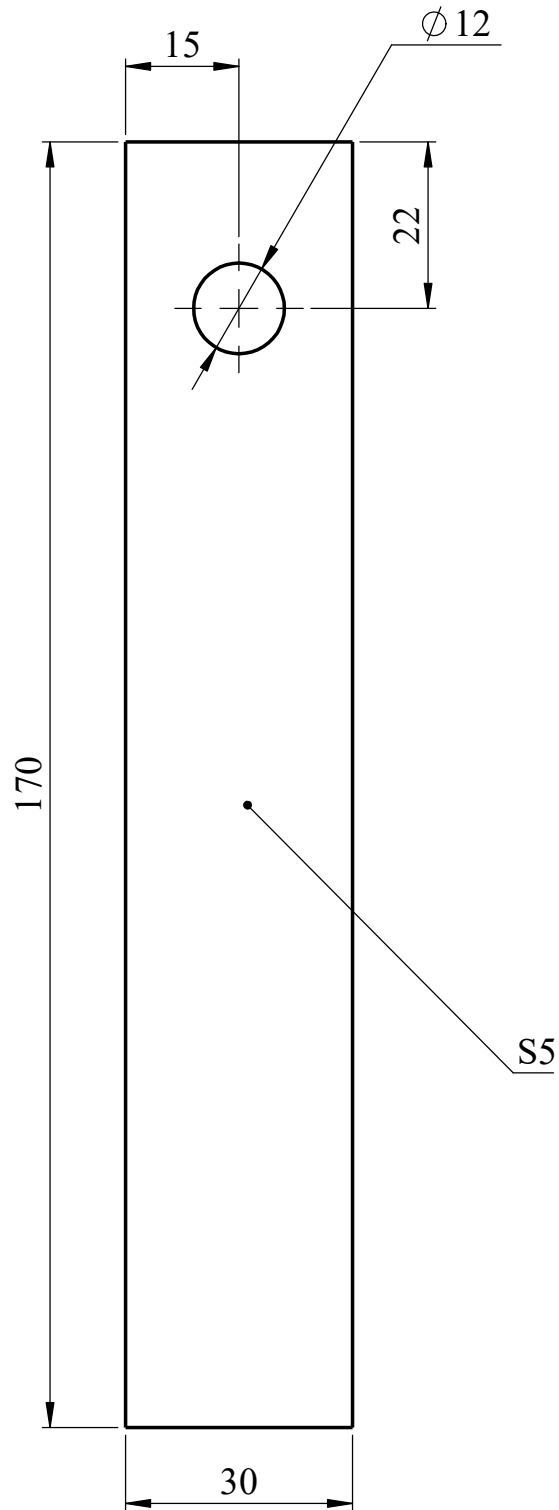
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA			
Jeremias		Quive					
Verificou	Data	Apelido					
Júlio		Mocomoque					
1:1	Dobradiça 2			TL-14-2025			



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

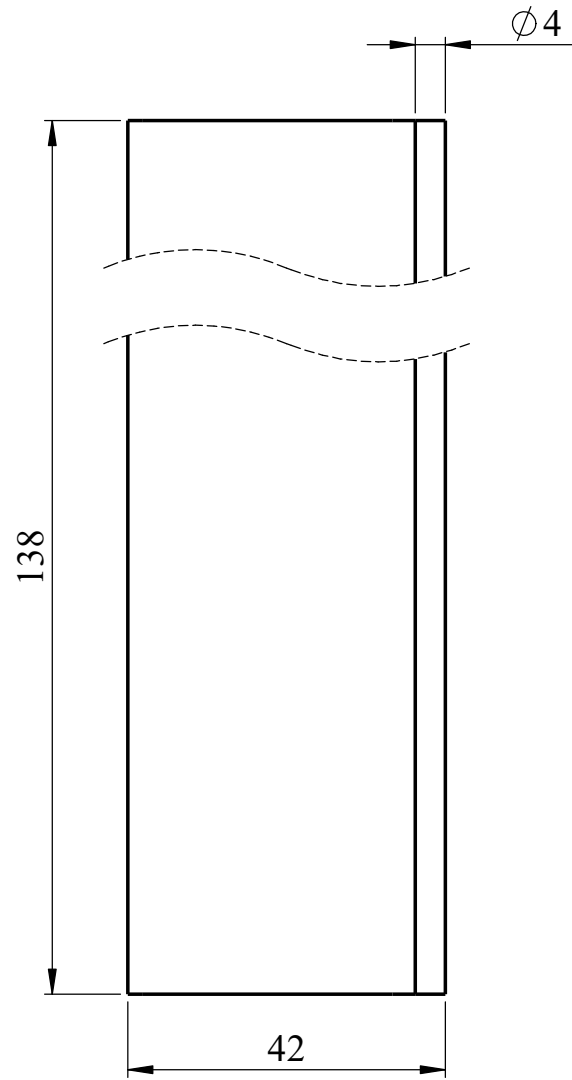
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:1	Suporte da dobradiça			TL-15-2025

Rz80

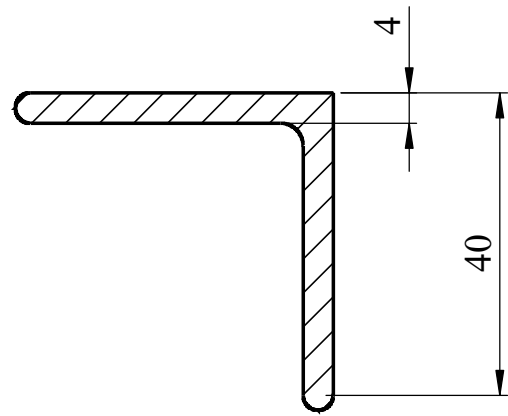


1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
2:1	Suporte das dobradiças			TL-16-2025



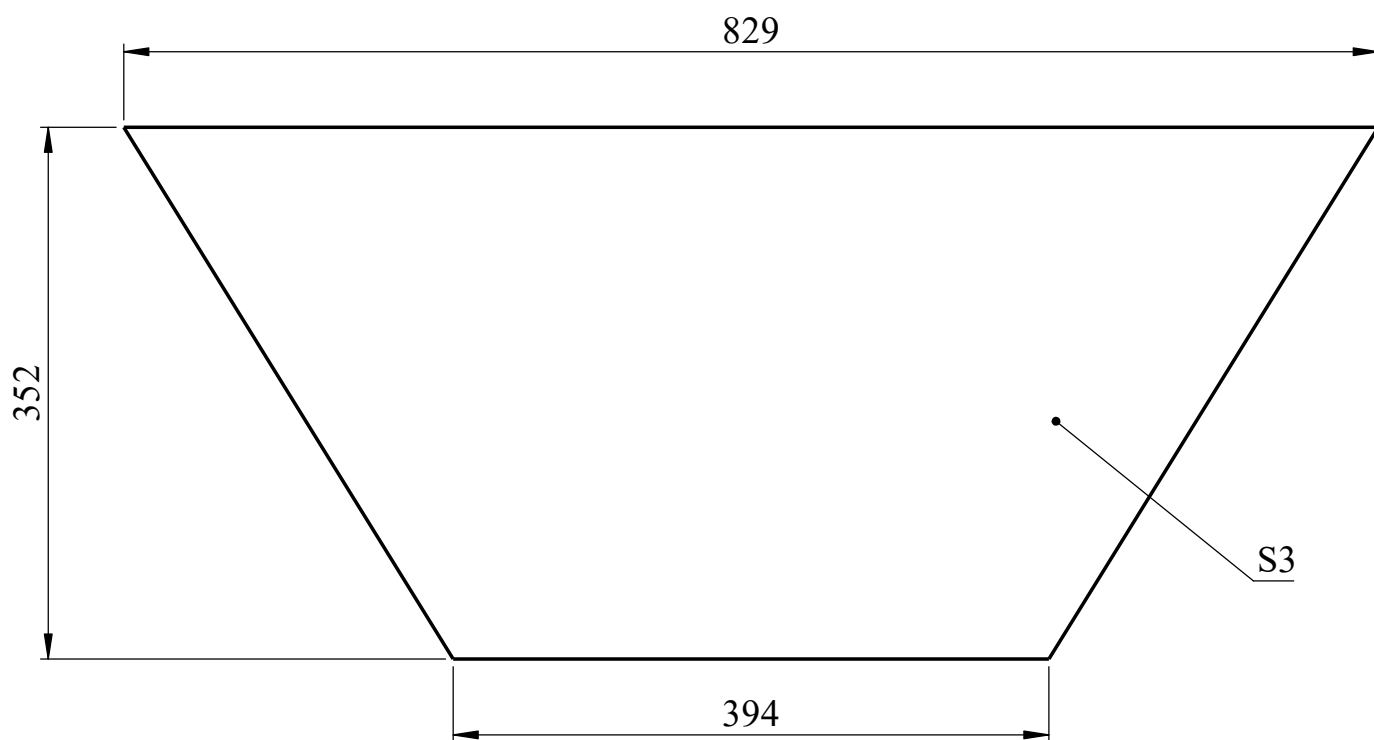
Rz20



1. Dimensões não indicadas: H14, h14; ±IT14/2

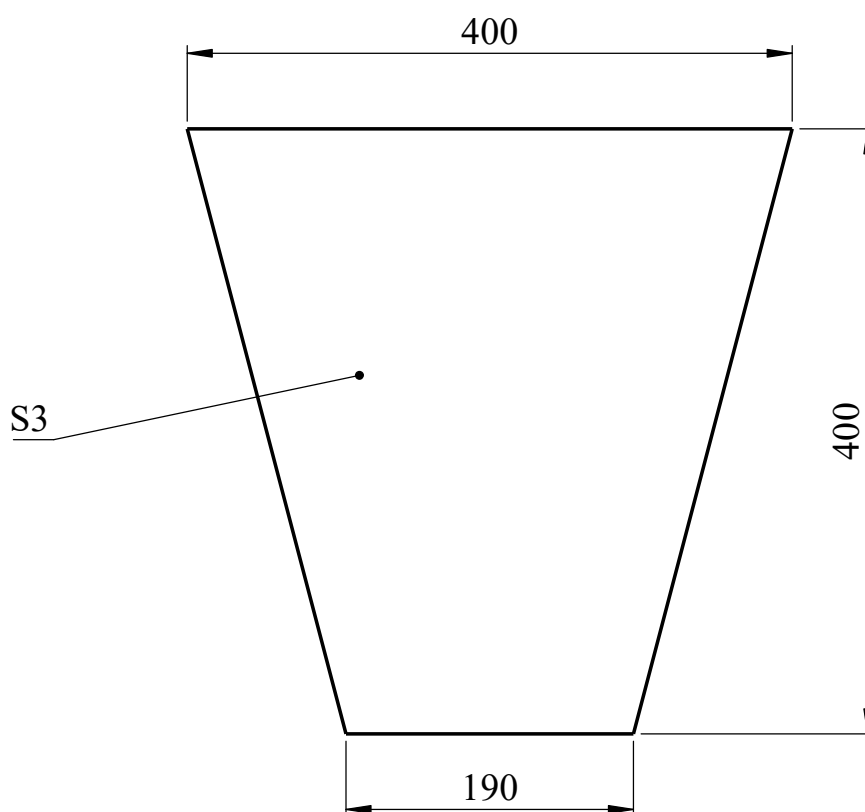
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:1	Suporte da caixa horizontal			TL-23-2025

Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

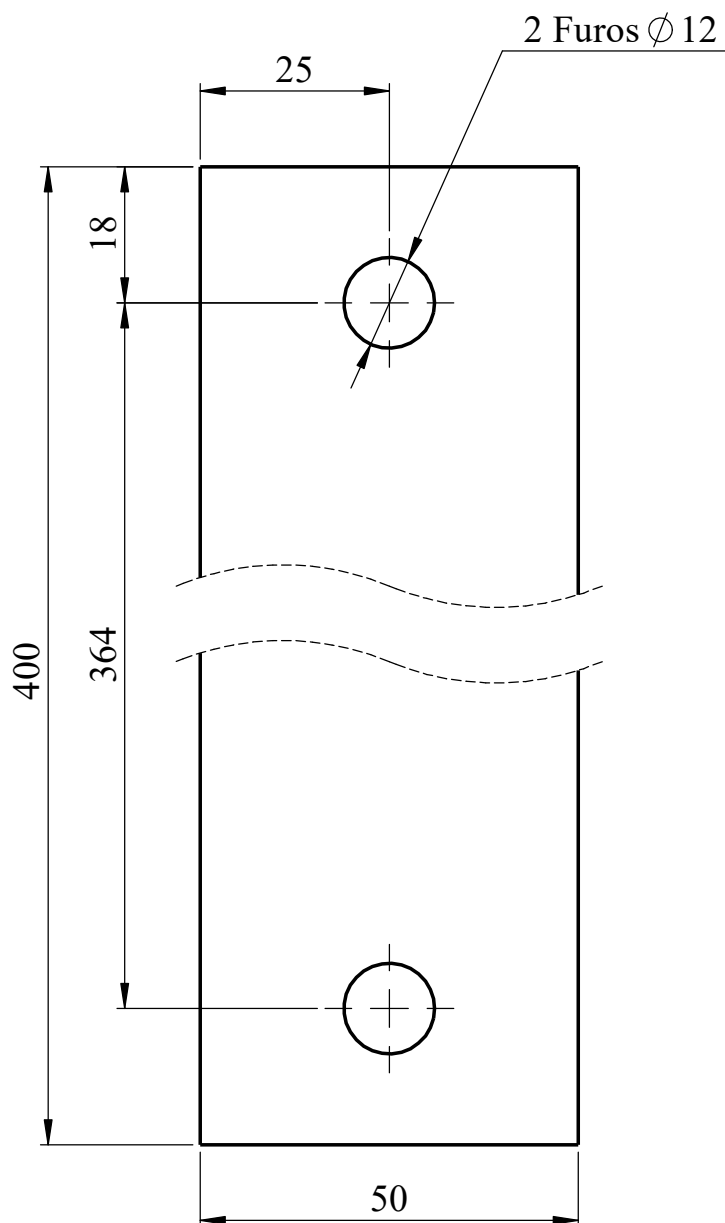
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:5	Chapa do funil frontal			TL-18-2025



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:5	Chapa do funil lateral			TL-19-2025

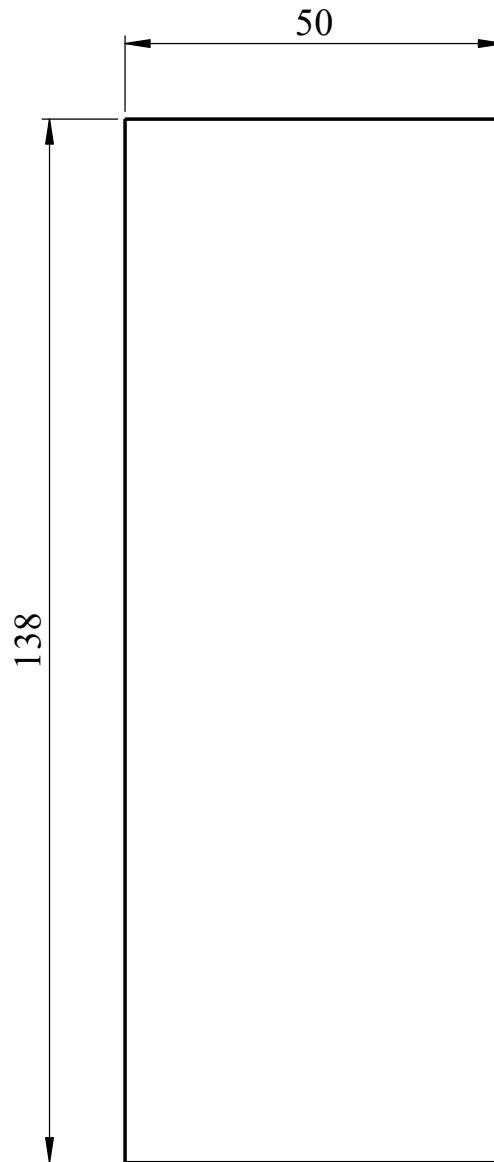
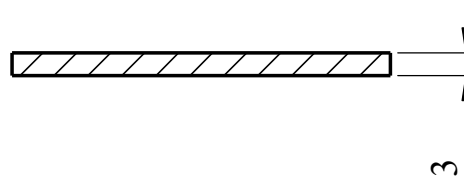
Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

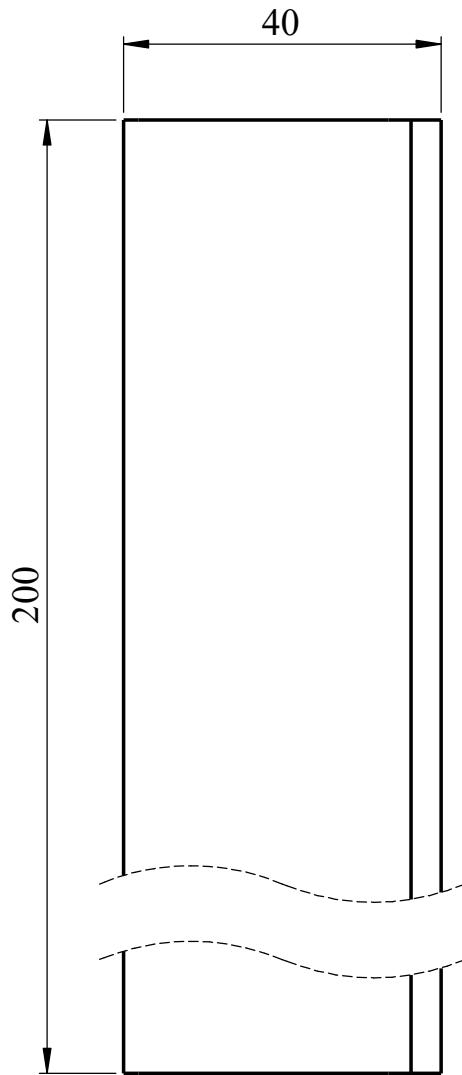
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:1	Chapa lateral auxiliares			TL-10-2025

Rz80

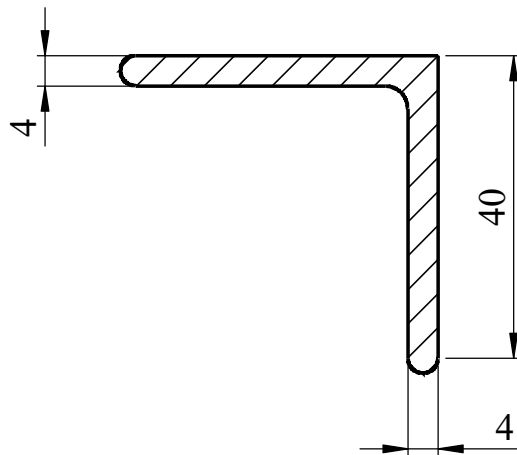


1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:1	Barra lateral			TL-21-2025

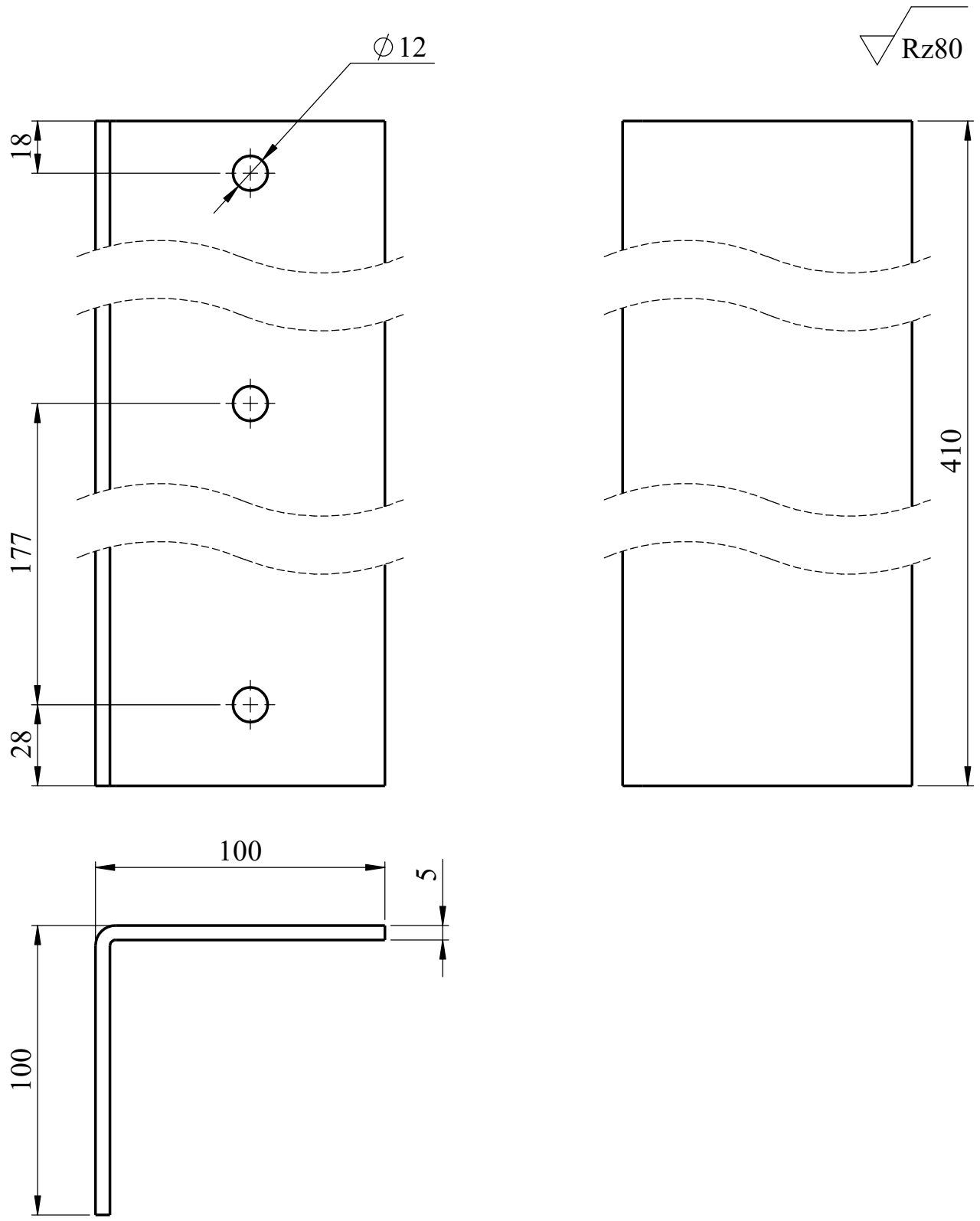


Rz20



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

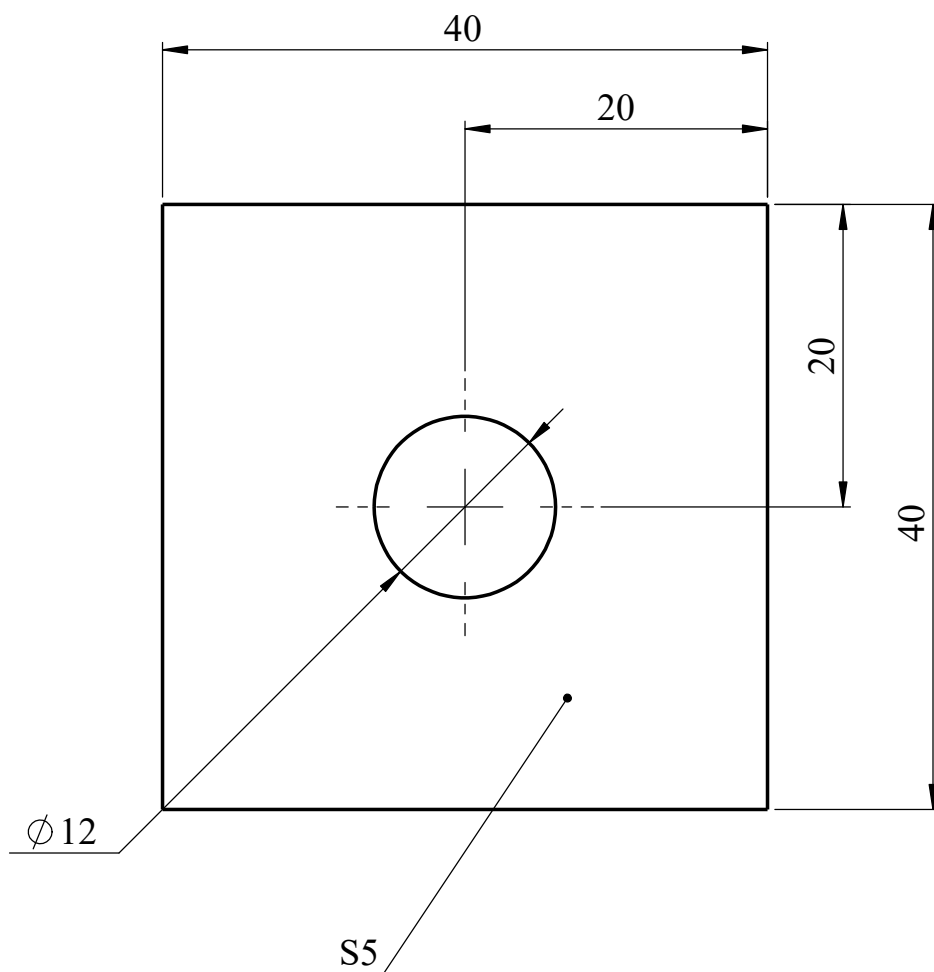
Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:1	Suporte da caixa			TL-22-2025



1. Dimensões não indicadas: H14, h14; ±IT14/2

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:5	Perfil L lateral			TL-23-2025

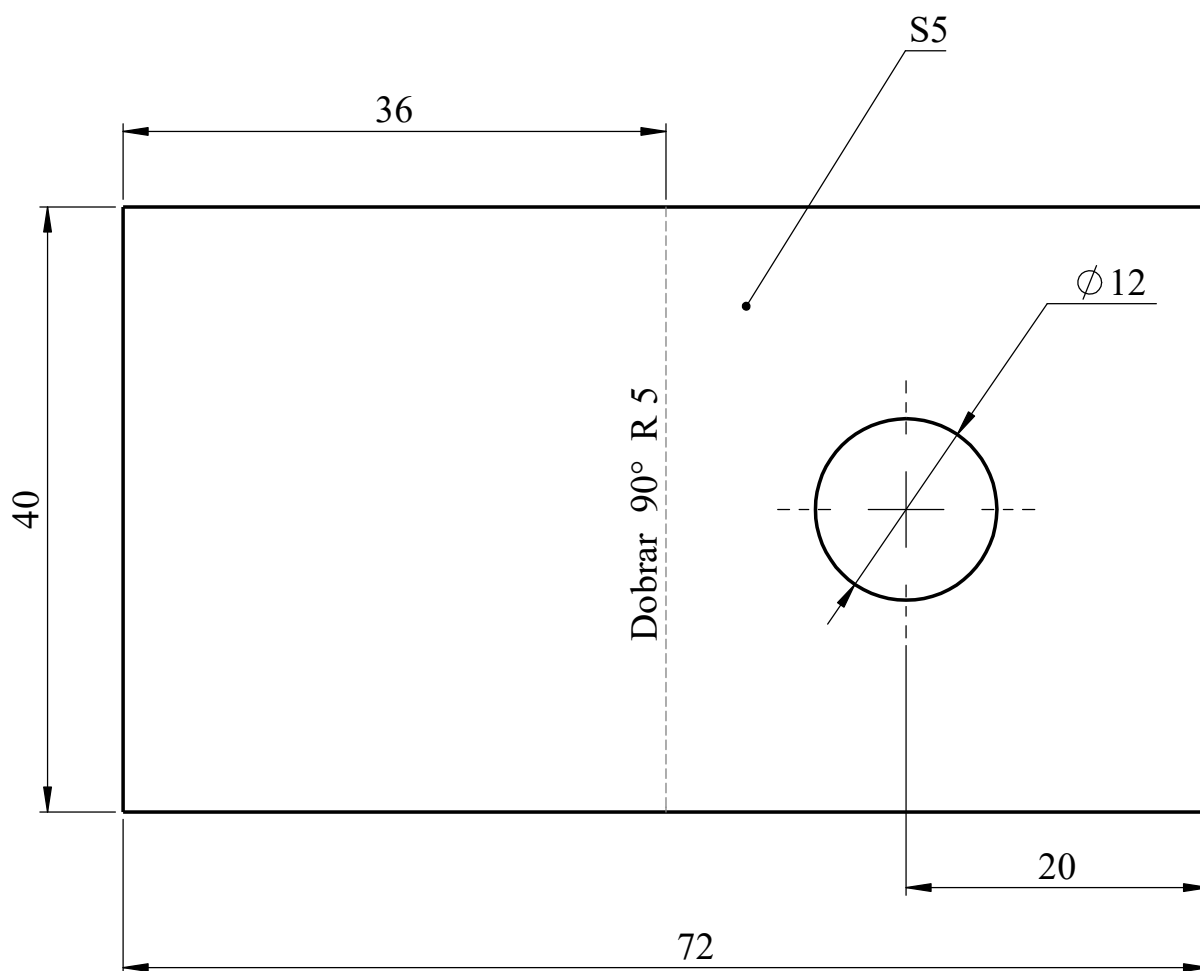
Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
2:1	Bloqueio superior			TL-24-2025

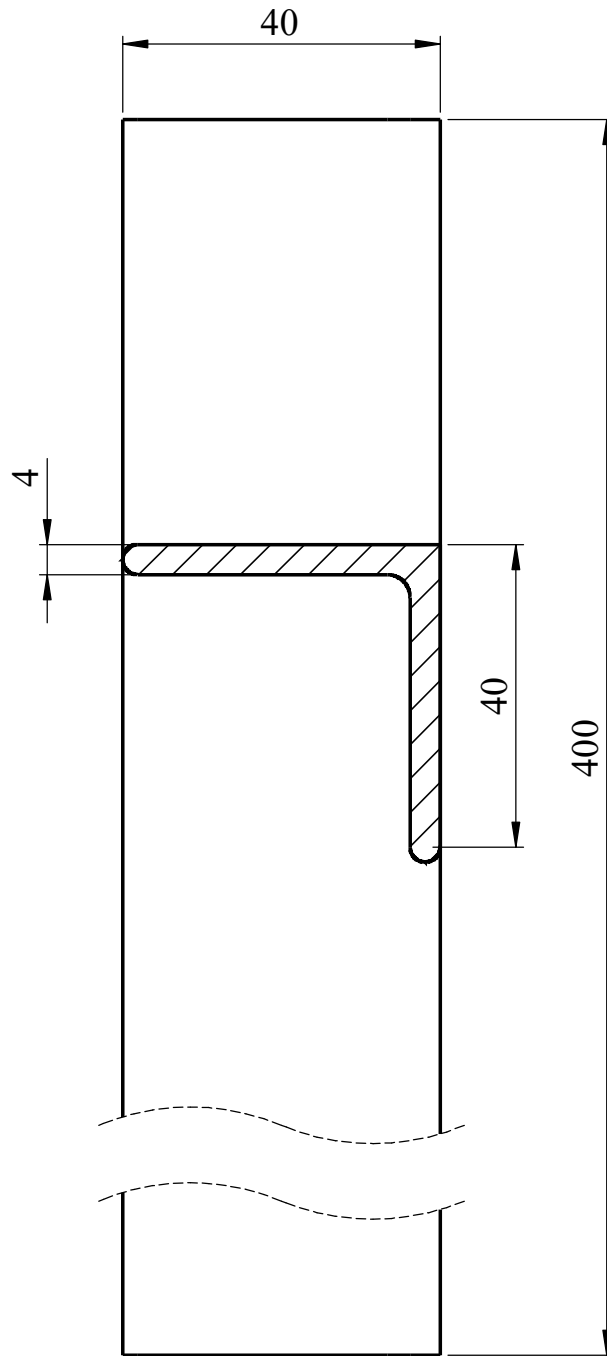
Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14; ±IT14/2

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
2:1	Bloqueio superior 2			TL-25-2025

Rz80

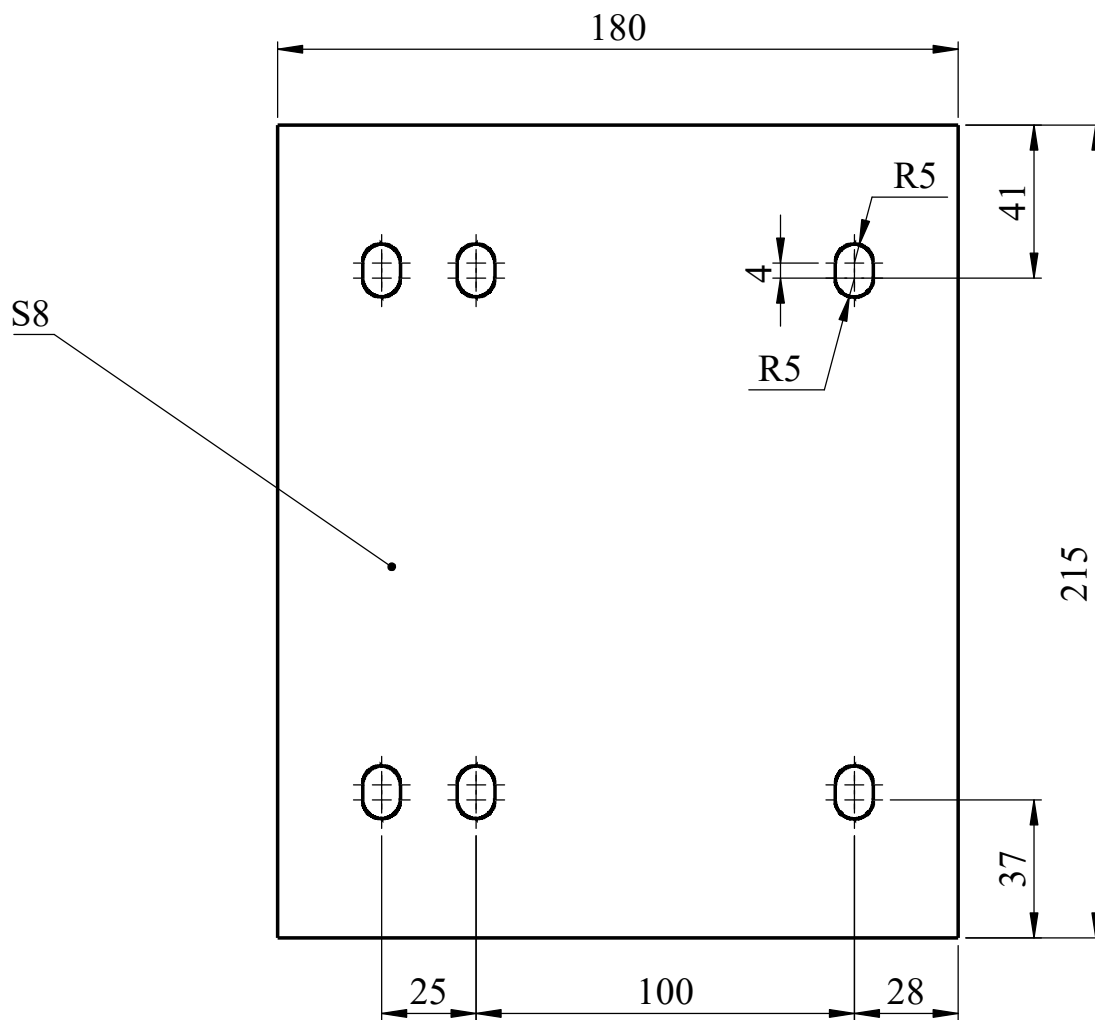


1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:1	Suporte			TL-28-2025

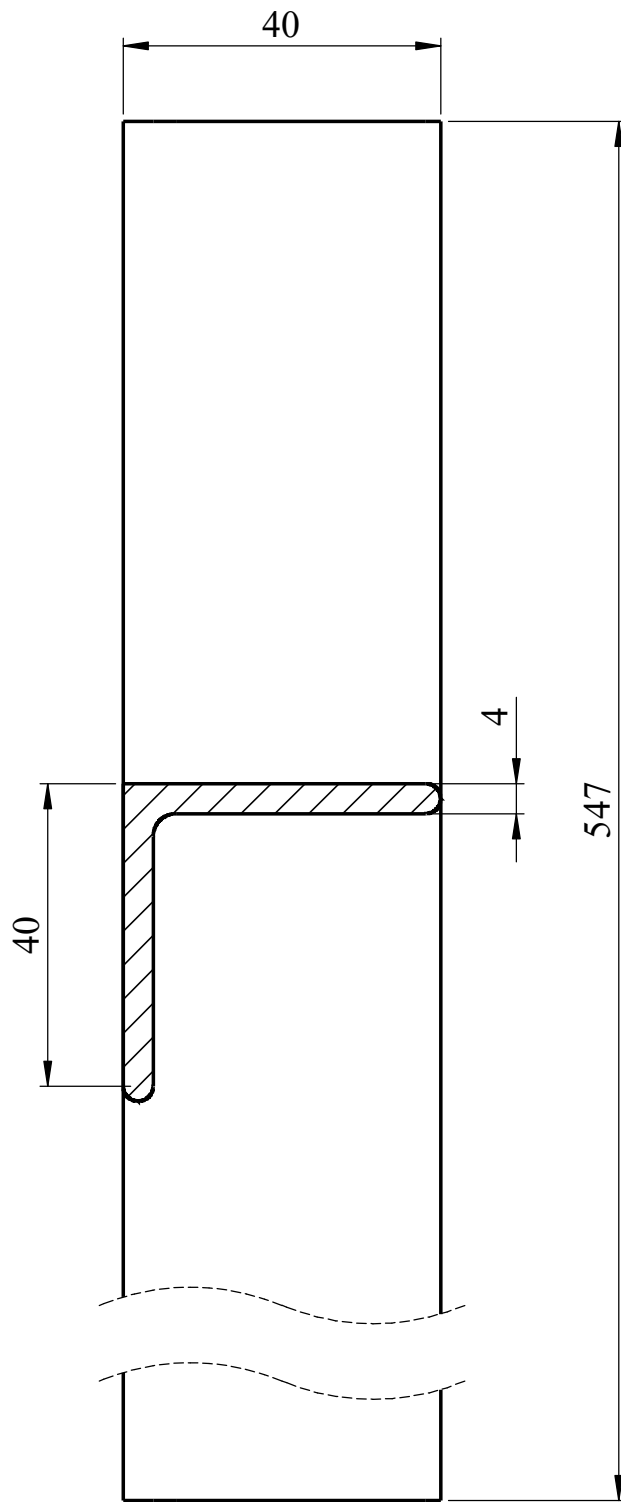


Rz80



1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:2	Base esticadora da correia			TL-30-2025



Rz80

1. Dimensões não indicadas: H14, h14;  $\pm IT14/2$

Desenhou	Data	Apelido	Aço AISI 1020	UEM-FE-DEMA
Jeremias		Quive		
Verificou	Data	Apelido		
Júlio		Mocomoque		
1:1	Suporte horizontal			TL-44-2025