



José Nuno Raposo de Almeida

Licenciado em Ciências da Engenharia Mecânica

Conceção de uma máquina de recolha automática de vasilhame de garrações de água

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador: Marco Alexandre de Oliveira Leite, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Coorientador: António José Freire Mourão, Professor Associado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: João Manuel Vicente Fradinho, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa.

Arguente: António Gabriel Marques Duarte dos Santos, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa.

Vogal: Marco Alexandre de Oliveira Leite, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

José Nuno Raposo de Almeida

Licenciado em Ciências da Engenharia Mecânica

Conceção de uma máquina de recolha automática de vasilhame de garrações de água

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador: Marco Alexandre de Oliveira Leite, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Coorientador: António José Freire Mourão, Professor Associado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: João Manuel Vicente Fradinho, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa.

Arguente: António Gabriel Marques Duarte dos Santos, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa.

Vogal: Marco Alexandre de Oliveira Leite, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Setembro, 2019

Conceção de uma máquina de recolha automática de vasilhame de garrações de água.

Copyright © José Nuno Raposo de Almeida, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer ao professor Marco Leite pela disponibilidade em orientar todo o percurso desta dissertação e pelo contributo positivo que deu para a minha evolução académica e pessoal. Evolução esta que gostava de igualmente agradecer a todos os docentes do DEMI que de certa forma estiveram presentes no decorrer do meu percurso universitário, nomeadamente o professor António Mourão que além de professor de várias unidades curriculares que tive o prazer de frequentar, mostrou-se disponível para ajudar neste projeto e que esteve inclusive presente em momentos chave do desenvolvimento do mesmo.

Agradeço à PROBEB pelo desafio concedido que originou a possibilidade de trabalhar neste tema e á VALNOR pelos *inputs* valiosos ao desenvolvimento do trabalho.

Quero agradecer a todos os meus companheiros da *anTUNiA*, com os quais partilhei 4 anos de todo o tipo de aventuras, histórias e momentos inesquecíveis suportados pelos dois grandes pilares que unem cada um de nós: a música e o espírito académico.

Aos meus amigos Daniel Costa, Diogo Mendes e Luís Nascimento que me acompanharam nas vitórias e nas derrotas de todo o meu percurso universitário.

De seguida gostava de agradecer aos meus amigos de longa data Filipe Costa, Pedro Madeira, Rafael Coelho e Rui Alves, que me acompanham há bem mais de 10 anos e que certamente irão acompanhar por mais umas quantas décadas.

Gostava de deixar um agradecimento especial à Teresa Fernandes que me ajudou a apreciar a doçura de cada barreira superada e os momentos de aprendizagem das desventuras mais amargas.

Por fim, não podia deixar manifestar a mais profunda gratidão aos meus pais e avó que fizeram todos os possíveis para me criar num ambiente propício a superar os objetivos na minha vida, que por consequência me trouxeram a este preciso momento. Um grande obrigado a todos.

Resumo

O desperdício de plástico e a poluição têm sido temas bastante presentes em discussões tanto em ambiente empresarial como governamental. Existe cada vez mais investimento no desenvolvimento de soluções de reaproveitamento de materiais, não só pela necessidade da redução do impacto ambiental da má gestão de resíduos, mas também para a diminuição de custos relativamente a compra de matéria-prima virgem.

A maior fatia da despesa presente no processo de reaproveitamento de resíduos está relacionada com a triagem e lavagem do material recolhido. As máquinas de recolha automática de vasilhame (em inglês *Reverse Vending Machine*, mais vulgarmente referidas como RVM) foram introduzidas no mercado como um meio para reduzir esse gasto pois permite que os resíduos, depositados a troco de uma recompensa, sejam armazenados sem contaminantes que impossibilitem uma reciclagem eficiente e separados tendo em conta o material que os compõe.

Portugal neste momento está a dar os primeiros passos na implementação desta solução em estabelecimentos comerciais. No entanto, sendo este tipo de tecnologia relativamente recente, é apenas possível processar recipientes em fim de vida com capacidades até 2L que sejam de plástico, alumínio ou vidro. Sendo Portugal, segundo a PROBEB, um país que consome cerca de 30% dos recipientes PET em formato garrafão (com capacidades $\geq 5L$), existe uma grande quantidade de material que não pode ser reaproveitado com recurso às RVM.

Face a essa necessidade o objetivo desta dissertação prende-se com a conceção e desenvolvimento de uma RVM capaz de processar garrafões PET.

Numa primeira fase deste documento foi analisada a influência do plástico na sociedade, a arquitetura da RVM e as principais soluções existentes do mercado com vista a enquadrar a necessidade que a solução pretende cumprir. De seguida foram apresentadas todas as considerações, cálculos e decisões durante a fase de conceção do protótipo, assim como as especificações finais do ponto de vista mecânico

Palavras-chave:

Máquina de recolha automática de vasilhame; RVM; Projeto de máquinas; Triturador; Plásticos; Reaproveitamento material.

Abstract

Waste of plastic and pollution issues have been present in many discussions not only in ambiental sessions, but also in governmental and business meetings. The investment in developing solutions of materials reuse are booming, not just for the urgency in decreasing environmental concerns, but also for the minimization of the costs in the purchase of new resources.

The major cut of recycling process expenses is related with the sorting and washing of the processed material. Reverse vending machines (also known as RVM) have been introduced as a solution of reducing that kind of expenses. This system gives a small reward to the user who deposited non reusable containers, and it automatically sorts and stores by material type. These actions do not allow the waste to be mixed and contaminated, which prevents worsening the viability of the following recycle process.

At this moment, Portugal are taking the first steps in the implementation of RVM solution in the commercial surfaces. However, this technology is relatively new and it's only possible to manage plastic, aluminium and glass containers with less than 2 litre. According with PROBEB, Portugal consumes nearly 30% of the PET containers in the 5 litre or higher size, which can be translated in a large portion of plastic waste that can't be processed by this RVM technology.

The main objective of this master thesis is to conceive and develop a new model of RVM which can process 5 to 7 litre PET containers.

In the first sections of this document, it's established an analysis of plastic influence in our society, structure dissection of the RVM technology and the main solutions in this market segment. In the following sections it will be presented all the considerations, calculations and decisions within the conception of the machine prototype. In the end will be shown the main mechanical specifications of the developed RVM.

Keywords:

Reverse Vending Machine, RVM; Machine Design; Shredder; Plastic; Material reuse.

Índice de Conteúdos

Agradecimentos.....	I
Resumo	III
Palavras-chave:	III
Abstract	V
Keywords:.....	V
Índice de Figuras	X
Índice de Tabelas	XIII
Lista de abreviaturas.....	XIV
Simbologia.....	XIV
1. Introdução.....	1
1.1. Contexto e motivação	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Contributos	3
1.4. Estrutura e organização.....	4
2. Plásticos	7
2.1. Evolução e impacto ambiental	7
2.2. Politereftalato de etileno - PET	9
2.3. Reciclagem do PET	10
2.4. Políticas e legislação ambiental.....	11
3. Reverse Vending Machine.....	13
3.1. Arquitetura do produto	13
3.1.1. Recolha e Identificação	15
3.1.2. Seleção/Triagem	17
3.1.3. Compactação	18
3.1.3.1. <i>Shredder</i> (Triturador)	18
3.1.4. Armazenamento	20
3.2. Principais fabricantes.....	20

4.	Pressupostos e abordagem inicial	23
4.1.	Abordagem inicial ao problema.....	23
4.2.	Constrangimentos dimensionais	25
4.3.	Especificações Iniciais.....	26
5.	Solução proposta.....	27
5.1.	Sistema de entrada e identificação	28
5.1.1.	Garrafão modelo.....	29
5.1.2.	Carcaça e janela do compartimento de entrada.....	31
5.1.3.	Sistema de deslocamento do garrafão.....	34
5.1.3.1.	Configuração.....	35
5.1.3.2.	Seleção do tapete transportador	37
5.1.4.	Sensor de perfil	39
5.1.5.	Leitor de código de barras	43
5.1.6.	Células de carga.....	46
5.2.	Sistema de compactação.....	48
5.2.1.	Dimensionamento do Triturador.....	48
5.2.1.1.	<i>Seleção do moto-redutor.....</i>	49
5.2.1.2.	<i>Dimensionamento dos veios rotativos e discos cortantes.....</i>	51
5.2.1.3.	<i>Estrutura do shredder</i>	53
5.2.1.4.	<i>Chumaceiras.....</i>	54
5.2.1.5.	<i>Funil de entrada</i>	55
5.2.1.6.	<i>Engrenagem entre veios</i>	56
5.3.	Armazenamento	59
5.3.1.	Dimensionamento do contentor	60
5.4.	Estrutura.....	61
5.4.1.	Simulação numérica e seleção do perfil.....	62
5.5.	Especificações finais	65
6.	Conclusões e trabalhos futuros.....	67

Referências bibliográficas.....	70
Anexos	72

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Reverse Vending Machine em zona comerciais na Noruega.	2
Figura 1.2 - Fluxograma da estrutura da dissertação	5
Figura 2.1 - Evolução da produção de plástico de 1950 a 2015.....	8
Figura 2.2 - Principais utilizações do plástico na Europa em 2017.....	8
Figura 2.3 - Estrutura molecular do politereftalato de etileno	9
Figura 3.1 - Exemplo de um layout de uma RVM: 1 -Entrada de garrafas PET e latas; 2 – Ecrã táctil; 3 – Entrada de grades de garrafas de vidro com tara.....	14
Figura 3.2 - Fluxograma simplificado do funcionamento de uma RVM.....	14
Figura 3.3 - Exemplo das várias categorias de RVM da TOMRA. a) Modelo compacto; b) Modelo Front-end + Backdoor; c) Modelo Industrial.....	15
Figura 3.4 - Representação do módulo de entrada de uma RVM e o interior do compartimento de análise.....	17
Figura 3.5 - Sistema de triagem de uma RVM da empresa DIGI.	18
Figura 3.6 - Shredding machine de papel com tabela dos componentes discriminados.	19
Figura 3.7 - RVM T-90 da empresa TOMRA, com portas do compartimento de armazenamento abertas.....	20
Figura 3.8 - Presença no mercado das 6 maiores empresas que produzem e instalam RVM	21
Figura 4.1 – Esquema da divisão dos principais mecanismos presentes na RVM a projetar	24
Figura 5.1 - Perspetiva isométrica da solução final da RVM	28
Figura 5.2 - Módulo de entrada e identificação	29
Figura 5.3 - Dimensões medidas em cada garrafão: A, B e C correspondem á maior largura, altura e menor largura, respetivamente.....	30
Figura 5.4 - Representação 3D do garrafão modelo	31
Figura 5.5 – Solução final da carcaça do compartimento de entrada com a janela de entrada	34
Figura 5.6 - Sistema de deslocação.....	35

Figura 5.7 - Tapete transportador do sistema de deslocação dos garrafões na RVM .	38
Figura 5.8 - Montagem das guias no tapete transportador	38
Figura 5.9 - Representação do suporte do tapete transportador (esquerda) e foto em pormenor da montagem do suporte na máquina (direita).....	39
Figura 5.10 - Localização do sensor de perfil no sistema de entrada.....	39
Figura 5.11 - Representação gráfica das várias etapas de leitura do sensor ótico de triangulação a laser	40
Figura 5.12 - Representação da análise gráfica dos valores obtidos pelo sensor de perfil no decorrer do deslocamento do garrafão	41
Figura 5.13 - Esquema da zona de leitura e offset do sensor de perfil.....	41
Figura 5.14 - Dimensões necessárias á seleção do sensor de perfil (valores em mm)	42
Figura 5.15 - Representação da localização e orientação dos códigos de barras (esquerda) e zona de atuação dos sensores de códigos de barras, representada a verde (direita)	43
Figura 5.16 - Sensor Matrix™220 DATALOGIC.....	44
Figura 5.17 - Esquema de montagem de um leitor de código de barras ortogonal à face de leitura do garrafão. A verde está representado o campo de visão dos sensores; a azul está representado o garrafão	44
Figura 5.18 - Esquema da montagem de 2 leitores de códigos de barras. A verde está representado o campo de visão dos sensores; a azul está representado o garrafão ..	45
Figura 5.19 - Montagem final dos sensores de código de barras	46
Figura 5.20 - Célula de carga AEPtransducers 50N.....	47
Figura 5.21 - Sistema de trituração dos garrafões	48
Figura 5.22 - Dimensões do moto-reductor SEW S77DRN132S4	51
Figura 5.23 - Dimensões dos veios do triturador.....	52
Figura 5.24 - Disco cortante de 4 gumes.	52
Figura 5.25 - Discos intercalares	52
Figura 5.26 - Pormenor da montagem dos discos nos veios do triturador.....	53
Figura 5.27 - Estrutura da trituradora	53
Figura 5.28 - Desenho da do modelo de chumaceira selecionado	55

Figura 5.29 - Vista em corte a montagem do veio na estrutura da trituradora	55
Figura 5.30 - Representação do funil de entrada	56
Figura 5.31 – Trem de engrenagem do triturador.....	57
Figura 5.32 - Dimensões entre veios do trem de engrenagem e numeração das rodas dentas.....	57
Figura 5.33 - Esboço das distâncias a calcular para dimensionamento da roda dentada do veio do moto redutor	58
Figura 5.34 - Solução final para o contentor de armazenamento	59
Figura 5.35 - Esboço do depósito de PET triturado no contentor.	60
Figura 5.36 - Estrutura final da RVM.....	61
Figura 5.37 - Modelação 3D da estrutura da RVM com respetivas cargas aplicadas e apoios.....	63
Figura 5.38 - Valores das tensões equivalentes de Von Mises originadas pelo peso dos componentes	63
Figura 5.39 - Vista em pormenor da zona com maior solicitação na estrutura	64
Figura 5.40 - Deformação originada na estrutura pelo peso dos componentes.....	64

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Tabela de características físicas do politereftalato de etileno.....	10
Tabela 4.1 - Comparação dimensional das RVM flagship das principais produtoras ..	25
Tabela 4.2 - Tabela de especificações iniciais da RVM a projetar.....	26
Tabela 5.1 - Dimensões e capacidades medidas das 16 amostras de garrafões diferentes de várias marcas. A sublinhado estão identificados os maiores valores de cada dimensão	30
Tabela 5.2 - Dimensões máximas da amostra de garrafões e dimensões finais do garrafão referência.	30
Tabela 5.3 - Hipóteses de orientação do garrafão no compartimento de entrada; a seta azul representa o sentido do movimento de entrada do garrafão pela janela; a amarelo está representado o sentido do movimento	32
Tabela 5.4- Comparação das vantagens e desvantagens da hipótese B vs hipótese C	33
Tabela 5.5 - Hipóteses de configurações do sistema de deslocamento do garrafão; a seta amarela representa o sentido do movimento.....	36
Tabela 5.6 - Necessidades e requisitos funcionais de apoio á seleção do tapete transportador	37
Tabela 5.7 - Especificações do sensor “scanControl 2710-50 ExtendedRange	42
Tabela 5.8 - Lista de componentes do conjunto do tapete transportador com respetivas massas	46
Tabela 5.9 - Tabela de componentes da estrutura do triturador.....	54
Tabela 5.10 - Valores do peso de cada componente ligado á estrutura da RVM	62
Tabela 5.11 - Especificações finais da RVM	65

Lista de abreviaturas

CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CEE	Comunidade Económica Europeia
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
NFC	<i>Near Field Communication</i>
PET	Politereftalato de etileno
PROBEB	Associação Portuguesa para as Bebidas Refrescantes não alcoólicas
RVM	<i>Reverse vending machine</i> (Máquina de recolha automática de vasilhame)
RPM	Rotações por minuto

Simbologia

c	Raio do veio em estudo
C_{red}	Coefficiente de redução
$d_{motoredutor}$	Diâmetro do veio de saída do moto redutor
$d_{veio\ de\ corte}$	Diâmetro do veio de corte
E	Modulo de Young
$F_{c_{máx}}$	Força de corte máxima
h_c	Espessura de corte
I	Relação de transmissão
J	Momento polar de inércia
M	Módulo da roda dentada
$M_{conjunto}$	Massa do conjunto do tapete transportador
$M_{garrafãocheio}$	Massa do garrafão de referência cheio de água
M_{total}	Massa total
N	Fator de segurança
P_{min}	Potência mínima

$r_{\text{máx}}$	Raio máximo do disco cortante
$T_{\text{máx}}$	Binário máximo
$Vol_{\text{contentor}}$	Volume interno do contentor
$Vol_{\text{garrafão}}$	Volume do garrafão referencia
W	Velocidade angular
w_{op}	Velocidade angular de operação
Z	Número de dentes
α	Coefficiente de expansão linear
θ	Ângulo de repouso
μ_s	Coefficiente de fricção estática
ρ	Densidade
σ_r	Tensão de corte
σ_t	Tensão de rotura
$T_{\text{máx}}$	Tensão de corte admissível
φ_c	Ângulo de corte
\varnothing_{min}	Diâmetro mínimo

1.

Introdução

Este capítulo tem como principal objetivo introduzir o contexto do tema deste projeto bem como os principais objetivos a cumprir. Serão igualmente apresentados os contributos desta dissertação, para o desenvolvimento do protótipo e quais os pontos em falta, para que a máquina funcione como pretendido. No último subcapítulo estará definida a estrutura do presente documento.

1.1. Contexto e motivação

A utilização do plástico para fins comerciais veio revolucionar todos os paradigmas que dizem respeito ao consumo, proteção e transporte de produtos. O crescimento exponencial da produção deste tipo de material para utilização em embalagens, componentes ou produtos descartáveis não foi acompanhado pelo desenvolvimento de técnicas de reaproveitamento e gestão de resíduos. Esta discrepância de evolução originou problemas ao nível da contaminação do meio ambiente e acumulação de resíduos poluentes que se têm apresentado cada vez mais evidentes.

Além dos impactos ambientais, a má gestão de resíduos plásticos pode ser um fator influente a vários níveis numa empresa que utilize esse material. De uma perspetiva financeira, existe o valor do gasto em matéria-prima virgem que poderia ser minimizado face ao reaproveitamento de material nas várias fases de vida do produto. Por outro lado, de uma perspetiva burocrática, existem normas legislativas que dizem respeito à responsabilidade do produtor perante o fim de vida útil dos seus produtos que se não forem cumpridas podem resultar em coimas ou processos que põem em causa a saúde financeira de uma empresa[1].

Face a este tipo de ocorrências, nos últimos anos as associações governamentais e empresariais têm atribuído uma maior importância ao desenvolvimento de projetos *eco-friendly* e técnicas de eco-eficiência, cujo objetivo final será alcançar o desperdício nulo. Países como a Noruega desde 2017 já têm capacidade de reaproveitar cerca de 90% das garrafas de plástico[2] que produzem graças à implementação de um desses projetos denominados *Reverse Vending Machines*, que na sua génese são máquinas que permitem depositar garrafas e recipientes de PET, alumínio ou vidro devolvendo em troca uma recompensa ao utilizador.

Portugal está a dar os seus primeiros passos com este tipo de soluções, assinando inclusive um decreto de lei em 26 de Dezembro de 2018 [3], que introduz um projeto piloto de implementação desta tecnologia em zonas comerciais, à semelhança do que podemos encontrar na Noruega, como ilustrado a Figura 1.1.



Figura 1.1 - Reverse Vending Machine em zonas comerciais na Noruega.

A PROBEB, Associação Portuguesa para as bebidas refrescantes não alcoólicas, é uma das entidades envolvidas neste projeto piloto e tem como principal interesse participar na implementação das RVM. No entanto, sendo uma tecnologia relativamente recente, a oferta existente no mercado ainda não possibilita a recolha de garrações PET de 5L ou superior.

Face a este problema e visto que em Portugal, segundo a PROBEB, cerca de 30% do consumo de bebidas em recipientes PET é no formato garrafão, surge a necessidade de criar uma RVM compatível com este formato, a ser implementada juntamente com as restantes em zonas comerciais. Esta necessidade será o caso de estudo da presente dissertação.

1.2. Objetivos

Esta dissertação é realizada com vista a obter uma solução para o problema apresentado pela instituição PROBEB numa reunião realizada a 13 de março de 2019 nas suas instalações oficiais. No decorrer do encontro foi relatada a necessidade de uma tecnologia RVM capaz de aceitar garrafões PET com capacidades de 5 a 7 litros e visto que atualmente no mercado não existe nenhuma capaz de cumprir esse objetivo seria de todo o interesse da instituição e da sociedade portuguesa em geral encontrar uma solução.

A solução poderia por passar pela implementação de um sistema de compressão de garrafões externo, que permitisse colocar o garrafão já compactado na abertura de uma RVM já existente. No entanto, visto que todas as máquinas existentes necessitam de identificar a embalagem pelo código de barras presente no rótulo, que geralmente é destruído no processo de deformação do recipiente, essa solução acabou por ser descartada.

Uma solução mais realista passava, por adaptar uma máquina existente ou criar uma de raiz, com a capacidade de aceitar o formato de garrafas pretendido. Atendendo às implicações que poderiam surgir ao adaptar uma tecnologia já patenteada por uma entidade privada, esta hipótese foi desconsiderada.

Sendo assim, a presente dissertação tem como principal objetivo relatar a conceção de uma solução de RVM capaz de receber, analisar, compactar e depositar garrafões PET com capacidades entre os 5 e os 7 litros.

1.3. Contributos

A presente dissertação tem como principais contributos ao desenvolvimento da RVM:

- Análise das soluções RVM existentes;
- Análise e recolha de dados dimensionais dos modelos de garrafões PET existentes no mercado Português;
- Projeto dimensional do protótipo da RVM capaz de recolher garrafões PET;

- Dimensionamento dos componentes mecânicos e estruturais que compõem os subsistemas da RVM;
- Seleção de componentes que não serão fabricados (como por exemplos motores, elementos de ligação e sensores);
- Apresentação das especificações finais do produto;

Nesta dissertação não serão apresentados:

- Cálculos relativamente aos elementos de ligação (soldaduras ou parafusos);
- Programas informáticos e automatizações dos mecanismos da RVM;
- Aspetos de design exterior;
- Estimativa dos custos associados ao desenvolvimento de um protótipo.

1.4. Estrutura e organização

A presente dissertação está dividida em seis capítulos onde serão apresentadas todas as decisões e considerações tomadas no decorrer do desenvolvimento do projeto da RVM e o respetivo enquadramento teórico e estado de arte.

O 1º capítulo tem a finalidade de introduzir e enquadrar o tema a relatar na dissertação bem como apresentar as motivações e objetivos principais do projeto.

O capítulo 2 tem como principal objetivo descrever e apresentar o impacto social e ambiental da utilização em grande escala do plástico, bem como a análise do polímero que compõe os garrafões de água e os tipos de reciclagem existentes para o respetivo material.

No capítulo 3 é apresentado o conceito de *Reverse Vending Machine*, quais as mais valias e desvantagens da utilização do sistema e quais as empresas que atualmente se destacam neste mercado.

O 4º capítulo reúne quais as condicionantes iniciais a considerar antes de começar a conceber a máquina. É igualmente relatada qual a abordagem inicial ao problema e quais as hipóteses descartadas.

O capítulo 5 destina-se a relatar todo o processo de conceção e seleção de componentes. Este capítulo é o mais extenso da dissertação e estará subdividido de acordo com os vários módulos da máquina RVM, contando não só com os cálculos necessários ao projeto dos vários componentes, mas também todo o racional por trás de cada decisão. Por fim serão ainda apresentadas simulações numéricas e as especificações finais da máquina.

No 6º capítulo serão apresentadas as conclusões obtidas no final do projeto, e tal como alguns apontamentos relativamente a possíveis trabalhos futuros a realmente após a conclusão desta dissertação.

As últimas duas secções deste documento estão destinadas á apresentação das referências bibliográficas e dos anexos, respetivamente.

A Figura 1.2 apresenta o fluxograma da estrutura da tese.

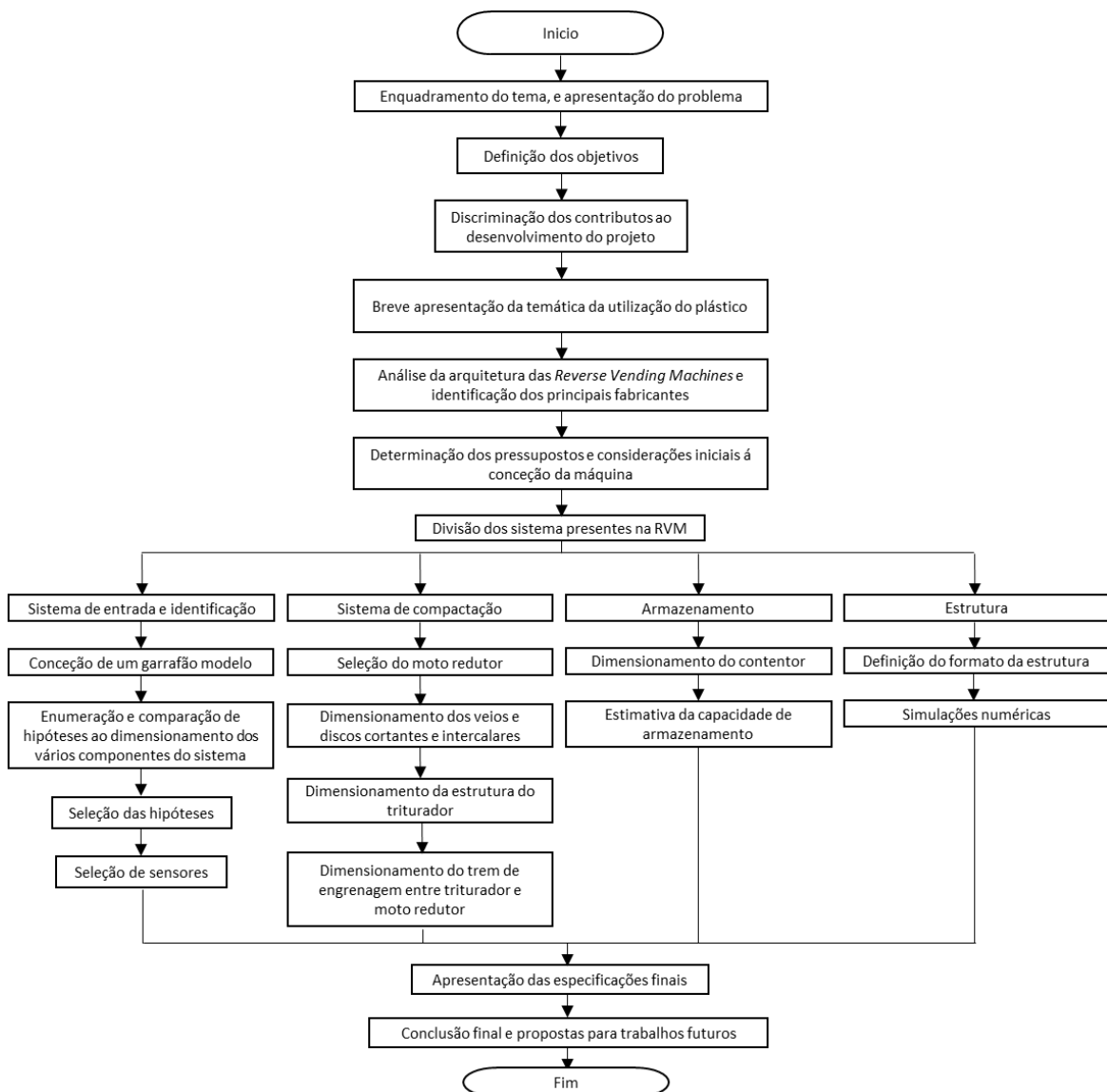


Figura 1.2 - Fluxograma da estrutura da dissertação

2.

Plásticos

Neste capítulo será apresentado um breve contexto teórico relacionado com o impacto do plástico na sociedade a nível global e os vários processos de reciclagem deste material. Sendo o Politereftalato de etileno – PET – o principal tipo de plástico que compõe um garrafão, é igualmente referido neste capítulo algumas das suas propriedades e características físicas e químicas. Por fim serão apontadas algumas referências, no que diz respeito à políticas e legislações que estão relacionadas com a gestão de resíduos do plástico.

2.1. Evolução e impacto ambiental

A meados dos anos 50 o plástico começou a ser produzido em massa e utilizado para todo o tipo de produtos. Desde então, verificou-se o crescimento contínuo sendo que em 2015 a produção global de plástico chegou ao valor de 322 milhões de toneladas, como está representado na Figura 2.1[4].

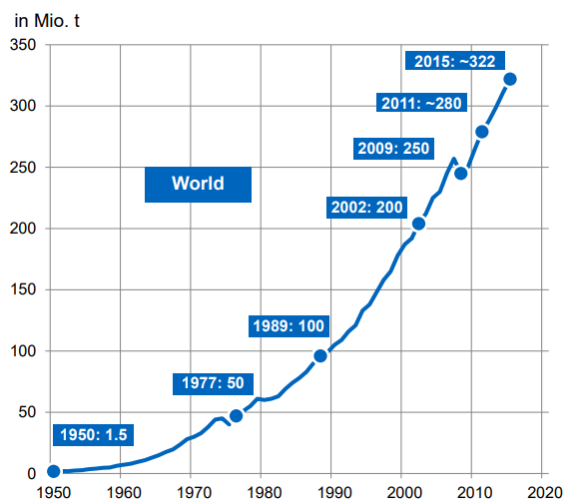


Figura 2.1 - Evolução da produção de plástico de 1950 a 2015[5]

Sendo assim, desde o início da sua produção têm sido acumulado detritos de plástico tanto em ambiente terrestre como marinho[6]. Embora os detritos de plástico constituem apenas 10% do desperdício do lixo global, micropartículas de plástico degradado vão parar ao oceano e são muitas vezes confundidas com alimento e ingeridas por animais acabando por ter repercussões catastróficas ao nível dos ecossistemas[7], onde no fim da cadeia alimentar acaba por influenciar o próprio ser humano.

Uma grande parte dos plásticos são produzidos com vista a ter apenas uma utilização, como é o caso das embalagens de produtos[8]. Face a esta realidade, muitas empresas têm optado por repensar o *design* das garrafas e invólucros dos seus produtos, de uma perspetiva mais sustentável. A Figura 2.2 ilustra a distribuição percentual da utilização de plástico em produtos nos vários sectores comerciais do mercado Europeu em 2017.



Figura 2.2 - Principais utilizações do plástico na Europa em 2017[4]

Face a esta realidade foram surgindo soluções de recolha de resíduos das embalagens no fim de vida útil, nomeadamente a criação de *Reverse Vending Machines*, que de uma maneira simples, têm como principal objetivo a recolha e o armazenamento de garrafas PET, devolvendo ao depositador um valor monetário ou equivalente de uma fração do custo do material. Isto permite recolher a matéria-prima sem contaminar com outros resíduos que poderiam tornar muito difícil a sua reciclagem eco eficiente.

2.2. Politereftalato de etileno - PET

O PET é maioritariamente utilizado na indústria alimentar para a produção de embalagens, mais precisamente garrafas e frascos, embora seja igualmente utilizado noutros sectores industriais como na produção de material cosmético, hospitalar e têxtil.

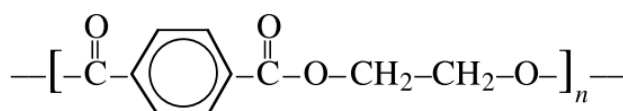


Figura 2.3 - Estrutura molecular do politereftalato de etileno[9]

Sintetizado através da reação entre os reagentes Tereftalato de Dimetila e Etilenoglicol[10], o PET é um termoplástico, possível de ser obtido numa vertente semi-cristalina de aparência opaca e numa vertente amorfa de aparência transparente, tendo cada uma características diferentes. A primeira enunciada prima pelas boas características a nível da dureza e rigidez enquanto a vertente amorfa destaca-se mais ao nível da sua ductilidade[11]. Em ambos os casos o PET oferece uma boa resistência a óleos, gorduras, álcool e soluções com elevada acidez o que torna uma boa escolha no que toca à produção de embalagens que estejam em contacto com alimentos cujo valor do pH não seja alcalino, como o caso das bebidas refrigeradas ou água mineral.

Certas características associadas ao PET permitiram a sua produção em massa a reduzido custo. Entre elas está a sua viscosidade intrínseca, baixo nível de fricção e alta resistência à abrasão[11].

Na Tabela 2.1 estão apresentadas algumas características físicas do PET.

Tabela 2.1 - Tabela de características físicas do politereftalato de etileno [9]

Características	Valores
Densidade (ρ)	Amorfo: 1.370 g/cm ³ Semi-cristalina: 1.455 g/cm ³
Temperatura de fundição	260 °C
Módulo de young (E)	2800 – 3100 MPa
Tensão de rotura (σ_t)	55 – 75 MPa
Coefficiente de expansão linear (α)	$7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

2.3. Reciclagem do PET

Entende-se por reciclagem o processo de recolha do material descartado e reinserção do mesmo como matéria prima ou energia, após o seu reprocessamento físico, químico ou biológico. Sendo o PET um termoplástico, é possível de ser reciclado sistematicamente pois os reprocessamentos que transformam o material usado em matéria-prima não modificam as suas características físicas e químicas. A reciclagem pode ser dividida em 4 tipos[12]:

- Reciclagem primária: consiste na reciclagem de material que é descartado enquanto o produto está a ser processado, como é o caso de rebarbas, aparas e todo o tipo de detritos que são libertados. Este material não está contaminado podendo ser diretamente reprocessado e colocado na linha de produção como matéria prima.
- Reciclagem secundária: consiste na recolha, limpeza e reprocessamento de material que chegou ao final de vida útil para o consumidor. Um exemplo prático deste tipo de reciclagem é o percurso que uma garrafa de água mineral PET tem após chegar ao fim da sua utilização, colocada no ecoponto, recolhida, lavada e reprocessada para obter novamente a matéria prima granulada.
- Reciclagem terciária: consiste na conversão dos resíduos em outros tipos de produtos químicos que podem ser utilizados como matéria prima, como é o caso da pirólise do polietileno onde o material é sobre aquecido ao ponto de

quebrar as suas estruturas moleculares que geram partículas mais pequenas produzindo químicos que podem ter utilidade ao nível dos combustíveis.

- Reciclagem quaternária: consiste na inceneração dos resíduos plásticos para recuperação energética.

2.4. Políticas e legislação ambiental

Desde o início do século XX até aos anos 60, a grande preocupação ambiental estava relacionada apenas com a utilização e gestão dos recursos naturais, mas não foi suficiente para impulsionar uma regulamentação, que fosse suficientemente eficaz no que diz respeito a preservação do meio ambiente. Em Portugal com a adesão a União Europeia, na altura Comunidade Económica Europeia (CEE), foram implementadas uma série de ações de proteção ambiental que mais tarde deram origem a legislações[13].

As legislações não servem apenas como fatores limitantes, por vezes traduzem-se em incentivos de onde podem surgir oportunidades de negócio. Um exemplo disso é a Lei n.º 69/2018, de 26 de dezembro que relata um sistema de incentivos à devolução e depósito de embalagens de bebidas em plástico, vidro ou metal. Esta lei enuncia um projeto piloto a ocorrer até dia 31 de dezembro de 2019 que, entre os vários artigos, discrimina a implementação de sistemas de depósito de embalagens de bebidas nas grandes superfícies que estiverem inscritas no projeto. Este tipo de abordagem pode facilitar a reciclagem de embalagens como as garrafas PET. A etapa da recolha e seleção de material é consideravelmente dispendiosa e demorada, no entanto, com a aplicação destes depósitos de garrafas não reutilizáveis, o cliente final tem um incentivo em depositar as suas garrafas em fim de vida útil e a recolha por parte de empresas de reprocessamento de resíduos é relativamente facilitada.

3.

Reverse Vending Machine

Este capítulo tem como objetivo definir o que é uma *Reverse Vending Machine* e quais as suas principais funções. As funções da máquina serão apresentadas em 4 subcapítulos de acordo com os respetivos processos, sendo o primeiro a identificação da embalagem inserida, de seguida a triagem de acordo com material que a compõe; posteriormente o processo de compactação da embalagem para no fim ser armazenado. Serão ainda apontados quais os principais fabricantes de RVM's e por fim quais os requisitos e especificações que o protótipo a conceber nesta dissertação terá de cumprir.

3.1. Arquitetura do produto

As RVM's permitem identificar, separar, compactar e armazenar garrafas ou latas não reutilizáveis de vários tipos de materiais, dando em retorno uma recompensa a quem as deposita. De uma maneira geral, o funcionamento deste tipo de máquinas pode ser subdividido em 4 processos principais: Identificação, Seleção/Triagem, Compactação e Armazenamento. Geralmente todos os processos são automatizados e

controlados por um sistema informático. A interface com o utilizador é dada através de um LCD táctil, onde é possível seleccionar opções que dizem respeito ao processo de obtenção de recompensas, e através da janela de deposição, onde é inserido o recipiente utilizado.

A Figura 3.1 ilustra a parte frontal típica de uma RVM, com a entrada principal de garrafas PET e latas de alumínio (1), o ecrã táctil (2) e a entrada de grades de garrafas de vidro (3). A Figura 3.2 sumariza o funcionamento básico de uma RVM que transmite o *voucher* de recompensa em forma de talão, algo que habitualmente tem caído em desuso, visto que nas versões mais recentes a recompensa é atribuída com o auxílio de plataformas digitais (como o exemplo do *Paypal*) pela internet ou através da tecnologia NFC presente em grande parte dos novos dispositivos *smartphone* e *smartwatch*.



Figura 3.1 - Exemplo de um layout de uma RVM: 1 - Entrada de garrafas PET e latas; 2 - Ecrã táctil; 3 - Entrada de grades de garrafas de vidro com tara[14]

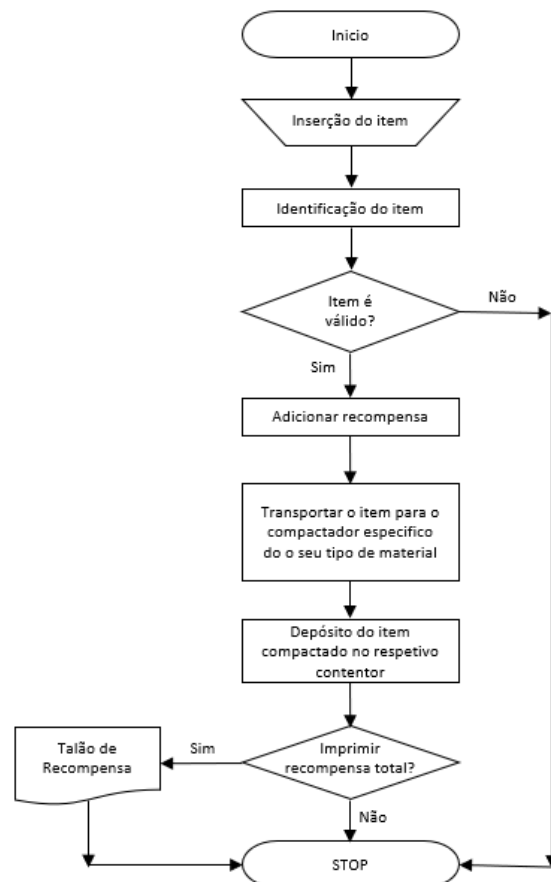


Figura 3.2 - Fluxograma simplificado do funcionamento de uma RVM

As RVM's são atualmente sistemas apresentados em vários formatos de acordo com as necessidades e constrangimentos espaciais do cliente. Pegando no exemplo da TOMRA, a empresa líder do mercado das RVM, é possível verificar que a oferta das suas soluções (Figura 3.3) são divididas em 3 categorias: RVM's compactas, RVM's *Front End + backdoor*, e RVM's Industriais.

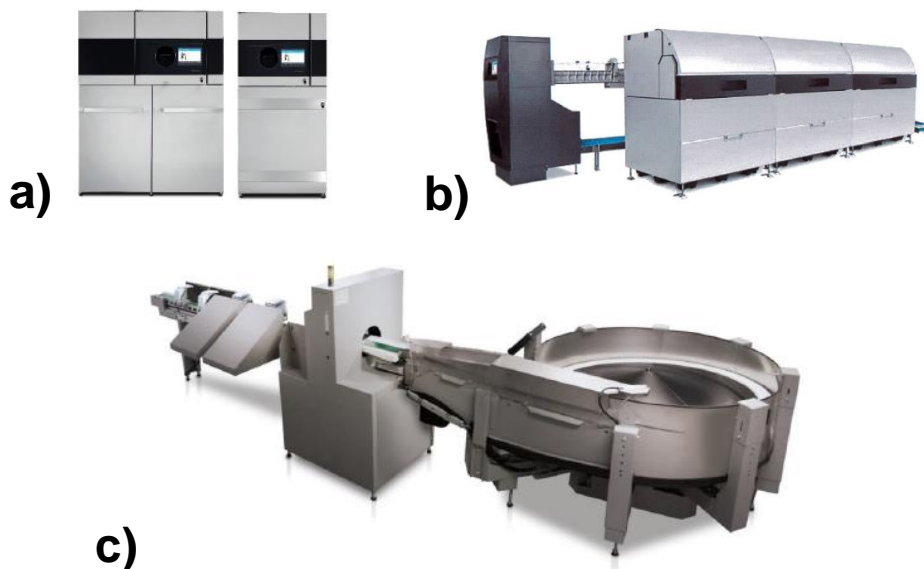


Figura 3.3 - Exemplo das várias categorias de RVM da TOMRA. a) Modelo compacto; b) Modelo *Front-end + Backdoor*; c) Modelo Industrial

O intuito da existência de modelos de várias dimensões é possibilitar ao cliente escolher a solução ideal a implementar no seu estabelecimento, tendo em conta a relação entre espaço disponível e a capacidade de armazenamento da máquina.

Sendo assim, os próximos subcapítulos destinam-se a uma análise aprofundada de cada um dos 4 principais processos de funcionamento que geralmente existem nas RVM.

3.1.1. Recolha e Identificação

Uma das grandes vantagens deste tipo de mecanismo, em relação aos vulgares eco-pontos, é a possibilidade de recolher os resíduos de modo a que não sejam contaminados com outras substâncias que dificultem uma reciclagem mais eficiente. Um exemplo disso é a contaminação de garrafas PET de água com resíduos de garrafas PET de óleo alimentar. Para evitar estes casos de contaminação ou até uma possível tentativa de fraude, o recipiente depositado é identificado e analisado num compartimento inicial, para que seja possível validar um conjunto de parâmetros [15], entre os quais:

- Se o recipiente se encontra vazio;
- Se o recipiente é de produtos não contaminantes;
- Se o recipiente foi comprado no país;
- Se o recipiente não está danificado.

Os processos de identificação e análise do recipiente introduzido são geralmente feitos com auxílio de um conjunto de sensores de vários tipos, introduzidos próximo da zona de depósito do item[16]. Cada fabricante tem geralmente o seu tipo de tecnologia de identificação patenteado, no entanto, existe um conjunto de sensores que tipicamente estão presentes nas RVM:

- Leitores de código de barras, que permitem confirmar qual o líquido que o recipiente continha, em que país foi comprado e que formato tem;
- Sensores de carga ou balanças, que permitem saber se o recipiente se encontra realmente vazio e que permite inclusive cruzar informação com o seu código de barras ajudando a garantir que o recipiente corresponde ao rótulo que tem adjacente;
- Sensores de dimensão, que permitem garantir que o garrafão se encontra intacto/danificado ou se foi introduzido na orientação certa;
- Câmaras, que podem ser utilizadas para fins de identificação ou deteção de fraude.

Na Figura 3.4 podemos observar a representação de um módulo de entrada de uma RVM da TOMRA. Na perspetiva da esquerda podemos observar a entrada de recipientes (1), o ecrã táctil (2), a saída de talões (3) e a saída de som (4). A imagem da direita retrata uma perspetiva interior da camara de análise (5) onde é possível encontrar as câmaras e sensores (6) com a respetiva iluminação (7). O transporte do recipiente ao longo deste compartimento é feito através de um tapete transportador (8).

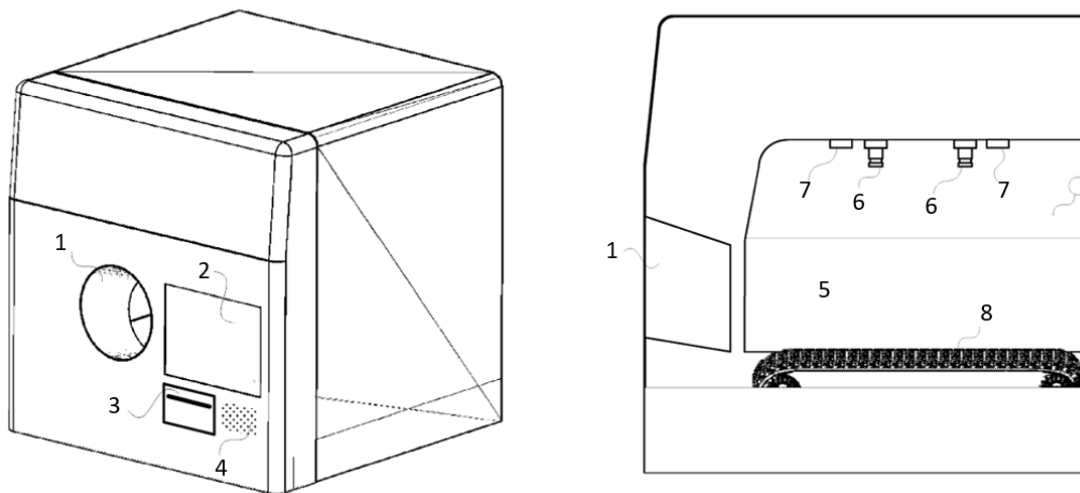


Figura 3.4 - Representação do módulo de entrada de uma RVM e o interior do compartimento de análise. Adaptado de [15]

A informação recolhida pelos vários sensores presentes é reencaminhada para uma unidade de processamento que compara os resultados obtidos com uma base de dados previamente programada. Após essa comparação, o recipiente inserido pode ser aceite ou não, e em função desta validação a unidade de processamento controla os elementos mecânicos e elétricos da máquina.

3.1.2. Seleção/Triagem

Como mencionado anteriormente uma RVM é capaz de receber recipientes de várias dimensões e materiais. No entanto, não é vantajoso para o processo de reciclagem existir um contentor cujos materiais plásticos, metálicos ou cerâmicos se encontrem juntos. Sendo assim é necessário existir um mecanismo de separação dos diferentes tipos de itens em função do tipo de material que os compõem.

Após a análise e identificação prévia, o item geralmente é guiado através de um tapete transportador para uma zona de triagem, onde existem um mecanismo de direcionamento de itens.

A Figura 3.5 ilustra um mecanismo de triagem tipicamente utilizado nas RVM. É possível observar que esta solução passa pelo transporte linear do recipiente depositado até uma secção onde se encontram paredes guias, que com a inclinação, direcionam os itens para o depósito da esquerda, da direita ou em frente. Isto permite a separação de 3 tipos diferentes de resíduos e posteriormente depositá-los em contentores diferentes.

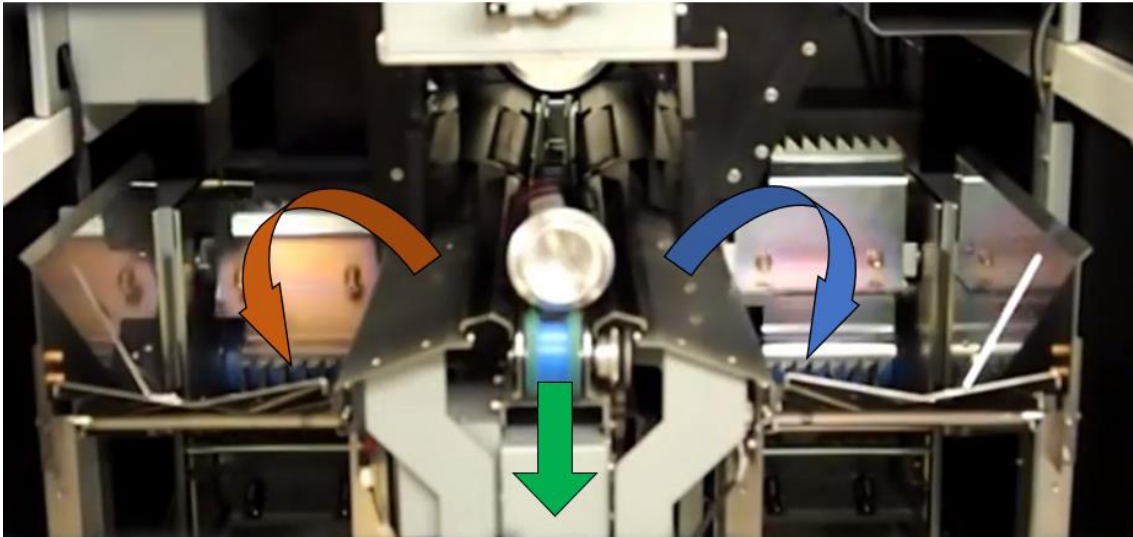


Figura 3.5 - Sistema de triagem de uma RVM da empresa DIGI. (Adaptado de [17])

No entanto, este tipo de processo, apenas é utilizado em RVM com a capacidade de aceitar vários tipos de recipientes. No caso da presente dissertação, como apenas será necessário processar garrações de água, não será dimensionado este sistema.

3.1.3. Compactação

Para que o armazenamento de recipientes em material plástico ou metálico seja eficaz de uma perspectiva de aproveitamento de espaço, é imperativo que exista um sistema de compactação. Existindo várias soluções para obter a redução do volume dos itens inseridos, dada a natureza dos recipientes, o mecanismo mais comum utilizado nas RVM's são os *Shredders* (ou trituradores).

3.1.3.1. *Shredder* (Triturador)

Atribui-se a definição de *shredder*, a uma máquina capaz de desfazer objetos em fragmentos de menor dimensão através de mecanismos de discos com lâminas cortantes em conjunto com laminas fixas. Geralmente os principais objetivos da utilização deste tipo de máquina prendem-se com a redução do volume do material ou à preparação para um processo posterior. Sendo estas duas necessidades bastante vulgares na indústria, a máquina pode ser adaptada à trituração de todo o tipo de materiais plásticos, orgânicos, cerâmicos ou metálicos.

O processo de trituração pode ser dividido em 3 ações principais: corte, rasgo e fratura.[18] À semelhança do funcionamento de uma tesoura, a ação de corte tem como principal influência o quão afiadas estão as lâminas dos discos cortantes bem como a tolerância entre dois discos. O rasgo por sua vez, representa a capacidade da máquina puxar o material a ser triturado bem como a abertura de rasgos na superfície dos

mesmos. Perante a trituração de materiais mais frágeis, é possível observar a fratura, que ao contrário da ação de rasgo, liberta energia de uma forma explosiva podendo resultar na projeção de fragmentos. Com vista a manter um funcionamento correto e eficiente de um *shredder*, é imperativo manter os discos cortantes afiados e as tolerâncias apertadas, de modo a que a ação predominante seja a de corte.

Os *shredders* podem ser configurados para vários tipos de aplicações e necessidades, fazendo variar a dimensão, desenho, material e quantidade dos seus veios giratórios e discos cortantes.

Nos anos 80, Kiyoshi Inoue patenteou uma das primeiras soluções de *shredding* cuja principal aplicação era triturar papel.[19] O seu funcionamento resulta da utilização de 2 veios com discos de corte que têm rotações opostas obrigando o material depositado a passar entre os mesmos (Figura 3.6). Este conceito foi posteriormente adaptado inúmeras vezes, traduzindo-se na solução mais vulgar no que diz respeito a este tipo de máquinas destacando-se pela flexibilidade de utilização e simplicidade.

Nº	DESCRIÇÃO
1	Shredder/Triturador
2	Veio do tambor de corte 1
3	Veio do tambor de corte 2
4	Discos de corte
5	Discos de corte
6	Espaçamento entre discos
7	Material a ser triturado
8	Contentor do material a triturar
9	Contentor do material a triturar
10	Controlador de entrada
11	Controlador de entrada
12	Tapete
13	Rolos
14	Rolos
15	Rodas dentadas
16	Rodas dentadas
17	Motor
18	Rodas dentadas
19	Rodas dentadas
20	Material triturado
21	Contentor de material triturado
22	Roldana
23	Correia
24	Roldana
25	Carcaça exterior

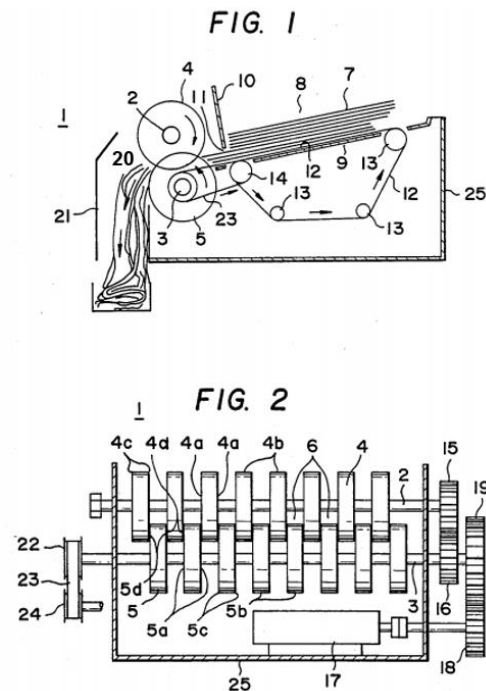


Figura 3.6 - Shredding machine de papel com tabela dos componentes discriminados. (Adaptado de [19])

No que diz respeito às RVM, é geralmente observado a existência de um *shredder* para cada tipo de material que a máquina aceita. Isto permite que os recipientes em fim de vida colocados fiquem armazenados de uma forma mais eficiente e que não exista contaminação e mistura entre os vários materiais.

3.1.4. Armazenamento

Relativamente ao armazenamento, é necessário inserir contentores para cada tipo de material. O armazenamento é geralmente projetado para que seja facilmente acessível e com vista a maximizar a capacidade para evitar um elevado número de reposições dos contentores. A Figura 3.7 ilustra os compartimentos de armazenamento da RVM T-90 do fabricante TOMRA, onde é possível observar claramente que mais de metade do volume total da máquina é utilizado para colocar os contentores onde estarão os recipientes compactados e devidamente separados de acordo com o seu tipo de material.



Figura 3.7 - RVM T-90 da empresa TOMRA, com portas do compartimento de armazenamento abertas.

3.2. Principais fabricantes

Atualmente o mercado das RVM está concentrado em três grandes companhias: Tomra, Diebold Nixdorf e a Envipco, sendo que a Tomra é líder com mais de 65% de quota de mercado. A Figura 3.8 ilustra de uma forma sintetizada a posição das 6 fabricantes mais influentes das RVM de acordo com o número de máquinas que foram instaladas a nível global, receita anual das máquinas vendidas e da quantidade de modelos diferentes que têm no mercado.

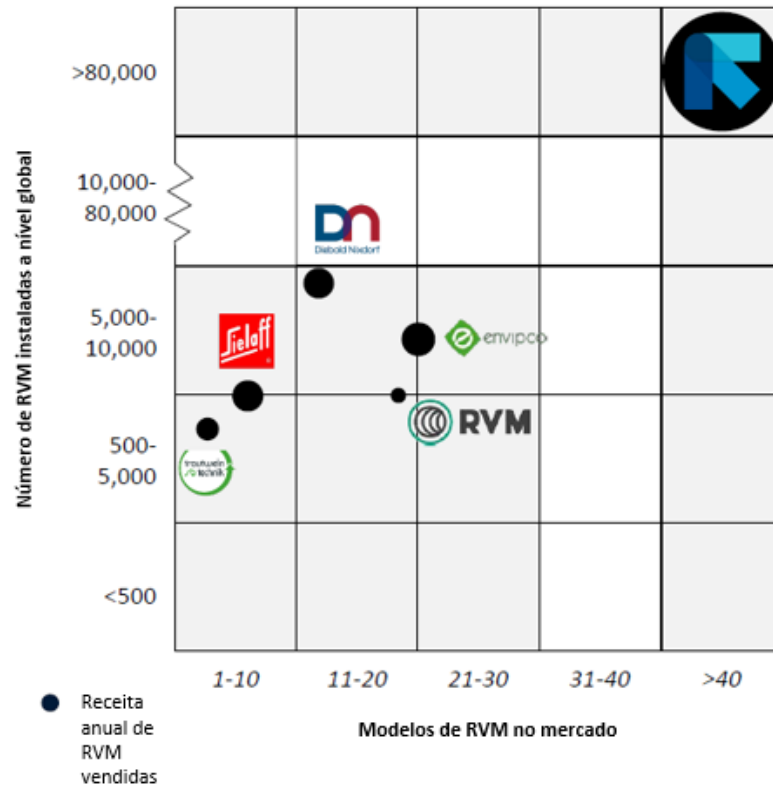


Figura 3.8 - Presença no mercado das 6 maiores empresas que produzem e instalam RVM (cedido pela PROBEB, Adaptado)

4.

Pressupostos e abordagem inicial

Este capítulo tem como objetivo a definição das necessidades que a RVM a projetar deve cumprir, e quais as considerações iniciais a ter antes do início da sua conceção.

4.1. Abordagem inicial ao problema

O objetivo principal deste projeto é conceber uma máquina RVM capaz de processar garrafões de 5L a 7L. Tendo em conta que os itens depositados têm todos a mesma composição material e dimensões idênticas podemos admitir as seguintes considerações:

- A RVM não necessita de um sistema de separação ou triagem;
- Pode ser utilizado apenas um contentor;
- Só é necessário um mecanismo de compactação.

É igualmente necessário que a máquina esteja preparada para analisar corretamente o recipiente tendo em conta o código de barras, dimensão e peso. Cada uma destas análises tem de ser realizada por um ou mais sensores junto á janela de entrada do garrafão para, no caso do recipiente não ser válido, o utilizador consiga receber de volta o item incorreto.

Por questões de segurança do utilizador, será implementado um sistema de transporte do item desde a janela de entrada até ao processo de compactação, impossibilitando que o mesmo tenha contacto direto com o triturador.

O processo de compactação será realizado por um triturador de 2 veios, por ser relativamente simples de criar e permitir que os itens sejam triturados mais rapidamente em relação aos trituradores de 1 veio.

Por fim, todos estes mecanismos serão suportados por uma estrutura metálica de perfis em aço

Na Figura 4.1 está esquematizada o racional inicial relativamente à conceção da máquina dividindo as necessidades e requisitos em 4 categorias diferentes.

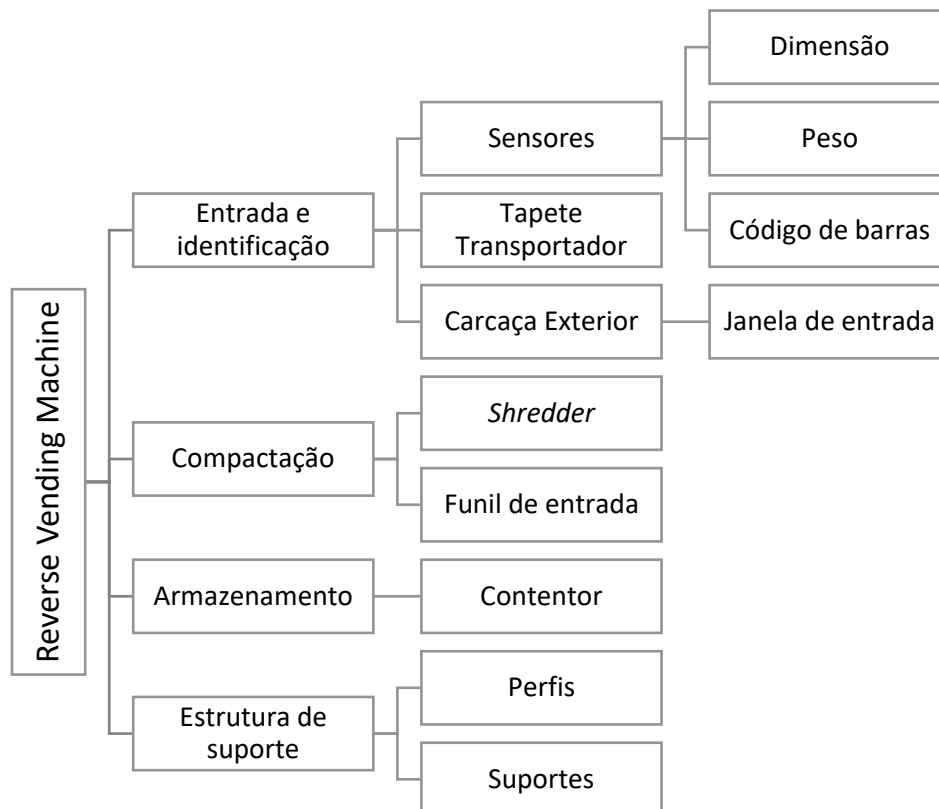


Figura 4.1 – Esquema da divisão dos principais mecanismos presentes na RVM a projetar

4.2. Constrangimentos dimensionais

Após definidos os mecanismos que a máquina deve conter de modo a cumprir os objetivos, são considerados quais os limites em termos de dimensão para a conceção do protótipo da máquina RVM. Assumindo que a máquina será colocada junto de outras que recolhem outros tipos de recipientes, foram utilizadas como referência as dimensões de máquinas de formato compacto já existentes. Na Tabela 4.1 são apresentados os modelos mais relevantes das 3 principais empresas produtoras de RVM, onde é discriminada por coluna cada uma das dimensões da máquina e também o seu peso.

Tabela 4.1 - Comparação dimensional das RVM flagship das principais produtoras

Marca	Modelo	Peso (kg)	Altura (mm)	Largura (mm)	Profundidade (mm)
Tomra	T-90	525	1773	1878	1454
Tomra	T-70	390	1797	1293	1040
Diebold Nixdorf	Revento 9010	550	1380	1820	1380
Diebold Nixdorf	Revento 9030	550	1720	1820	1380
Envipco	CF 1500p	402	1905	813	813
Envipco	FLEX	230	1836	600	848
Envipco	ULTRA48	463	1880	813	1067

Após a análise das soluções existentes, é assumido que as dimensões exteriores da máquina a dimensionar na presente dissertação serão baseadas no modelo T-70 da TOMRA. Sendo assim as dimensões máximas admitidas para este projeto são 1800 mm de altura, 1300 mm de largura e 1100 de profundidade.

4.3. Especificações Iniciais

De modo a facilitar a conceção do protótipo, foram compiladas na Tabela 4.2 todas as considerações e constrangimentos iniciais do projeto.

Tabela 4.2 - Tabela de especificações iniciais da RVM a projetar

Dimensões máximas	
Altura (mm)	1800
Largura (mm)	1300
Profundidade (mm)	1100
Garrafões aceites	
Garrafões PET (Água)	Sim
Mecanismo de análise	
Sensores de Peso	Sim
Sensores de Dimensão	Sim
Leitores de código de barras	Sim
Mecanismo de transporte	
Tapetes transportadores	Sim
Mecanismo de compactação	
Trituradora	1
Armazenamento	
Contentores	1

5.

Solução proposta

Neste capítulo é descrito todo o processo de concepção da RVM solução com a respetiva análise e seleção das várias hipóteses. Primeiramente será descrito cada um dos três sistemas da máquina RVM: sistema de identificação e análise, sistema de compactação e de armazenamento. Posteriormente será descrita a estrutura de suporte da máquina e os respetivos apoios. Por fim, será apresentada uma tabela com as especificações finais da máquina.

Todos os componentes concebidos no decorrer deste projeto foram modelados no *software* CAD (Desenho assistido por computador) denominado *Solidworks*. Este programa permite de uma forma prática conceptualizar a 2D e 3D os componentes ou instalações. Além disso possibilita também realizar outras funções de apoio ao projeto nomeadamente simulações cinemáticas ou análises estruturais. A Figura 5.1 ilustra a solução final obtida.



Figura 5.1 - Perspetiva isométrica da solução final da RVM

5.1. Sistema de entrada e identificação

O sistema de entrada e identificação tem como principal função analisar o recipiente depositado e garantir que este só é encaminhado para os processos seguintes se cumprir com os requisitos mínimos para qual a máquina está projetada.

Para conceber este sistema, é necessário ter em conta alguns pontos chave, nomeadamente as dimensões dos garrafões a depositar, o tipo de garrafões que são admitidos na máquina e quais os sistemas de transporte e sensores necessários.

Além dos pontos enunciados, como consideração extra e visto que é o sistema onde o utilizador tem contacto físico com a máquina, é importante garantir que a máquina não causará nenhum dano a quem deposita os garrafões.

Na Figura 5.2 está representada a solução final obtida para o sistema de entrada e identificação. Nesta figura podemos observar o garrafão modelo (1), sensores de código de barras (2), a carcaça exterior (3), o sensor de perfil (4), o tapete transportador e as guias de direção (6 e 5 respetivamente) e duas das quatro células de carga (7).

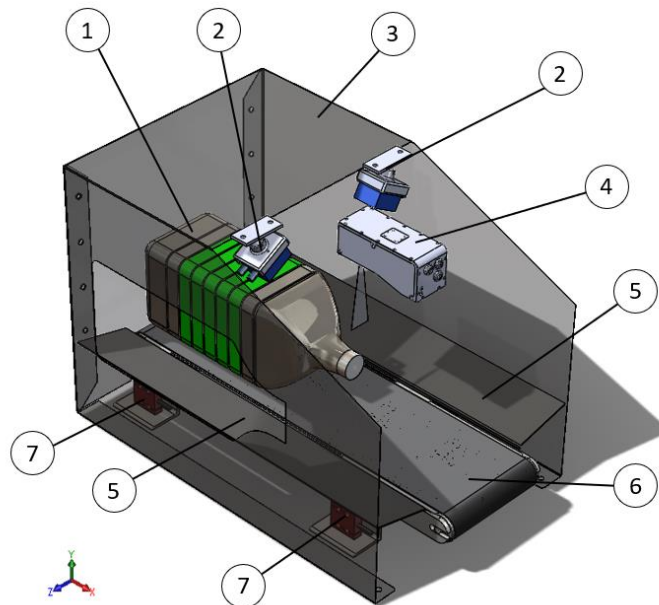


Figura 5.2 - Módulo de entrada e identificação

Relativamente aos sensores presentes neste compartimento inicial, todos têm considerações e fatores limitantes específicos necessários a cumprir para que o seu funcionamento garanta resultados fiáveis. Estas considerações serão relatadas no subcapítulo correspondente a cada um dos sensores.

Para iniciar a conceção deste sistema, a primeira tarefa a realizar será modelar um garrafão de referência cujas suas dimensões relevantes (altura, largura e comprimento globais) sejam obtidas através da majoração das dimensões dos garrafões existentes no mercado português.

5.1.1. Garrafão modelo

A primeira etapa do funcionamento da RVM prende-se com a inserção do garrafão através de uma janela para o sistema de entrada e identificação.

Para ser possível definir as dimensões e formato da janela de entrada e de todo o percurso que o item faz ao longo dos processos da máquina, foi criado um garrafão de referência através da análise dimensional dos garrafões de água existentes no mercado português. Este garrafão além de ser uma ferramenta importante a todas as fases de conceção do projeto, garante que a máquina será compatível com a maior parte (ou mesmo a totalidade) dos garrafões possíveis de encontrar em Portugal. Uma utilização massificada deste tipo de RVMs implicará necessariamente um constrangimento para futuras gerações de embalagens desta tipologia.

Sendo assim foi obtida uma amostra de 16 tipos de garrafões de água diferentes, e foram medidas comprimento, altura, e largura como ilustrado na Figura 5.3 com as dimensões A, B e C respetivamente. Após esta análise as medidas foram compiladas todas numa tabela (Anexo A) que foi posteriormente simplificada para a Tabela 5.1.

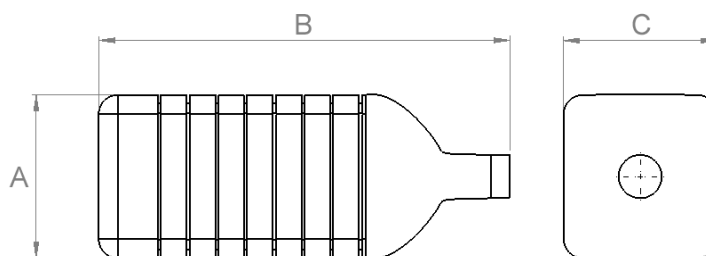


Figura 5.3 - Dimensões medidas em cada garrafão: A, B e C correspondem á maior largura, altura e menor largura, respetivamente.

Tabela 5.1 - Dimensões e capacidades medidas das 16 amostras de garrafões diferentes de várias marcas. A sublinhado estão identificados os maiores valores de cada dimensão

Marca	Capacidade (L)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
Água de S. Martinho	5	140	350	140
Alardo	5	140	355	130
Auchan	6	145	400	140
Caramulo	6	150	390	150
Continente	6	145	400	135
Eco+	6	150	390	130
Fastio	6	<u>160</u>	370	145
Luso	5,4	145	380	135
Luso	7	160	380	150
Marca Guia	6	150	380	150
Mil Fontes	6	140	<u>410</u>	130
Monchique	5	<u>160</u>	330	<u>155</u>
Penacova	5	145	360	130
Pingo Doce	6	150	360	140
Serra da Estrela	6	150	375	140
Vitalis	6	150	390	140

Após a análise da Tabela 5.1 são utilizados como referência os valores mais elevados de cada dimensão para criar o garrafão de referência. Sendo assim foram selecionadas a dimensões assinaladas a sublinhado, e posteriormente majoradas através da multiplicação por um fator de aumento resultando nas medidas apresentadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Dimensões máximas da amostra de garrafões e dimensões finais do garrafão referência.

Dimensões	Valores (mm)	Fator de aumento	Valores do Garrafão Ref. (mm)
A	160	1,06	170
B	410	1,05	430
C	155	1,03	160

Todas as outras dimensões consideradas na modelação do garrafão de referência foram assumidas com pouco rigor por não terem uma influência relevante ou que comprometa o funcionamento correto da RVM. Relativamente ao formato do garrafão, apenas o da marca Monchique apresentava uma forma próxima da cilíndrica, todos os outros quinze analisados tem uma forma paralelepipedica. Para simplificar a solução final e maximizar a compatibilidade da máquina, o formato do garrafão de referência será paralelepipedico.

Na Figura 5.4 está representado a modelação do garrafão obtida no programa *Solidworks*, e que será utilizada como componente de teste e referência nas várias fases de conceção da máquina.

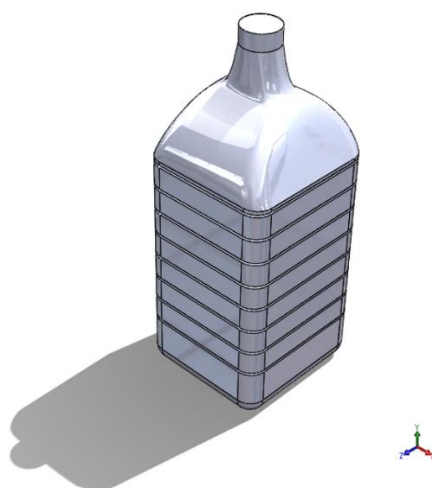


Figura 5.4 - Representação 3D do garrafão modelo

5.1.2. Carcaça e janela do compartimento de entrada

O compartimento de entrada da RVM é toda a estrutura envolvente do item depositado, dos sensores e mecanismos de transporte no sistema de entrada. É imperativo uma conceção cuidada deste compartimento de modo a garantir as condições necessária para uma análise correta do item depositado, segurança do utilizador e despiste de tentativa de fraude.

Existem alguns pontos a garantir no momento de dimensionar o compartimento de entrada dos itens na máquina, entre eles:

- Existir espaço suficiente para o garrafão ser inserido na sua totalidade;
- A janela de entrada tem de ser suficientemente grande para garantir que o utilizador consegue depositar o item;

- Limitar os graus de liberdade do garrafão dentro do compartimento para que este não tenha rotação e mantenha o seu sentido durante o seu transporte;
- Garantir visibilidade do código de barras;
- Espaço suficiente para implementar todos os sensores necessários à identificação do garrafão;
- Impedir que o utilizador chegue ao compartimento de compactação;
- Fácil acesso para manutenção.

Um aspeto necessário a definir antes do dimensionamento do compartimento de entrada é a orientação do garrafão depositado. Na Tabela 5.3. estão representadas as três hipóteses consideradas para a orientação do garrafão depositado, sendo que a seta azul representa o sentido do movimento de depósito do garrafão e a seta amarela o sentido de movimento do garrafão dentro do compartimento de entrada.

Tabela 5.3 - Hipóteses de orientação do garrafão no compartimento de entrada; a seta azul representa o sentido do movimento de entrada do garrafão pela janela; a amarelo está representado o sentido do movimento

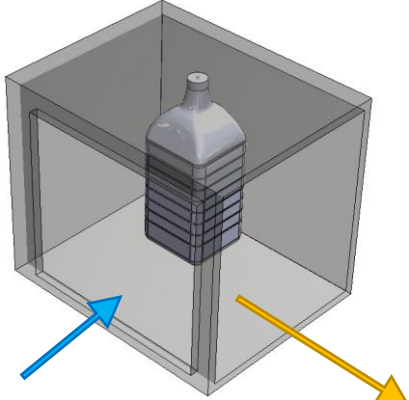
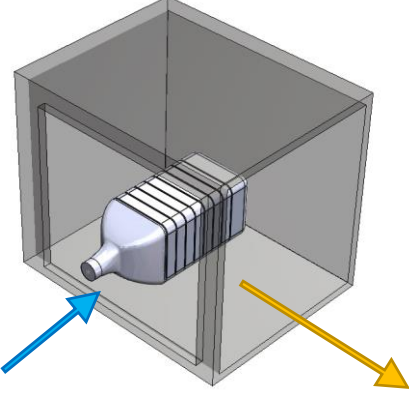
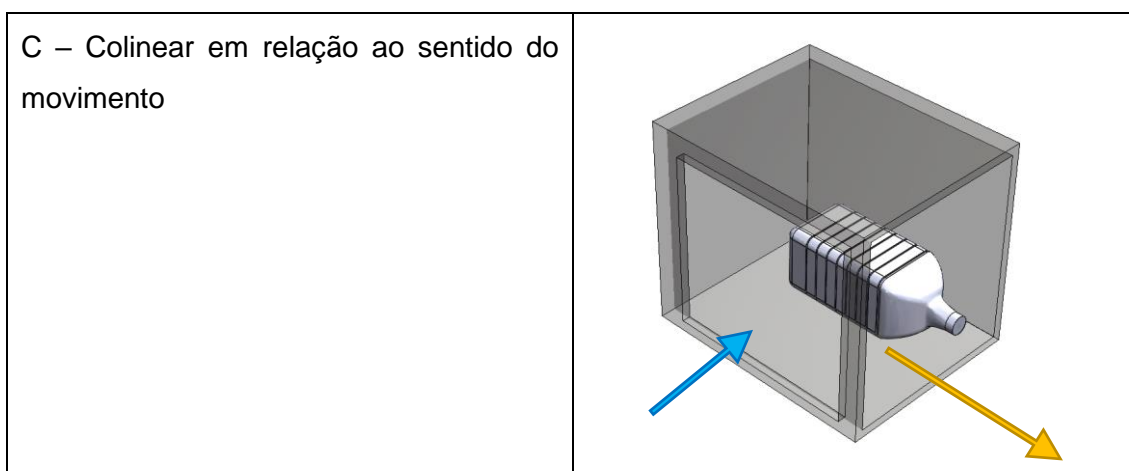
Hipótese	Esquema
A – Vertical ao movimento	
B – Perpendicular ao sentido do movimento	

Tabela 5.3 (continuação) - Hipóteses de orientação do garrafão no compartimento de entrada; a seta azul representa o sentido do movimento de entrada do garrafão pela janela; a amarelo está representado o sentido do movimento



Após a análise das 3 hipóteses, e partindo do pressuposto que o mecanismo de deslocação do garrafão será um tapete transportador, por questões de estabilidade a hipótese A é a primeira a ser descartada: a orientação em que o recipiente está apoiado neste caso possibilita que tombe podendo, por exemplo, ocultar o código de barras impossibilitando a sua leitura. Restando apenas a hipótese B e C, são analisados as vantagens e desvantagens de cada um dos casos, como é apresentado na Tabela 5.4.

Tabela 5.4- Comparação das vantagens e desvantagens da hipótese B vs hipótese C

Hipótese	Vantagens	Desvantagens
B – Perpendicular ao sentido do movimento	<ul style="list-style-type: none"> - O utilizador deposita o garrafão agarrando pela parte de espessura menor; 	<ul style="list-style-type: none"> - Está mais propicio a sofrer movimento de rotação caso o garrafão seja mais cilíndrico. - Entra com a aresta maior no triturador, dificultado o processo de compactação; - Maior utilização do espaço.
C – Colinear em relação ao sentido do movimento	<ul style="list-style-type: none"> - Mais estável durante a movimentação; - Facilita a entrada no triturador; - Utilização do espaço mais otimizada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mais difícil depositar o garrafão em comparação à hipótese B

Após a análise das vantagens e desvantagens de cada uma das duas hipóteses, e atendendo que neste projeto existe o interesse em otimizar a capacidade do contentor, será selecionada a hipótese C, pois além de ser a opção que garante um movimento

com mais estabilidade, possibilita uma melhor utilização do espaço que pode ser utilizado para aumento da capacidade de armazenamento.

Partindo do pressuposto que após a análise do garrafão este é encaminhado para um triturador de dois veios, o sentido do gargalo do garrafão é um fator importante a ter em conta. Atendendo à forma geométrica do garrafão, a entrada no triturador com o gargalo irá permitir que os discos cortantes deste consigam puxar mais facilmente o garrafão, quer seja pela asa quer seja por ser mais estreito. Sendo assim é assumido que o garrafão tem de ser colocado de modo a que caia com o gargalo para baixo.

Independentemente do sensor de perfil colocados no interior do compartimento que apenas valida o garrafão se estiver colocado com o sentido certo, o formato da janela é cortado com a forma do garrafão que sugere ao utilizador da máquina qual o sentido que é pretendido ser depositado, como está ilustrado na Figura 5.5.

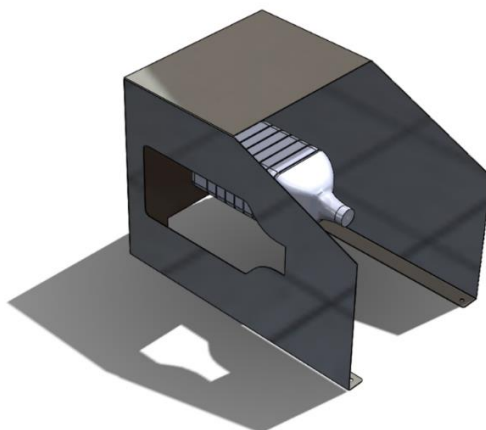


Figura 5.5 – Solução final da carcaça do compartimento de entrada com a janela de entrada

A janela de entrada tem dimensões ligeiramente superiores ao do garrafão de referência para facilitar o depósito deste na máquina e a possível recolha no caso de não reconhecimento válido do garrafão.

Relativamente à carcaça do compartimento de entrada, será apenas utilizada como carcaça do compartimento de entrada, logo será dimensionada atendendo que não irá servir de estrutura de suporte para nenhum outro componente. É composta por chapa de 1mm de espessura de aço ao carbono e quinada em várias zonas até ter a sua forma final. Todos os elementos de ligação desta carcaça são parafusos M10.

5.1.3. Sistema de deslocamento do garrafão

O presente sistema permite movimentar o garrafão depositado no compartimento de entrada. Esta movimentação é necessária para garantir os seguintes pontos:

- A segurança do utilizador: o sistema de deslocamento permite que todo o processo de compactação/trituração seja realizado numa zona onde o utilizador não tem acesso, protegendo-o de possíveis fragmentos que sejam projetados ou possíveis acidentes com as lâminas de corte da trituradora.
- Facilidade de análise do garrafão: ao possibilitar o controlo da posição do garrafão inserido, é possível guiar o item conforme o alcance e posição dos sensores do sistema de entrada. Isto permite não só a redução dos erros de leitura, mas também a redução da quantidade de sensores necessários, a colocar dentro da máquina.
- Devolver o garrafão caso não seja aceite: como apresentado no fluxograma da Figura 3.2, existe a possibilidade do garrafão inserido não ser válido. Nestes casos, o sistema de deslocamento permite devolver o recipiente ao utilizador, evitando assim que o contentor da RVM seja contaminado.

A Figura 5.6 representa do resultado do sistema de transporte do compartimento de entrada da RVM, onde estão representados o tapete transportador (1); as guias (2); os suportes (3) e as células de carga (4).

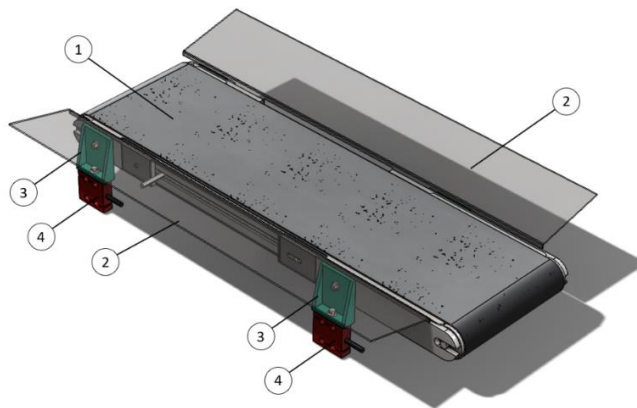


Figura 5.6 - Sistema de deslocação

5.1.3.1. Configuração

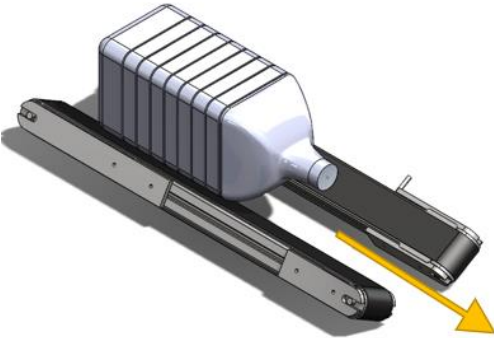
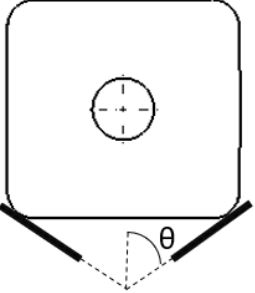
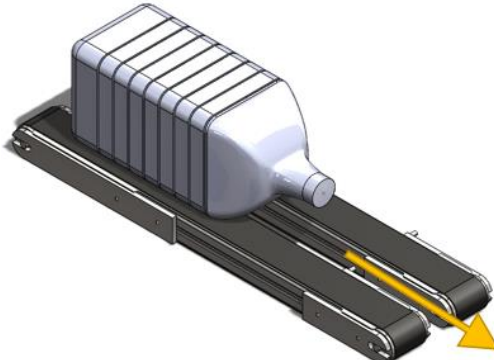
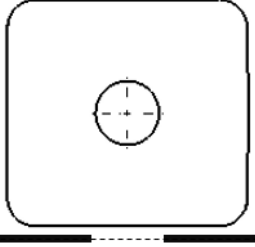
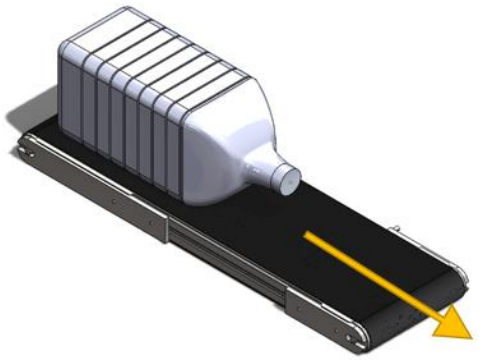
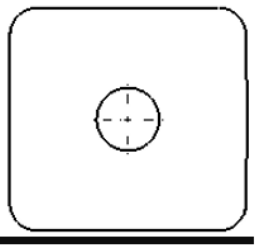
O mecanismo de movimentação mais utilizado nas RVM's são os tapetes transportadores.

Nas soluções existentes no mercado são habitualmente colocados 2 tapetes transportadores em "V" para garantir que recipientes como garrafas PET ou latas colocadas não estejam sujeitos ao movimento de rotação devido às suas geometrias

cilíndricas. No entanto, a geometria dos garrafões é relativamente diferente e por essa razão é possível que esta configuração habitual não seja a mais adequada.

Na Tabela 5.5 estão representadas as três hipóteses consideradas para definir a configuração do sistema de tapetes transportadores colocados na RVM. Na primeira hipótese a configuração é equivalente á relatada no parágrafo anterior; a segunda e terceira têm ambas uma disposição com um ângulo raso em relação ao eixo horizontal, diferindo apenas no número de tapetes transportadores utilizados (um e dois respetivamente)

Tabela 5.5 - Hipóteses de configurações do sistema de deslocamento do garrafão; a seta amarela representa o sentido do movimento.

Hipótese	Esquema	Configuração
A – Disposição em V com ângulo θ entre $]0^\circ, 90^\circ [$.		
B – Disposição horizontal com dois tapetes transportadores de largura inferior ao garrafão		
C – Disposição horizontal com um tapete transportadores de largura superior ao garrafão		

A hipótese A, embora seja a configuração tipicamente encontrada nas RVM's, existentes, é descartada por não se justificar a colocação os tapetes em ângulo visto que a maioria dos garrafões quando apoiados segundo a orientação definida no Capítulo 5.1.2 já apresentam a estabilidade suficiente para não sofrer rotação.

Atendendo á vasta gama de dimensões possíveis de encontrar nos vários modelos de tapetes transportadores, não existe uma necessidade de colocar dois tapetes em paralelo. Sendo assim este raciocínio leva à escolha da solução a mais simples, representada na hipótese C.

5.1.3.2. Seleção do tapete transportador

Definido o tipo de configuração do sistema de transporte é necessário escolher um modelo que cumpra as principais necessidades definidas anteriormente. Sendo assim analisaram-se as necessidades e foram definidos requisitos funcionais que convertidos para especificações utilizadas para escolher o modelo do tapete transportador, como está apresentado na Tabela 5.5.

Tabela 5.6 - Necessidades e requisitos funcionais de apoio á seleção do tapete transportador

Necessidades	Requisitos funcionais	Especificação
Transportar o garrafão	- Suficientemente largo para não impedir o movimento do garrafão; - Coeficiente de atrito da superfície do tapete com PET favorável ao movimento.	Largura > 170mm
Proteger o utilizador	- Comprimento do tapete que impeça o utilizador de ter contacto físico com o triturador.	Comprimento > 750mm
Facilitar a análise do garrafão	- Motor do tapete com capacidade de regular velocidade	Motor elétrico
Devolver o garrafão quando inválido	- Motor do tapete com capacidade de inverter o sentido do movimento.	

Foi escolhido o modelo “95300 Small conveyor belts with internal drive” da empresa Norelem (Figura 5.7) que além ter o motor elétrico incorporado, pode ser

adquirido com a largura de tapete de 200 mm e com comprimento de 750 mm, cumprindo assim todos os requisitos assumidos anteriormente, sem interferir com os limites máximos definidos para a máquina.

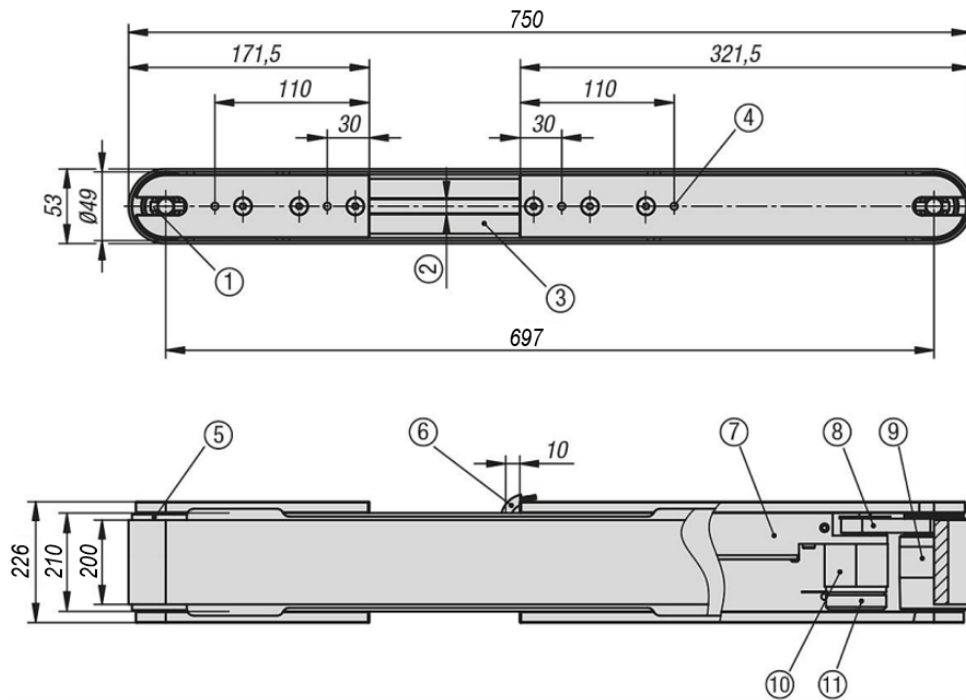


Figura 5.7 - Tapete transportador do sistema de deslocação dos garrafões na RVM (Adaptado, Norelem)

Após selecionado o tapete de transporte é necessário garantir que o garrafão mantém a sua trajetória linear. Para isso foi desenvolvido um par de guias com uma inclinação suficiente para garantir que caso o recipiente saia da sua trajetória, por força da gravidade, voltará ao sentido de deslocação pretendido. O material utilizado para a conceção das guias é aço de espessura 2 mm, e os elementos de ligação utilizados para a sua montagem são dois parafusos M6. Na Figura 5.8 estão representadas ambas as guias ligadas ao tapete transportado pelos respetivos parafusos.



Figura 5.8 - Montagem das guias no tapete transportador

Para conectar o tapete transportador selecionado às células de carga (a apresentar no capítulo 5.1.4.) foi necessário conceber 4 suportes que fossem não só compatíveis com os furos roscados M6 do tapete e das células, mas também que fossem dimensionados para não se sobreponem às guias. Na Figura 5.9 é possível observar do lado esquerdo o desenho do suporte e, do lado direito, uma foto em pormenor da montagem do suporte em conjunto com a moldura do tapete transportador e a célula de carga.

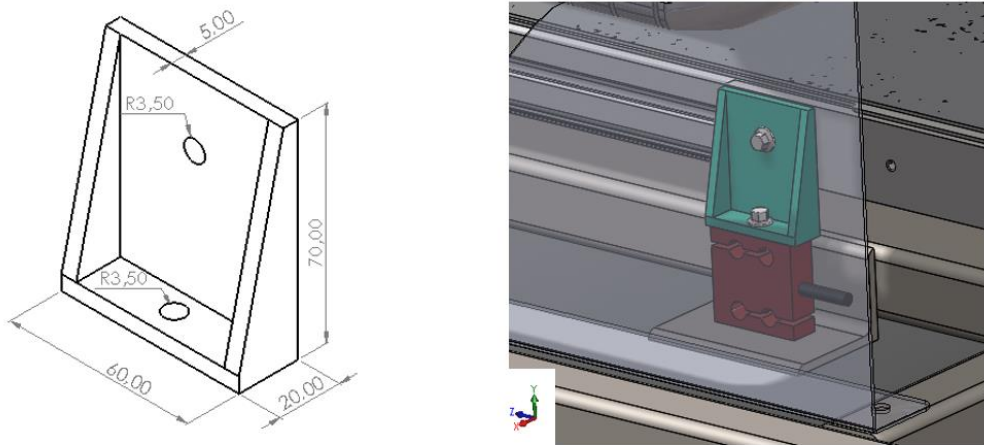


Figura 5.9 - Representação do suporte do tapete transportador (esquerda) e perspetiva em pormenor da montagem do suporte na máquina (direita).

5.1.4. Sensor de perfil

Embora o formato da janela de entrada da RVM sugira ao utilizador qual a orientação correta que deve colocar o garrafão, foi colocado um sensor de perfil como mecanismo de verificação da orientação do item (como ilustrado na Figura 5.10).

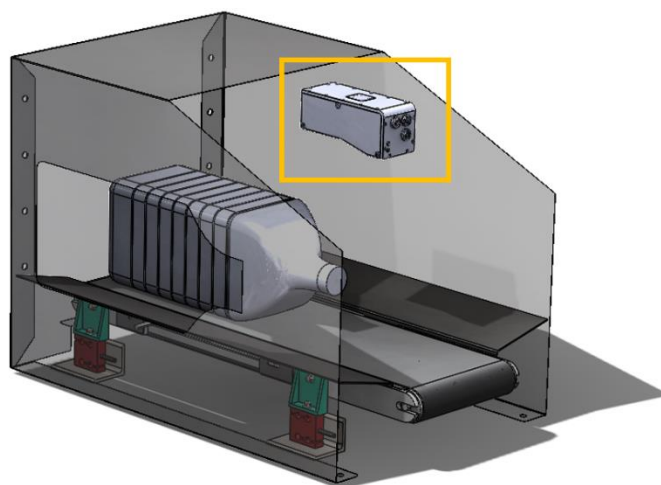


Figura 5.10 - Localização do sensor de perfil no sistema de entrada.

Existem várias tecnologias que permitem a leitura de dimensões à distância do objeto de estudo. Estas são divididas em dois grupos segundo os princípios físicos em que se apoiam: Sensores eletromagnéticos e sensores óticos[20].

Os sensores eletromagnéticos, como por exemplo os sensores capacitivos, são utilizados para calcular a distância a um objeto electro-condutor através da leitura da carga do campo electro magnético, obtendo assim um valor com uma resolução de leitura próxima do micrómetro. Por outro lado, os sensores óticos utilizam os efeitos da ótica para calcular a distância a um objeto com um *offset* consideravelmente maior que os eletromagnéticos, mas com resolução inferior[20].

Nesta máquina será utilizado um sensor ótico de triangulação a laser da empresa “Micro-Epsilon”. O princípio de funcionamento deste tipo de sensor é relativamente simples: o sensor projeta um feixe de luz visível no objeto a ser estudado que é captado por um elemento de receção sensível à posição. Sempre que ocorre uma mudança na posição do objeto o elemento de receção capta e avalia a ocorrência[21]. A Figura 5.11 sumariza o funcionamento do sensor óptico de triangulação laser deste o feixe de luz projectado até à representação gráfica das distâncias a analisar.

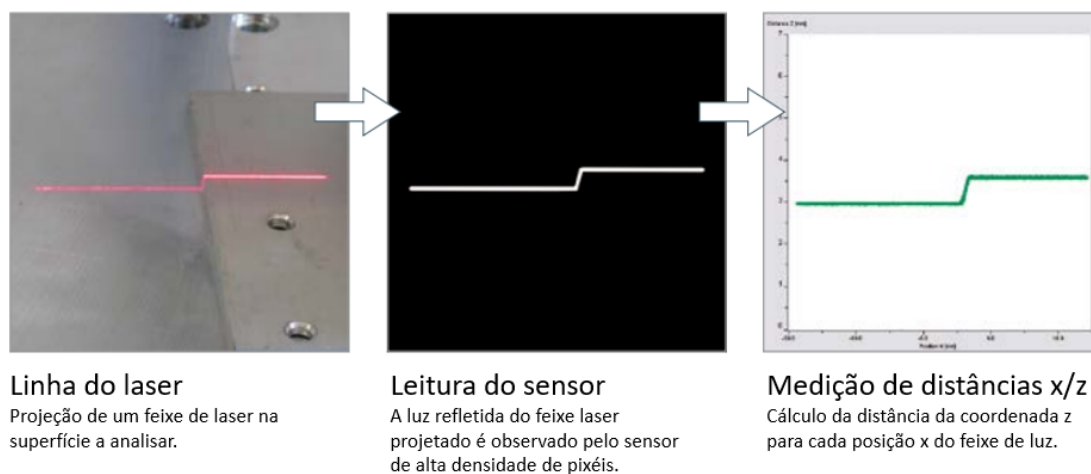


Figura 5.11 - Representação gráfica das várias etapas de leitura do sensor ótico de triangulação a laser

Neste caso, o sensor vai gerar um esquema que explicita a variação da distância, ou altura, a que se encontra do garrafão, permitindo obter a informação se a parte mais estreita se encontra na direção do movimento ou não, permitindo avaliar se é possível ou não encaminhar o garrafão para a fase seguinte de compactação. Na Figura 5.12 está representado um esquema do que será a leitura gráfica dos valores obtidos pelo sensor de perfil á medida que o garrafão vai deslocando, da fase 1 para a 3.

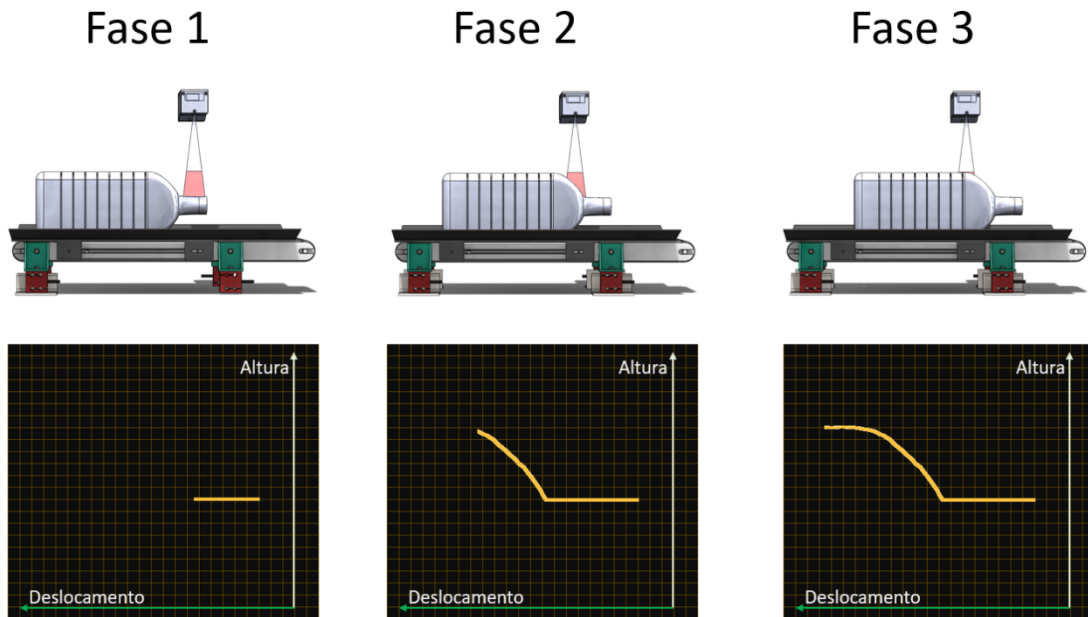


Figura 5.12 - Representação da análise gráfica dos valores obtidos pelo sensor de perfil no decorrer do deslocamento do garrafão

Para colocar este tipo de sensor na máquina é necessário saber:

- Qual a orientação do feixe de leitura;
- Qual a distância a que deve estar o sensor do garrafão.

O primeiro ponto é definido segundo informações do manual de montagem do sensor escolhido, neste caso o feixe de luz tem de estar paralelo ao sentido da movimentação para que seja possível uma análise correta.

Relativamente ao segundo ponto, o produtor do sensor dá os dados de várias alturas relevantes à montagem deste tipo de solução. Nomeadamente o início e o final da zona de leitura segundo o eixo do vertical (z) e horizontal (x), como está representado no esquema da Figura 5.13.

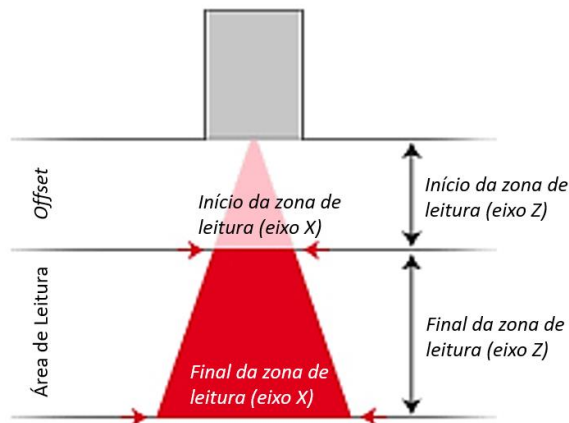


Figura 5.13 - Esquema da zona de leitura e offset do sensor de perfil

O objetivo será analisar se a distância entre o garrafão e o sensor diminui com o deslocamento do garrafão, sendo assim a dimensão segundo o eixo X da área de leitura do feixe de luz não será uma condicionante na escolha do modelo do sensor.

No entanto, a dimensão segundo o eixo Z da área de leitura tem de se suficientemente elevada para garantir que é possível ler a distância deste a zona do gargalo do garrafão até á face lateral. Na Figura 5.14 está representado um esquema da montagem do garrafão com as medidas que o sensor de perfil deve cumprir para garantir uma leitura correta.

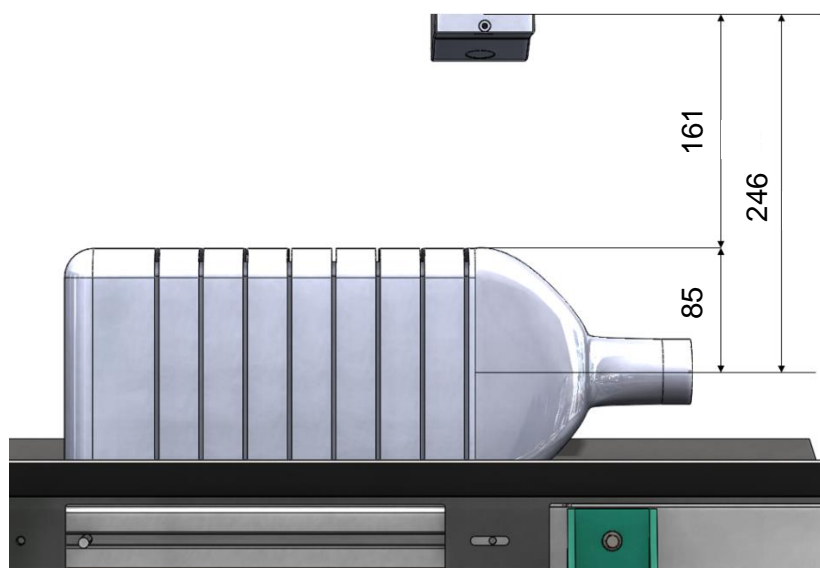


Figura 5.14 - Dimensões necessárias á seleção do sensor de perfil (valores em mm)

Tendo em conta estes dados foi selecionado o modelo de sensor “scanControl 2710-50 ExtendedRange” cujas especificações estão apresentadas na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Especificações do sensor “scanControl 2710-50 ExtendedRange

Eixo	Dimensão	Valores	Esquema final
Eixo Z	Início da zona de leitura	160 mm	
	Final da zona de leitura	100 mm	
Eixo X	Início da zona de leitura	41 mm	
	Final da zona de leitura	64 mm	

5.1.5. Leitor de código de barras

Este sensor terá como principal função analisar o código de barras presente na face superior do garrafão colocado na RVM.

Numa primeira fase, no que diz respeito à seleção de um leitor de código de barras para RVM, foi necessário perceber quais as possíveis localizações e orientação dos códigos de barras nos garrafões de água e, delimitar uma área na superfície do garrafão modelo. A Figura 5.15 ilustra alguns exemplos da localização dos códigos de barras possíveis de observar nos rótulos dos garrafões na amostra recolhida e a respetiva área de atuação.

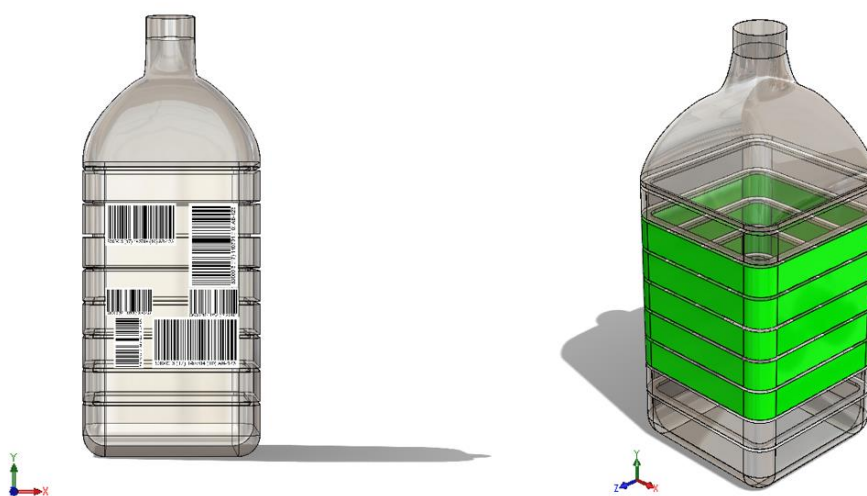


Figura 5.15 - Representação da localização e orientação dos códigos de barras (esquerda) e zona de atuação dos sensores de códigos de barras, representada a verde (direita)

Sabendo a área necessária a cobrir, o próximo procedimento prende-se a escolher qual o posicionamento dos sensores e código de barras para que seja possível ler corretamente a face superior do garrafão depositado. Para isso, é necessário selecionar um modelo de leitor de código de barras conforme as seguintes necessidades:

- Tamanho reduzido
- Maior ângulo de visão
- Menor distância mínima de leitura

Como modelo de referência foi escolhido o sensor Matrix™ 220 da empresa “Datalogic” que, com uma dimensão reduzida permite obter um ângulo de visão de 38,3° e uma distância mínima de leitura de 40 mm. A Figura 5.16 ilustra o leitor de código de barras e as respectivas dimensões.

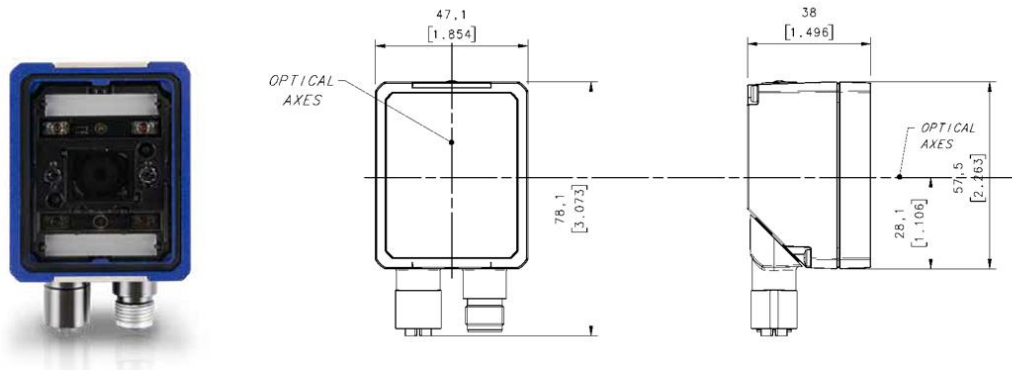


Figura 5.16 - Sensor Matrix™220 DATALOGIC

Numa primeira instância, foi colocado um sensor perpendicular à face superior do garrafão depositado. Esta primeira montagem permitiu concluir que para 1 só sensor este tem de estar a uma distância de 230 mm da face superior do garrafão para que seja possível cobrir toda a largura do mesmo. A Figura 5.17 ilustra essa montagem, onde a zona verde representa o campo de visão do leitor de código de barras e a azul o modelo do garrafão.

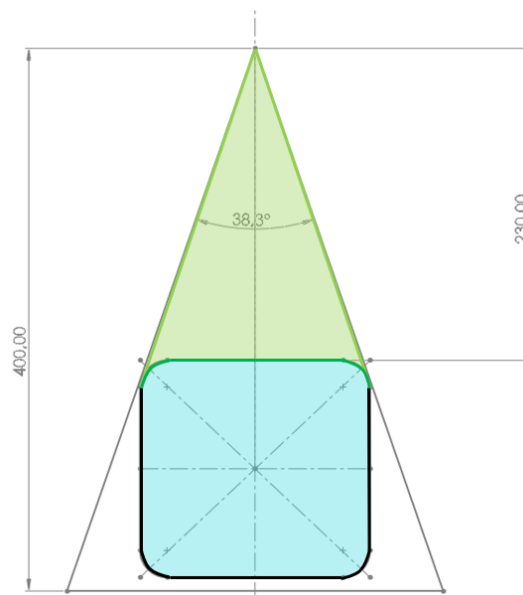


Figura 5.17 - Esquema de montagem de um leitor de código de barras ortogonal à face de leitura do garrafão. A verde está representado o campo de visão dos sensores; a azul está representado o garrafão

Esta hipótese poderia ser viável se houvesse altura suficiente para colocar o leitor a 230 mm. No entanto tal não é possível pois iria implicar aumentar o valor de altura da máquina, algo que iria superar os limites colocados nas condições iniciais a nível dimensional.

Sendo assim, surge a segunda hipótese que conta com 2 leitores de código de barras colocados a um ângulo de 55° da face de leitura do garrafão. Isto permite não só a leitura de códigos de barras que se encontrem na superfície curva da face superior, como também a diminuição de altura necessária da colocação dos mesmos. A Figura 5.18 esquematiza a montagem do sistema de leitores de códigos de barras descritos. Esta será a solução a implementar dentro do compartimento de entrada.

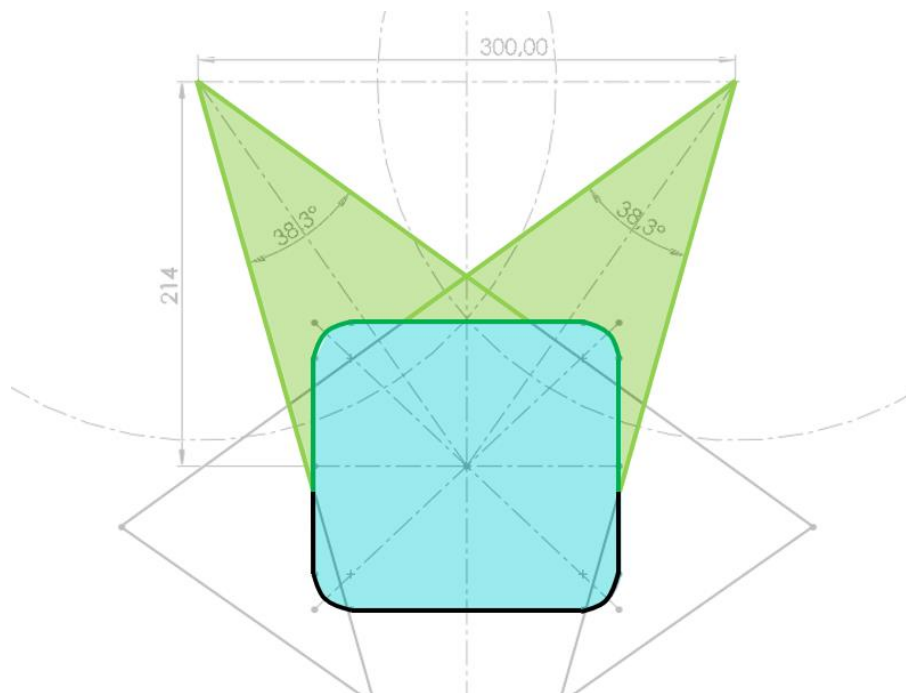


Figura 5.18 - Esquema da montagem de 2 leitores de códigos de barras. A verde está representado o campo de visão dos sensores; a azul está representado o garrafão

A Figura 5.19 ilustra a montagem final com vista em pormenor dos sensores de código de barras.

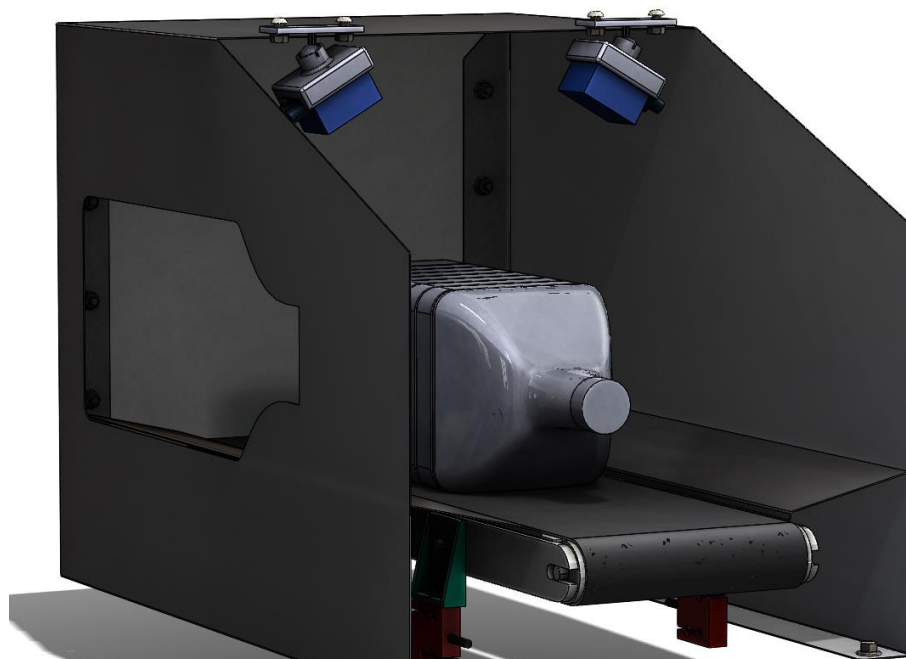


Figura 5.19 - Montagem final dos sensores de código de barras

5.1.6. Células de carga

No que diz respeito à análise do garrafão inserido, é necessário ainda garantir que o mesmo não tem qualquer tipo de conteúdo que possa contaminar os restantes garrafões armazenados no contentor.

A implementação de células de carga nos suportes do tapete transportador permite obter informações do peso dos itens inseridos, que ao serem analisadas é possível verificar se o recipiente se encontra vazio ou não.

Numa primeira fase, é necessário fazer o levantamento de todos os componentes que estão ligados no conjunto do tapete transportador, e obter qual o valor da massa total. A Tabela 5.8 discrimina o levantamento desses componentes e apresenta no final o peso total do conjunto.

Tabela 5.8 - Lista de componentes do conjunto do tapete transportador com respetivas massas

Nº	Qtd.	Componente	Massa unitária (g)	Massa total (g)
1	1	Tapete Transportador	11 710	11 710
2	2	Guias	704	1 408
3	4	Suportes	235	940
4	8	Parafusos M6	1	8
			Total	14 066

Para garantir que as células de carga conseguem suportar tanto uma situação em que o garrafão inserido está vazio como uma situação extrema em que o utilizador

da RVM não tem uma utilização correta e coloca o garrafão de referência cheio de água dentro do compartimento de entrada, são calculadas as forças resultantes para este último caso. Para isso é assumida uma aproximação da massa do garrafão cheio de água igual a 8 kg e do conjunto do tapete transportador igual a 14 kg.

Sendo assim obtemos.

$$M_{total} = M_{conjunto} + M_{garrafãocheio} \quad (1)$$

$$M_{total} = 14 + 8 = 22 \text{ kg} \quad (2)$$

Sendo assim a gama de valores de massa que os apoios estarão sujeitos são $M = [14, 22]$ (kg).

O sistema de transporte será apoiado em 4 apoios fixos nos quais serão inseridas 4 células de carga. Irão ser efetuados cálculos para o cenário do conjunto total com o garrafão cheio para concluir qual o valor máximo de força que o sensor deve aguentar sem deformar.

$$\sum F_y = 0 \quad (3)$$

$$4 * R_y - P = 0 \quad (4)$$

$$R_y = \frac{P}{4} = \frac{22 * 9,81}{4} = 58,86 \text{ N} = 6 \text{ kgf} \quad (5)$$

Dados do catálogo da empresa AEPtransducers afirmam que as suas células de carga conseguem suportar até 500% da carga sem danificar o sensor. Sendo assim foram seleccionadas células de carga nominal 50 N, que são capazes de aguentar cada uma cerca de 250 N e que apresentam uma resolução de 0,03%, ou seja, cerca de 50 gramas. A Figura 5.20 ilustra o modelo do sensor de carga seleccionado.



Figura 5.20 - Célula de carga AEPtransducers 50N

5.2. Sistema de compactação

Com vista a aumentar a capacidade de armazenamento da RVM, optou-se por colocar um sistema de trituração de dois tambores. Na Figura 5.21 está representada a solução final do sistema de trituração composto por um triturador (1), um trem de engrenagem simples (2), um funil de entrada (3) e o moto-reductor (4) que irá alimentar o mecanismo de trituração.

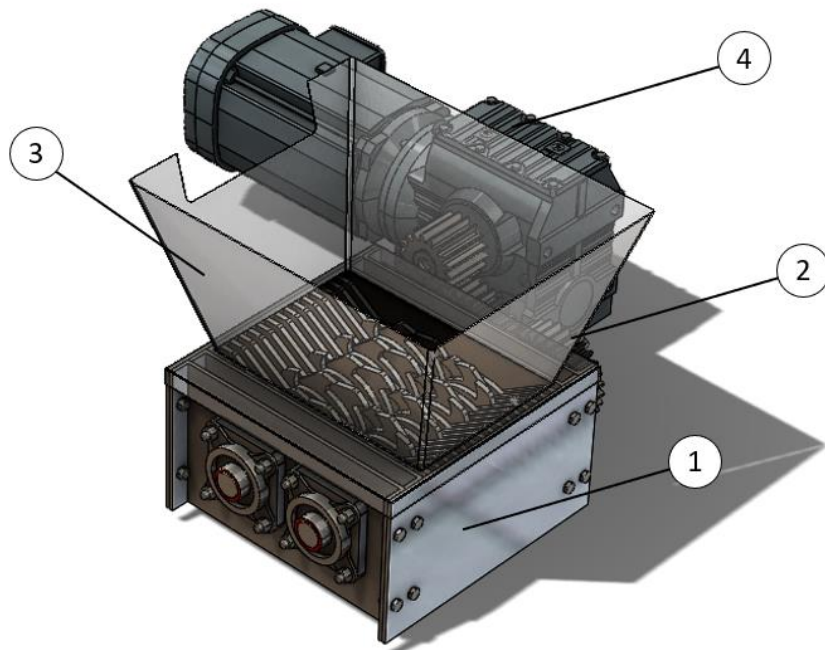


Figura 5.21 - Sistema de trituração dos garrafões

Visto que o componente principal do sistema de trituração é o próprio triturador, este capítulo começa com o dimensionamento do mesmo.

5.2.1. Dimensionamento do Triturador

A primeira necessidade a ter em conta, antes do dimensionamento do triturador será o espaço necessário e o espaço disponível, para a colocação deste mecanismo. Relembrando as considerações iniciais e de modo a maximizar o espaço para armazenamento, o triturador será projetado para ocupar o menor espaço possível.

Sendo assim os principais componentes a projetar, dimensionar ou adquirir para a conceção deste mecanismo, estão representados são:

- Veios rotativos;
- Discos de corte;
- Moto-redutor
- Estrutura de trituração;
- Funil de entrada;
- Rolamentos e chumaceiras;
- Engrenagem entre veios;
- Ligação moto-redutor e veios

5.2.1.1. Seleção do moto-redutor

Numa primeira instância será necessário calcular qual será o diâmetro mínimo dos veios rotativos para que estes não plastifiquem face á torção e flexão a que são sujeitos. Sendo assim é necessário perceber qual será o binário máximo a que estes componentes estão sujeitos definindo o diâmetro e forma dos discos de corte a utilizar, a espessura do material a cortar e a tensão de corte máxima admissível do material a ser processado.

Relativamente á espessura do material a cortar irá ser assumida a espessura máxima que pode ser encontrada num garrafão, neste caso será na asa do mesmo. A espessura máxima medida nas asas nos 16 garrafões exemplares considerados neste trabalho é 4 mm, no entanto será considerada uma espessura $h_c = 5$ mm como margem de segurança. Relativamente á tensão de corte máxima admissível do material depositado será considerado o valor de $\sigma_R = 100$ MPa que é superior à tensão de corte do PET que compõe os garrafões e do Polipropileno que compõem as tampas e asas. O ângulo de corte entre as lâminas dos dois veios giratórios (no momento do rasgo inicial do material) será de $\varphi_C = 45^\circ$ (apresentado na página 52).

Sendo assim a força necessária máxima ao corte é dada pela seguinte função

$$F_{Cmáx} = \sigma_R * \frac{h_c^2}{2 * \tan \varphi_C} = 100 * 10^6 * \frac{(5 * 10^{-3})^2}{2 * \tan 45^\circ} = 1250 N \quad (6)$$

Após obtenção da força máxima de corte, é possível obter o binário máximo para cada disco cortante multiplicando pelo raio máximo do disco cortante (apresentado no capítulo seguinte).

$$T_{m\acute{a}x (1Disco)} = F_{Cm\acute{a}x} * r_{m\acute{a}x} = 1250 * 0,05 = 62,5 Nm \quad (7)$$

Para obter o binário máximo será assumido que metade dos discos de cada veio estão em utilização em cada veio, neste caso serão 8 (como referido no capítulo seguinte).

$$T_{m\acute{a}x (7Discos)} = T_{m\acute{a}x (1Disco)} * 8 = 62,5 * 8 = 500 Nm \quad (8)$$

Após obtenção do binário máximo a que cada veio está sujeito, é necessário saber qual a potencia mínima necessária que o motor tenha para ser possível o funcionamento. Para isso foi assumido que a velocidade de operação é $w_{op} = 40$ RPM.

$$P_{\min (1 veio)} = T_{m\acute{a}x} * w_{op} * \frac{2\pi}{60} = 500 * 40 * \frac{2\pi}{60} = 2,094 kW \quad (9)$$

Tendo em conta que o mesmo motor será utilizado para alimentar os dois veios de corte, então será necessário multiplicar a potencia por dois.

$$P_{\min(2 veios)} = P_{\min (1 veio)} * 2 = 4,189 kW \quad (10)$$

Sendo assim optou-se pelo motor de 5,5 kW que permite um $T_{m\acute{a}x} = 1313 Nm$ a uma velocidade de $w_{op} = 40$ RPM

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{P_{motor}}{w_{op}} = \frac{5,5 * 10^3}{40 * \frac{2\pi}{60}} = 1313 Nm \quad (11)$$

Uma vez que a empresa SEW tem um vasto catálogo de moto-redutores com vários tipos de configuração optou-se por escolher o modelo S77DRN132S4, cujas especificações estão incluídas em anexo. A Figura 5.22 ilustra as dimensões e configuração do moto-reductor selecionado.

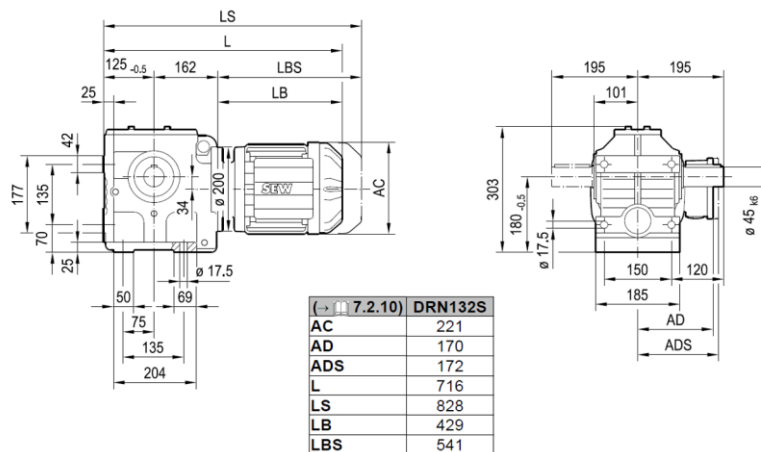


Figura 5.22 - Dimensões do moto-reductor SEW S77DRN132S4 (adaptado de [22])

5.2.1.2. Dimensionamento dos veios rotativos e discos cortantes

A seleção da dimensão dos discos cortantes tem especial interesse no que toca á eficiência do corte.

Sabendo qual a potência e velocidade de operação do moto-reductor é possível calcular o valor de diâmetro mínimo de cada veio relacionando o valor de tensão de corte do material que são produzidos, neste caso o aço ANSI 1020, com o respetivo momento polar de inércia.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{T_{m\acute{a}x} * c}{J} \quad (12)$$

$$J = \frac{\pi * c^4}{2} \quad (13)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{2 * T_{m\acute{a}x}}{\pi * c^3} \quad (14)$$

$$c = \left(\frac{2 * T_{m\acute{a}x}}{\pi * \tau_{m\acute{a}x}} \right)^{1/3} = \left(\frac{2 * 1313,03}{\pi * 295 * 10^6} \right)^{1/3} = 14,2 \text{ mm} \quad (15)$$

Assumindo um fator de segurança $n = 1,2$ então o diâmetro mínimo de cada veio pode ser obtido segundo a seguinte equação.

$$\phi_{min} = 2 * c * n = 2 * 14,2 * 1,2 = 34,56 \text{ mm} \approx 35 \text{ mm} \quad (16)$$

Atendendo ao diâmetro mínimo calculado, foram dimensionados dois veios com as dimensões apresentadas na Figura 5.23.

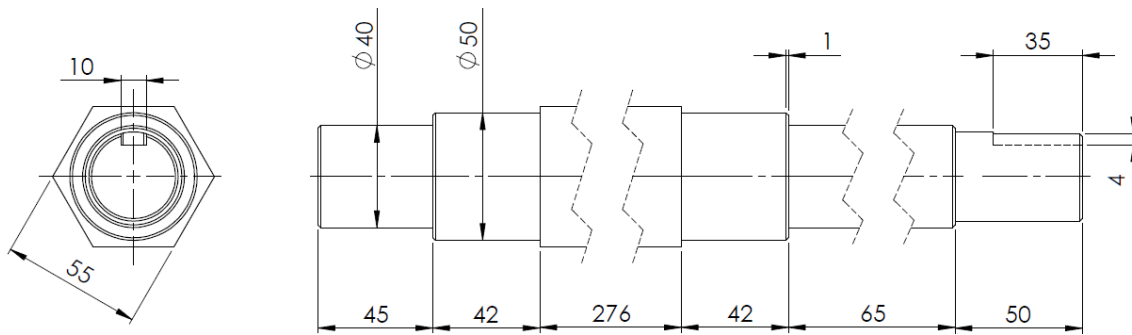


Figura 5.23 - Dimensões dos veios do triturador (esboço)

Relativamente aos discos cortantes, optou-se por criar discos com 4 gumes e com um ângulo de corte de 45° . Este ângulo está intimamente ligado à força máxima de corte que, tem um papel importante no cálculo da potência necessária do moto-reductor.

A Figura 5.24 ilustra as dimensões do disco cortante concebido.

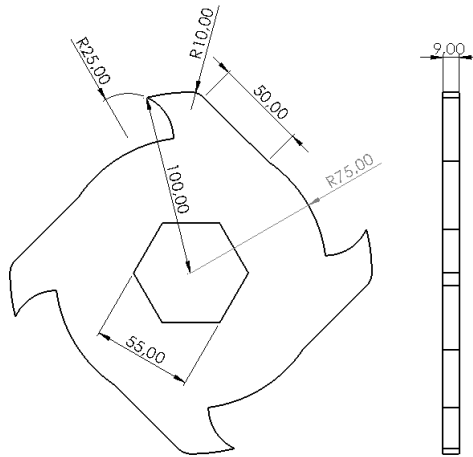


Figura 5.24 - Disco cortante de 4 gumes. (esboço)

Para garantir o espaço entre os discos cortantes são intercalados discos de menor dimensão como estão representados na Figura 5.25.

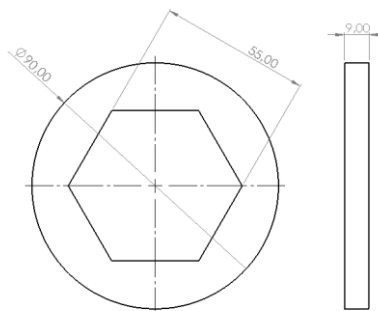


Figura 5.25 - Discos intercalares (esboço)

Relativamente à montagem dos discos, como foi referenciado anteriormente são colocados intercalando um disco cortantes com um intercalar, sendo que os discos cortantes são colocados com uma variação de 20° entre si, como está representado na Figura 5.26.

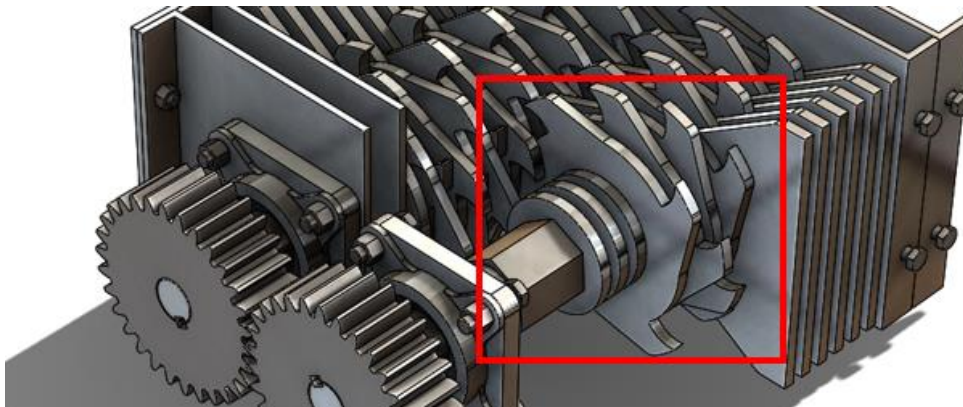


Figura 5.26 - Pormenor da montagem dos discos nos veios do triturador

5.2.1.3. Estrutura do shredder

Nesta dissertação é definida como estrutura do triturador, toda a carcaça exterior onde são apoiados os veios de cortes e as lâminas fixas. Na Figura 5.27 está representada a montagem da estrutura como todos os seus componentes discriminados na Tabela 5.9.

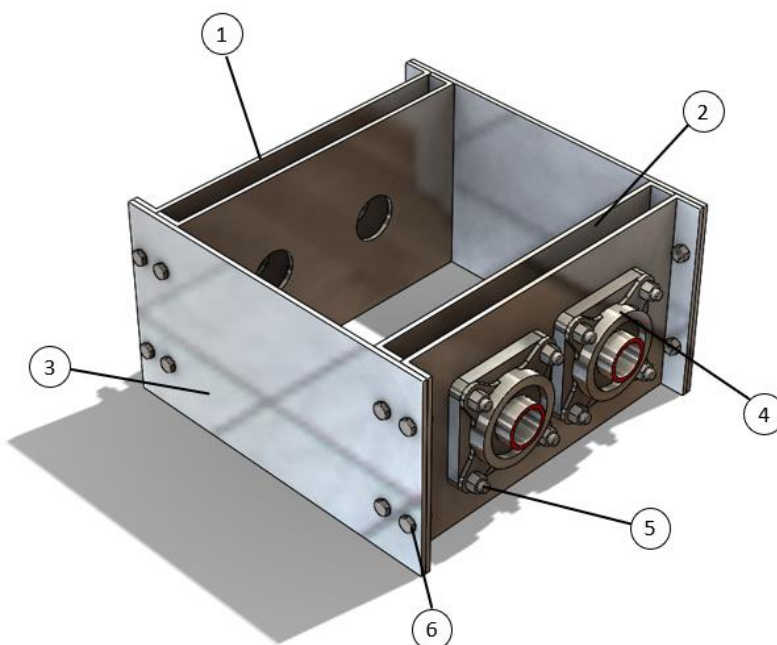


Figura 5.27 - Estrutura da trituradora

Tabela 5.9 - Tabela de componentes da estrutura do triturador

Nº	QTD.	NOME	DESCRIÇÃO
1	2	Paredes de apoio	Aço; Espessura: 6 mm
2	2	Paredes Laterais	Aço; Espessura: 6 mm
3	2	Paredes de proteção	Aço; Espessura: 6 mm
4	4	Chumaceira	Diâmetro nominal: 40 mm
5	16	Parafusos M12	Elementos de ligação das chumaceiras
6	16	Parafusos M10	Elementos de ligação das paredes

Os componentes principais da estrutura são as paredes laterais e paredes de apoio. As primeiras são fabricadas através de uma chapa de aço carbono de 6 mm que é furada nas zonas onde estarão os elementos de ligação (parafusos M10). As paredes de bloqueio são igualmente fabricadas através de chapas de aço carbono de 6 mm de perfil em C, e os processos mecânicos que sofrem são facejamentos na zona onde irão ligar as chumaceiras e as paredes laterais, e furações tanto para os elementos de ligação como para os veios.

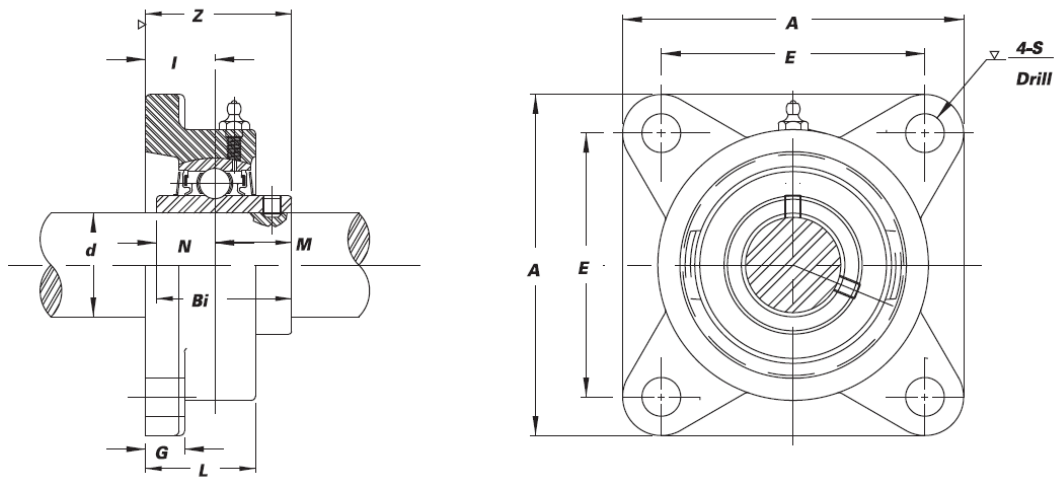
De seguida, foram concebidas paredes de proteção que garantem que o conteúdo a ser triturado não entra em contacto com os elementos de ligação tanto das paredes laterais como das chumaceiras. A conceção destes elementos é muito semelhante às paredes de apoio com a única diferença que não são feitas furações para os elementos de ligação das chumaceiras.

5.2.1.4. Chumaceiras

As chumaceiras são um elemento necessário para diminuir as forças de atrito geradas no processo de rotação dos veios de corte. Esta diminuição de forças de atrito possibilita que não seja necessário selecionar um motor com maior capacidade e que o desgaste de material seja menor devido à redução de fenómenos com o de fricção. Para selecionar um modelo de chumaceiras a utilizar na máquina é necessário ter em conta algumas dimensões chave e forças aplicadas, neste caso:

- Diâmetro de abertura
- Área de ligação
- Força de reação no eixo horizontal
- Força de reação no eixo vertical

Após consideração das dimensões definidas foi selecionado o modelo “SUCNPF 208” da marca “C&H Bearing” (em anexo) que garante que as forças aplicadas não irão deformar o elemento. Na Figura 5.28 está representada a chumaceira selecionada e as respetivas dimensões.



Medidas da chumaceira										
d	A	E	I	G	L	S	Z	Bi	N	M
40	130	102	21	15	36	14	51,2	49,2	19,0	30,2

Figura 5.28 - Desenho da do modelo de chumaceira selecionado (adaptado, C&H Bearing)

Sendo assim a montagem das chumaceiras será efetuada nas paredes de bloqueio e os elementos de ligação são parafusos M12. Na Figura 5.29 está representada a vista em corte da ligação chumaceira-veio onde é possível observar os vários elementos de ligação e a superfície de contacto entre os dois elementos.

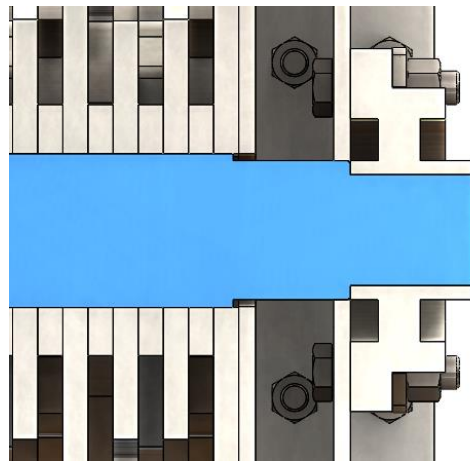


Figura 5.29 - Vista em corte a montagem do veio na estrutura da trituradora

5.2.1.5. Funil de entrada

Para garantir que o garrafão depositado é corretamente encaminhado para o sistema de compactação da RVM, foi necessário conceber uma solução de ligação entre a saída do tapete transportador e a entrada do triturador. Esta solução passou por criar um funil de entrada que garanta não só o encaminhamento do garrafão, mas também a

proteção dos restantes componentes da máquina. Relativamente à conceção do funil, foram consideradas as seguintes dimensões:

- Área de entrada mínima do garrafão;
- Altura entre saída do tapete e entrada do triturador;
- Área de entrada do triturador.

O funil de entrada terá a sua forma final (Figura 5.30) através da ligação de duas partes principais: o compartimento de entrada (1) e a base de ligação (2).

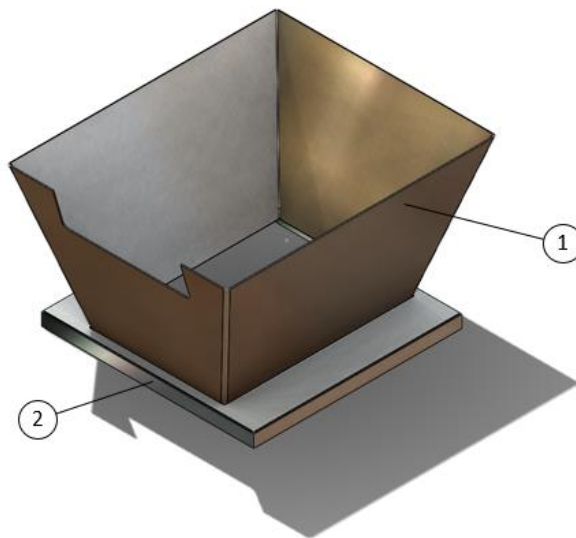


Figura 5.30 - Representação do funil de entrada

O compartimento de entrada é obtido através da quinagem de chapa de aço carbono de 2 mm de espessura, e soldado na extremidade lateral para conservar a sua forma. Este elemento é por sua vez soldado à base de ligação que está ligada à entrada do triturador.

A base de ligação é obtida através da soldadura de 4 chapas laterais de 2 mm de espessura a uma chapa de 2 mm de espessura com uma janela de área correspondente à entrada do triturador.

5.2.1.6. Engrenagem entre veios

Para o triturador funcionar corretamente é necessário projetar o seu sistema de alimentação. Neste caso a solução adotada foi a ligação dos dois veios de corte com rodas dentadas com sentidos de rotação opostos, e uma roda dentada ligada ao veio do moto redutor que por sua vez alimenta a roda dentada do veio de corte A, como está representado na Figura 5.31.

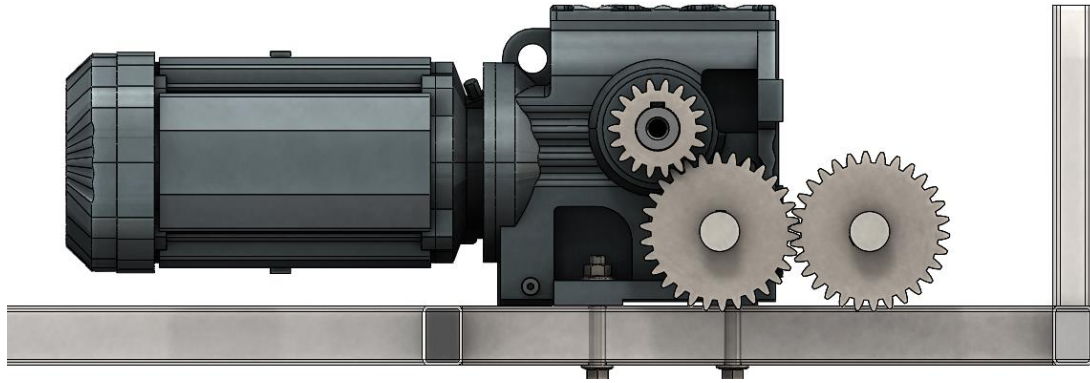


Figura 5.31 – Trem de engrenagem do triturador

Para projetar este sistema de transmissão foi utilizado como referência o capítulo 13 do livro de “Shigley’s Mechanical Engineering Design”[23].

Como consideração inicial assumiu-se que as rodas dentadas utilizadas serão de dentes retos, um ângulo de pressão de 20° e que o módulo a selecionar será normalizado.

De seguida foram analisadas as dimensões relativas ao trem de engrenagem simples, necessárias ao dimensionamento das rodas dentadas. A Figura 5.32 ilustra quais as distâncias entre os dois veios de corte e o veio de ligação do moto redutor.

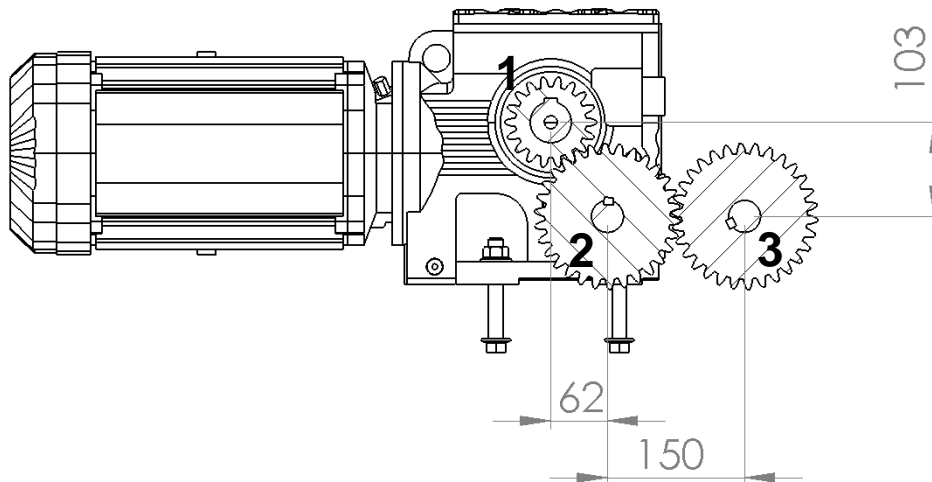


Figura 5.32 - Dimensões entre veios do trem de engrenagem e numeração das rodas dentadas

Assumindo que as rodas dentadas dos veios de corte são iguais e o módulo selecionado é 5, é possível calcular o número de dentes (Z) do elemento assumindo o diâmetro nominal ($d_{\text{veio de corte}}$) de 150 mm:

$$d_{\text{veio de corte}} = Z * M \quad (17)$$

$$150 = Z * 5 \quad (18)$$

$$Z = 30 \quad (19)$$

Após definidas as rodas dentadas dos veios de corte, é dimensionada a roda dentada do veio do moto redutor. A Figura 5.33 ilustra a distância necessária a calcular para obter o valor do diâmetro nominal do veio do moto redutor.

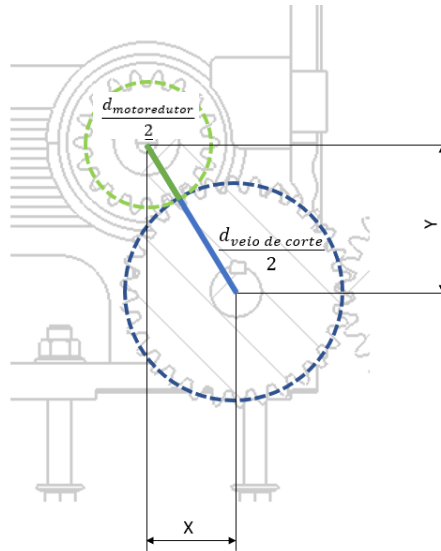


Figura 5.33 - Esboço das distâncias a calcular para dimensionamento da roda dentada do veio do moto redutor

A seguinte equação permite calcular qual o diâmetro da roda dentada do moto redutor:

$$\frac{d_{\text{motoredutor}}}{2} = \sqrt{X^2 + Y^2} - \frac{d_{\text{veio de corte}}}{2} \quad (20)$$

$$d_{\text{motoredutor}} = \left(\sqrt{103^2 + 62^2} - \frac{150}{2} \right) * 2 \quad (21)$$

$$d_{\text{motoredutor}} = 90 \text{ mm} \quad (22)$$

Após obter o valor do diâmetro é possível calcular qual o número de dentes da roda dentada lembrando que o módulo é igual ao dos outros dois elementos:

$$d_{\text{motoredutor}} = Z * M \quad (23)$$

$$Z = \frac{90}{5} = 18 \quad (24)$$

Sendo assim é possível calcular a relação de transmissão do trem de engrenagens segundo a seguinte equação:

$$i = \frac{w1}{(-w2)} * \frac{(-w2)}{w3} = \frac{w1}{w3} = \frac{Z1}{Z3} = \frac{18}{30} = 0,6 \quad (25)$$

Atendendo que o moto redutor tem uma velocidade angular de 40 RPM, a mesma fórmula permite calcular qual a velocidade dos veios cortantes que será apresentada nas especificações finais do projeto.

$$w3 = \frac{w1}{i} = \frac{40}{0,6} = 24 \text{ RPM} \quad (26)$$

5.3. Armazenamento

Como definido nas considerações iniciais do capítulo 4, é de grande prioridade aumentar o máximo possível a capacidade de armazenamento da RVM para que seja necessário o menor número possível de reposições do contentor. Todo o espaço neste sistema será utilizado para criar apenas um contentor com a dimensão maior possível.

A Figura 5.34 ilustra a solução final para o contentor de armazenamento da máquina.



Figura 5.34 - Solução final para o contentor de armazenamento

5.3.1. Dimensionamento do contentor

Atendendo ao facto dos fragmentos dos garrafões não serem distribuídos uniformemente no contentor, é necessário calcular qual o volume máximo de fragmentos que a máquina consegue armazenar tendo em conta que, serão depositados todos num ponto fixo e tendo em conta um ângulo de repouso específico do PET.

Como não foi possível determinar experimentalmente o ângulo de repouso (θ), foi utilizada uma aproximação que relaciona este ângulo com o coeficiente de fricção estática (μ_s) entre superfícies de PET, cujo valor é de $\mu_s = 0,57$ [24]. Sendo assim, a relação entre estas duas grandezas é dada pela seguinte equação:

$$\tan(\theta) \approx \mu_s \quad (27)$$

$$\theta \approx \arctan(\mu_s) = \arctan(0,57) \approx 30^\circ \quad (28)$$

Utilizando o valor obtido, é possível esboçar a disposição dos flocos de PET no contentor, até atingir o topo do mesmo. Na Figura 5.35 é possível observar o esboço da deposição de PET no contentor.

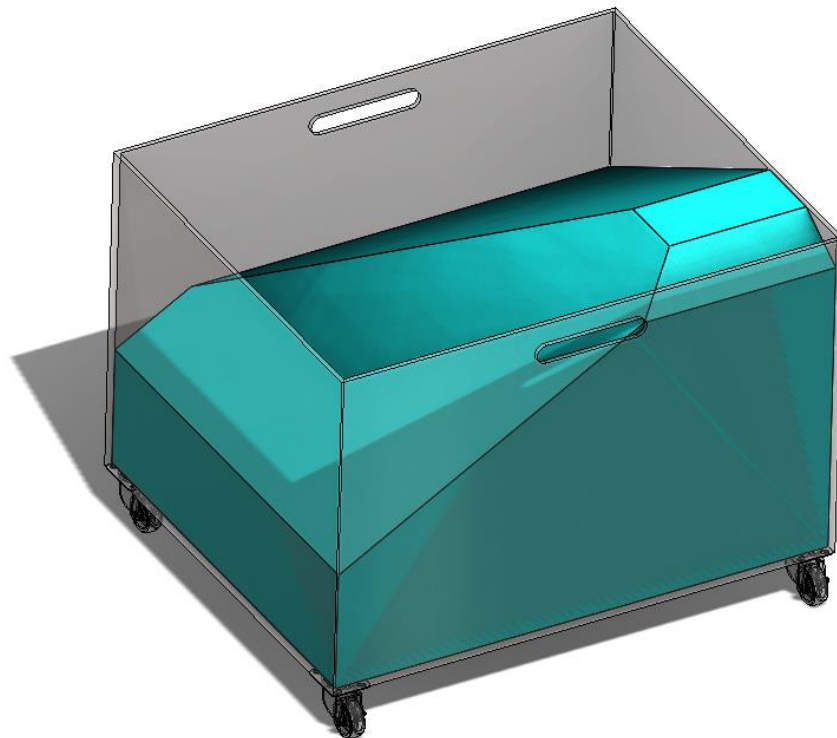


Figura 5.35 - Esboço do depósito de PET triturado no contentor.

Sendo assim, o volume máximo que o contentor consegue armazenar foi obtido através do programa *Solidworks*, e o valor apurado foi de aproximadamente $Vol_{Contentor} = 0,463 \text{ m}^3$.

Conhecendo o volume do garrafão de referência e o volume máximo de armazenamento do contentor, assumindo um coeficiente de redução de volume de 60%, é possível calcular a quantidade de garrafões que a máquina consegue armazenar de acordo com a seguinte equação:

$$Capacidade \approx \frac{Vol_{Contentor}}{Vol_{garrafão} * (1 - C_{red})} = \frac{0,463}{8,867 * 10^{-3} * (1 - 0,6)} \quad (29)$$

$$Capacidade \approx 130 \text{ garrafões} \quad (30)$$

5.4. Estrutura

Todos os componentes da RVM serão suportados por uma estrutura de perfis de aço que será dimensionada para não deformar excessivamente quando sujeitas às forças aplicadas. Para dimensionar esta estrutura será concebido um modelo numérico no programa *Solidworks Simulation*. O ponto fundamental deste estudo será calcular quais as tensões de cedência de cada zona da estrutura e selecionar um perfil que aguarde os esforços aplicados.

A Figura 5.36 ilustra o resultado da estrutura com os respetivos sistemas a transparente.



Figura 5.36 - Estrutura final da RVM

5.4.1. Simulação numérica e seleção do perfil

Com vista a realização das simulações numéricas na estrutura recorreu-se ao software *Solidworks Simulation*. Atendendo ao facto das forças aplicadas na estrutura serem maioritariamente cargas estáticas resultantes do peso dos vários componentes que constituem a máquina, foram compilados na Tabela 5.10 todos os valores do peso dos elementos da RVM.

Tabela 5.10 - Valores do peso de cada componente ligado á estrutura da RVM

Secção	Elemento	Qtd.	Peso Unitário (kgf)	Peso Total (kgf)
Entrada Topo:	Leitor Código e Barras	2	0,2	0,4
	Sensor de Perfil	1	0,8	0,8
Total:				1,2
Entrada Inferior:	Tapete Transportador	1	11,7	11,7
	Guia	2	0,7	1,4
	Células de carga	4	0,3	1,2
	Suportes	4	0,2	0,8
	Garrafão de Referência	1	8,0	8,0
	Carcaça Exterior	1	8,4	8,4
Total:				31,5
Compactador:	Trituradora	1	144,8	144,8
	Funil de entrada	1	8,8	8,8
	Moto-Redutor	1	12,0	12,0
	Roda dentada Motor-Redutor	1	0,4	0,4
Total:				174,4
Soma dos totais:				198,7

Como simplificação da simulação numérica, o peso de cada um dos componentes será dividido uniformemente pelos seus pontos de apoio admitindo que estes se encontram equidistantes do centro de massa do respetivo elemento.

Utilizando o modelo da estrutura resultante da conceção da RVM, foram ilustrados os pontos de apoios onde cada componente da máquina vai solicitar a estrutura com uma carga estática equivalente ao valor do seu peso. A Figura 5.37 ilustra

a construção da estrutura no programa *Solidworks* com as respectivas cargas estáticas e apoios.

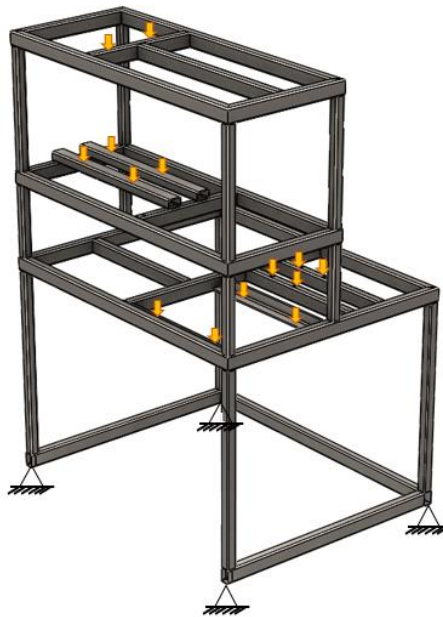


Figura 5.37 - Modelação 3D da estrutura da RVM com respectivas cargas aplicadas e apoios

Após a realização da simulação numérica, obteve-se o resultado apresentado na Figura 5.38 que ilustra a variação dos valores das tensões originadas.

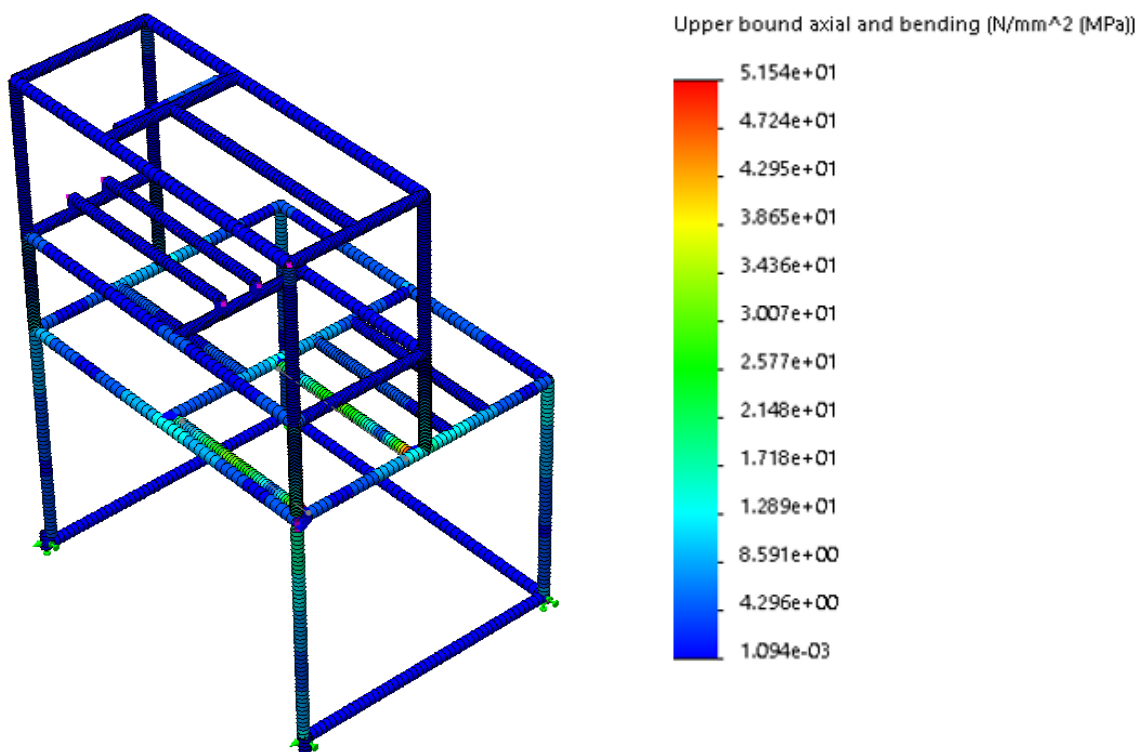


Figura 5.38 - Valores das tensões equivalentes de Von Mises originadas pelo peso dos componentes

A Figura 5.39 ilustra em pormenor a zona mais solicitada.

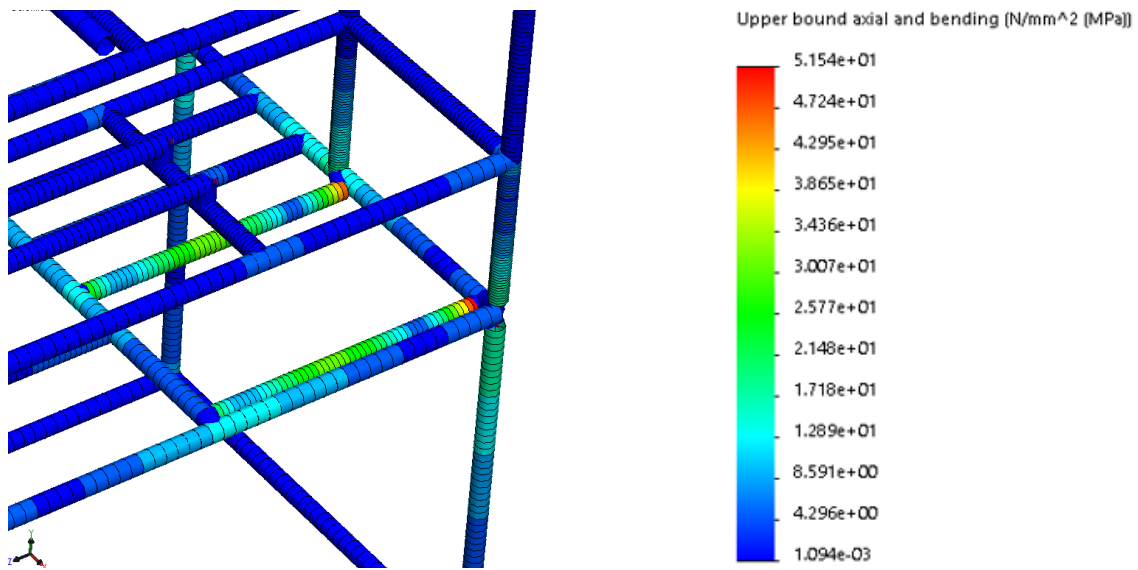


Figura 5.39 - Vista em pormenor da zona com maior solicitação na estrutura

Na Figura 5.39 é visível que o valor das tensões mais elevado está localizado nas ligações dos perfis de suporte do tritador e é de aproximadamente 52 MPa, o que era espectável visto o tritador ser o componente com maior peso de todos os outros. Tendo em conta a tensão de cedência do aço de aproximadamente 250 MPa é possível concluir que a estrutura se apresenta bastante resistente aos esforços aplicados.

O resultado apresentado na Figura 5.40 permite concluir que ao nível da deformação e deslocamento da estrutura, não se verificam grandes variações sendo que o valor máximo observável se encontra perto do 0,4 mm.

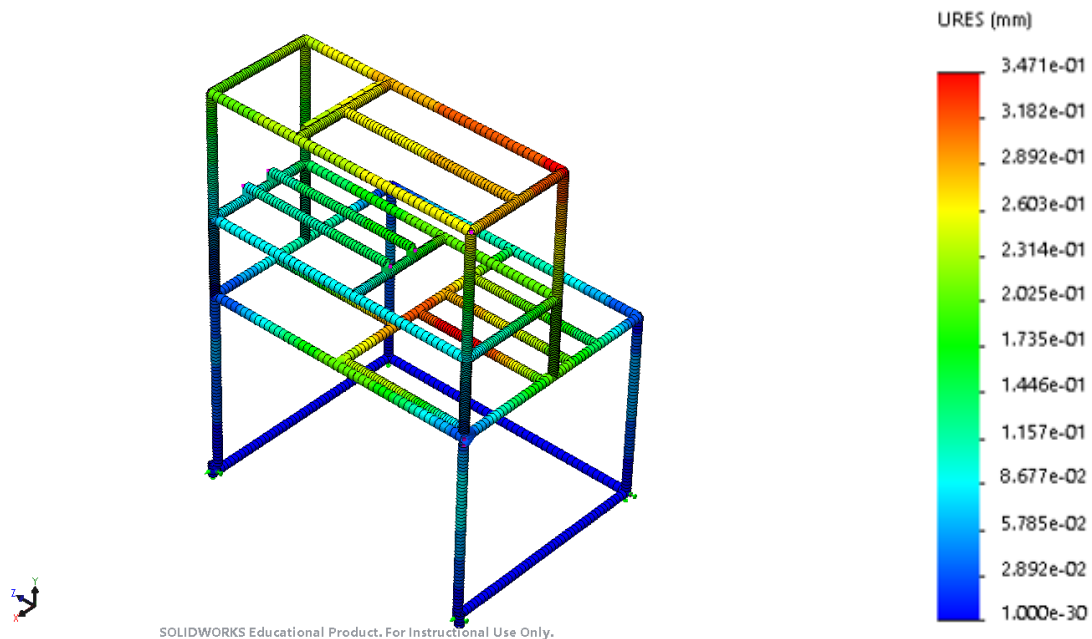


Figura 5.40 - Deformação originada na estrutura pelo peso dos componentes.

5.5. Especificações finais

Após o dimensionamento e conceção da RVM, todas as especificações e informações relevantes são compiladas na Tabela 5.11.

Tabela 5.11 - Especificações finais da RVM

Dimensões	
Peso	aprox. 400 kg
Capacidade de armazenamento	
Garraões	Até 130 unidades
Dimensões interiores do contentor	
Altura	710 mm
Largura	1080 mm
Comprimento	880 mm
Especificação dos recipientes	
Garraões de 5 até 7 litros	
Altura	Até 410 mm
Largura	Até 170 mm
Sensores	
1x scanControl 2710-50 ExtendedRange	
2x Matrix™ 220 DATALOGIC	
4x AEPtransducers TC 50N	
Sistema de compactação	
1x Triturador de 2 veios (5,5 kW 24RPM)	
Sistema de deslocação	
1x 95300 Small conveyor belts with int. drive	
Outros	
Estrutura em perfis de aço	

6.

Conclusões e trabalhos futuros

O objetivo primário desta dissertação passou pelo a conceção de uma *Reverse Vending Machine* capaz de processar recipientes PET de 5 a 7 litros. Após o desenvolvimento da presente dissertação é possível retirar algumas conclusões e informações importantes relativamente às várias fases de projeto da máquina.

Em relação aos principais objetivos definidos, é possível afirmar que foram concluídos com sucesso, e como resultado disso, são registados no presente documento os desenhos necessários á criação de um protótipo dimensional da RVM.

Analisando em retrospectiva a fase inicial do projeto, concluiu-se que a existência de uma RVM com estas especificações vem realmente cumprir algumas necessidades não só impostas pelo projeto piloto assinado pelo governo Português no final do ano de 2018, mas também de reaproveitamento de material que poderá influenciar positivamente o mercado dos recipientes de plástico em Portugal.

Visto que esta máquina é concebida para ser colocada no mesmo espaço físico que outras RVM de processamento de outro tipo de recipientes, é possível concluir que por questões de coerência num ponto de vista da utilização, é de todo o interesse que o funcionamento, dimensões e interface da RVM seja semelhante às demais.

Relativamente ao funcionamento da máquina, existem alguns pontos importantes a reter. Primeiramente conclui-se que a janela de entrada do recipiente é um aspeto importante a considerar na conceção da RVM não só pela sugestão ao utilizador de qual será a colocação correta do recipiente, mas também porque a própria orientação do garrafão vai influenciar o dimensionamento de todas as fases subsequentes da máquina.

No compartimento de análise do recipiente, é fundamental a utilização de um sistema de deslocação e devido á forma geométrica dos garrafões a melhor hipótese passa por escolher um tapete de transporte de ângulo raso em alternativa à utilização de dois tapetes de transporte em configuração “v” como é habitualmente observado nas restantes RVM.

Quanto aos sensores presentes no compartimento de entrada da máquina, a utilização de dois leitores de código de barras em vez de um, permite uma área de leitura superior e permite inclusive ler possíveis códigos de barras que se encontrem nas zonas de canto arredondadas do garrafão. Em suma é possível ainda concluir que para a implementação correta deste tipo de leitores é necessário ter em conta a distância a que estão o objeto a analisar e qual o campo de visão do modelo.

O leitor de perfil é um componente essencial no compartimento de análise pois é este que garante que o garrafão se encontra colocado na orientação correta. Relativamente à implementação deste sensor foi possível concluir que a orientação do feixe de luz e a distância do objeto a analisar são os aspetos-chave na seleção correta do modelo a instalar.

Para uma aplicação correta das células de carga no sistema de entrada, concluiu-se que a melhor hipótese seria conectá-las diretamente aos suportes do tapete de transporte permitindo a leitura do garrafão inserido. Na seleção dos modelos deste componente o aspeto fundamental a considerar é a carga a que cada célula está sujeita num caso extremo, neste caso, quando o recipiente inserido está cheio de água.

Quanto ao sistema de compactação, das várias hipóteses existentes para reduzir o volume do recipiente, foi concluído que o triturador de 2 veios seria a hipótese mais indicada visto ser um mecanismo relativamente simples de conceber e que garante uma cadencia superior ao triturador de 1 veio.

O contentor final foi dimensionado para aproveitar o máximo de espaço disponível, no entanto foi possível concluir que devido à localização do ponto de

deposição dos recipientes triturados, nunca será possível aproveitar o volume do contentor na sua totalidade, fixando a capacidade de armazenamento nas 130 unidades.

No que diz respeito à estrutura da máquina, as simulações numéricas obtidas no programa *Solidworks Simulation* permitem concluir que os perfis em aço selecionados para a sua construção garantem resistência suficiente às cargas estáticas aplicadas.

Com a conclusão da dissertação ficaram evidenciados alguns assuntos a estudar no que diz respeito à conceção do protótipo físico. São sugeridos os seguintes trabalhos futuros:

- Conceção de um sistema de processamento capaz de utilizar a informação dos sensores e validar o recipiente conforme uma base de dados previamente criada com as especificações dos garrafões;
- Conceção de um sistema de controlo dos mecanismos de compactação e transporte da RVM;
- Conceção da carcaça exterior da RVM com uma forma estética que acrescente valor para o utilizador;
- Estudo mais aprofundado dos elementos do triturador com vista á redução dos diâmetros dos veios de corte, espessura das paredes de suporte e dos discos cortantes. Por consequência, estudar a possibilidade da seleção de um moto redutor de potência inferior. Este trabalho corresponde a uma fase de teste de um protótipo funcional
- Estudo dos elementos de ligação e soldaduras da estrutura.
- Estimativa dos custos associados á conceção do protótipo físico da RVM.

Referências bibliográficas

- [1] Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, “Decreto-lei n.º 73/2011, de 17 de junho,” *Diário da República*, vol. nº73, no. 116, 2011.
- [2] Østfoldforskning, *Comparison of recycling and incineration of PET bottles*. 2017.
- [3] “Diário da República, 1.ª série-N.º 248-26 de dezembro de 2018.”
- [4] PlasticsEurope, “Plastics - the Facts 2018,” 2018.
- [5] “World Plastics Production 1950-2015.”
- [6] D. K. A. Barnes, F. Galgani, R. C. Thompson, and M. Barlaz, “Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments,” *Philos. Trans. R. Soc. B*, 2009.
- [7] M. Eriksen *et al.*, “Plastic Pollution in the World’s Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea,” *PLoS One*, vol. 9, no. 12, p. e111913, Dec. 2014.
- [8] “EUROPEAN COMMISSION Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers,” 2007.
- [9] a K. Van Der Vegt and A. K. van der Vegt, “From Polymers to Plastics,” p. 268, 2002.
- [10] G. C. Weedon and V. Richmond, “POLYESTERS WITH IMPROVED DYEABILITY,” 1971.
- [11] L. N. Ji, “Study on Preparation Process and Properties of Polyethylene Terephthalate (PET),” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 312, pp. 406–410, Feb. 2013.
- [12] A. J. Peacock, *Handbook of polyethylene: structures, properties, and applications*. New York: Marcel Dekker, 2000.
- [13] M. J. DA SILVA FARIA, “Uma perspectiva da legislação ambiental em Portugal.,” *Rev. Galega Adm. Pública*, 2013.
- [14] Diebold Nixdorf, “Catálogo de soluções Reverse Vending Machine - Revendo 9020.” .
- [15] T. Ø. Kavli, “Method and apparatus for detecting fraud attempts in reverse vending machines,” 2011.

- [16] "Means in a reverse vending machine (RVM) for receiving, handling, sorting and storing returnable items or objects," Jul. 2007.
- [17] "Reverse Vending Machine - YouTube." [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=l2C7GjP1fGs&list=PLCMcQq9hDlbCO-9OIWTI1pYi3YgRFuwFv&index=4&t=0s>. [Accessed: 02-Sep-2019].
- [18] "Things to Know About Shredding | Shredder Types, Feeding, Hydraulic, Electric Drive, Cutter Geometry." [Online]. Available: <http://www.ssiworld.com/en/page/resources>. [Accessed: 28-Jul-2019].
- [19] "Shredding machine," Jun. 1983.
- [20] J. Salzberger and V. Nikiforova, "Sensors for any circumstance," *Autom. Technol.*, 2014.
- [21] "Laser triangulation sensors," *Engine Technol. Int.*, p. 68, 2013.
- [22] "SEW-EURODRIVE // AC gearmotor S77DRN132S4." [Online]. Available: https://www.sew-eurodrive.pt/os/c/main.do?country=PT&language=pt_PT&addon=BASKET&viewset=BASKET&action=READ_TRANSFER_SERVICE&g=F4E9D47F1DE21ED9B1EAE8471AEEA0CA#. [Accessed: 25-Aug-2019].
- [23] R. Budynas and J. K. Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Design*. 2015.
- [24] F. Li, P. Biagioni, M. Bollani, A. Maccagnan, and L. Piergiovanni, "Multi-functional coating of cellulose nanocrystals for flexible packaging applications," *Cellulose*, vol. 20, no. 5, pp. 2491–2504, Oct. 2013.

Anexos





Anexo A Dimensões da amostra de garrações de água

Anexo B Fluxograma de referência dos desenhos dos componentes da RVM

Anexo C Desenhos técnicos dos componentes da RVM

Anexo D Componentes comprados da RVM

Anexo A – Dimensões da amostra de garrações de água

Dados		Foto
Propriedade	Valores	
Marca	Pingo Doce	
Base	Rectangular	
Cor	Transp. (azul)	
Capacidade (L)	6	
A (mm)	150	
B (mm)	360	
C (mm)	140	
Localização CB	B	
Dim. Gargalo (mm)	45	
Alt. Gargalo (mm)	20	
Marca	Fastio	
Base	Rectangular	
Cor	Transp. (azul)	
Capacidade (L)	6	
A (mm)	160	
B (mm)	370	
C (mm)	145	
Localização CB	C	
Dim. Gargalo (mm)	45	
Alt. Gargalo (mm)	20	
Marca	Monchique	
Base	Circular	
Cor	Transp. (azul)	
Capacidade (L)	5	
A (mm)	155	
B (mm)	330	
C (mm)	160	
Localização CB	B	
Dim. Gargalo (mm)	45	
Alt. Gargalo (mm)	20	
Marca	Vitalis	
Base	Rectangular	
Cor	Transp. (azul)	
Capacidade (L)	6	
A (mm)	150	
B (mm)	390	
C (mm)	140	
Localização CB	B	
Dim. Gargalo (mm)	45	
Alt. Gargalo (mm)	20	

Medidas






A = Maior Largura

B = Altura

C = Menor Largura

CB = Código de barras

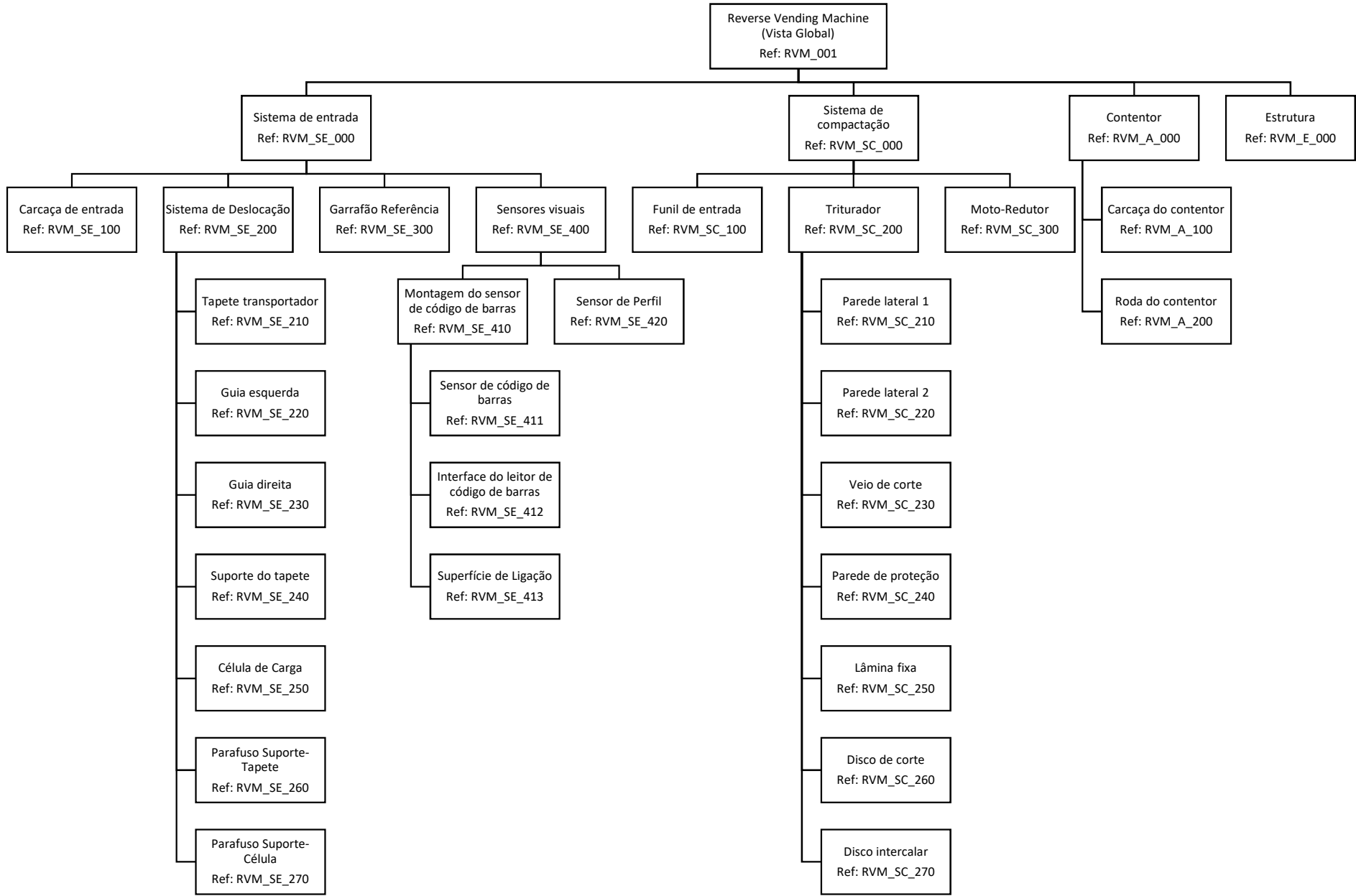
<p>Marca Caramulo</p> <p>Base Rectangular</p> <p>Cor Transp. (azul)</p> <p>Capacidade (L) 6</p> <p>A (mm) 150</p> <p>B (mm) 390</p> <p>C (mm) 150</p> <p>Localização CB B</p> <p>Dim. Gargalo (mm) 45</p> <p>Alt. Gargalo (mm) 20</p>	
<p>Marca Continente</p> <p>Base Rectangular</p> <p>Cor Transp. (azul)</p> <p>Capacidade (L) 6</p> <p>A (mm) 145</p> <p>B (mm) 400</p> <p>C (mm) 135</p> <p>Localização CB B</p> <p>Dim. Gargalo (mm) 45</p> <p>Alt. Gargalo (mm) 20</p>	
<p>Marca Alardo</p> <p>Base Rectangular</p> <p>Cor Transp. (azul)</p> <p>Capacidade (L) 5</p> <p>A (mm) 140</p> <p>B (mm) 355</p> <p>C (mm) 130</p> <p>Localização CB B</p> <p>Dim. Gargalo (mm) 45</p> <p>Alt. Gargalo (mm) 20</p>	
<p>Marca Eco+</p> <p>Base Rectangular</p> <p>Cor Transp. (azul)</p> <p>Capacidade (L) 6</p> <p>A (mm) 150</p> <p>B (mm) 390</p> <p>C (mm) 130</p> <p>Localização CB B</p> <p>Dim. Gargalo (mm) 45</p> <p>Alt. Gargalo (mm) 20</p>	
<p>Marca Marca Guia</p> <p>Base Rectangular</p> <p>Cor Transp. (azul)</p> <p>Capacidade (L) 6</p> <p>A (mm) 150</p> <p>B (mm) 380</p> <p>C (mm) 150</p> <p>Localização CB C</p> <p>Dim. Gargalo (mm) 45</p> <p>Alt. Gargalo (mm) 20</p>	

<p> Marca Luso Base Rectangular Cor Transp. (azul) Capacidade (L) 5,4 A (mm) 145 B (mm) 380 C (mm) 135 Localização CB B Dim. Gargalo (mm) 45 Alt. Gargalo (mm) 20 </p>	
<p> Marca Luso Base Rectangular Cor Transp. (azul) Capacidade (L) 7 A (mm) 160 B (mm) 380 C (mm) 150 Localização CB C Dim. Gargalo (mm) 45 Alt. Gargalo (mm) 20 </p>	
<p> Marca Penacova Base Rectangular Cor Transp. (azul) Capacidade (L) 5 A (mm) 145 B (mm) 360 C (mm) 130 Localização CB C Dim. Gargalo (mm) 45 Alt. Gargalo (mm) 20 </p>	
<p> Marca Água de S. Martinho Base Rectangular Cor Transp. (azul) Capacidade (L) 5 A (mm) 140 B (mm) 350 C (mm) 140 Localização CB B Dim. Gargalo (mm) 45 Alt. Gargalo (mm) 20 </p>	
<p> Marca Serra da Estrela Base Rectangular Cor Transp. (azul) Capacidade (L) 6 A (mm) 150 B (mm) 375 C (mm) 140 Localização CB C Dim. Gargalo (mm) 45 Alt. Gargalo (mm) 20 </p>	

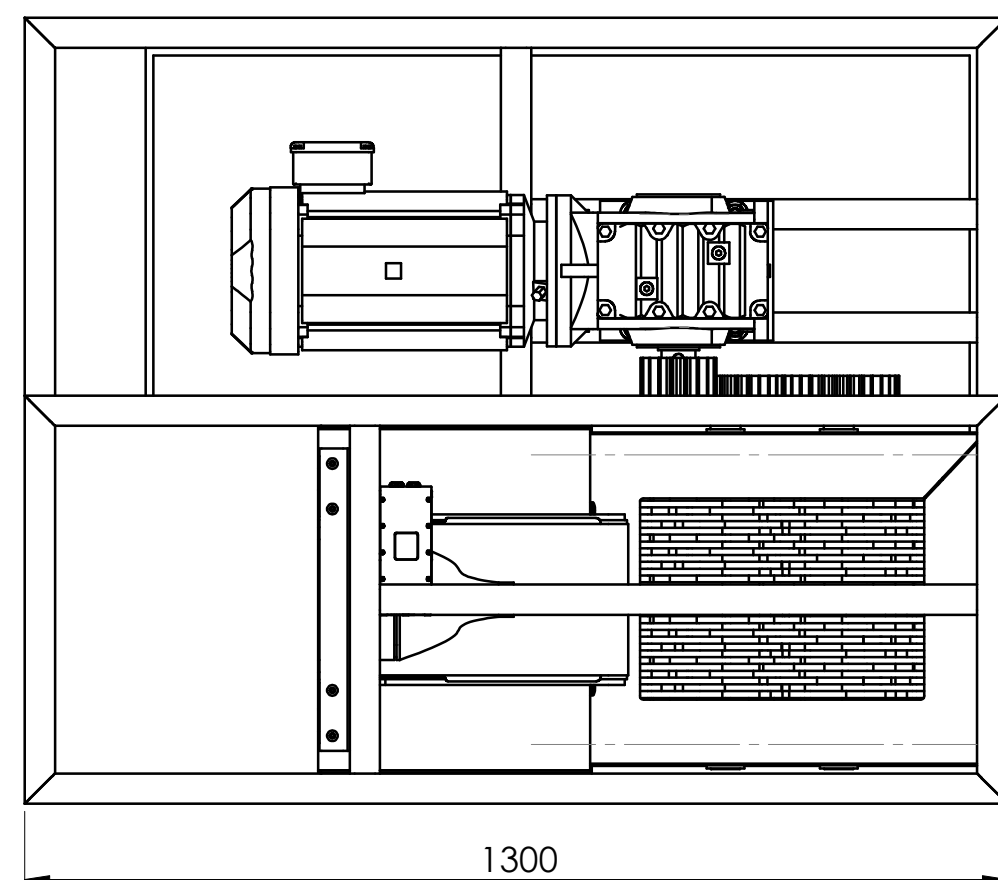
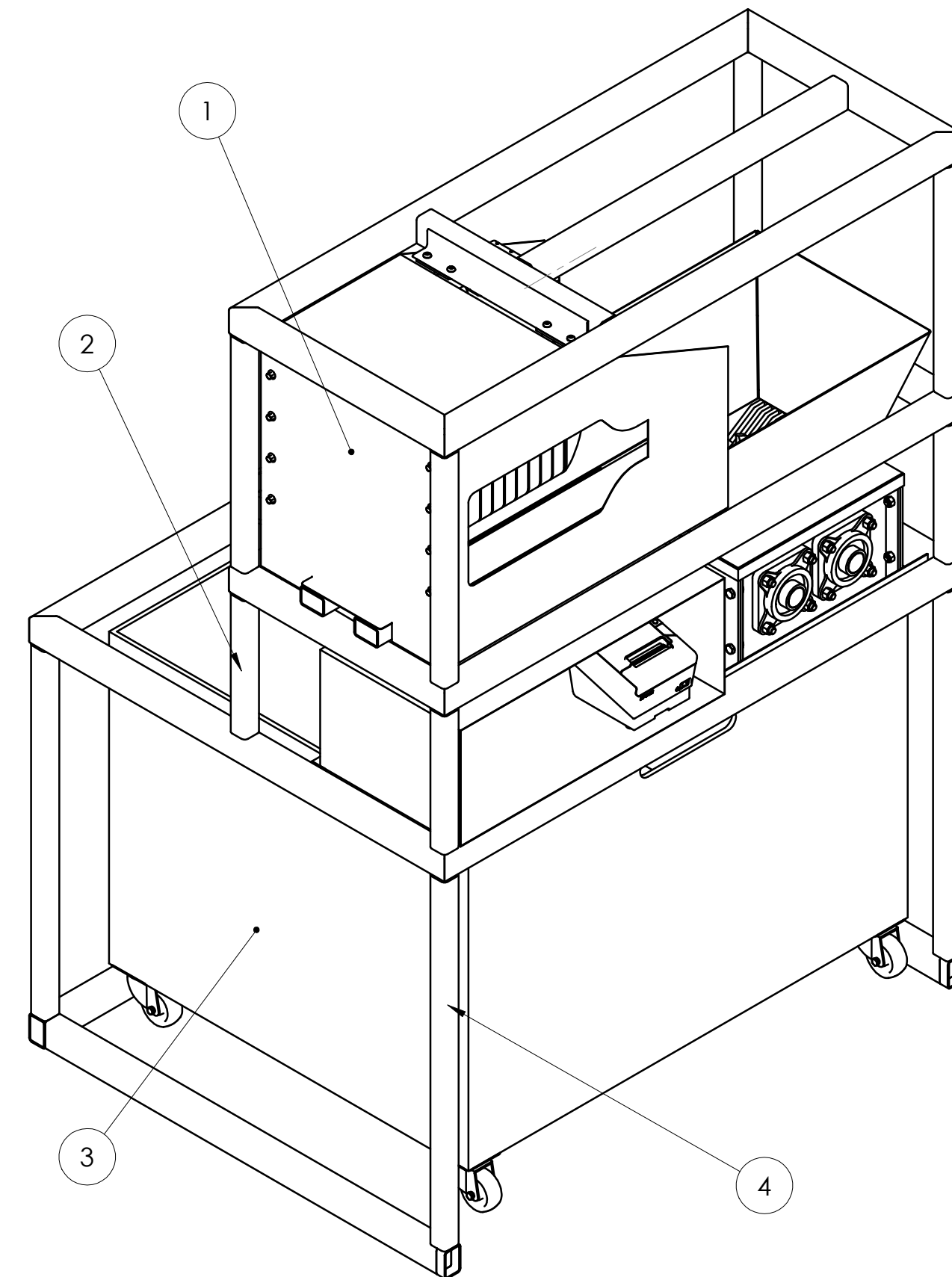
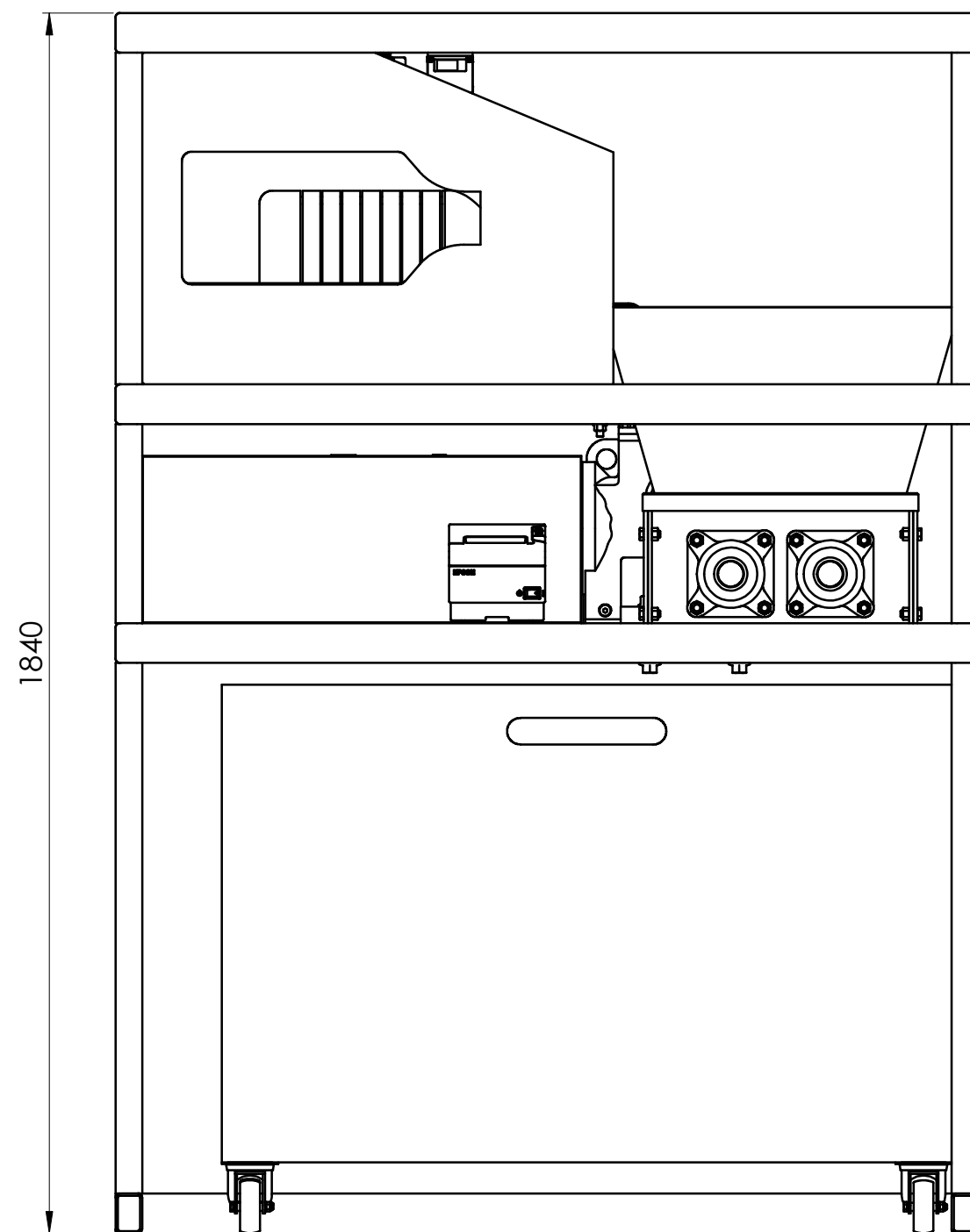
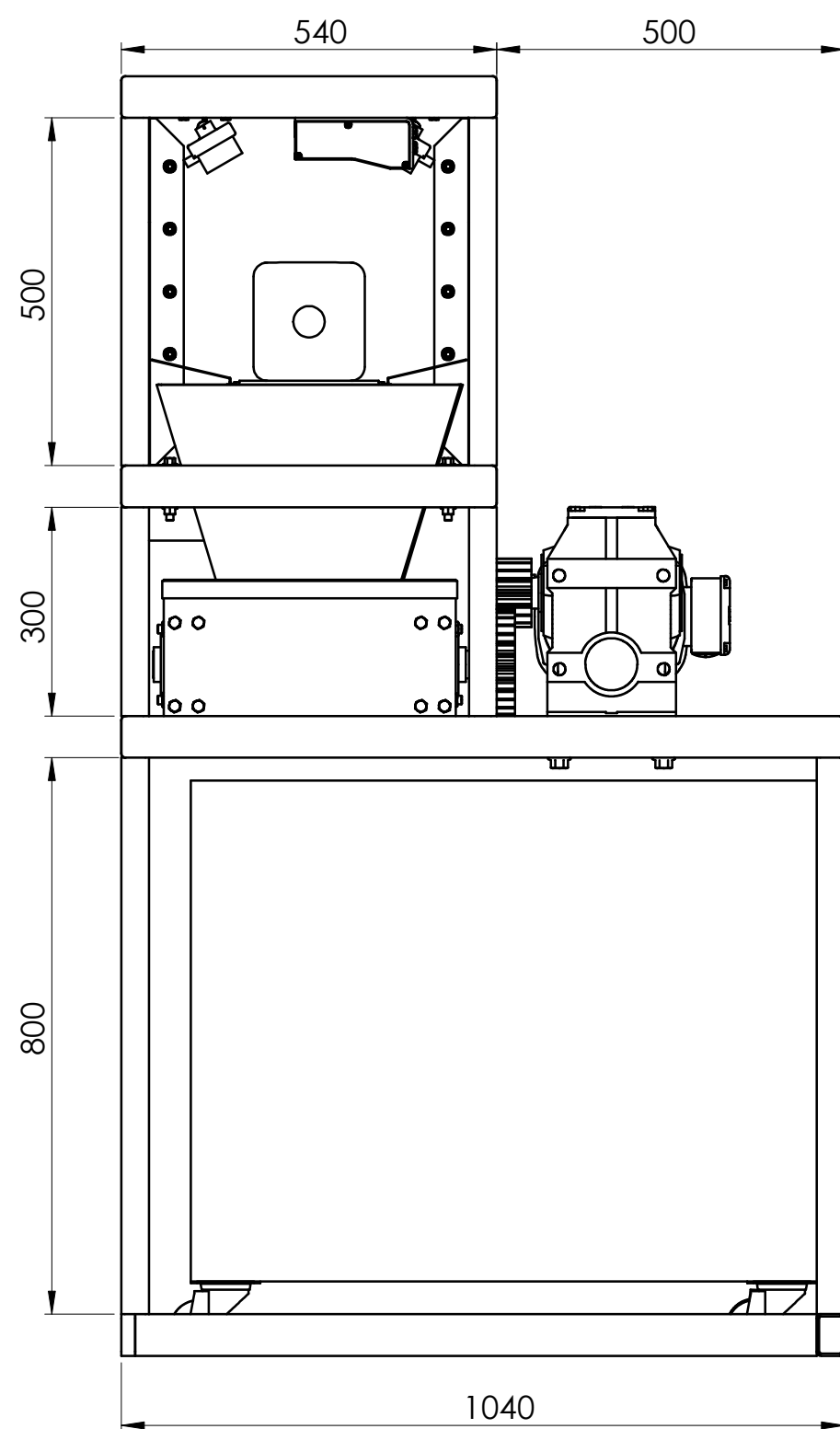
Marca	Mil Fontes	
Base	Rectangular	
Cor	Transp. (azul)	
Capacidade (L)	6	
A (mm)	140	
B (mm)	410	
C (mm)	130	
Localização CB	B	
Dim. Gargalo (mm)	45	
Alt. Gargalo (mm)	20	
Marca	Água Auchan	
Base	Rectangular	
Cor	Transp. (azul)	
Capacidade (L)	6	
A (mm)	145	
B (mm)	400	
C (mm)	140	
Localização CB	B	
Dim. Gargalo (mm)	45	
Alt. Gargalo (mm)	20	

Água de S. Martir	5	140	350	140
Alardo	5	140	355	130
Auchan	6	145	400	140
Caramulo	6	150	390	150
Continente	6	145	400	135
Eco+	6	150	390	130
Fastio	6	160	370	145
Luso	5,4	145	380	135
Luso	7	160	380	150
Marca Guia	6	150	380	150
Mil Fontes	6	140	410	130
Monchique	5	160	330	155
Penacova	5	145	360	130
Pingo Doce	6	150	360	140
Serra da Estrela	6	150	375	140
Vitalis	6	150	390	140
	Envelope	170	430	160

Anexo B - Fluxograma de referência dos desenhos dos componentes da RVM



Anexo C – Desenhos técnicos dos componentes da RVM

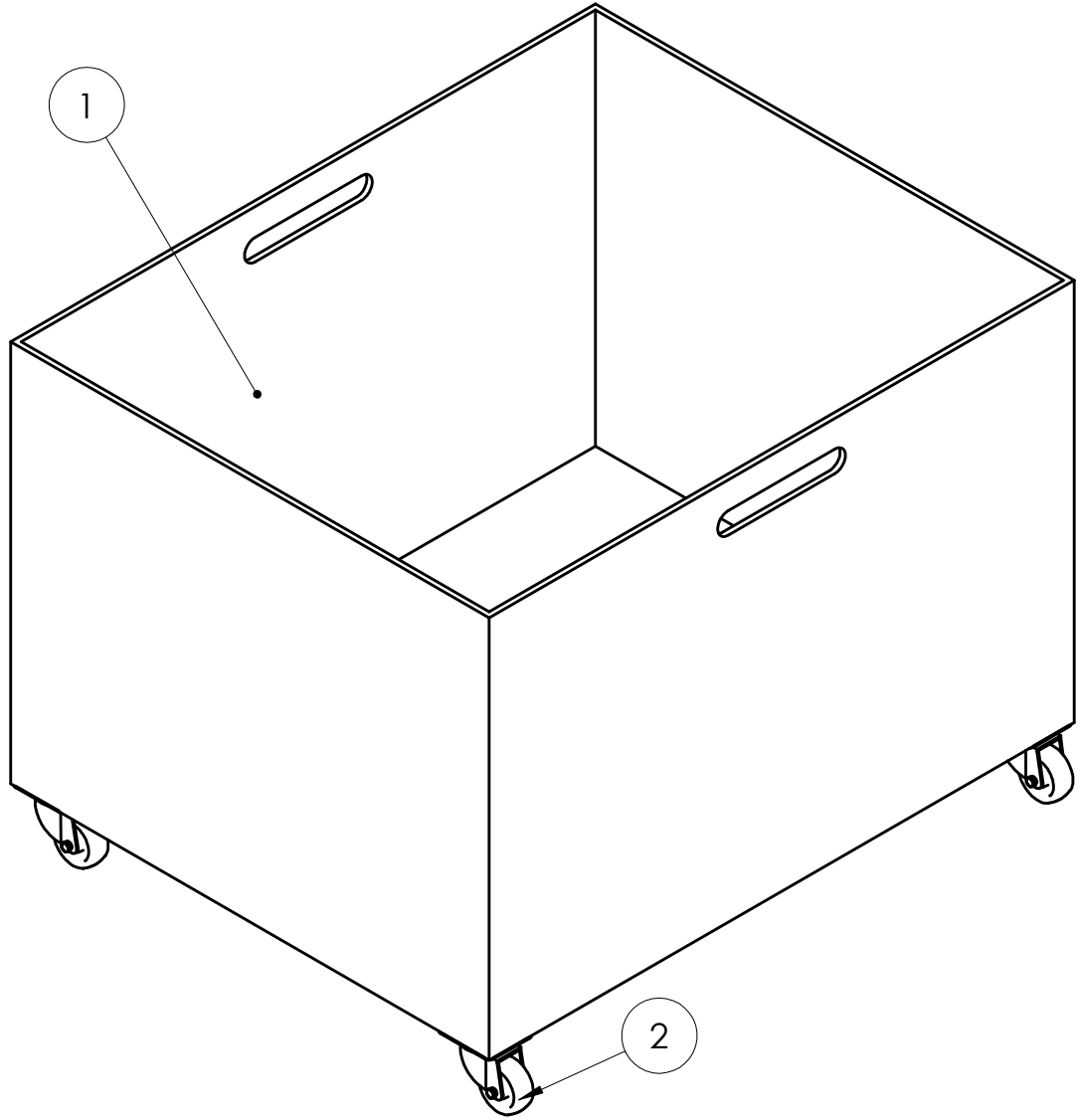


Nº	DESIGNAÇÃO	Nº DA NORMA Nº DO DESENHO	MATERIAL	Nº REF.	PRODUTO SEMI ACABADO Nº DO MOLDE Nº DA MATRIZ	PESO	OBSERVAÇÕES
1	Estrutura	RVM_E_000		4			
1	Armazenamento	RVM_A_000		3			
1	Sistema de compactação	RVM_SC_000		2			
1	Sistema de entrada	RVM_SE_000		1			
PROJ.		05/09/19	José Almeida		DISSERTAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
DES.		05/09/19	José Almeida		FCT-UNL MIEMC		
COPIOU							
VISTO							
Escala		1:10			RVM_001		
Toleran.		NP-265 Médio			Reverse Vending Machine (Vista Global)		

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



4	Rodas	RVM_A_200		2			
1	Carcaça do contentor	RVM_A_100		1			

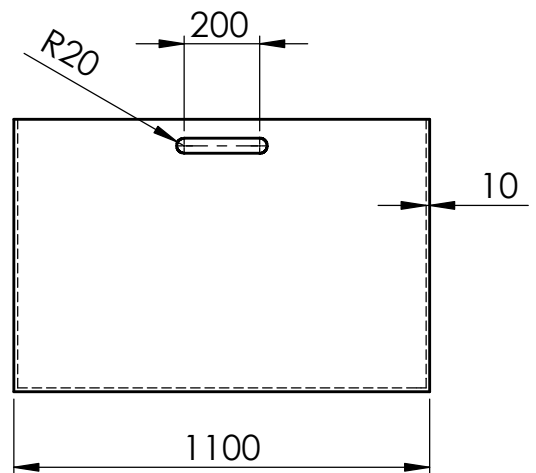
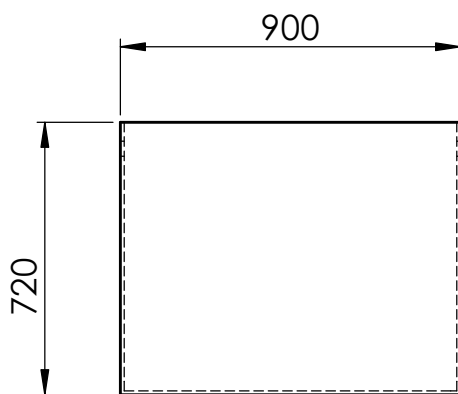
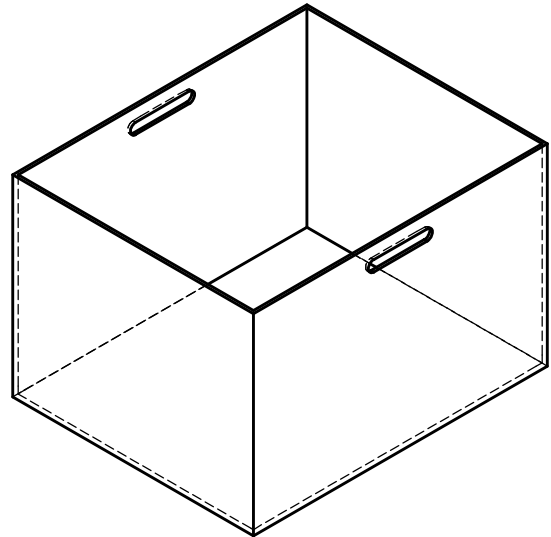
Nº	DESIGNAÇÃO	Nº DA NORMA Nº DO DESENHO	MATERIAL	Nº REF.	PRODUTO SEMI ACABADO Nº DO MOLDE Nº DA MATRIZ	PESO	OBSERVAÇÕES
----	------------	------------------------------	----------	------------	--	------	-------------

	1:10	Contentor			RVM_A_000		
	NP-265 Médio						

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc

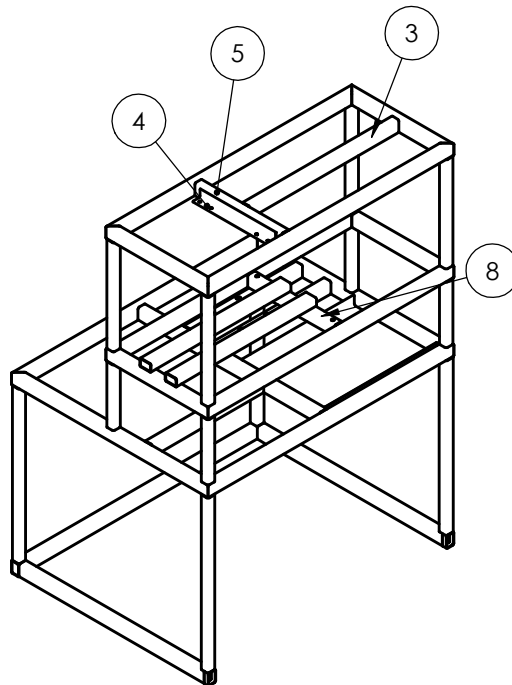
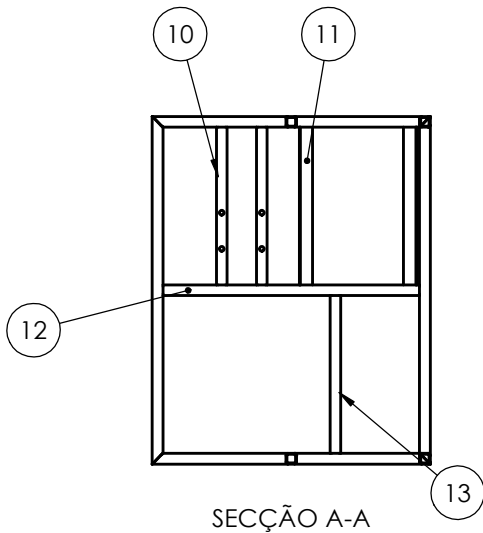
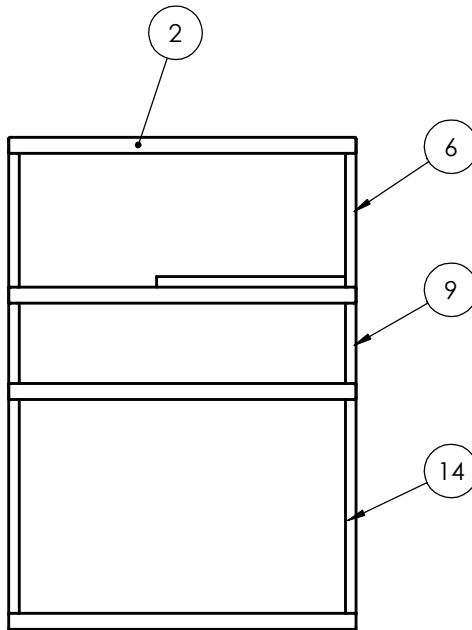
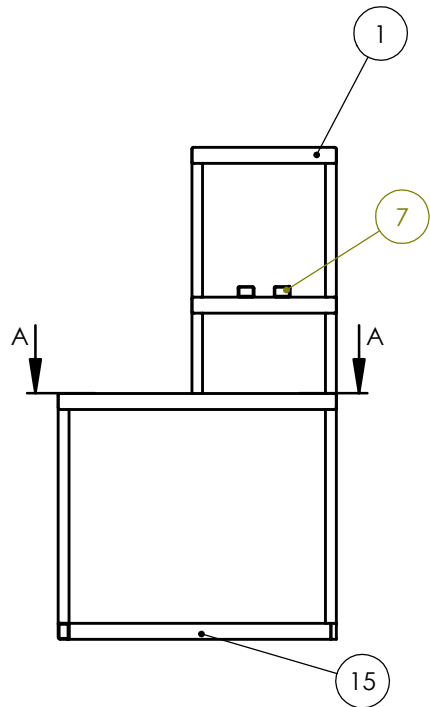


1:20

NP-265
Médio

Carcaça do contentor

RVM_A_100

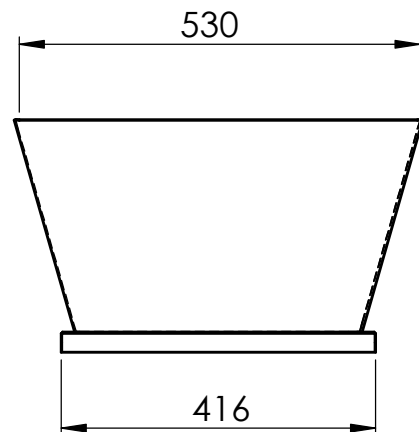
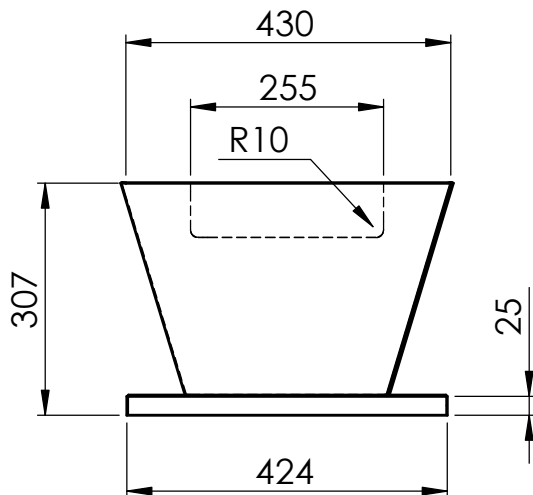
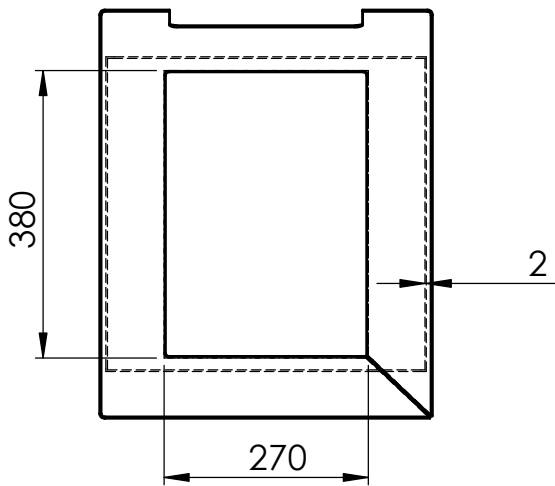
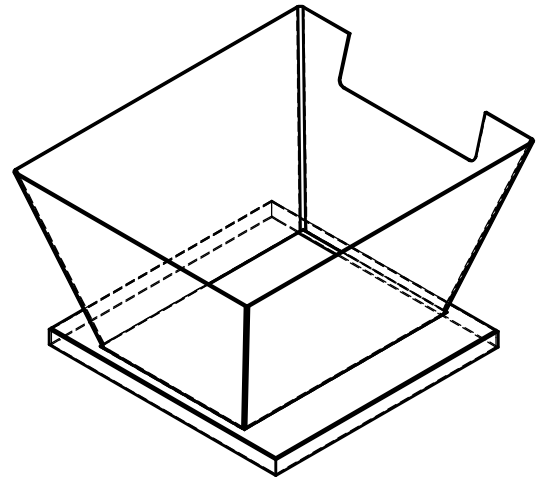


4	Perfil horizontal 3	EN 10219		15						
4	Perfil vertical 3	EN 10219		14						
1	Perfil de suporte á estrutura 4	EN 10219		13						
1	Perfil de suporte á estrutura 3	EN 10219		12						
2	Suporte de triturador	XXXXX		11						
2	Suporte de motor	EN 10219		10						
4	Perfil vertical 2	EN 10219		9						
1	Suporte da carcaça de entrada	EN 10219		8						
2	Suporte do tapete	EN 10219		7						
4	Perfil vertical 1	EN 10219		6						
1	Perfil de suporte á estrutura 2	EN 10219		5						
1	Suporte dos sensores	XXXXX		4						
1	Perfil de suporte á estrutura 1	EN 10219		3						
7	Perfil horizontal 2	EN 10219		2						
4	Perfil horizontal 1	EN 10219		1					XXXXX	
Nº	DESIGNAÇÃO	Nº DA NORMA Nº DO DESENHO	MATERIAL	Nº REF.	PRODUTO SEMI ACABADO Nº DO MOLDE Nº DA MATRIZ	PESO	OBSERVAÇÕES			
		PROJ.	05/09/19	José Almeida	DISSERTAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA			FCT-UNL MIEMc		
		DES.	05/09/19	José Almeida						
		COPIOU								
		VISTO								
		Escala	1:20			RVM_E_000				
		Toleran.	NP-265 Médio							
		Estrutura								

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc

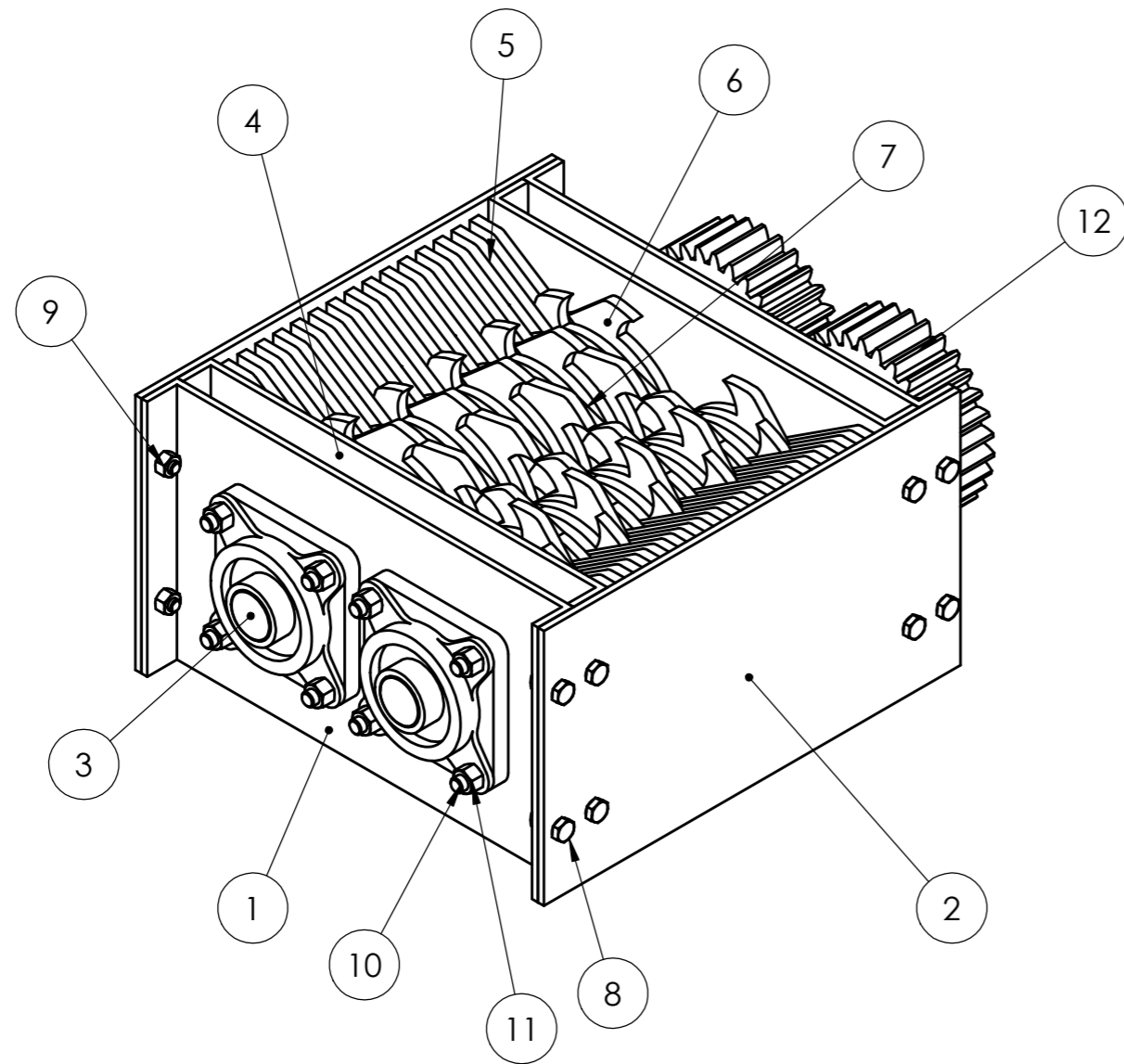


1:10

NP-265
Médio

Funil de entrada

RVM_SC_100

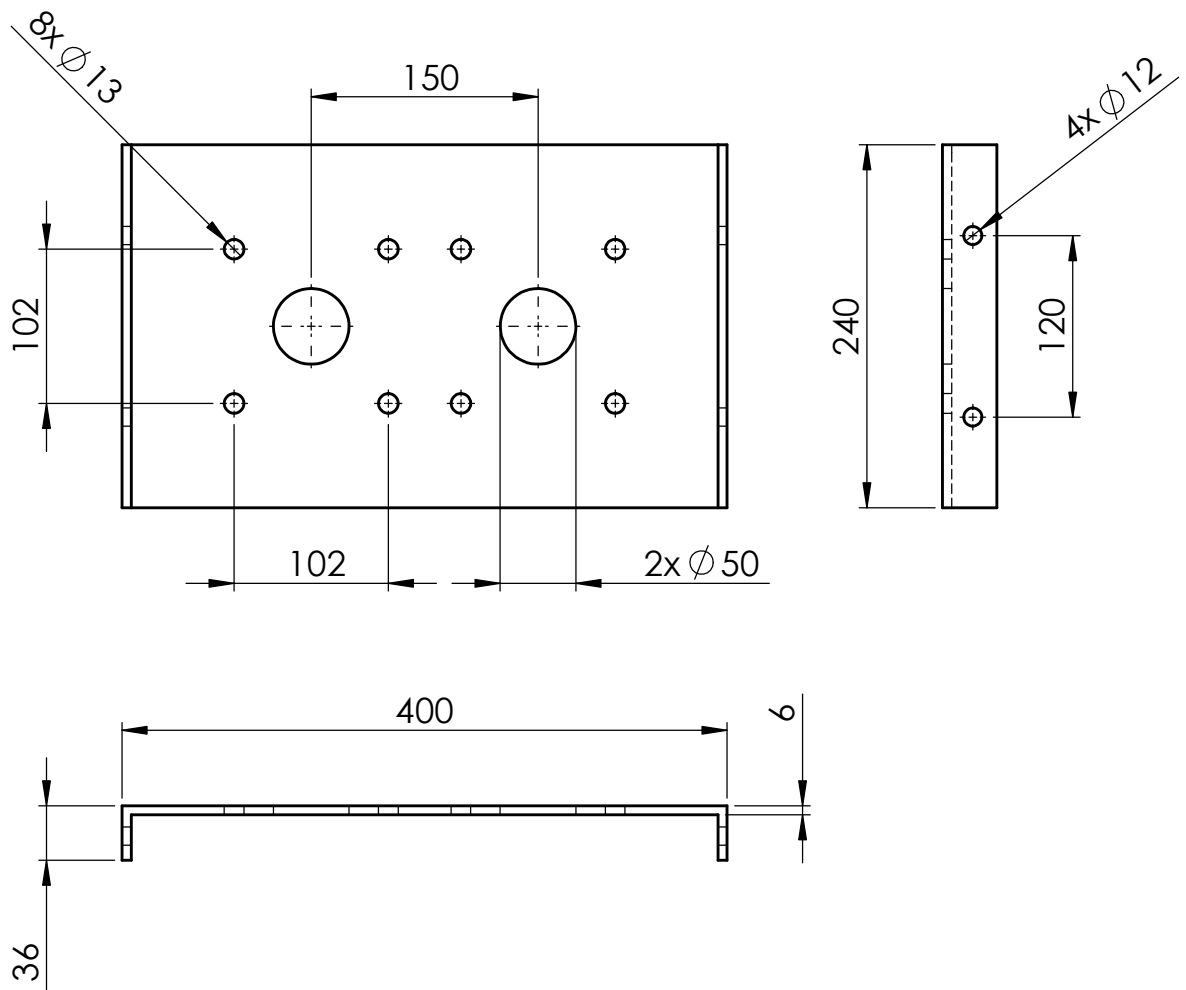


2	Rodas dentadas (m=5; di=150)	5M 3T 20PA 50FW		12																						
16	Porca M12	ISO 4034		11																						
16	Parafuso M12	ISO 4017		10																						
16	Porcas M10	ISO 4034		9																						
16	Parafuso M10	ISO 4017		8																						
31	Disco intercalar	RVM_SE_270		7																						
31	Disco de corte	RVM_SE_260		6																						
31	Lâmina fixa	RVM_SE_250		5																						
2	Parede de proteção	RVM_SE_240		4																						
2	Veio de corte	RVM_SE_230		3																						
2	Parede lateral 2	RVM_SE_220		2																						
2	Parede lateral 1	RVM_SE_210		1																						
Nº	DESIGNAÇÃO	Nº DA NORMA Nº DO DESENHO	MATERIAL	Nº REF.	PRODUTO SEMI ACABADO Nº DO MOLDE Nº DA MATRIZ		PESO	OBSERVAÇÕES																		
			<table border="1"> <tbody> <tr> <td>PROJ.</td> <td>05/09/19</td> <td>José Almeida</td> </tr> <tr> <td>DES.</td> <td>05/09/19</td> <td>José Almeida</td> </tr> <tr> <td>COPIOU</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VISTO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Escala</td> <td colspan="2">1:5</td> </tr> <tr> <td>Toleran.</td> <td colspan="2">NP-265 Médio</td> </tr> </tbody> </table>		PROJ.	05/09/19	José Almeida	DES.	05/09/19	José Almeida	COPIOU			VISTO			Escala	1:5		Toleran.	NP-265 Médio		DISSERTAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA		FCT-UNL MIEMc	
PROJ.	05/09/19	José Almeida																								
DES.	05/09/19	José Almeida																								
COPIOU																										
VISTO																										
Escala	1:5																									
Toleran.	NP-265 Médio																									
					Triturador		RVM_SC_200																			
					<table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																					

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:5
NP-265 Médio

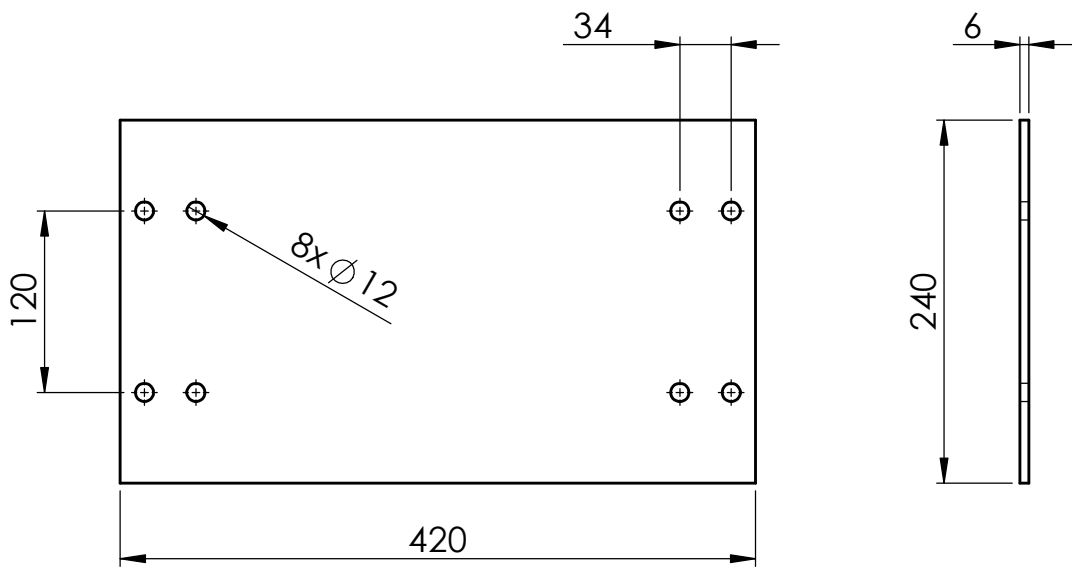
Parede lateral 1

RVM_SC_210

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:5
NP-265 Médio

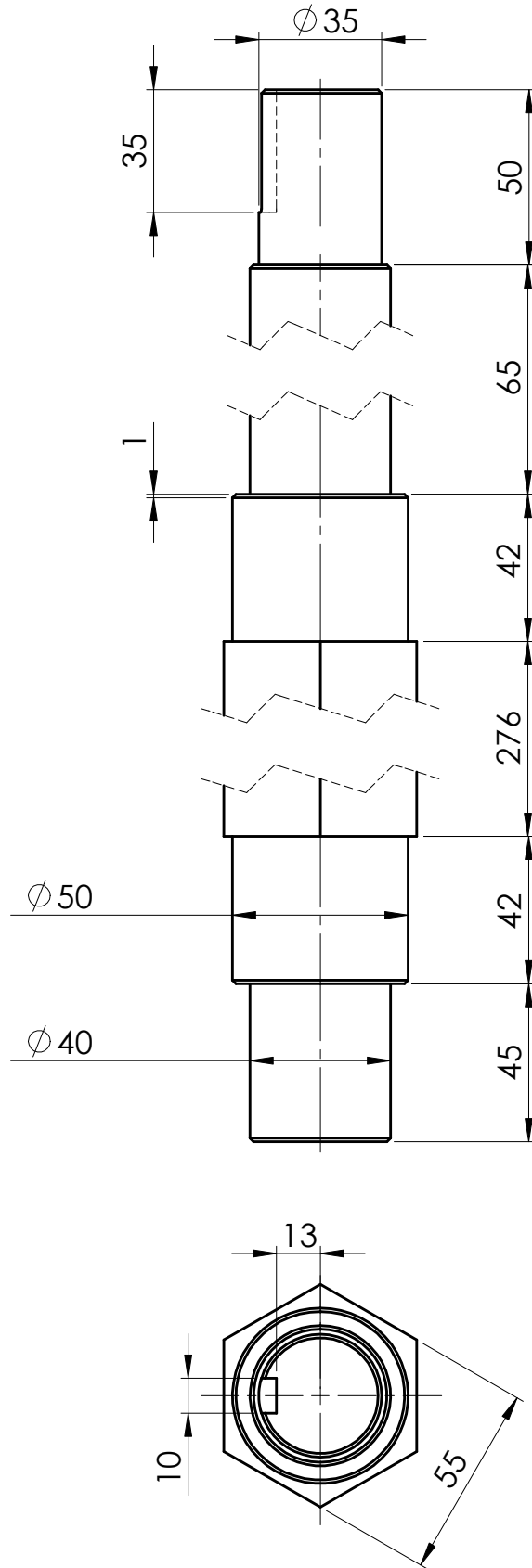
Parede lateral 2

RVM_SC_220

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:2
NP-265 Médio

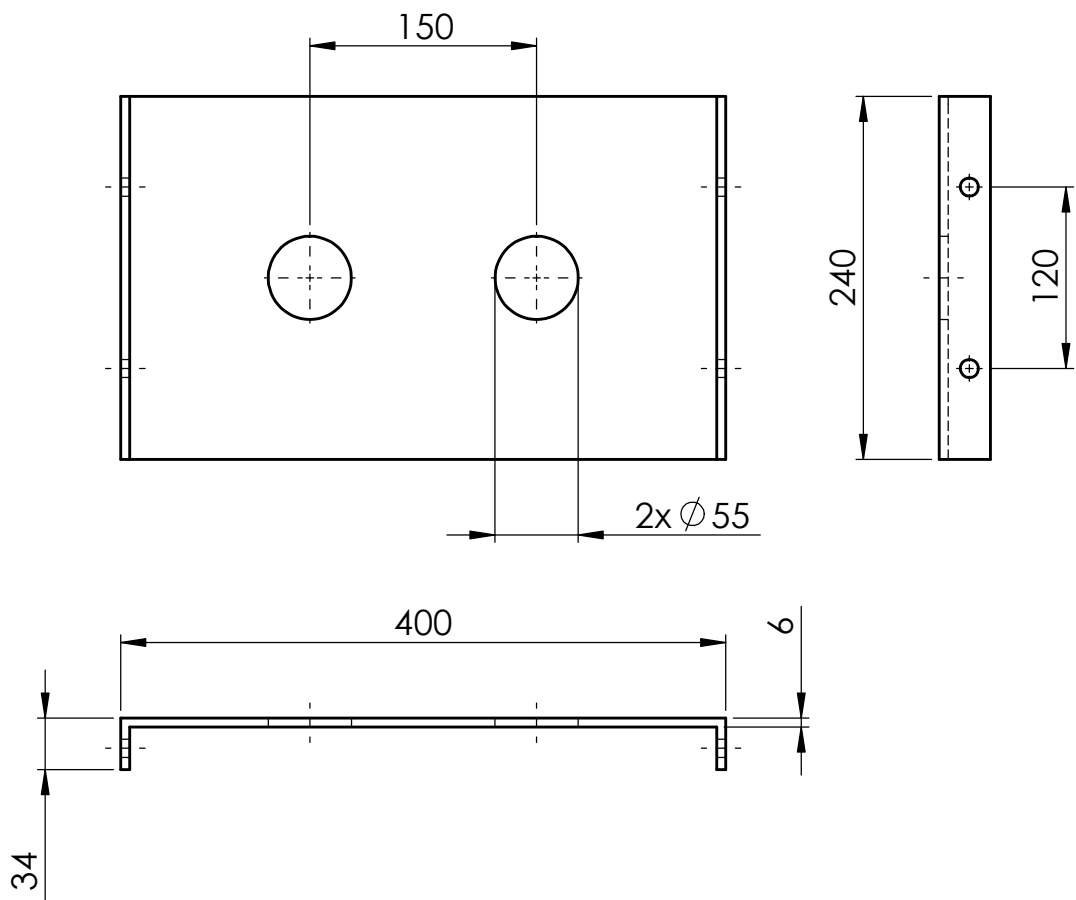
Veio de corte

RVM_SC_230

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc

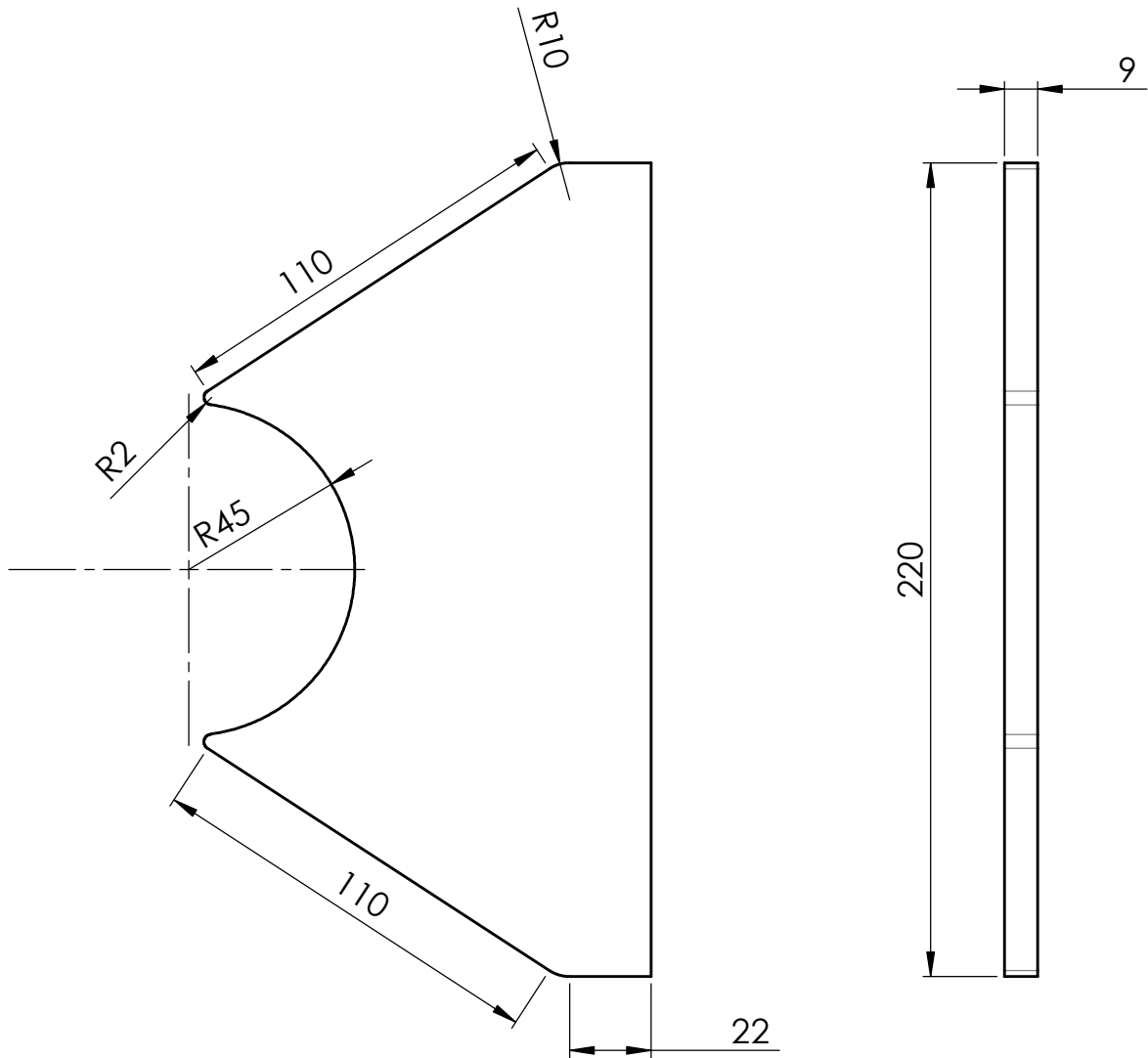


1:5	NP-265 Médio	Parede de protecção	RVM_SC_240

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:2
NP-265 Médio

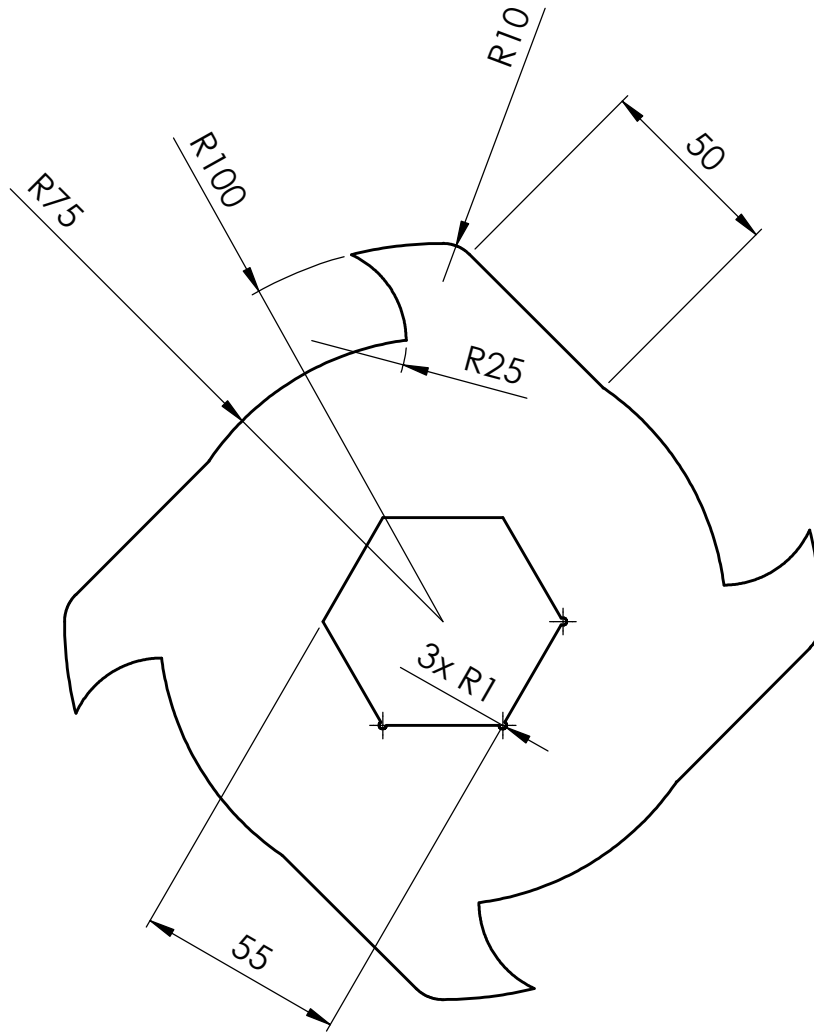
Lâminas fixas

RVM_SC_250				

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:2
NP-265 Médio

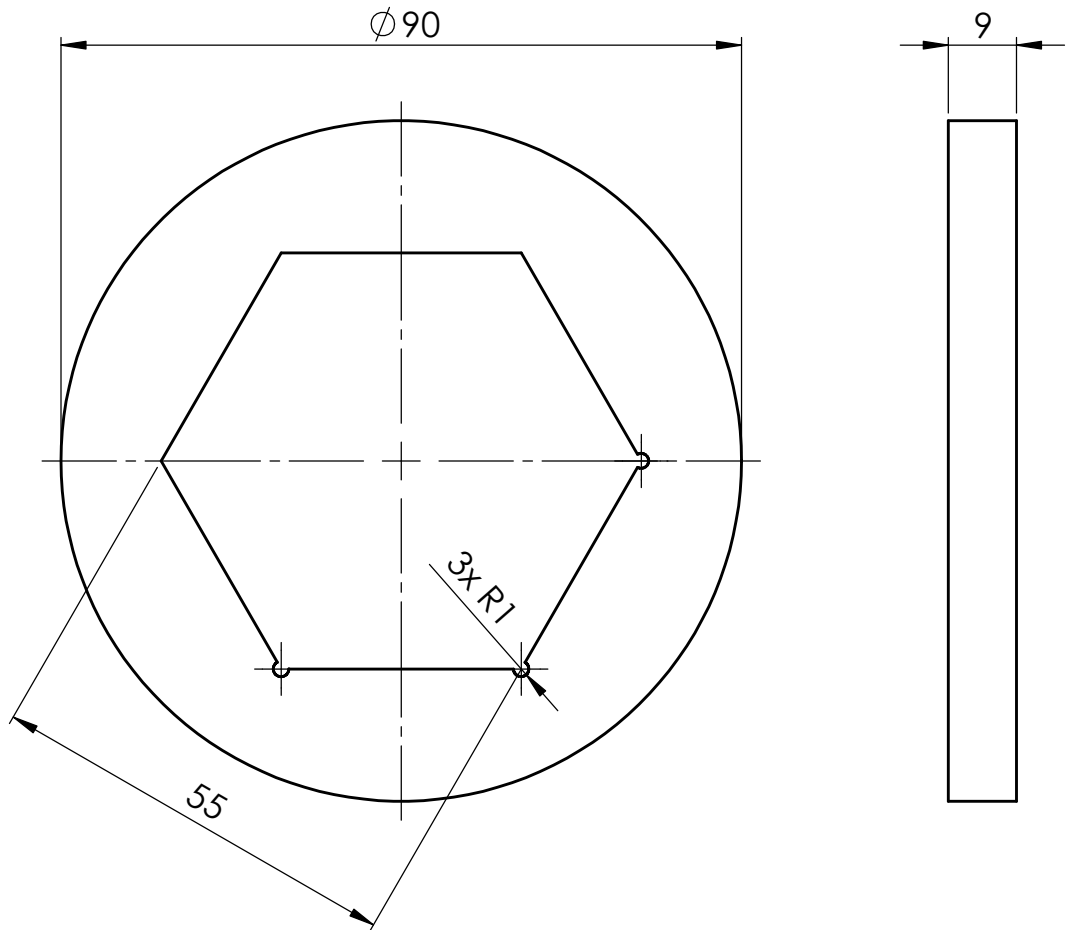
Disco de corte

RVM_SC_260

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:1
NP-265 Médio

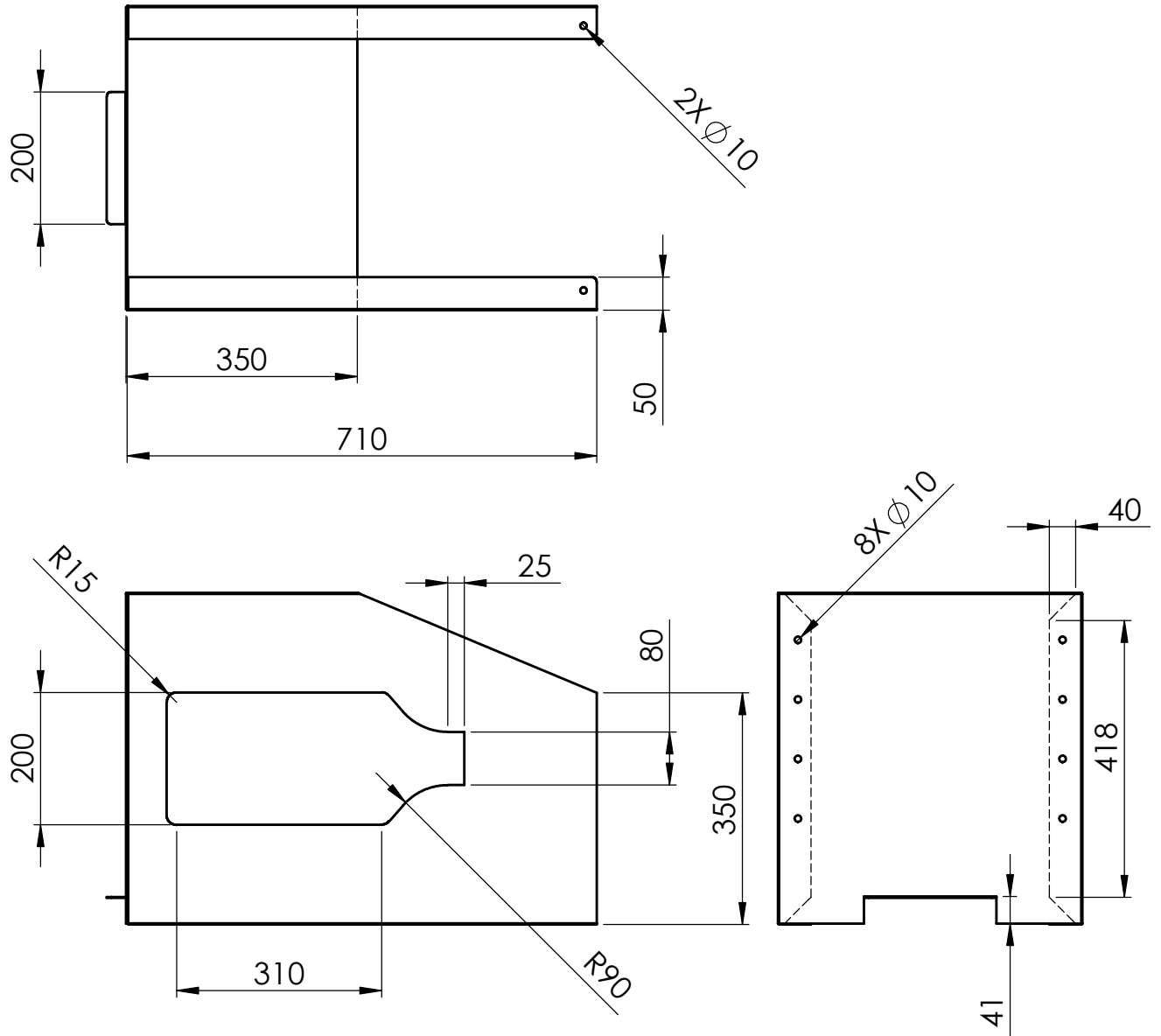
Disco intercalar

RVM_SC_270

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:10

NP-265
Médio

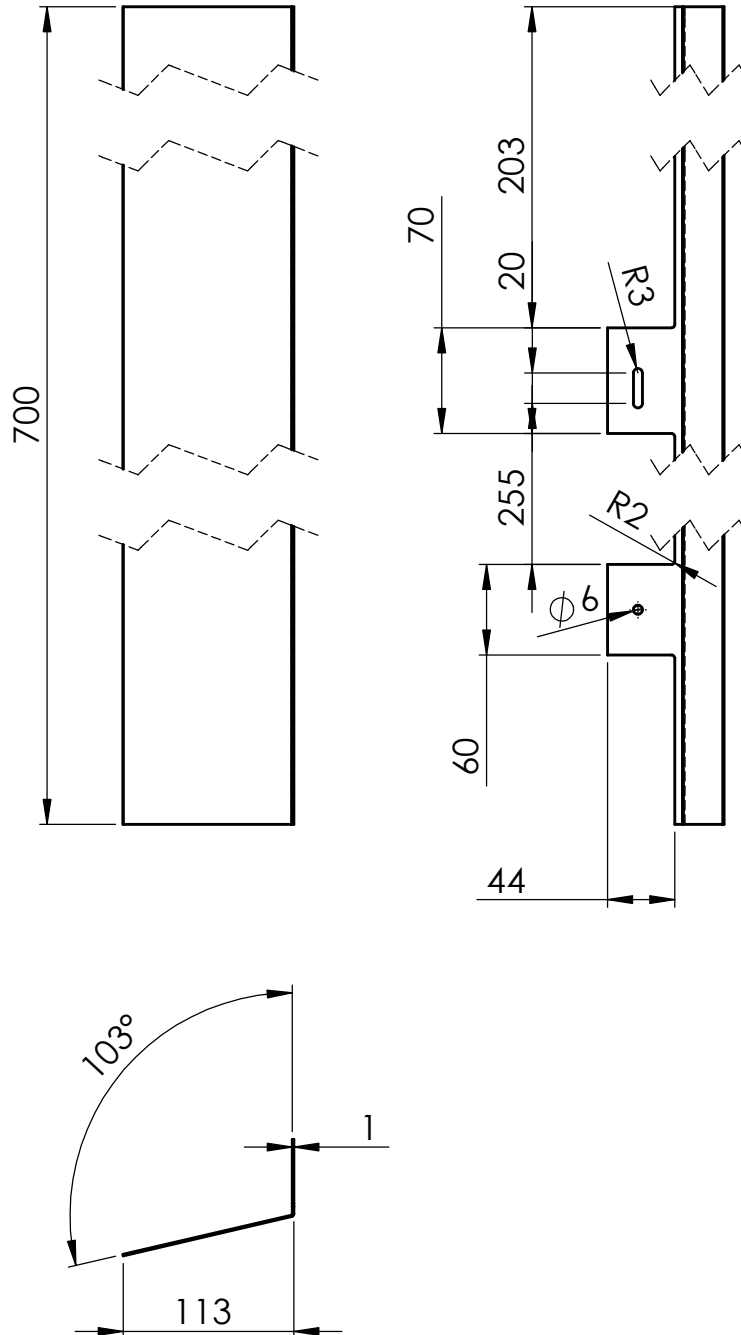
Carcaça de entrada

RVM_SE_100

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:5
NP-265 Médio

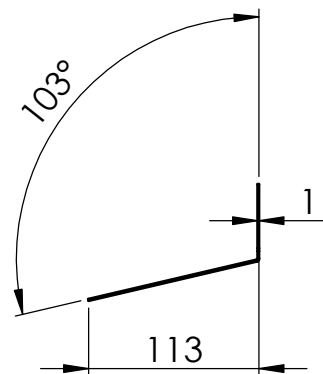
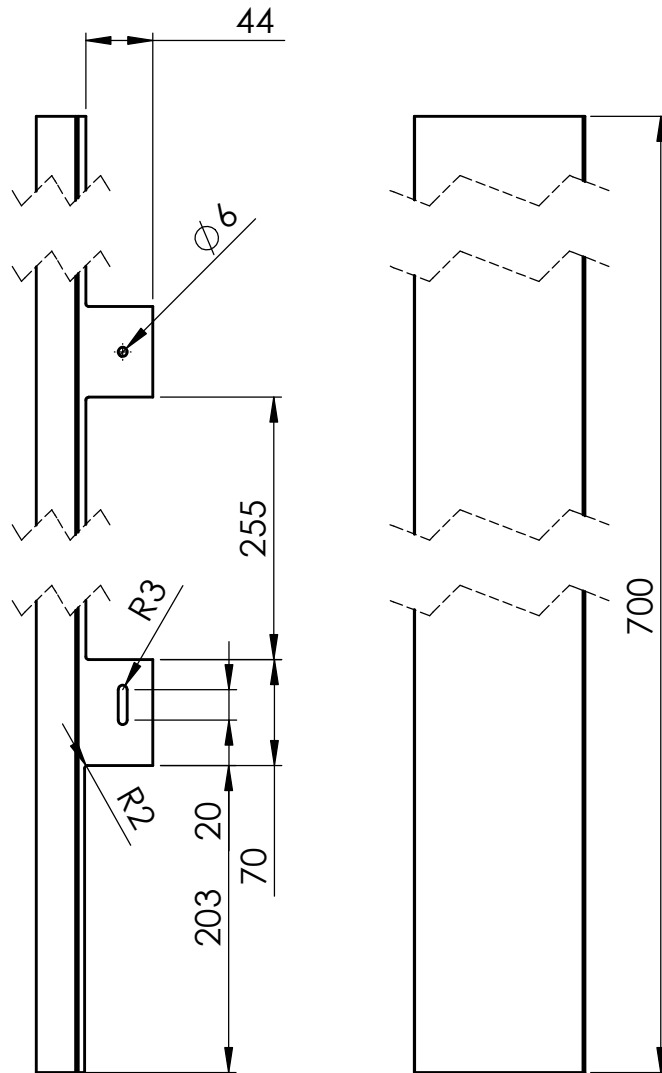
Guia esquerda

RVM_SE_220

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:5
NP-265 Médio

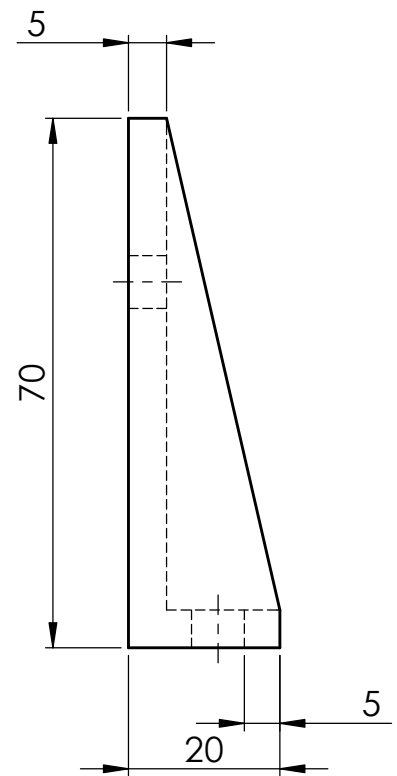
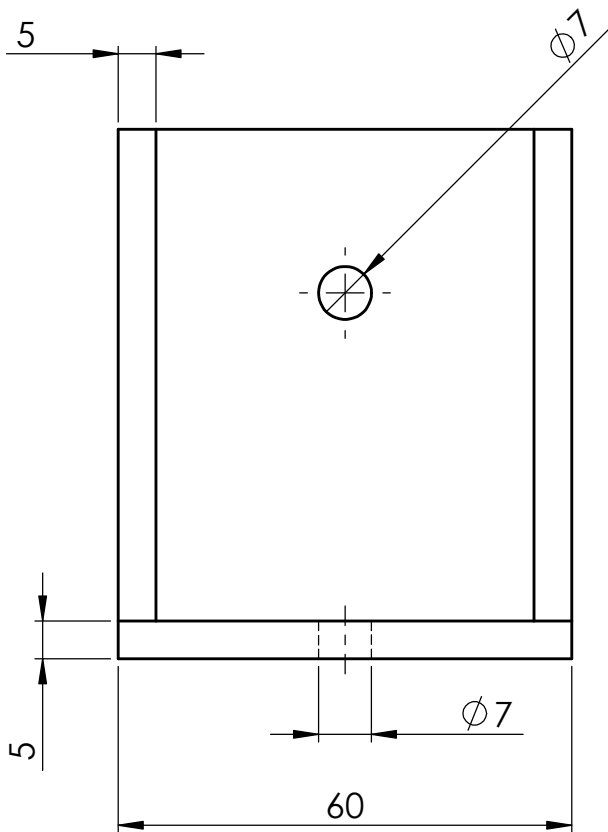
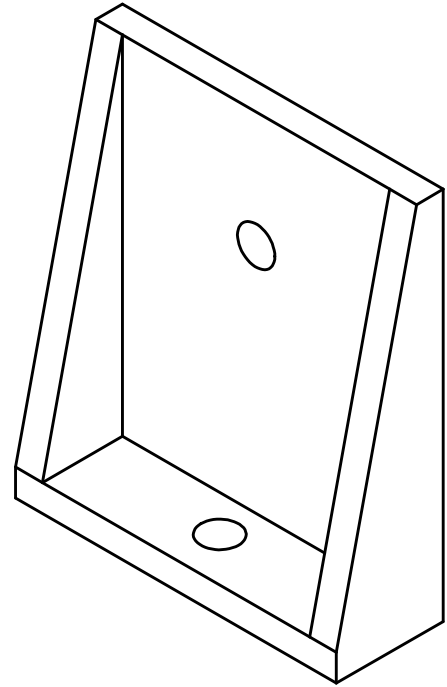
Guia direita

RVM_SE_230

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:1
NP-265
Médio

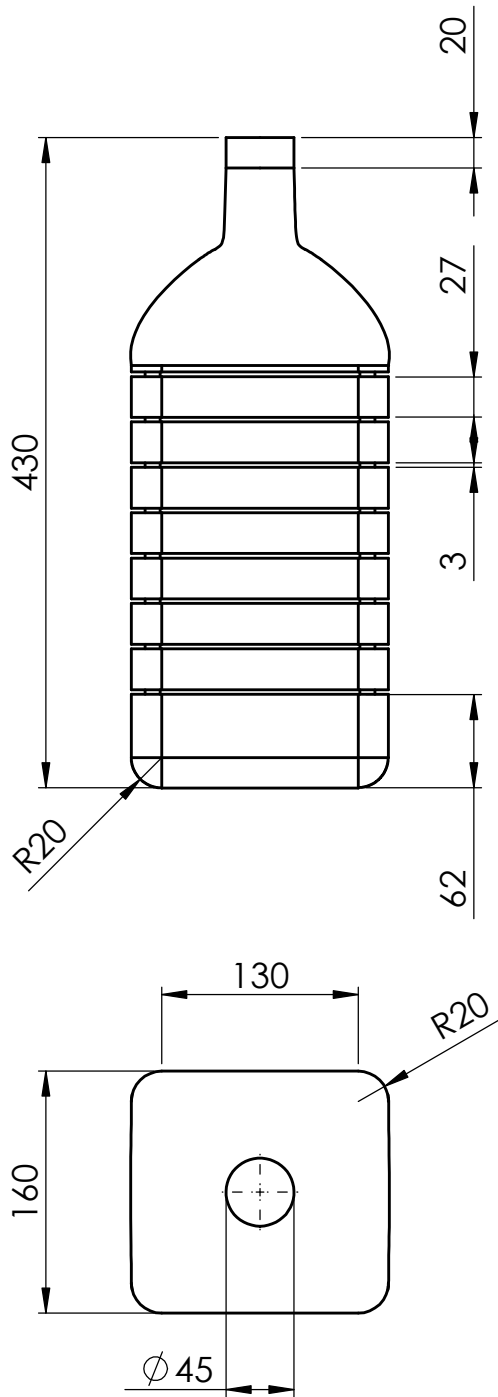
Suporte do tapete

RVM_SE_240

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:5
NP-265 Médio

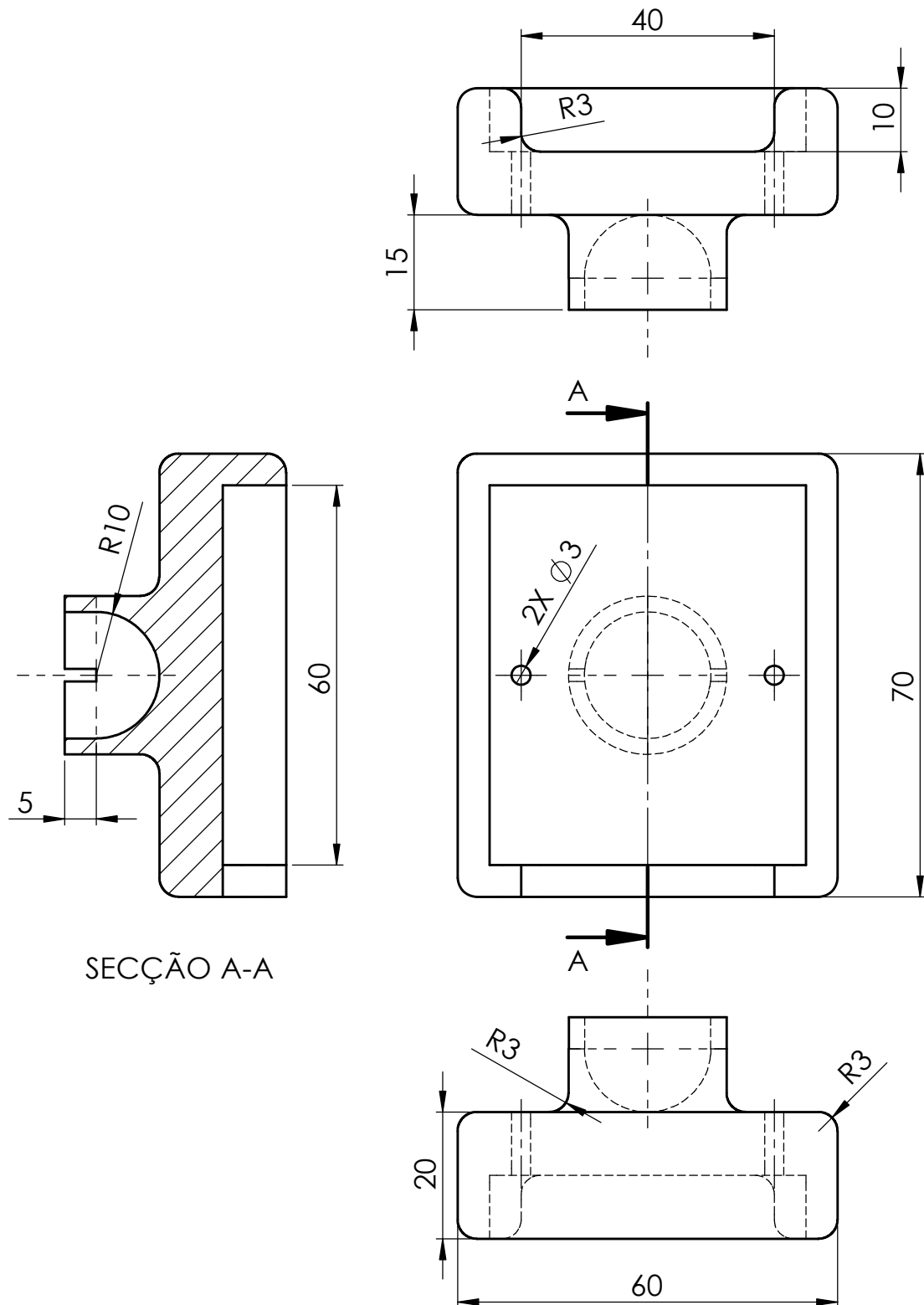
Garrafão de referência

RVM_SE_300

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



SECÇÃO A-A

1:1
NP-265 Médio

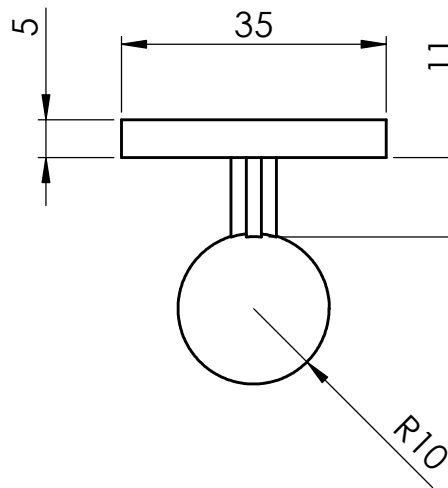
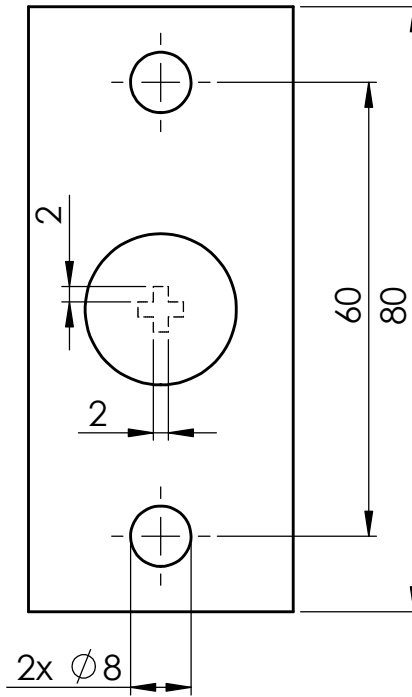
Interface do leitor de
códigos barras

RVM_SE_412

PROJ.	05/09/19	José Almeida
DES.	05/09/19	José Almeida
COPIOU		
VISTO		

DISSERTAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

FCT-UNL
MIEMc



1:1
NP-265 Médio

Superfície de ligação

RVM_SE_413

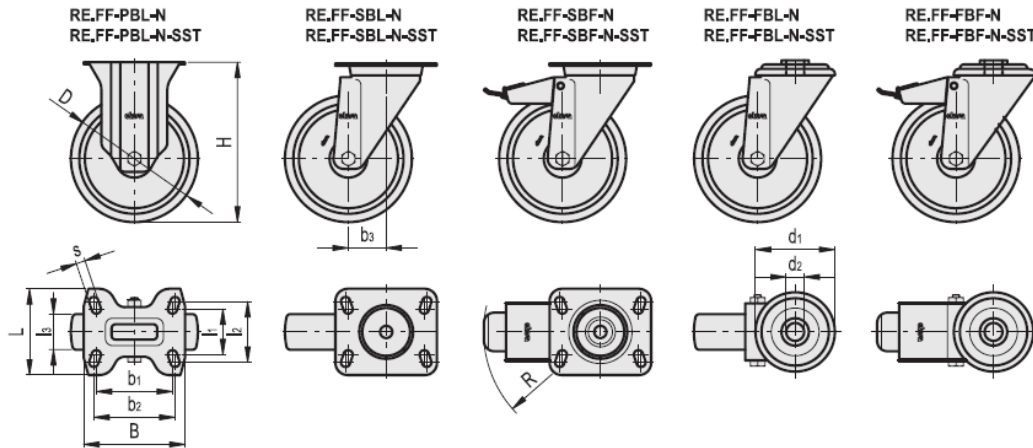
Anexo D – Componentes comprados da RVM

ANEXO

REF: RVM_A_200

RE.FF-N

Injected polyurethane wheels



RE.FF-N

Code	Description	D	d1	d2	l1	l2	l3	H	B	L	s	b1	b2	b3	R	Rolling resistance# [N]	Dynamic carrying capacity# [N]	⚖️
451151	RE.FF-080-PBL-N	80	-	-	45	60	30	107	100	85	9	75	80	-	-	1200	1200	380
451156	RE.FF-100-PBL-N	100	-	-	45	60	30	128	100	85	9	75	80	-	-	1700	1700	430
451161	RE.FF-125-PBL-N	125	-	-	45	60	35	156	100	85	9	75	80	-	-	2300	2200	660
451166	RE.FF-150-PBL-N	150	-	-	73	85	45	194	140	114	11	105	105	-	-	2800	3000	1460
451051	RE.FF-080-SBL-N	80	-	-	45	60	30	107	100	85	9	75	80	39	-	1200	1200	620
451056	RE.FF-100-SBL-N	100	-	-	45	60	30	128	100	85	9	75	80	35	-	1700	1700	740
451061	RE.FF-125-SBL-N	125	-	-	45	60	35	156	100	85	9	75	80	37	-	2300	2200	910
451066	RE.FF-150-SBL-N	150	-	-	73	87	45	194	140	110	11	105	105	56	-	2800	3000	1830

ANEXO

REF: RVM_SC_300

Informação de produto



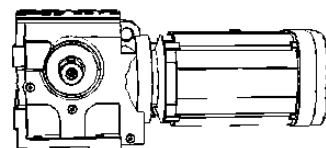
Designação de catálogo

S77DRN132S4

Redutor de parafuso sem-fim S + Motores AC DRN.. (IE3)

Dados do produto

Velocidade nominal do motor	[1/min] : 1461
Velocidade de saída	[1/min] : 79
Relação de Transmissão média	: 18,42
Torque saída	[Nm] : 610
Fator de serviço SEW-FB	: 1,15
Posição de montagem	: M1A
Base / Revestimento superior	: 7031 Cinza Azulado (51370310)
Posição da caixa de terminais	[°] : 180
Posição da entrada de cabos/conector	: X
Eixo de saída	[mm] : 45x90
Carga radial máxima permitida para n=1400	[N] : 6230
Quantidade de lubrificante Redutor 1	[Litro] : 1,9
Potência do motor	[kW] : 5,5
Fator de duração	: S1-100%
Classe de eficiência	: IE3
Rendimento (50/75/100% Pn)	[%] : 90,59 / 90,64 / 89,6
Certificado CE	: Sim
Tensão do motor	[V] : 230/400
Esquema de ligações	: R13
Frequência	[Hz] : 50
Corrente nominal	[A] : 18,2 / 10,5
Cos Phi	: 0,84
China (GB18613)	: 155(F)
Tipo de proteção	: IP55
Requer Design	: IEC
Momento de inércia de massa do motor	[10 ⁻⁴ kgm²] : 240,75
Peso Líquido	[Kg] : 100



Funções Adicionais

Eixo de saída: 45x90 mm
Classe de Temperatura 155(F)
Grau de proteção IP 55

ANEXO

REF: RVM_SE_210

Item description/product images



Description

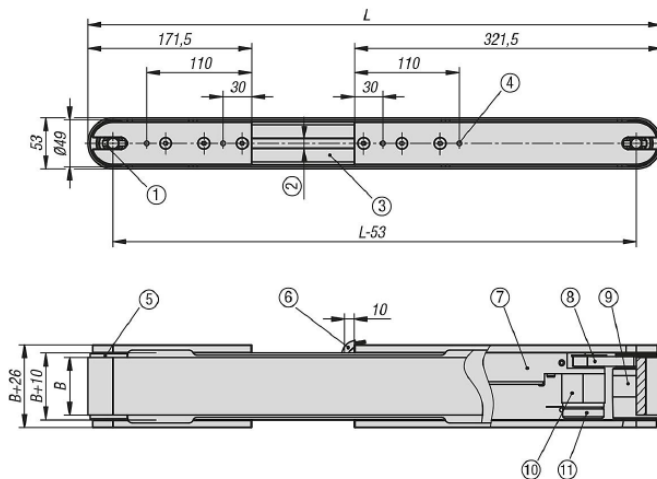
Material:

Frame aluminium profile 45x45 type B.
 Bearing flanges aluminium.
 Screws steel.
 Belt support stainless steel 1.4301.
 Deflector rollers aluminium.
 Belt support plate 2 mm VA plate.
 Axles stainless steel.
 Conveyor belt transport side PVC hardness Shore 70A (±5).

Version:

Frame and bearing flanges anodised.
 Screws electro zinc-plated.

Drawings



Drawing reference:

- 1) Self-locking setscrew (4x)
- 2) Slot width 10
- 3) Aluminium profile 45x45 type B
- 4) M6 (both sides)
- 5) Crowned pulley
- 6) Cable, 7 wire, 5 m
- 7) Motor control housing
- 8) Toothed belt profile T5
- 9) Drive roller, crowned
- 10) Spur gear transmission
- 11) Motor 24 V EC (brushless)

Order No.	B	L	Belt speed m/min max.	Transmission ratio	Max. load kg	Belt material transport side
95300-010047150X520	150	520	11,5	1:47	3	smooth PVC, Shore 70A
95300-010047150X750	150	750	11,5	1:47	3	smooth PVC, Shore 70A
95300-010047150X1000	150	1000	11,5	1:47	3	smooth PVC, Shore 70A
95300-010047150X1500	150	1500	11,5	1:47	3	smooth PVC, Shore 70A
95300-010047200X520	200	520	11,5	1:47	3	smooth PVC, Shore 70A
95300-010047200X750	200	750	11,5	1:47	3	smooth PVC, Shore 70A
95300-010047200X1000	200	1000	11,5	1:47	3	smooth PVC, Shore 70A
95300-010047200X1500	200	1500	11,5	1:47	3	smooth PVC, Shore 70A

ANEXO

REF: RVM_SE_250

Data Sheet: TCA.315.R4 Cella di carico
www.aep.it **TCA** Load cell



COMPRESSIONE
TRAZIONE

↓ ↑

↑ ↓

COMPRESSION
TENSION

Linearità - Isteresi

± 0.03%

Linearity - Hysteresis

STOP PROTEZIONE CONTRO
I SOVRACCARICHI

OVERLOAD PROTECTION

FACILE APPLICAZIONE

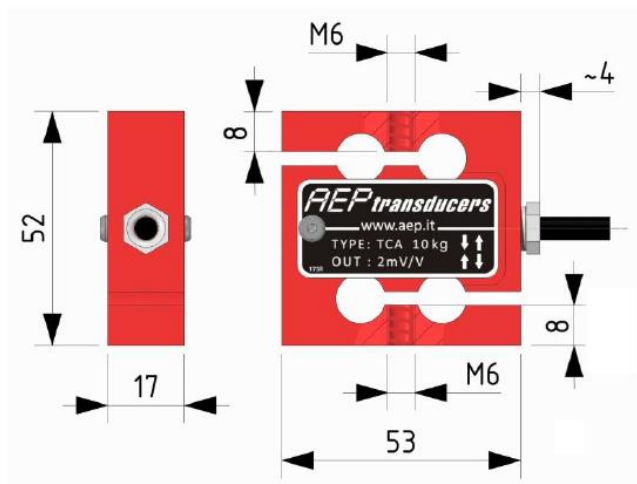
EASY APPLICATION

Download on www.aep.it

CE RoHS

Cella di carico estensimetrica in ALLUMINIO per la misura di carichi statici e dinamici in **COMPRESSIONE** e **TRAZIONE**
 ALUMINUM strain gauges Load cell for the measurement of static and dynamic loads in **COMPRESSION** and **TENSION**

Dimensioni *Dimensions* [mm]



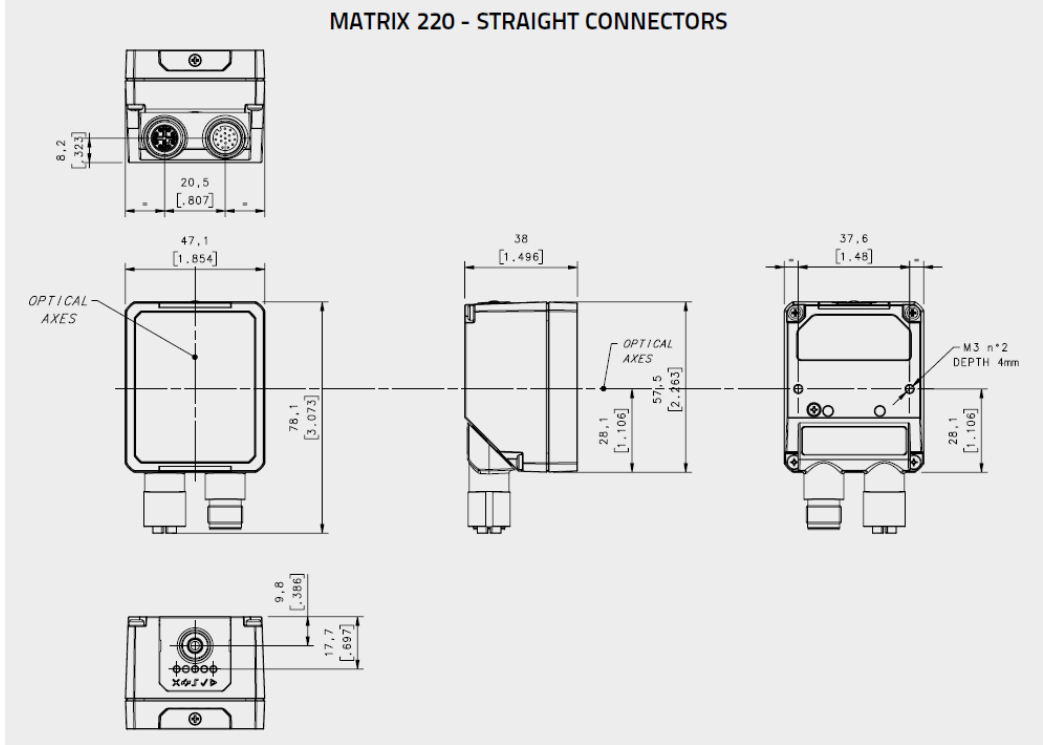
CODICE CODE	Carico nominale Nominal load	Frequenza naturale Natural frequency
CTCA1K5	1 kg	~ 0.22 kHz
CTCA2K5	2 kg	~ 0.50 kHz
CTCA5K5	5 kg	~ 0.75 kHz
CTCA10K5	10 kg	~ 1.00 kHz
CTCA25K5	25 kg	~ 1.50 kHz
CTCA50K5	50 kg	~ 2.00 kHz

ANEXO

REF: RVM_SE_411

Matrix 220™

DIMENSIONS



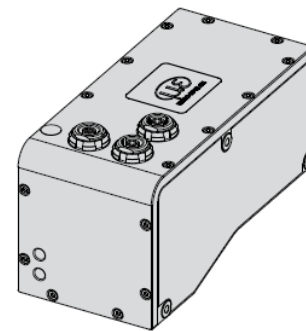
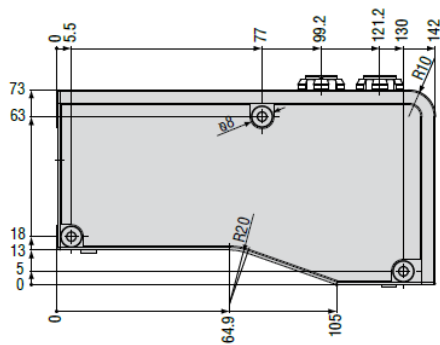
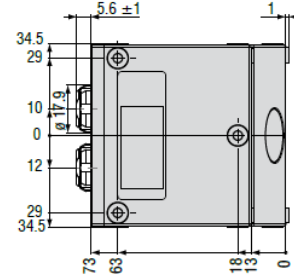
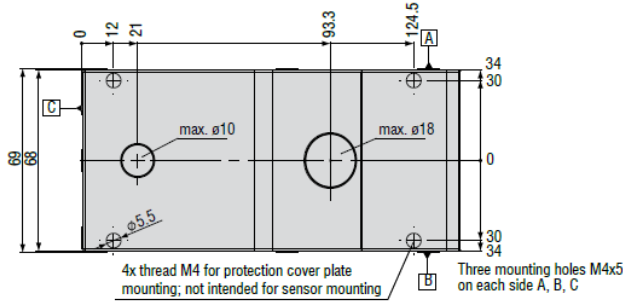
TECHNICAL DATA

	STANDARD MODEL	DIRECT PART MARKING MODEL
Dimensions	78mm x 47mm x 38mm (3.07 x 1.85 x 1.50 in) Connector at 0° 57mm x 47mm x 58mm (2.63 x 1.85 x 2.30 in) Connector at 90°	
Weight	173 gr (6,1 oz)	
Case Material	Aluminium case and plastic protective window cover	
Operating Temperature	-10 to 50°C (14 to 122 °F)	
Storage Temperature	-20 to 70 °C (-4 to 158 °F)	
Protection Class	IP65, IP67	
ESD Safe	YES, available as front cover accessory	
YAG Laser Protection	YES, available as front cover accessory	
ESD Safe and YAG Laser Protection	YES, available as front cover accessory	
Power Supply	All models except PoE: 10 VDC to 30 VDC PoE models: 48 VDC	
Power Consumption	3,7 Watt	
Sensor	Image resolution 1280 x 960 (1.2 megapixel) - 1/3" CMOS global shutter	
Frame Rate	45 frames/s	
Optical Focus Control	Electronic focus control	
Optical Models/Viewing Angles	7 mm (38,3°), 12 mm (24,1°)	
Reading Range	Minimum: 40 mm Maximum: 400 mm (7 mm lens), 600 mm (12 mm lens)	Minimum: 40 mm Maximum: 300 mm

ANEXO

REF: RVM_SE_420

LLT27xx-50



Technical details

Model		LLT	27xx-25	27xx-50	27xx-100
z-axis (height)	Standard measuring range	Start of measuring range	90mm	175mm	350mm
		Midrange	102.5mm	200mm	400mm
		End of measuring range	115mm	225mm	450mm
	Height of measuring range		25mm	50mm	100mm
	Extended measuring range	Start of measuring range	85mm	160mm	300mm
End of measuring range		125mm	260mm	600mm	
Linearity ¹⁾	(2sigma)		±0.13% FSO		
Reference resolution ²⁾³⁾		4µm	10µm	15µm	
x-axis (width)	Standard measuring range	Start of measuring range	23mm	44mm	88mm
		Midrange	25mm	50mm	100mm
		End of measuring range	27mm	56mm	112mm
	Extended measuring range	Start of measuring range	22mm	41mm	76mm
End of measuring range		29mm	64mm	148mm	
Resolution x-axis			640 points/profile		
Profile frequency	COMPACT / SMART / GAP		up to 100Hz		
	HIGHSPEED		up to 4,000Hz		