



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Gonçalo Fernando Silva Lopes

**MELHORIA DA DISPONIBILIDADE DE  
UMA UNIDADE DE TRATAMENTO DE  
MADEIRAS RECICLADAS**

**Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na especialidade de Produção e Projecto orientada pelo Professor Doutor Fernando Jorge Ventura Antunes e pelo Engenheiro José Bernardo Lobo apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.**

Julho de 2021



1 2



9 0

FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

## Melhoria da disponibilidade de uma unidade de tratamento de madeiras recicladas

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto.

### Improved availability of a recycled wood treatment unit

**Autor**

**Gonçalo Fernando Silva Lopes**

**Orientadores**

**Prof.Dr. Fernando Antunes**

**Eng. José Bernardo Lobo**

**Júri**

**Presidente** Professor Doutor **Cristóvão Silva**  
Professor Associado com Agregação da Universidade de Coimbra

**Orientador** Engenheiro **José Bernardo Lobo**  
Sonae Arauco, SA

**Vogais** Professor Doutor **José Luís Ferreira Afonso**  
Professor Associado com Agregação da Universidade de Coimbra  
Professor Doutor **Paulo Joaquim Antunes Vaz**  
Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viseu

**Colaboração Institucional**

---

**SONAE**  
**ARAUCO**

Taking wood further

Sonae Arauco, SA

**Coimbra, Julho, 2021**



“Success is not final, failure is not fatal: it is the courage to continue that counts”.

Winston Churchill

Aos meus pais

**Ana Maria & Fernando**

À minha irmã

**Vitória**

Com dedicatória especial ao meu avô

**Francisco Batista da Silva**



## Agradecimentos

Ao findar a presente dissertação aviva-se em mim uma frase “Um homem não é uma ilha”, isto para vincar a ideia que o trabalho realizado não teria sido possível sem o apoio de algumas pessoas, às quais deixo um profundo agradecimento.

Aos Professores Doutores Fernando Antunes e Cristóvão Silva pela sua disponibilidade desde a primeira abordagem para me orientarem neste projeto juntamente com a sua constante partilha de conhecimentos, exigência e rigor científico.

Ao Engenheiro José Bernardo Lobo, diretor de Manutenção e meu orientador em ambiente industrial. Pela oportunidade, pelo voto de confiança no meu trabalho, que sempre demonstrou, pela disponibilidade, por todos os ensinamentos transmitidos e, para além do máximo respeito e profissionalismo, pela amizade e companheirismo.

Ao restante departamento de Manutenção Mecânica, Fernando Duarte, Luís Marques pela boa disposição, por sempre me fazerem sentir bem-vindo ao departamento, pela sensatez e conselhos transmitidos. Eng.º Ricardo Petinga pela incansável disponibilidade, paciência, partilha do saber e pelo companheirismo ao longo destes meses. António Borges, José Ferraz, Rafael Pires, Nuno Abrantes pela disponibilidade, partilha de informação e conhecimentos, pelo apoio ao longo de todo o percurso. A toda a equipa de técnicos mecânicos pelos ensinamentos e experiência partilhada.

Aos meus amigos de (per)curso realizado no DEM (Departamento de Engenharia Mecânica) dos quais levo para a vida uma bela amizade, uma partilha de momentos fantásticos e um companheirismo muito grande. Leandro Barros, David Campos, João Pais, Leandro Nogueira, Rui Coimbra, Carlos Campos, José Rebola, e à minha madrinha Mariana Campos por todo o amor e carinho transmitido ao longo destes 5 anos.

Ao meio seio familiar e em especial aos meus pais e avós, os principais responsáveis da realização deste sonho. Para que saibam que sou eternamente grato pelo esforço feito na busca de me proporcionarem as melhores condições em qualquer situação.

A todos, um sincero OBRIGADO!

## Resumo

O presente documento é resultado do trabalho realizado em parceria com a unidade industrial SONAE ARAUCO, localizada em Oliveira do Hospital, pertencente ao grupo SONAE Indústria.

O objetivo principal foi a implementação de um plano de ações que visava aumentar a disponibilidade, desempenho e fiabilidade de uma cadeia de tratamento de madeiras recicladas. Nesse sentido foi feito um levantamento de necessidades (Segurança, Materiais, Mão-de-Obra, Ferramentas especiais), definição de criticidade de linhas e/ou equipamentos, planeamento, acompanhamento e standardização de intervenções, tratamento estatístico das mesmas (MTBF<sup>1</sup>, MTTR<sup>2</sup>) e implementação de um plano de ações de manutenção visando uma melhoria contínua do processo produtivo, da cadeia de limpeza e tratamento de madeiras recicladas.

Esse plano pretendia diagnosticar e validar possíveis ações de melhoria que levassem a uma diminuição do *downtime*<sup>3</sup> da unidade, a uma inerente diminuição dos desperdícios/custos associados e consequente aumento de produtividade. Para a sua implementação procedeu-se a um levantamento e tratamento de dados para um formato *standard* e consequente análise dos principais motivos causadores de *downtime* da torre com vista a definir e executar intervenções prioritárias que levassem à eliminação destes problemas.

O acompanhamento e monitorização diária da unidade funcional permitiu identificar inúmeras lacunas técnicas e tecnológicas (acessos, deficiências nos equipamentos, avarias crónicas) que comprometem o funcionamento de toda unidade. Para a realização deste trabalho seguiu-se uma metodologia PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) para o desenvolvimento de ações de melhoria contínua onde são depositadas esperanças que permitem atingir uma poupança anual de milhares de euros validando a legitimidade, pertinência e o carácter benéfico deste trabalho para a empresa.

---

<sup>1</sup> MTBF → Mean time between failures. Tempo médio entre avarias, de determinado componente.

<sup>2</sup> MTTR → Mean time to repair. Tempo médio de reparação.

<sup>3</sup> Downtime → Período em que o equipamento se encontra “em baixo”, parado, período contrário ao de disponibilidade.



**Palavras-chave:** Manutenção, Linha de material reciclado, TPM, Melhoria Contínua, Ciclo PDCA.

## Abstract

This document is the result of work carried out in partnership with the SONAE ARAUCO industrial unit, located in Oliveira do Hospital, which belongs to the Sonae Indústria group.

Its main objective was the implementation of a continuous improvement plan that aims to increase the availability, performance and reliability of a recycled wood treatment unit.

The objectives of this dissertation evolved towards a survey of needs (Safety, materials, Labour, Special tools) definition of the criticality of lines and / or equipment, monitoring of interventions, standardization thereof, statistical treatment of interventions (MTBF, MTTR) and implementation of a plan for continuous improvement in the Industrial maintenance process in the cleaning and treating recycled wood unit.

A plan that allows the diagnosis and validation of possible improvement actions for the process and leads to a decrease in its downtime, to a inherent decrease in waste / associated costs and consequent increase in productivity.

In order to carry out this implementation, a survey and data processing was carried out in a standard format and consequent analysis of the main reasons for the tower's downtime in order to define and execute priority interventions that would lead to the elimination of these problems.

The daily follow-up and monitoring of the functional unit made it possible to identify numerous technical and technological gaps (access, equipment deficiencies, chronic breakdowns) that compromise the functioning of the entire unit. In order to carry out this work, a PDCA (Plan, Do, Check, Act) methodology was followed for the development of continuous improvement actions where forecasts are deposited that allowed to achieve annual savings of thousands of euros, validating the legitimacy, relevance and character benefit of this work for the company.

**Keywords** Maintenance, Recycled material line, TPM, Continuous improvement, PDCA Cycle.

## Índice

Índice de figuras .....	vii
Índice de Tabelas .....	viii
Simbologia e Siglas .....	ix
Simbologia.....	ix
Siglas .....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Motivação e objectivos .....	1
1.2. Estrutura da dissertação .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. Manutenção.....	4
2.1.1. Evolução da manutenção .....	5
2.1.2. Tipos de manutenção .....	6
2.1.3. <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) .....	8
2.1.4. <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) .....	11
2.2. Filosofia <i>Lean</i> .....	14
2.2.1. Manutenção <i>Lean</i> .....	14
2.3. Melhoria contínua .....	16
2.3.1. Ferramentas de melhoria contínua.....	17
2.3.2. Ciclo PDCA.....	18
2.3.3. Os 5 porquês .....	19
2.3.4. <i>Overall Equipment Efficiency</i> (OEE) .....	20
3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	22
3.1. Sonae Arauco – O Grupo .....	22
3.1.1. Volume de negócios .....	23
3.1.2. Produtos .....	23
3.2. Sonae Arauco – Oliveira do Hospital .....	24
3.2.1. Unidade de tratamento de madeiras recicladas.....	26
3.2.2. O Processo .....	26
3.2.3. O Equipamento .....	28
4. TRABALHO DESENVOLVIDO .....	39
4.1. Estado de condição inicial .....	39
4.1.1. Análise Gráfica.....	39
4.1.2. Análise Crítica .....	42
4.1.3. <i>Key Performance Indicators</i> Iniciais (KPI's).....	43
4.2. Identificação de causas raiz .....	44
4.3. Análise 5 porquês.....	47
4.4. Plano de acções .....	49
4.5. Implementação de acções de melhoria .....	50
4.6. Monitorização de vibrações .....	52
4.6.1. O Sistema.....	52
4.6.2. O Equipamento .....	53

---

5.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	56
5.1.	Estado de condição actual.....	56
5.1.1.	Análise Gráfica.....	56
5.1.2.	Evolução da disponibilidade focalizada/por subsistema .....	57
5.1.3.	Evolução da disponibilidade global .....	60
5.1.4.	IBM Maximo.....	61
6.	CONCLUSÃO .....	62
6.1.	Notas conclusivas .....	62
6.1.1.	Propostas de trabalhos futuros.....	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
	ANEXO A- DESENHO TÉCNICO - TORRE DA LINHA DE MADEIRAS RECICLADAS PAL .....	65
	ANEXO B- <i>TEMPLATE</i> PLANO DE AÇÕES .....	66
	ANEXO C-FERRAMENTAS DE QUALIDADE USADAS NA MELHORIA CONTÍNUA .....	67
	ANEXO D- <i>TEMPLATE</i> RCA (XPS).....	68
	ANEXO E- <i>SOFTWARE</i> IBM MAXIMO .....	69
	ANEXO F-ESCALA DE DEGRADAÇÃO IBM MAXIMO .....	70
	APÊNDICE A-FOLHA DE CÁLCULO EXCEL .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Tipos de manutenção.....	6
Figura 2.2. Os 8 pilares da TPM, Portefólio Sonae Arauco. ....	13
Figura 2.3. As 4 etapas da metodologia PDCA.....	18
Figura 2.4. Ciclo de melhoria contínua PDCA.....	19
Figura 3.1. (a) Armazém de estilha; (b) Arrefecedores de placas de aglomerado. ....	22
Figura 3.2. Placas de aglomerado de partículas (PB); Aglomerado de fibras de média densidade (MDF); Aglomerado de partículas longas e orientadas (OSB), Portefólio Sonae Arauco. ....	24
Figura 3.3. Planta do centro de produção de Oliveira do Hospital, Portefólio Sonae Arauco. ....	25
Figura 3.4. Unidade de tratamento de madeiras recicladas PAL.....	26
Figura 3.5. Organigrama de processo da unidade de tratamento de madeiras recicladas. ..	28
Figura 3.6. 1º Separador de discos “ <i>Dynascalper</i> ”, Portefólio Sonae Arauco.....	29
Figura 3.7. Separador magnético (metais ferrosos), Portefólio Sonae Arauco. ....	30
Figura 3.8. Separador por indução (metais não ferrosos), Portefólio Sonae Arauco. ....	31
Figura 3.9. 2º Separador de discos “ <i>Dynascreen</i> ”, Portefólio Sonae Arauco. ....	32
Figura 3.10. Peneiro de vento “ <i>Air Grader</i> ”, Portefólio Sonae Arauco.....	33
Figura 3.11. Separador óptico “ <i>Cyclop</i> ”, Portefólio Sonae Arauco.....	35
Figura 3.12. Poço de água “ <i>Water Pit</i> ”, Portefólio Sonae Arauco.....	36
Figura 3.13. Grupo filtrante do sistema de despoejamento, Portefólio Sonae Arauco. ....	37
Figura 4.1. Análise de disponibilidade historial PAL. ....	39
Figura 4.2. Motivo de paragem. ....	40
Figura 4.3. Distribuição de horas de paragem focalizadas/por sistema.....	41
Figura 4.4. Distribuição de horas de paragem por unidade funcional. ....	42
Figura 4.5. Diagrama de <i>Ishikawa</i> linha de reciclados.....	45
Figura 4.6. (a) Unidade filtrante; (b) Canais de aspiração de despoejamento. ....	52
Figura 4.7. Sensor de vibração e temperatura. ....	54
Figura 4.8. Histórico de vibrações de ventiladores do despoejamento. ....	54
Figura 5.1. Análise de disponibilidade PAL. ....	56
Figura 5.2. Perfil de tendência de paragens (em horas) por unidade funcional. ....	58
Figura 5.3. Paragens válvulas rotativas: (a) nº de ocorrências; (b) horas.....	59

---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Os princípios lean aplicados à gestão da manutenção (adaptado de Pinto, 2013). .....	15
Tabela 3.1. Ficha técnica 1º Separador de Discos “ <i>Dynascalper</i> ”, adaptado de manual PAL. ....	29
Tabela 3.2. Ficha técnica Separador Magnético (metais ferrosos), adaptado de manual PAL. ....	30
Tabela 3.3. Ficha técnica Separador por Indução (metais não ferrosos), adaptado de manual PAL. ....	31
Tabela 3.4. Ficha técnica 2º Separador de Discos “ <i>Dynascreen</i> ” adaptado de manual PAL. ....	32
Tabela 3.5. Ficha técnica Peneiro de Vento “ <i>Air Grader</i> ”, adaptado de manual PAL. ....	34
Tabela 3.6. Ficha técnica Separador Óptico “ <i>Cyclop</i> ”, adaptado de manual PAL. ....	36
Tabela 3.7. Ficha técnica Poço de Água “ <i>Water Pit</i> ”, adaptado de manual PAL. ....	37
Tabela 3.8. Ficha técnica Filtro de Mangas, adaptado de manual PAL. ....	38
Tabela 4.1. KPI’s Iniciais .....	43
Tabela 4.2. Estado de condição inicial .....	44
Tabela 4.3. Análise 5 porquês. ....	47
Tabela 4.4. Plano de Ações. ....	49
Tabela 4.5. Ações de melhoria implementadas .....	50
Tabela 5.1. Evolução de performance focalizada/por sistema .....	57
Tabela 5.2. KPI’s actuais.....	60
Tabela 5.3. Estado de condição actual .....	60

## SIMBOLOGIA E SIGLAS

### Simbologia

$\Delta$  - Variação

### Siglas

AMT - *Autonomous Maintenance Team*

DEM - Departamento de Engenharia Mecânica

FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

JIT - *Just in time*

JIPM - *Japan Institute of Plant Maintenance*

KPI - *Key Performance Indicator*

LCC - *Life cycle cost*

LCM - *Lean Centered Maintenance*

MDF - *Medium density fibreboard*

MTBF - *Mean time between failures*

MTTR - *Mean time to repair*

OEE - *Overall equipment efficiency*

OSB - *Oriented strand board*

OT - Ordem de trabalho

PB - *Particle board*

PDCA - *Plan, Do, Check, Act*

RCM - *Reliability-Centred Maintenance*

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPS - *Toyota Production System*

5W - *5 Why's*

5W2H - *Who, What, Where, When, Why, How, How much*





# 1. INTRODUÇÃO

Fruto da evolução industrial e da crescente competitividade vivida em anos recentes, existe, por parte das empresas, uma procura constante da diminuição de custos e aumento da qualidade dos serviços prestados e produtos fornecidos. Com a evolução da manutenção industrial as empresas têm vindo a deparar-se com o enorme peso que os custos de manutenção direta (reparações, manutenções, inspeções, etc.) e de manutenção indireta (custos associados às perdas provocadas pela indisponibilidade da cadeia de produção) implicam. Para a maior parte das empresas os custos de prevenção são bastante menores do que os custos de correção e neste sentido estes valores são vistos, cada vez mais, como um foco de otimização e conseqüente redução de desperdícios e aumento dos lucros. A redução dos tempos de paragem obtidos pela introdução e aperfeiçoamento de uma manutenção planeada torna-se cada vez mais importante, nomeadamente, em empresas complexas, tecnologicamente evoluídas e de produção contínua, onde não só os custos de produção horária são elevados, como também as interrupções numa parte da fábrica, que levarão a interrupções a jusante da cadeia produtiva. Perante isto, trabalho deve desenvolvido no sentido de melhorar três KPI's<sup>4</sup>, indicadores que caracterizam a boa funcionalidade do sistema: disponibilidade, *performance* e fiabilidade do equipamento.

## 1.1. Motivação e objetivos

A presente dissertação, realizada com vista à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Coimbra, foi desenvolvida no âmbito de um estágio curricular na unidade industrial da empresa SONAE ARAUCO em Oliveira do Hospital. Devido a diversos impedimentos técnicos e tecnológicos, a linha de tratamento de madeiras recicladas apresenta-se como responsável por perdas associadas a um encargo financeiro avultado para a empresa.

O estágio em questão teve pois como objectivo principal a implementação de um plano de melhoria contínua na cadeia de tratamento de madeiras recicladas. Num trabalho

---

<sup>4</sup> KPI's → *Key Performance Indicators*. Indicadores que traduzem a evolução de *performance* de um sistema.

desenvolvido em uníssono com o departamento de manutenção mecânica/eléctrica da unidade industrial, foi definido um percurso que teve como objectivos específicos:

- Levantamento de necessidades à realização das operações de manutenção (Segurança, Materiais, Mão-de-Obra, Ferramentas especiais);
- Tratamento estatístico de avarias, intervenções de manutenção realizadas e standardização das mesmas (MTBF, MTTR);
- Definição de criticidade de linhas e/ou equipamentos num formato *standard*;
- Implementação de um plano de melhoria contínua no processo de refinamento e purificação de madeiras recicladas.

Com a implementação deste plano pretende-se desenvolver um trabalho que permita diagnosticar e validar possíveis ações de melhoria para o processo, e leve a um aumento da disponibilidade da cadeia, a um inerente aumento de produtividade e à diminuição de custos/desperdícios associados a deficiências técnicas.

Para a realização deste trabalho seguiu-se uma metodologia PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). A implementação deste ciclo visou um desenvolvimento de ações de melhoria contínua que, para além de catalogarem informação útil aos departamentos de manutenção e de produção, permitiram otimizar o processo produtivo da empresa.

Essa otimização foi trabalhada mitigando o aparecimento de problemas pontuais e eliminando deficiências recorrentes, garantindo uma diminuição dos custos de manutenção corretiva, permitindo à empresa ter uma “almofada” financeira para uma gestão e aplicação de capital noutros projectos.

## **1.2. Estrutura da dissertação**

A estrutura desta dissertação compreende 6 capítulos:

No capítulo 1 [Introdução] é apresentado o tema estudado, e é feito um enquadramento da escolha e importância do trabalho realizado. São definidos os objectivos do trabalho e é referenciada a metodologia utilizada para a realização da dissertação.

O segundo capítulo [Revisão Bibliográfica] é composto por uma revisão de literatura que procura ajudar a enquadrar o trabalho desenvolvido através de bibliografia correspondente ao tema estudado.

No capítulo 3 [Apresentação da Empresa] é feita uma exposição do parceiro industrial responsável pela realização desta dissertação onde é apresentada a sua unidade industrial juntamente com o seu processo produtivo e equipamento.

No 4º capítulo [Trabalho Desenvolvido] é estruturado todo o estudo feito ao equipamento durante a realização da dissertação e desenvolvidas as conseqüentes ações de melhoria a implementar.

O 5º capítulo [Análise e Discussão de Resultados] apresenta-se como expositor de dados e informação analisada, tratada e monitorizada, a partir da qual são feitos os balanços de performance e produtividade da unidade.

Por fim, o 6º capítulo [Conclusões] apresenta as notas conclusivas a retirar do trabalho desenvolvido.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Manutenção

A manutenção pode ser definida um conjunto de ações de gestão, técnicas e económicas, que, quando aplicadas a um bem (produto concebido para assegurar uma dada função), permitem otimizar o seu ciclo de vida. Essa otimização implica a necessidade de manter ou restabelecer um estado específico que garanta o cumprimento da função. (Gomes, 2019)

De acordo com a norma europeia EN 13306, a manutenção representa a ação combinada de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem/equipamento, com a intenção de o manter ou repor a um estado em que possa desempenhar a função requerida. (CEN, 2002)

A manutenção tem como missão implementar um conjunto de ações que conduzam a uma gestão do parque de equipamentos de forma a otimizar a sua utilização segundo 3 vectores:

- **Económico** - Redução dos custos de falha directos e indirectos; optimização de um equipamento de forma a reduzir ao mínimo o rácio (custos de manutenção + custos de paragem fortuitas) /serviço efectuado.
- **Segurança** - Minimização dos riscos dos trabalhadores e dos utilizadores, redução dos riscos ambientais.
- **Técnico** - O conhecimento do material, da sua resistência, da sua degradação progressiva, estudada no dia-a-dia, permite fazer correções e melhorias, aumentar a durabilidade, a fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, além de garantir a qualidade dos produtos produzidos (Ramalho, 2020).

O serviço de manutenção organiza-se em 3 sectores: métodos, planeamento e execução. Os métodos têm um papel de qualidade de observação, preparação e análise, e a sua função é prever, definir e realizar as condições óptimas de execução de um trabalho e têm vocação para organizar toda a logística da intervenção. A este setor compete a gestão técnica do material necessário, análise de custos, preparação de intervenções, preparação e

atualização dos dossiers da máquina, execução dos cadernos de encargos e contratos de requisição e assistência técnica.

O sector do planeamento tem um papel de coordenação e qualidade de comunicação. O seu trabalho é particularmente delicado, uma vez que os trabalhos são muito variados e a noção de urgências é mais frequente. A este sector compete avaliar as necessidades de mão-de-obra, a gestão do pessoal, atender à urgência do serviço, planear intervenções, controlar o circuito de informação, assegurar o fornecimento e a disponibilização de consumíveis e sobressalentes.

O setor da execução tem um papel de intervenção e qualidade profissional. A este sector cabe a programação diária, acompanhar os trabalhos subcontratados, gerir os contactos do dia-a-dia com a produção, controlar a segurança do pessoal e do equipamento e controlar os tempos de intervenção (Gomes, 2019).

### **2.1.1. Evolução da manutenção**

De acordo com (Amaral, 2016), até meados do século XX “avaria” significava “paragem dos equipamentos”. Nessa altura, surge o conceito de manutenção para designar a operação associada à reparação das avarias. Até então, a manutenção não estava organizada e, em caso de avaria, cabia aos operadores fazer a sua reparação.

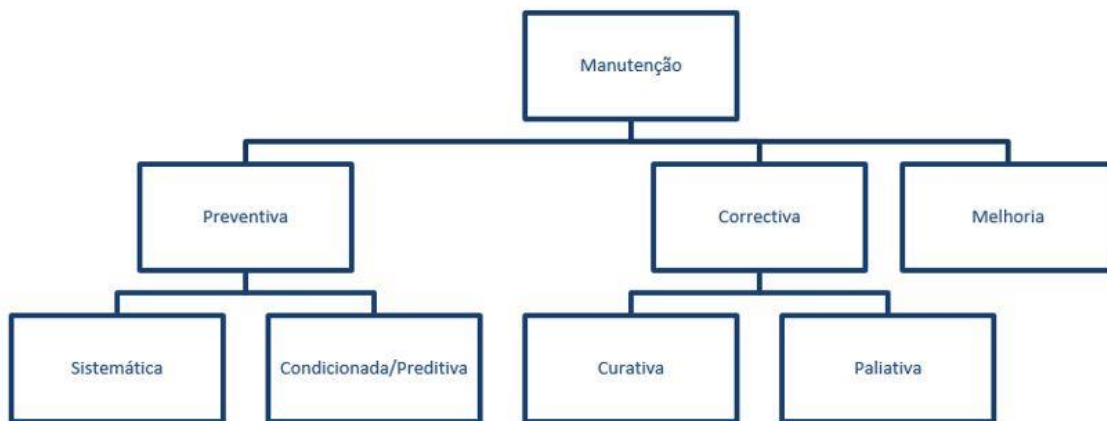
Nos Estados Unidos da América (EUA), a década de 1920 foi caracterizada por uma intensa actividade industrial, nomeadamente, com a implementação da produção em série na indústria automóvel. Este facto foi determinante para que a manutenção começasse a ser pensada de forma mais organizada. Surge, então, a ideia do planeamento da manutenção e, mais tarde, o conceito de “prevenção”.

Foi o planeamento da manutenção que, durante a Segunda Guerra Mundial, ajudou os países envolvidos a manter os níveis de produção mais elevados. Foi também durante este conflito que se deu início à investigação sobre causas das avarias e ao seu tratamento estatístico. Fruto destes estudos surge a manutenção preventiva sistemática que chega a Portugal a partir dos anos 60, contudo, tendo em conta a crise económica mundial, houve necessidade de encontrar formas mais económicas e mais eficientes de gerir a manutenção.

Surgiu assim a manutenção preventiva condicionada (MPC) que se baseia na avaliação do estado de condição operacional dos equipamentos, através do conhecimento da evolução de alguns parâmetros que caracterizam o seu funcionamento.

### 2.1.2. Tipos de manutenção

A Figura 2.1. representa de modo esquemático os diferentes tipos de manutenção existentes. De seguida analisam-se separadamente estas diferentes abordagens da manutenção.



**Figura 2.1.** Tipos de manutenção.

#### 2.1.2.1. Manutenção Correctiva

A manutenção Correctiva abrange, como o nome sugere, as intervenções efectuadas após ocorrência de uma avaria ou mal funcionamento. Se a intervenção correctiva for definitiva diz-se “curativa”. Se por outro lado, apresentar um carácter provisório, designa-se por “paliativa” (Amaral, 2016).

Num contexto industrial é relevante sublinhar a importância do planeamento deste tipo de manutenção já que, por muito alta que seja a percentagem de manutenção preventiva implementada na fábrica, existirá sempre uma recorrência de avarias não previstas. A manutenção correctiva programada é realizada sem o apoio de uma atividade preventiva, ou seja, ao notar uma falha no equipamento, é planeada uma intervenção a ser realizada num próximo intervalo de produção.

### **2.1.2.2. Manutenção Preventiva**

Ao contrário da manutenção correctiva, a manutenção preventiva está relacionada com as intervenções efectuadas antes de uma eventual ocorrência. As operações deste tipo de manutenção visam prevenir ocorrências que levem a paragens inesperadas. Este tipo de manutenção pode ser dividido em dois grupos que serão abordados de seguida.

#### **2.1.2.2.1. Manutenção Preventiva Sistemática**

A manutenção sistemática é uma manutenção preventiva efetuada segundo um registo pré-estabelecido em função do tempo de serviço ou do número de unidades de uso. Este tipo de manutenção implica o conhecimento do padrão típico da evolução da falha, seja por informação fornecida pelo fabricante do equipamento, seguida de uma análise estatística da informação recolhida por visitas preventivas, seja por informação histórica.

As intervenções são realizadas sobre um módulo compatível com os tempos médios entre avarias (MTBF). Esta manutenção é vantajosa para os casos em que os custos de falha são muito elevados e torna o planeamento mais fácil. Tem a desvantagem de se desperdiçar potencial de utilização dos componentes pelo facto de se utilizarem intervalos constantes ao longo da vida do sistema (Gomes, 2019).

#### **2.1.2.2.2. Manutenção Preventiva Condicionada/Preditiva**

Na manutenção condicionada/preditiva as intervenções são desencadeadas quando se detecta o início de um processo de degradação do equipamento, através do controlo de parâmetros que estão associados à condição do seu funcionamento e refletem a sua degradação. São estipulados valores de referência para os parâmetros selecionados de modo a saber quando é necessário intervir. Assim, a intervenção ocorre sempre que algum dos parâmetros se afaste dos valores toleráveis (Gomes, 2019).

Tem a vantagem de reduzir o potencial não utilizado do equipamento. Como desvantagens apresenta um elevado custo de aparelhos e exige mão de obra especializada, sendo que também é difícil implementar sistemas de controlo de condição.

### **2.1.2.3. Manutenção de Melhoria**

A manutenção de melhoria compreende acções programadas quando a análise do histórico de avarias de um equipamento revela que existe um sistema anormalmente frágil comparativamente com os restantes sistemas do mesmo equipamento e com sistemas semelhantes de equipamentos do mesmo tipo. Estas acções requerem um estudo prévio adequado para que o resultado seja efectivo, sendo a experiência dos técnicos do serviço de métodos determinante (Gomes, 2019).

O trabalho desenvolvido no âmbito da presente tese teve por base a implementação de acções de melhoria, onde está compreendida, uma mentalidade *Lean* nas intervenções de manutenção executadas no dia a dia da empresa.

### **2.1.3. Reliability Centered Maintenance (RCM)**

A Manutenção centrada na fiabilidade, do inglês, “*Reliability-Centred Maintenance*” (RCM), explora o facto de uma falha não ser sempre linear (Raghavaiah & Hariprasad, 2019). É um processo de engenharia que procura analisar todos os tipos e modos de falha possíveis para cada componente de um equipamento e personalizar um plano de manutenção para cada máquina. O objetivo final da RCM é aumentar a disponibilidade e fiabilidade do equipamento/sistema.

É um procedimento complexo já que cada ativo deve ser analisado individualmente e catalogado como prioritário, ou não, com base na sua criticidade. Os ativos mais críticos são aqueles que tendem a falhar com frequência ou, aqueles em que o seu mal funcionamento resulte em grandes consequências para a empresa.

De uma forma sintética (Amaral, 2016) caracteriza a RCM como “uma metodologia iterativa racional e estruturada, com base na identificação dos modos de falha dos equipamentos e na gravidade das suas consequências”. O conhecimento das consequências das falhas permite ajustar as melhores soluções ao mais baixo custo. Essas soluções poderão ser de carácter preventivo ou correctivo.

Para (Raghavaiah & Hariprasad, 2019), este mecanismo é uma aplicação muito sofisticada e não exequível num número elevado de empresas, já que exige, à equipa de



manutenção, um domínio da manutenção preventiva, preditiva, inspeções básicas e requiere um grande histórico do percurso dos equipamentos.

#### **2.1.3.1. Fiabilidade**

O objetivo da manutenção e da fiabilidade em qualquer indústria, com equipamentos mecânicos, deve ser, manter a capacidade de funcionamento do sistema, controlando os custos.

A manutenção abrange todas as atividades envolvidas em manter o equipamento em condições de funcionamento através da implementação ou melhoramento da sua vertente preventiva, enquanto que fiabilidade é a probabilidade de uma máquina funcionar adequadamente por um determinado período de tempo.

Segundo a norma EN 13306 (BSI<sup>5</sup>, 2010), fiabilidade “é a aptidão de um bem/equipamento para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo”. Permite avaliar a frequência com que o sistema irá falhar sendo dependente de três aspectos essenciais:

- Concepção e qualidade de fabricação do sistema (características intrínsecas);
- Condições de serviço: de carga, ambientais (características extrínsecas);
- Eficiência do serviço de manutenção (Ramalho, 2020a).

Uma manutenção centrada na fiabilidade visa melhorar componentes ou características individuais do equipamento que provoquem um impacto positivo no funcionamento de determinado sistema. Ao adotar esta estratégia, a indústria beneficia de uma diminuição do número de ocorrências, diminuição de quebras de produção, redução da variabilidade e de um número reduzido de *stocks*.

#### **2.1.3.2. Manutibilidade**

Manutibilidade é a duração de uma reparação correcta. De acordo com a norma europeia EN 13306: (BSI, 2010) manutibilidade é a “aptidão de um bem, nas condições de

---

<sup>5</sup> BSI→*British Standards Institution*

uso especificadas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa realizar as funções que lhe são exigidas quando a manutenção é realizada em condições definidas utilizando procedimentos e recursos prescritos”.

É, portanto, uma característica construtiva e de montagem dos equipamentos, relacionada com o tempo necessário para a sua reparação. Uma maior ou uma menor facilidade de acesso aos equipamentos, quando se realizam ações de inspeção, substituição ou reparação, são fatores que influenciam a manutibilidade.

Em termos práticos, a manutibilidade representa a facilidade com que as ações de manutenção são realizadas. Isto traduz-se em menores tempo de intervenção, menores custos, facilidade em diagnosticar e em intervir nos sistemas. O seu objectivo é o *design* e conceção de sistemas e equipamentos que possam ser submetidos a ações de manutenção no mais curto espaço de tempo, ou mesmo dispensar manutenção. Isto favorece a redução de custos, bem como a aplicação mínima de recursos (Pinto, 2013).

A realização destes objectivos requer o envolvimento da função manutenção em todo o processo de *design* e instalação do equipamento. Tradicionalmente, a manutibilidade preocupava-se em manter o equipamento operacional, combatendo o efeito das causas de avaria nos componentes e sistemas na fase inicial do equipamento. Tais medidas incluíam a modularização e a integração de facilidades de autoteste no equipamento, bem como melhoria da acessibilidade, identificação de todos os componentes do equipamento e pontos de verificação (*Check points*), e o desenvolvimento de manuais de manutenção de fácil consulta.

No entanto, com o crescimento generalizado da importância dos sistemas, mais atenção tem sido atribuída aos aspectos de manutibilidade. Primeiro porque o seu impacto se reflecte no LCC<sup>6</sup> (*Life cycle cost*) de cada equipamento. Segundo, um sistema não é mantido por uma multiplicidade de grupos ou entidades. A manutenção para ser efetiva em termos de custos tem de ser organizada, com uma estrutura adaptada à empresa.

Um outro aspeto de manutibilidade relacionado com o LCC é a rápida evolução tecnológica, a qual tende a encurtar a vida útil do equipamento (principalmente em sistemas que exigem grandes períodos de desenvolvimento e instalação, estes arriscam a tornar-se obsoletos ainda antes de arrancarem em serviço).

---

<sup>6</sup> LCC-*Life Cycle Cost*, Custo do ciclo de vida de um equipamento.

#### **2.1.4. Total Productive Maintenance (TPM)**

A manutenção produtiva total (*Total Productive Maintenance*), é uma filosofia de gestão da manutenção que se caracteriza por delegar responsabilidade de um equipamento a todos os colaboradores que de forma direta ou indireta o utilizam. Originalmente desenvolvida pelos japoneses nos anos 60/70 para apoiar o sistema de produção *just in time*<sup>7</sup>(JIT) muito em especial na *Toyota Motor Corporation*, a TPM implica um total envolvimento e comprometimento com o equipamento e instalações na busca de uma eficiência total do equipamento, medida pelo OEE (*Overall equipment efficiency*).

Quando se trabalha em JIT uma avaria numa máquina, ou uma redução de velocidade pode ter um efeito catastrófico. Similarmente, na produção em lotes em processos contínuos os tempos de paragem não podem ser tolerados quando se pretende ser competitivo. Deste modo, a TPM proporcionou uma nova abordagem para melhorar a produtividade e a qualidade das operações de fabrico, as quais combinadas com o processo de produção JIT, permitem atingir a excelência na produção (Pinto, 2013).

Naturalmente a TPM é uma aplicação extensível não só aos domínios da produção ou da qualidade. A sua aplicação no seio da manutenção é, nos dias de hoje, bastante comum e apresenta um papel vital em unidades industriais com processos produtivos contínuos e onde os equipamentos estão suscetíveis a bastante desgaste.

##### **2.1.4.1. Objectivos da TPM**

A TPM concentra-se nos principais tipos de perdas que podem ocorrer na planta fabril. De acordo com o JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*), as seis grandes perdas do equipamento são:

- Falhas no equipamento (ex. falhas naturais, aleatórias ou por negligência);
- Tempo de ajustamento e preparação (*setup*) de máquinas ou processos (ex. troca de ferramentas, mudanças de produção, etc.);
- Redução de velocidade no processo;

---

<sup>7</sup> *Just in time*→Sistema de produção reduzida (em pequenas quantidades), Objectivo: entregar a quantidade certa no prazo estabelecido.

- Defeitos no processo (ex. Problemas de qualidade);
- Tempos de paragem diversos, por exemplo, espera por matérias-primas, espera para inspeção e controlo, etc.
- Redução do *output* de produção.

O mesmo organismo (JIPM) também identificou as principais causas de tais perdas:

- As condições e o estado de funcionamento do equipamento são más;
- Erros humanos, negligência, falta de motivação e de formação;
- Falta de conhecimento e de compreensão de como alcançar as condições ótimas de funcionamento do equipamento.

Com base nos pilares identificados anteriormente, é possível identificar os principais objectivos desta filosofia, que são:

- Maximizar a eficiência e a utilização do equipamento (não apenas a sua disponibilidade);
- Desenvolver um sistema de manutenção produtiva (proactivo) para a totalidade do ciclo de vida do equipamento e das instalações;
- Envolver ativamente todos os colaboradores- desde o *shop floor* (chão de fábrica) até à gestão de topo;
- Promover a melhoria do desempenho operacional através das atividades de pequenos grupos AMT<sup>8</sup>;

Uma característica essencial destes grupos é o seu sentido de propriedade em relação ao equipamento e respectiva área de trabalho;

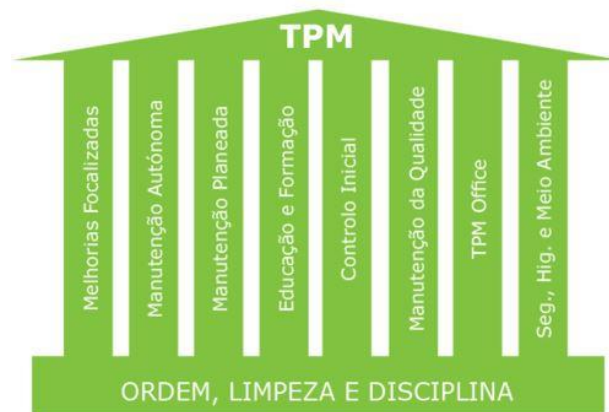
- Promover a TPM através da motivação das pessoas e em pequenos grupos autónomos (Pinto, 2013).

#### **2.1.4.2. Pilares de suporte à TPM**

A figura seguinte apresenta os 8 pilares de suporte da filosofia TPM.

---

<sup>8</sup> AMT→*Autonomous Maintenance Team*, equipa autónoma de manutenção.



**Figura 2.2.** Os 8 pilares da TPM, Portefólio Sonae Arauco.

De entre os 8 pilares reconhecidos como fundações da Manutenção produtiva total, existem 2 que apresentam clara relevância no âmbito desta dissertação “Manutenção planeada” e o pilar mestre ao trabalho desenvolvido, “Melhorias focalizadas”. Estes pilares são abordados de seguida.

#### **2.1.4.2.1. Manutenção planeada (*keikaku hozen*)**

O objectivo da manutenção planeada é garantir a ausência de falhas nas máquinas e garantir que estas produzam em condições ótimas, isto é, sem conferir defeitos ao produto, de modo garantir a total satisfação do cliente. A manutenção planeada procura alcançar e manter a disponibilidade do equipamento num nível ótimo de custo, reduzir *stocks* de peças e materiais, melhorar a fiabilidade e a manutibilidade do equipamento e instalações. Com a manutenção planeada os esforços das pessoas são gradualmente encaminhados de uma abordagem reativa a um método proactivo (Pinto, 2013).

#### **2.1.4.2.2. Melhorias focalizadas (*Kobetsu kai-zen*)**

O conceito de *Kobetsu kai-zen* baseia-se em eventos específicos de melhoria em equipamentos e/ou instalações. *Kobetsu kai-zen* começa por identificar uma área de melhoria onde o impacto seja significativo e o custo/esforço associados à sua implementação sejam menores. Estes eventos de melhoria focalizada baseiam-se no método científico para o conhecimento do sistema. Recorre a ferramentas *lean* muito

simples, como a análise de causas de falha (5 Porquês) para revelar as causas dos problemas e dos desperdícios. Por fim, aplica ferramentas para remover os desperdícios e avaliar os resultados.

Exemplos de eventos de *Kobetsu kai-zen* para melhorar/facilitar a manutenção do equipamento:

- Relocalização de válvulas e pontos de lubrificação para melhor acesso;
- Criação de “escudos” para minimizar a contaminação de processos e produtos;
- Centralizar os pontos de lubrificação e de inspeção ao equipamento;
- Tornar acessível a recolha de detritos.

(Pinto, 2013)

## **2.2. Filosofia *Lean***

O pensamento *lean* nasceu no seio da indústria automóvel no início do século XX, pelas mãos da *Toyota* através do TPS (*Toyota Production System*), fundado por Taiichi Ohno (1912-1990) (Womack et al., 1990).

Através do seu livro publicado em 1990 “The Machine that Changed the World” James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos impulsionaram o conceito conferindo-lhe uma dimensão mundial.

Inicialmente instituído numa vertente industrial, rapidamente foi aplicado à generalidade das actividades empresariais e serviços. É uma filosofia assente na constante eliminação do desperdício e na criação de valor para todas as partes interessadas. Procura promover o aumento da eficiência e qualidade dos processos com a diminuição de mal funcionamentos e defeitos existentes.

Com origens vincadas num domínio de produção, fruto do seu grande sucesso, esta filosofia disseminou-se por outros campos, nomeadamente o da manutenção.

### **2.2.1. Manutenção *Lean***

Pensar *lean* na manutenção é adotar um conjunto de práticas e atitudes proactivas perante a manutenção. Práticas que visam a eliminação de actividades que acrescentam

tempo e custo, sem que isso seja valorizado pelo cliente. Práticas não apenas ligadas aos equipamentos como também aquelas ligadas à gestão (planeamento e controlo da actividade de manutenção, engenharia de processos, etc.) A melhoria das práticas sugere a sua aplicação continuada e estas devem ser partilhadas interna e externamente para benefício de todos.

Uma LCM (*Lean Centered Maintenance*) é o resultado natural da aplicação dos princípios e soluções *Lean* à moderna gestão da manutenção.

Pode ser encarada como uma operação proactiva que emprega atividades de manutenção planeadas através de práticas TPM, usando estratégias de manutenção centrada na fiabilidade (RCM-*Reliability Centered Maintenance*) e recorrendo a equipas autónomas de profissionais experientes através do uso de sistemas informáticos de apoio à manutenção.

Para (Pinto, 2013) a LCM é a adoção de princípios e soluções que visam apoiar a gestão da manutenção na eliminação dos desperdícios e na criação de valor para o cliente, fazendo uso de uma abordagem global, centrada na participação de todos e na constante melhoria da eficiência global do equipamento, isto é, (OEE - *Overall equipment efficiency*).

Contudo, a dinâmica da gestão de recursos de manutenção é diferente da que se encontra num ambiente produtivo e neste sentido a implementação de princípios e ferramentas *lean* tem de ser personalizada para este domínio, isto é, a sua implementação não poderá ser um espelho da implementação *lean* na produção.

**Tabela 2.1.** Os princípios lean aplicados à gestão da manutenção (adaptado de Pinto, 2013).

Princípio <i>Lean</i>	Aplicação à Gestão da Manutenção
Conhecer o cliente	Só conhecendo quem se serve é possível definir valor e trabalhar no sentido da sua criação e entrega.
Definir valor	Que valor espera o cliente receber da manutenção? Zero avarias, zero acidentes, zero paragens, redução de custos e aumento sustentado da eficiência das operações.
Analisar a cadeia de valor	Observando os processos de planeamento e controlo das operações de manutenção bem como todas as atividades diretas e de suporte é possível identificar a cadeia de valor identificando o

	que realmente contribui com valor ou desperdício.
Otimizar os fluxos	Procurar otimizar fluxos de informação, de materiais/peças e de pessoas de forma a acelerar os processos de criação de valor.
Aplicar a lógica <i>pull</i>	Este princípio pode ser aplicado à gestão de materiais e peças de reserva evitando acumular stocks de materiais, ou ser aplicado à gestão de fornecedores (de materiais e serviços).
Procurar a perfeição	Incutir nos colaboradores (técnicos e operadores) de manutenção a constante necessidade de melhorar o desempenho adotando os princípios <i>kai-zen</i>
Inovar	Procurar inovar práticas de gestão dos equipamentos, identificando oportunidades de melhoria de processos, produtos e serviços.

### 2.3. Melhoria contínua

O conceito de melhoria contínua (em japonês *kai-zen* que literalmente significa “boa mudança”) há muito que é tido como uma das formas mais eficazes para melhorar o desempenho e a qualidade nas organizações. A melhoria contínua é aplicável a qualquer tipo de organização e, dentro desta, a qualquer setor ou departamento.

A manutenção é uma das funções que mais beneficia com a adoção desta filosofia, dado que a mesma assegura uma qualidade superior dos seus serviços e a implementação de uma cultura de permanente melhoria (caracterizada pela insatisfação e pela constante procura de melhores resultados).

As iniciativas de melhoria contínua devem assentar no ciclo PDCA, como meio para disciplinar e facilitar a sua realização. Como complemento, o método científico poderá ser aplicado no estudo e na resolução de problemas, sendo este o mais adequado procedimento para tal. Tal como referido anteriormente, estes dois elementos são identificados como os *drivers* da melhoria contínua.

De entre os princípios fundamentais da melhoria contínua, de realçar:

- Encarar os problemas como oportunidades;



- Repetir cinco vezes “porquê” até encontrar a causa-raiz do problema (ANEXO D);
- Trabalhar em equipa, colaborando e partilhando as boas práticas entre todos.

A melhoria contínua em si consiste em três componentes. A primeira componente encoraja ativamente as pessoas a cometerem erros, o que em parte poderá parecer contraintuitivo, contudo, na verdade, cada um deveria perceber por que motivo os erros acontecem e depois evitar que se repitam. A segunda componente incentiva e recompensa as pessoas a identificar os problemas e a solucioná-los. Isto assenta no princípio de que quem faz o trabalho é quem melhor o conhece. Finalmente, a terceira componente leva as pessoas a identificarem formas de fazer ainda melhor aquilo que agora fazem.

De uma maneira simplista, a melhoria contínua é uma busca interminável pela perfeição em qualquer actividade desempenhada. Esta filosofia busca aperfeiçoar os processos de uma empresa, focando-se no aprimoramento das atividades que geram mais valor para o seu cliente, ao mesmo tempo em que remove o máximo possível de atividades residuais e geradoras de desperdício (Kanbanize, 2021).

Na sua essência a melhoria contínua encoraja a proatividade das pessoas de forma a resolverem problemas e desafios e, acima de tudo, a excederem-se constantemente. A melhoria contínua não se coaduna com a complacência, muito menos com o cruzar de braços perante os problemas. Melhorar continuamente não é algo que se faz porque está na agenda, é uma forma de estar no trabalho e na vida, é uma atitude e postura exigente.

Deve ser implementada através do trabalho em equipa, através dos pequenos contributos de várias pessoas em equipa. No caso concreto da manutenção as equipas podem ser compostas por elementos diretamente ligados ao departamento (internos), como por elementos externos (Pinto, 2013).

### **2.3.1. Ferramentas de melhoria contínua**

A melhoria contínua dispõe de ferramentas que tornam capaz a resolução de inúmeros problemas relacionados com a otimização de processos.

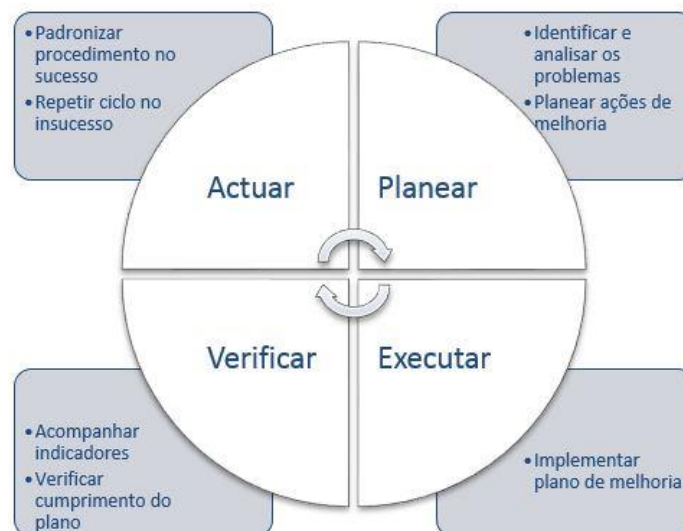
As sete ferramentas de qualidade (ANEXO C) foram enaltecidas por Ishikawa (na década de 1960), onde temos: • *Flow chart* (fluxograma); • Diagrama de Pareto; • Folha de verificação; • Carta de Controlo; • Histograma; • Gráfico de dispersão; • Diagrama de

causa efeito (Soković et al., 2009). A estas podemos ainda juntar a ferramenta “5 Porquês” e a sua variante “5W2H”.

A metodologia usada nesta dissertação tem por base a implementação de algumas dessas ferramentas, que são apresentadas de seguida.

### 2.3.2. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA foi promovido por W.E. Deming a partir dos anos 1950, no Japão, e caracteriza-se pelo modo simples e sistemático com que orienta as pessoas na implementação de ações que visam a mudança, a resolução de problemas ou a implementação de projetos. A sigla PDCA, do inglês, “*Plan*”, planejar “*Do*”, executar “*Check*” verificar, “*Act*”, actuar, representa a metodologia basilar para o desenvolvimento deste trabalho (Pinto, 2013).



**Figura 2.3.** As 4 etapas da metodologia PDCA.

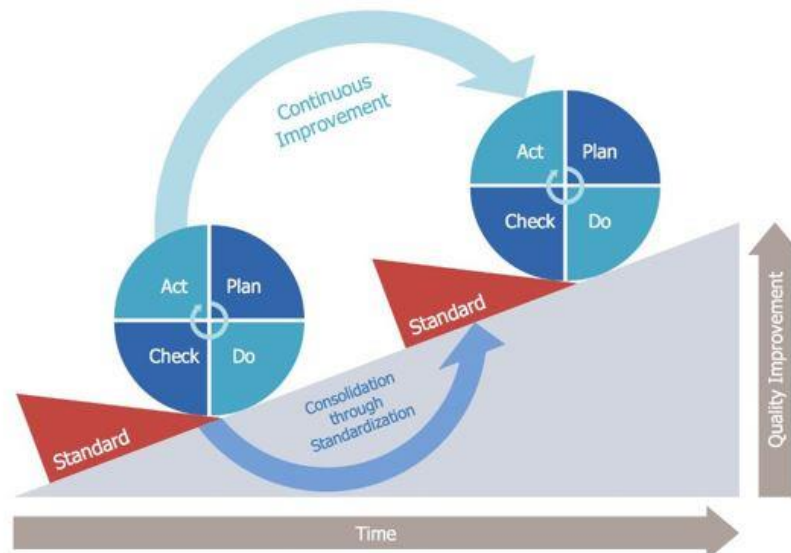
Como ilustrado na figura 2.3, o ciclo apresenta quatro etapas fundamentais:

**Planear:** nesta fase ocorre a identificação de anomalias presentes no processo, para o qual é pensado um plano de melhorias que permita aumentar a sua eficiência.

**Executar:** esta fase consiste na execução do plano de melhoria delineado.

**Verificar:** efectuar uma análise comparativa entre os valores correspondentes aos parâmetros estabelecidos e os valores correspondentes aos parâmetros reais.

**Actuar:** agir consoante os resultados: padronizar operações em caso de sucesso ou voltar a percorrer o ciclo caso o *output* seja passível de ambiguidades que não permitam confirmar o sucesso da implementação (Ferreira, 2019).



**Figura 2.4.** Ciclo de melhoria contínua PDCA.

De uma forma sucinta o ciclo PDCA pode ser tomado como a consolidação de um processo produtivo através da standardização de operações conseguida pela instituição de ações de melhoria.

### 2.3.3. Os 5 porquês

Os 5W (*five why's* ou cinco porquês) é uma das ferramentas de melhoria contínua aplicada para descobrir a causa raiz de um problema. Consiste em perguntar porquê até que a verdadeira causa do problema seja identificada. Em vez de focalizar nos efeitos ou simplesmente considerar as causas aparentes, os 5W incentivam a pesquisa da origem dos problemas para que, depois, sejam apontadas soluções que permitam erradicar os mesmos (Pinto, 2013).

A fórmula 5W2H, (*who*) quem, (*what*) o quê, (*where*) onde, (*when*) quando, (*why*) porquê, (*how*) como e (*how much*) quanto, pode ser encarada como uma variante da metodologia 5W que auxilia na estruturação de planos de ação para a resolução de problemas num processo produtivo.

Esta ferramenta apresenta-se como uma solução simples e intuitiva o que a torna uma alternativa prática e viável de ser aplicada diariamente numa empresa.

#### **2.3.4. Overall Equipment Efficiency (OEE)**

Uma das actividades considerada importante para atingir níveis de excelência está relacionada com a medição do desempenho dos equipamentos. Medir o desempenho de um processo fornece informações vitais sobre o estado do processo e permite a tomada de decisões envolvendo ações com vista a melhorar o desempenho de bens/equipamentos (De Ron & Rooda, 2006).

Interessa sublinhar que os indicadores de *performance* (KPI, do inglês *key performance indicators*) são ferramentas de gestão que permitem realizar a medição e avaliar o consequente nível de desempenho.

Numa situação ideal, um processo seria capaz de produzir 100% do tempo a 100% da capacidade com uma produção de 100% de boa qualidade. A diferença entre uma situação ideal e a situação real é determinada por inúmeros tipos de perdas. Esse quadro é traduzido pelo OEE (Boehme, 2008).

O OEE é o indicador usualmente tomado como referência nas empresas para medir a eficiência de um equipamento e para identificar perdas que serão encaradas como oportunidades de implementação de ações de melhoria.

É fruto de três indicadores: Disponibilidade, performance e qualidade.

A disponibilidade do equipamento é obtida pela razão entre o tempo de operação real e o tempo de operação planeado, para a totalidade das horas, em que está previsto o seu funcionamento.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de operação efectivo}}{\text{Tempo de operação planeado}} \quad (2.1)$$

A *performance* do equipamento é dada pela razão entre a quantidade, real, de matéria-prima produzida, e a quantidade prevista durante a totalidade do período do seu funcionamento.

$$Performance = \frac{Produção\ efectiva}{Produção\ planeada} \quad (2.2)$$

A qualidade da matéria prima produzida é calculada retirando a percentagem de material defeituoso à totalidade da produção.

$$Qualidade = \frac{Produção\ total - Produção\ defeituosa}{Produção\ total} \quad (2.3)$$

O OEE é então dado por:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade. \quad (2.4)$$

Embora útil em qualquer linha, o OEE deve ser prioritário no equipamento “gargalo” como via a identificar oportunidades para maximização do seu rendimento e consequente aumento do rendimento global da fábrica (Boehme, 2008).

Segundo *Nakajima Seiichi* um valor ideal de OEE deve ser superior a 80% (Costa, 2018).

### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

#### 3.1. Sonae Arauco – O Grupo

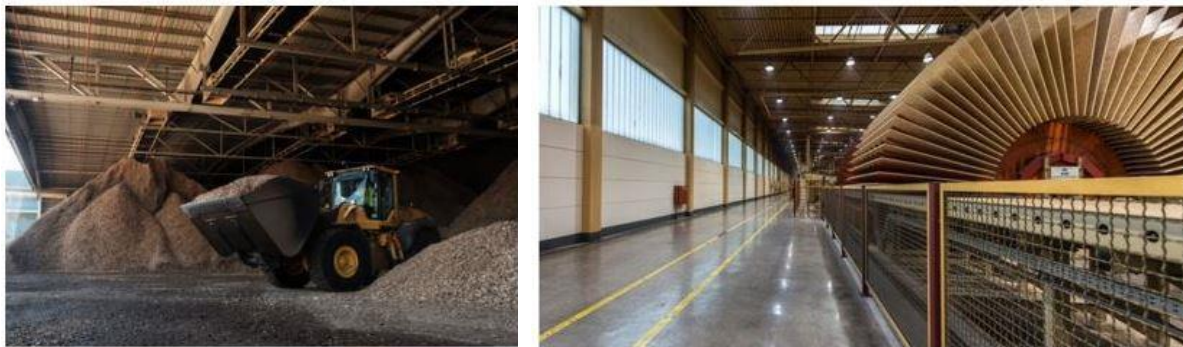
Fundada em 1959, a Sonae Indústria é uma empresa multinacional de painéis derivados de madeira. Do norte de Portugal chegou a todo o mundo, desenvolvendo produtos para as indústrias de mobiliário, construção e decoração. Criada, no Chile, em 1970 a Arauco é um dos maiores produtores e gestores de recursos florestais em todo o mundo.

Fruto de uma união entre estas duas empresas, em 2016, nasce a Sonae Arauco, uma das principais empresas mundiais de painéis de madeira aglomerada.

A sua missão é oferecer soluções derivadas de madeira que promovam a inovação, elevem o *design* e a qualidade dos seus produtos para o setor mobiliário e de *design* de interiores oferecendo às pessoas soluções de valor acrescentado com múltiplas possibilidades de aplicação que melhorem a sua qualidade de vida.

Com cerca de 23 unidades industriais e comerciais, distribuídas por 9 países, a empresa conta com aproximadamente 3000 colaboradores de 25 nacionalidades. Com um alcance de mercado bastante significativo, os seus produtos são exportados para 75 países. Contam com uma capacidade de produção de cerca de 4200 milhões de m<sup>3</sup> que catapultam a empresa para um volume de negócios próximo de 800 milhões de euros.

Na Figura 3.1 podem ver-se algumas zonas de “chão de fábrica” da empresa:



(a)

(b)

**Figura 3.1.** (a) Armazém de estilha; (b) Arrefecedores de placas de aglomerado.

Na primeira imagem (Figura 3.1a) podemos observar um armazém de estilha pronta a ser inserida no processo. A segunda imagem (Figura 3.1b) é ilustrativa de uma parte final do processo (acabamento) onde as placas são colocadas nos “arrefecedores” que se mantêm a rodar, e desta forma dissipam o calor até ser atingida a temperatura ambiente no produto final.

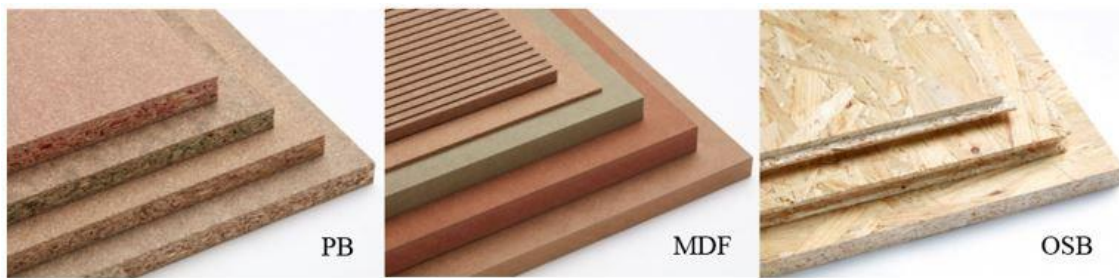
### **3.1.1. Volume de negócios**

No ano de 2019 a Sonae Arauco apresentou um volume de negócios de aproximadamente 750 milhões de euros onde a margem de contribuição foi de 247 milhões, atingindo um valor de EBITDA de 65 milhões de euros. É importante sublinhar que a empresa transitou de um lucro de 24 milhões em 2018 para um valor de 1,3 milhões em 2019. No ano de 2020 a Sonae Arauco apresentou um volume de negócios de aproximadamente 670 milhões de euros e uma margem de contribuição na ordem dos 225 milhões, atingindo um valor de EBITDA de 63 milhões de euros e um lucro tangencial de 0,3 milhões.

### **3.1.2. Produtos**

O negócio da empresa Sonae Arauco assenta na produção e comercialização de placas de madeira aglomerada como alternativa funcional e sustentável à utilização de madeira maciça no setor mobiliário e de construção.

Podemos resumir os produtos fabricados a três categorias, consoante a sua constituição. Essas categorias são apresentadas na figura 3.2: Placas de aglomerado de partículas (PB) “*Particle Board*”, placas de aglomerado de fibras de média densidade (MDF) “*Medium density fibreboard*” e placas de aglomerado de partículas longas e orientadas (OSB) “*Oriented strand Board*”.



**Figura 3.2.** Placas de aglomerado de partículas (PB); Aglomerado de fibras de média densidade (MDF); Aglomerado de partículas longas e orientadas (OSB), Portefólio Sonae Arauco.

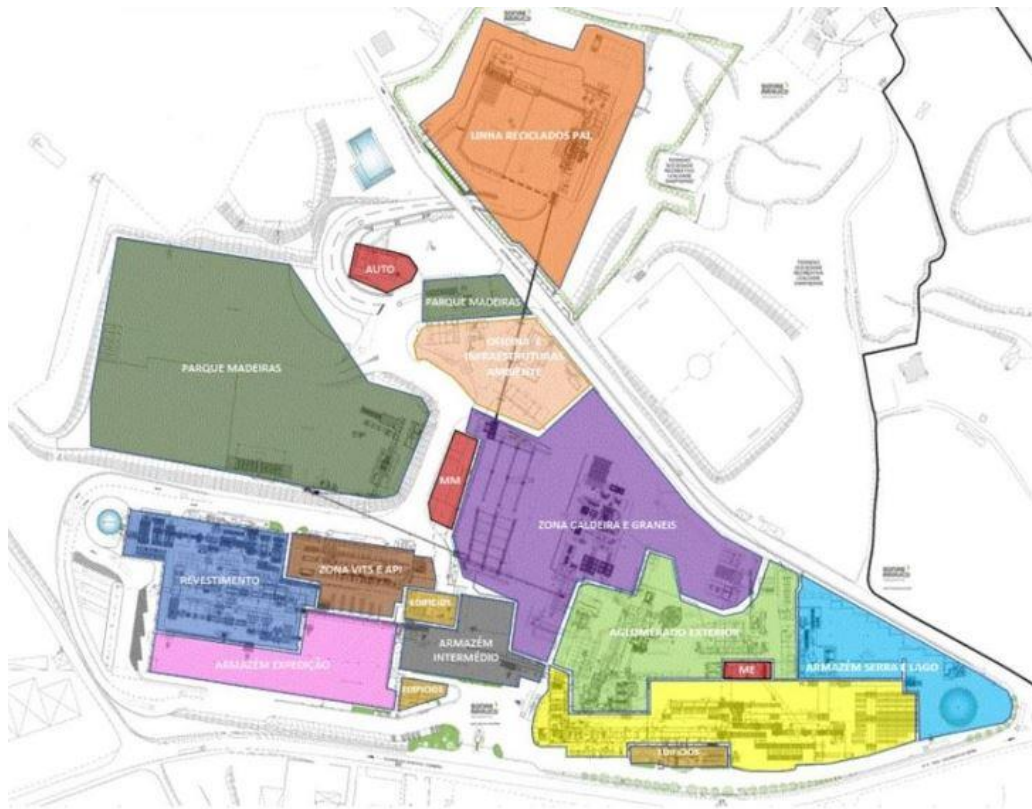
Na procura de uma solução que conferisse um valor acrescido ao produto, a empresa apostou no revestimento de uma grande parte das placas produzidas, com folhas de papel impregnado, melamina.

### **3.2. Sonae Arauco – Oliveira do Hospital**

Estabelecida no final dos anos 60, em Oliveira do Hospital, a empresa, à data, “Agloma” especializou-se em produção e comercialização de placas de madeira aglomerada. Após meio século de evolução e modernização, a, agora, Sonae Arauco, apresenta uma área equivalente a cerca de 25 hectares e conta com cerca de 250 colaboradores.

Na figura 3.3. é apresentada uma imagem planta da fábrica, ilustrativa das diferentes áreas que a constituem.





**Figura 3.3.** Planta do centro de produção de Oliveira do Hospital, Portefólio Sonae Arauco.

Em termos de processo produtivo a unidade de Oliveira do Hospital pode ser dividida em 5 grandes zonas: **Parque de madeiras** (a verde escuro na figura), onde todas as madeiras provenientes de rolaria são armazenadas e destroçadas para dar início ao processo; **Aglomerado exterior** (a roxo e verde claro na figura), onde é tratada e preparada toda a partícula que permitirá produzir as placas; **Linha Contínua** (a amarelo na figura), onde são produzidas as placas, após processo de preparação, formação e prensagem; **Revestimento** (a azul e castanho na figura), onde é conferido revestimento de papel melamínico a uma grande parte das placas produzidas. E **Linha de Reciclados** (a laranja na figura), uma unidade anexa ao processo principal da fábrica que complementa a alimentação de madeira com partículas proveniente de madeiras em fim de vida.

### 3.2.1. Unidade de tratamento de madeiras recicladas



**Figura 3.4.** Unidade de tratamento de madeiras recicladas PAL.

A unidade de tratamento de madeiras recicladas (PAL) foi um projecto piloto implementado no centro de produção da Sonae Arauco em Oliveira do Hospital no ano de 2018. Tem como objectivo o aproveitamento e incorporação de madeiras recicladas provenientes de inúmeras fontes (móveis, mobílias obsoletas, paletes, madeiras em fim de vida, etc.) na sua cadeia de produção.

Madeiras que teriam como fim um abate e/ou queima não gerando aproveitamento são utilizadas, após passarem por um processo de tratamento e limpeza, como matéria prima, são, na produção de placas de aglomerado de madeira.

### 3.2.2. O Processo

O processo de tratamento das madeiras recicladas contempla inúmeros mecanismos de refinação da madeira. A matéria-prima segue um percurso de separação gradual que a transforma em partícula purificada.

A madeira é armazenada nas instalações da empresa em forma de estilha poluída. Essa estilha é encaminhada ao topo de uma torre, dotada de vários mecanismos de transporte (redler, tela, sem-fim), dando início a um processo contínuo de tratamento da madeira por ação de gravidade.

O primeiro equipamento de separação é um separador de discos que seleciona impurezas presentes na madeira de dimensões maiores e as rejeita do processo deixando prosseguir as partículas mais pequenas. O próximo passo é a seleção e exclusão de materiais metálicos (pregos, dobradiças, etc.) ferrosos, que possam estar incluídos na matéria-prima e de materiais não ferrosos (alumínio, cobre, latão).

Após esta seleção ocorre uma seleção de partículas com carácter mais refinado através de passagens por novos separador de discos. Neste separador, a matéria prima é dividida em 4 granulometrias: finos, *micro*, *macro* e *oversize*<sup>9</sup>, sendo a distribuição feita da seguinte forma: (i) As partículas finas são sujeitas a uma limpeza por lavagem em corrente de ar, onde as partículas mais leves são separadas das mais pesadas por ação gravítica. (ii) As partículas de granulometria *micro* e *macro* são encaminhadas a uma passagem por dois separadores ópticos, respectivamente *micro* e *macro*, que têm como finalidade a separação das partículas de madeira de poluentes (corpos pesados/elementos ferrosos, plásticos, panos). (iii) As partículas de granulometria *oversize* são imediatamente rejeitadas. (iv) Por fim, há uma última seleção onde a madeira, que ainda não apresenta as condições indicadas, passa por um poço de água e é separada segundo um critério: as partículas de madeira flutuantes seguem o processo, enquanto que os elementos pesados que ficam depositados no fundo são extraídos e rejeitados.

No fim de todo este processo de separação o material tratado é depositado num armazém pronto a entrar no processo produtivo da empresa, o de fabrico de placas de madeira. Naturalmente todos os elementos metálicos, fibras, têxteis, que são extraídos ao longo do processo são rejeitados, contudo, as partículas de madeira que são rejeitadas ao longo do percurso por pertencerem a granulometrias demasiado grandes são sujeitas a novo destroçamento e reinserção no início da torre.

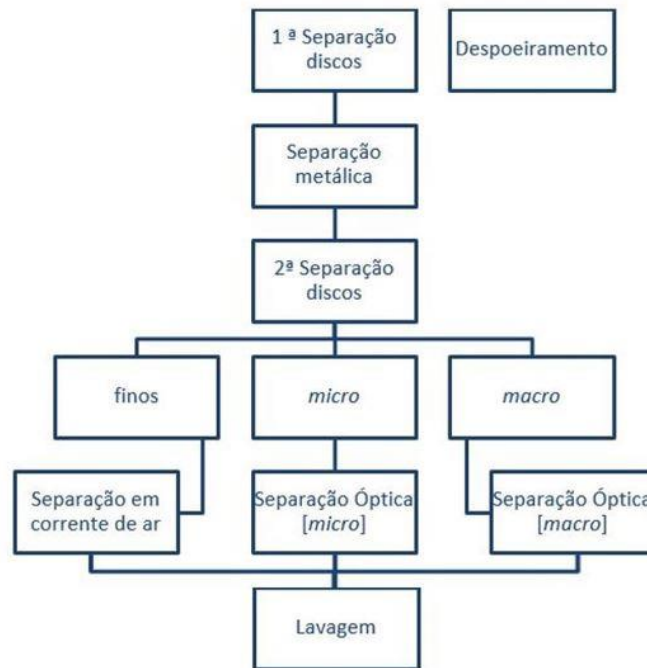
Anexo a esta cadeia está associado um subsistema de despoeiramento onde um módulo de aspirações e filtragem (filtro de mangas) permite separar elementos poluentes (sílicas, vidros, areias, pós) presentes no material. Este pó é transportado para um armazém de biomassa para reaproveitamento em queima na caldeira alimentadora da unidade industrial.

Em suma, esta unidade é um sistema cíclico de crivagens e refinamentos da madeira onde se pretende, no fim deste processo de tratamento, obter o maior número de

---

<sup>9</sup> *Oversize* → partículas de dimensão superior ao aceitável.

toneladas possível de material “virgem” e com qualidade necessária ao fabrico de placas de madeira. Na figura 3.5 é apresentado um organigrama que resume, de uma forma esquemática, o percurso da matéria prima por entre as várias estações.



**Figura 3.5.** Organigrama de processo da unidade de tratamento de madeiras recicladas.

### 3.2.3. O Equipamento

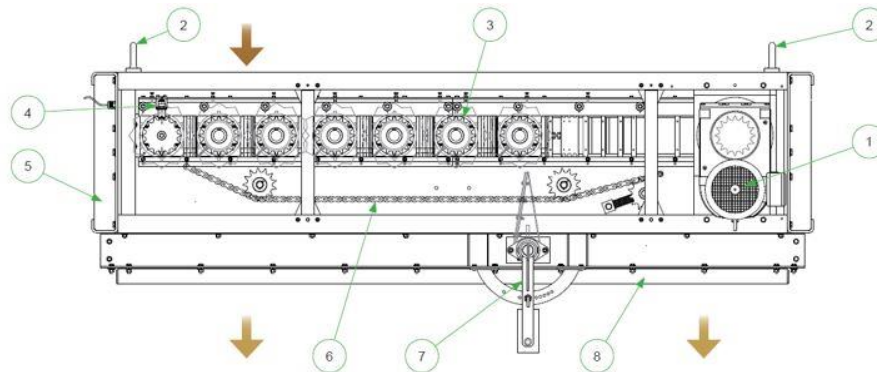
Projectada e construída em solo Italiano, pelo fabricante PAL, a torre de tratamento de madeiras recicladas (ANEXO A) tem 8 subsistemas principais de separação e crivagem da madeira. Estes subsistemas são apresentados de seguida.

#### 3.2.3.1. 1º Separador de discos [*Dynascalper*]

Esta máquina destina-se à seleção de material lenhoso reduzido em fragmentos que pode conter impurezas de vários tipos, como por exemplo papel, plástico e material ferroso.

É um crivo dinâmico composto por várias séries de rolos distanciados entre si, como se pode observar na figura 3.6, revestidos com material resistente ao desgaste e à corrosão, e por uma caixa externa com bocas de alimentação e descarga. A rotação

síncrona (mesmo sentido) dos rolos, provoca as vibrações necessárias para o transporte e separação do material.



**Figura 3.6.** 1º Separador de discos “Dynascalper”, Portefólio Sonae Arauco.

A seleção da granulometria do material é influenciada pela combinação entre a forma dos rolos, a distância (*gap*) entre eles e a velocidade de rotação dos mesmos. A distância (*gap*) estabelecida entre os rolos determina a dimensão da partícula que se pretende selecionar, pois qualquer partícula de uma dimensão superior à estabelecida não passa por entre os rolos e é rejeitada. O resultado é a seleção e divisão do material em função da granulometria pretendida. A constituição do equipamento é apresentada na tabela 3.1.

**Tabela 3.1.** Ficha técnica 1º Separador de Discos “Dynascalper”, adaptado de manual PAL.

Pos.	Descrição	Pos.	Descrição
1	Motorredutor	6	Corrente de transmissão
2	Ganchos de levantamento	7	Flap <sup>10</sup>
3	Grupo de rolos	8	Tensionador da corrente
4	Controlo da rotação	↓	Entrada de material
5	Proteção lateral	↓	Saída de material

### 3.2.3.2. Separador magnético [Metais Ferrosos]

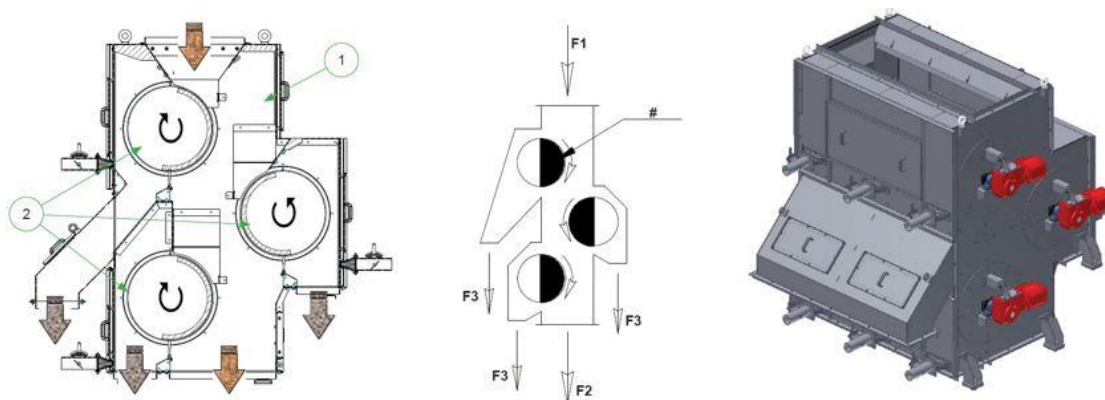
Esta máquina foi concebida para separar materiais ferrosos de materiais não magnéticos, como por exemplo *chips*<sup>11</sup> de madeira e peças lenhosas, que contêm material

<sup>10</sup> Flap → Aba

ferroso, de modo a proteger as máquinas subsequentes na linha de tratamento e garantir a limpeza e descontaminação de madeira.

É constituída por ímanes permanentes montados no interior de tambores rotativos, de modo a criar campos estacionários com uma amplitude de mais de  $180^\circ$  em relação ao invólucro externo, que é construído em material não magnético.

O fluxo de material (F1) (figura 3.7) que atravessa a máquina entra continuamente em contacto com os tambores rotativos e, enquanto por efeito da força de gravidade a parte não magnética (F2) tende a cair, as partículas ferrosas são atraídas pelas superfícies dos tambores até serem expulsas através das tremonhas laterais (F3).



**Figura 3.7.** Separador magnético (metais ferrosos), Portefólio Sonae Arauco.

**Tabela 3.2.** Ficha técnica Separador Magnético (metais ferrosos), adaptado de manual PAL.

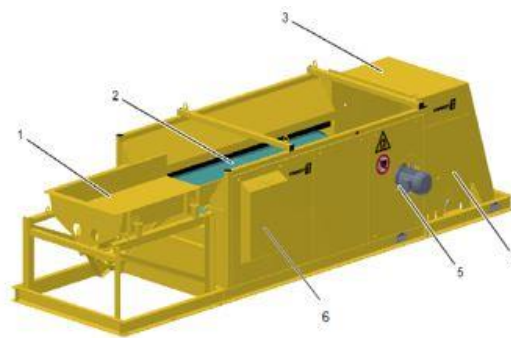
Pos.	Descrição	Pos.	Descrição
1	Carcaça	F1	Entrada de material
2	Tambores magnéticos	F2	Saída de material
#	Parte magnética fixa do tambor rotativo (ímã)	F3	Saída de material ferromagnético poluente

<sup>11</sup> Chips → pequenos pedaços de madeira, “bolachas”.

### 3.2.3.3. Separador por indução [Metais Não Ferrosos]

O separador de metais não ferrosos, (figura 3.8), funciona de acordo com o princípio das correntes de Foucault. É caracterizado pelo sistema de pólos magnéticos excêntricos, ajustável. Neste separador existe um sistema de pólos de magnetismo permanente e de rápida rotação.

Devido à alta frequência de variação dos campos magnéticos são produzidas correntes nas peças metálicas não ferrosas. Por seu lado, estas produzem campos magnéticos, cujo efeito é oposto no exterior. As peças metálicas não ferrosas são então projetadas para fora da restante corrente de material. A constituição do equipamento é apresentada na tabela 3.3.



**Figura 3.8.** Separador por indução (metais não ferrosos), Portefólio Sonae Arauco.

**Tabela 3.3.** Ficha técnica Separador por Indução (metais não ferrosos), adaptado de manual PAL.

Pos.	Descrição
1	Alimentação de material
2	Percurso da cinta
3	Saída de material
4	Saída de material (vértice)
5	Acionamento do sistema de pólos excêntrico
6	Acionamento da esteira transportadora

### 3.2.3.4. 2º Separador de discos [Dynascreen]

É um crivo dinâmico bastante semelhante ao 1º separador, composto por várias séries de rolos distanciados entre si. A distância (*gap*) estabelecida entre os rolos determina a dimensão da partícula que se pretende selecionar, qualquer partícula de uma dimensão superior à estabelecida não passa por entre os rolos e é rejeitada. Neste equipamento é

efectuada a separação em 4 categorias de partícula: finos, *micro*, *macro* e *oversize*. Esse percurso pode ser observado na figura 3.9 e com auxílio da tabela 3.4.

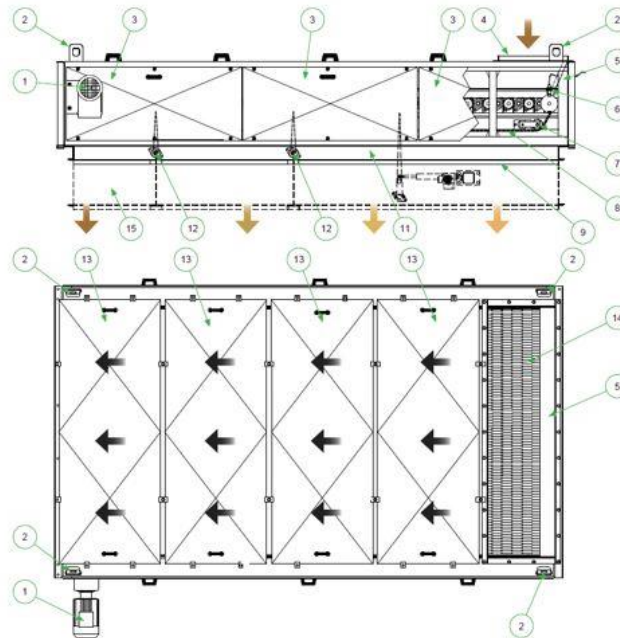


Figura 3.9. 2º Separador de discos “Dynascreen”, Portefólio Sonae Arauco.

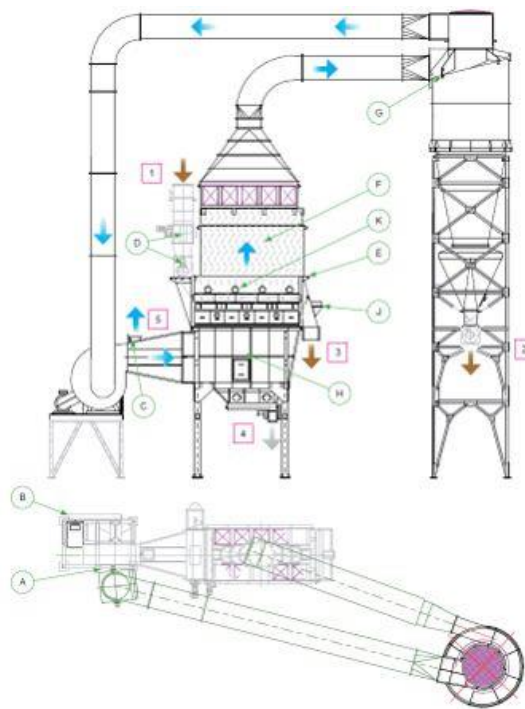
Tabela 3.4. Ficha técnica 2º Separador de Discos “Dynascreen” adaptado de manual PAL.

Pos.	Descrição	Pos.	Descrição	Pos.	Descrição
1	Motorreductor	8	Corrente de transmissão	15	União do suporte do <i>flap</i>
2	Ganchos de levantamento	9	Flange de descarga	↓	Entrada de material
3	Proteção lateral	10	Acionador do movimento <i>flap</i>	↓	Saída de material (fino)
4	Manilha de alimentação	11	União de suporte do <i>flap</i>	↓	Saída de material (médio fino)
5	Rampa da boca de alimentação	12	<i>Flap</i>	↓	Saída de material (médio)
6	Controlo da rotação	13	Proteção Superior	↓	Saída de material grosso
7	Tensionador da corrente	14	Grupo de rolos	←	Direção do fluxo do material



### 3.2.3.5. Peneiro de vento [*Wind Sifter/Air Grader*]

O objectivo da máquina, exposta na figura 3.10, é a separação das partículas de madeira da areia e dos corpos pesados por lavagem em corrente de ar. A máquina foi projetada e construída para processar partículas de material lenhoso em forma de fragmentos milimétricos. Utilizando como meio separador o ar para a sustentação das partículas, a máquina permite a separação de partículas de diferentes dimensões, regulando a intensidade do fluxo de ar, o que determina a sustentação das partículas desejadas e aceites, as quais serão transportadas para o ciclone.






**Figura 3.10.** Peneiro de vento “*Air Grader*”, Portefólio Sonae Arauco

O funcionamento da máquina pode ser resumido da maneira seguinte:

- O material (1) é introduzido pela entrada por uma válvula rotativa e por um sem fim de distribuição;
- O material (1) é distribuído na câmara de lavagem (E) por pentes rotativos/oscilantes;
- O ar proveniente do ventilador (B) distribui-se uniformemente na câmara inferior (H), atravessa o produto (1) na câmara de lavagem;

- O produto limpo (2) sobe com a ajuda do ar ao longo das câmaras em labirinto (F) e é decantado pelo ciclone (G);
- A areia (4) é decantada no corpo inferior (H) e recolhida pelo sem fim de evacuação da areia;
- Os corpos pesados (3) atravessam a câmara de lavagem e são eliminados por meio da válvula do *Reject*;
- O fluxo de ar é regulado pela válvula (A) e pelo esvaziamento (C) do ar usado (5).

**Tabela 3.5.** Ficha técnica Peneiro de Vento “*Air Grader*”, adaptado de manual PAL.

Pos.	Descrição	Pos.	Descrição	Pos.	Descrição
A	Válvula	G	Ciclone de separação	3	Partículas rejeitadas
B	Ventilador	H	Câmara de recolha de areia e difusão de ar	4	Poluentes pesados
C	Tomada com descarregamento do ar	J	Deflector final de regulação da velocidade de descarga das partículas	5	Ar usado a filtrar
D	Sistema de alimentação	K	Deflectores de regulação do fluxo de ar		Fluxo do ar
E	Elemento de lavagem	1	Partículas poluídas		Fluxo do material
F	Labirinto de decantação	2	Partículas aceites		Fluxo de areia

### 3.2.3.6. Separadores ópticos [*Cyclop Micro/Cyclop Macro*]

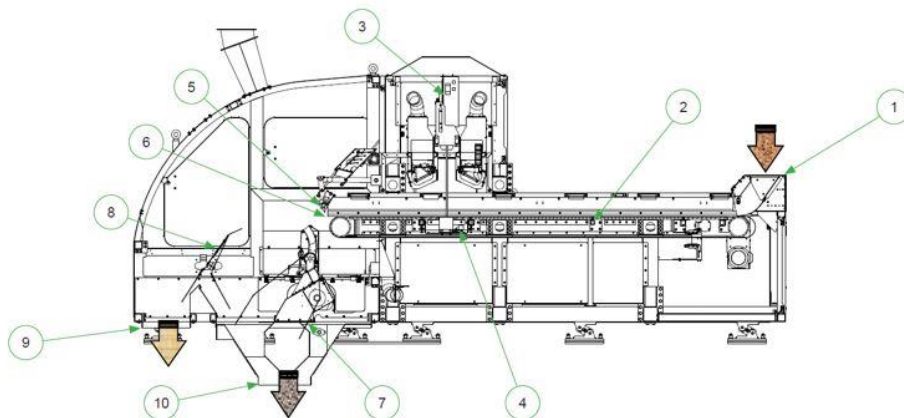
A máquina foi concebida e construída com a finalidade de separar partículas de madeira de poluentes, tais como corpos pesados e/ou ferrosos, e/ou plásticos contidos nas mesmas. O material, introduzido na máquina através da boca de carregamento (1), é encaminhado pelo tapete de transporte (2) para a câmara de seleção. Aqui, dependendo da configuração da máquina, poderá ser submetido a até três tipos de seleção:

**Seleção dos elementos plásticos.** O sistema de deteção ótica (3), constituído por uma telecâmara, uma série de projetores de luz e um grupo de arrefecimento e limpeza dos projetores, interceta a posição desses elementos plásticos no tapete, determinada analisando o espectro de frequência. No momento em que a posição do tapete intercetada alcança o ponto de queda do material (6), abre-se a eletroválvula do sistema de seleção (5) relativa a essa posição: o elemento plástico detetado é assim atingido por um jato de ar

comprimido, que o faz cair no descarregamento dos materiais poluentes (10). O material não selecionado continua a sua deslocação para o sistema de deteção de elementos pesados (7), ou para o descarregamento (9).

**Seleção dos elementos metálicos.** O sistema de deteção magnético (4), constituído por uma série de sensores indutivos, montados numa barra, interceta a posição dos elementos metálicos no tapete. No momento em que a posição do tapete intercetada alcança o ponto de queda do material (6), abre-se a eletroválvula do sistema de seleção (5) relativa a essa posição: o elemento metálico detetado é assim atingido por um jato de ar comprimido, que o faz cair no descarregamento dos materiais poluentes (10). O material não selecionado continua a sua deslocação para o sistema de deteção de elementos pesados (7), ou para o descarregamento (9).

**Seleção dos elementos pesados.** Depois de caído do tapete, e submetido à seleção ótica e/ou indutiva, o material encontra e atravessa o fluxo de ar do sistema de seleção de elementos pesados (7), constituído por um ventilador e uma tremonha de descarregamento dividida por abas (8), que desvia a trajetória de queda da parte de material mais leve (normalmente madeira) para o descarregamento (9), enquanto o material mais pesado (por exemplo pedras, inertes, etc.) cai no descarregamento (10), seguindo a trajetória mais curta imposta pela força de gravidade.



**Figura 3.11.** Separador óptico “Cyclop”, Portefólio Sonae Arauco.

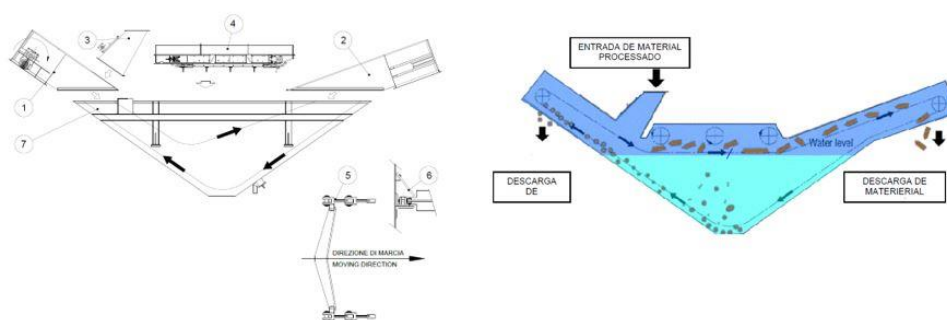
**Tabela 3.6.** Ficha técnica Separador Óptico “Cyclop”, adaptado de manual PAL.

Pos.	Descrição	Pos.	Descrição
1	Tremonha de carregamento	6	Ponto de queda do material do tapete
2	Tapete de transporte	7	Sistema de seleção de elementos pesados por meio de ar
3	Sistema de deteção óptica para elementos plásticos	8	Aba
4	Sistema de deteção indutiva para elementos metálicos	9	Descarregamento do material limpo
5	Sistema de seleção de elementos plásticos e metálicos por meio de ar	10	Descarregamento do material poluente

### 3.2.3.7. Poço de água [Water Pit]

Esta máquina, (figura 3.12) é constituída principalmente por uma estrutura de suporte em aço de carbono, que age como um tanque que contém água e que é utilizada para separar o material a ser tratado, dos poluentes. Tem os seguintes elementos aparafusados nas duas extremidades superior da estrutura, respectivamente: A cabeça de descarga de poluentes de um lado e a cabeça para a descarga de material limpo, do outro.

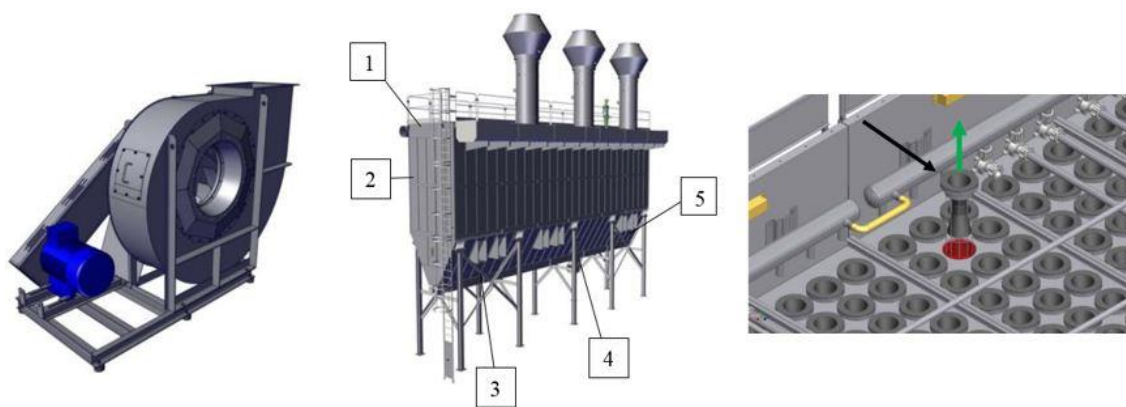
Na parte superior central do tanque existe um sistema de transporte motorizado, cujo movimento desloca as partículas flutuantes para a descarga de material limpo. O material pesado cai para o fundo e, em seguida, é intercetado por transportadores que se movem na direção de descarga de poluentes. A sua constituição pode ser observada com recurso à tabela 3.7.

**Figura 3.12.** Poço de água “Water Pit”, Portefólio Sonae Arauco.

**Tabela 3.7.** Ficha técnica Poço de Água “Water Pit”, adaptado de manual PAL.

Pos.	Descrição	Pos.	Descrição
1	Cabeça de transmissão	5	Correntes de transferência
2	Cabeça de eixo secundário	6	Proteções de borracha
3	Triturador de carga	7	Depósito
4	Agitador motorizado	▶	Direção do movimento

### 3.2.3.1. Grupo filtrante [Despoeiramento]

**Figura 3.13.** Grupo filtrante do sistema de despoeiramento, Portefólio Sonae Arauco.

A bateria filtrante (2) de mangas, apresentada na figura acima, é uma máquina que é utilizada para supressão de pós provenientes do processo. É um filtro automático com limpeza de tecido filtrante com ar forçado em contracorrente. Os elementos filtrantes são constituídos por um conjunto de cestos e mangas onde o ar limpo é insuflado dentro de cada célula e desliza nas mangas provocando a filtragem da madeira em contracorrente, de dentro para fora da manga. O material recolhido cai no fundo do sistema, nas tremonhas de recolha (3). No fim do ciclo de limpeza, o fluxo de limpeza interrompe-se e o compartimento recomeça a depuração das emissões poluentes. Na tabela 3.8 é apresentada de uma forma resumida a composição do equipamento “filtro de mangas”.

**Tabela 3.8.** Ficha técnica Filtro de Mangas, adaptado de manual PAL.

Pos.	Descrição
1	Bateria de lavagem
2	Bateria filtrante
3	Tremonha de descarga
4	Boca de descarga
5	Tomada de entrada

## 4. TRABALHO DESENVOLVIDO

### 4.1. Estado de condição inicial

#### 4.1.1. Análise Gráfica

Foi efectuada uma análise da disponibilidade da torre com vista a perceber os principais causadores de paragens que levam à redução do *uptime* da cadeia (APÊNDICE A). Fruto dessa análise são apresentados alguns grafismos que ajudam a perceber o nível de desempenho da unidade.

Na Figura 4.1. representa-se um estudo de tempos de paragem provocados apenas por problemas de manutenção: avarias e mal funcionamentos de carácter mecânico ou eléctrico. Procedeu-se a essa análise, tomando em consideração o seu rendimento num período de quatro meses antecedentes ao início da dissertação. Este estudo é útil ao departamento pois permite a identificação de todos os subsistemas que careçam de melhorias técnicas ou tecnológicas.



**Figura 4.1.** Análise de disponibilidade historial PAL.

Como podemos constatar pela figura 4.1, a disponibilidade da unidade, apresentou uma quebra notória no mês de Janeiro atingindo o valor mais baixo dos quatro meses. O valor médio da disponibilidade deste período, 90%, representa o ponto de partida deste trabalho já que marca o *set-point*<sup>12</sup> que deverá sofrer o aumento necessário e possível para que a unidade apresente um rendimento elevado e constante.

Na Figura 4.2 representa-se uma análise às horas de inactividade vividas na linha de madeiras recicladas, provocadas por paragem por motivo mecânico ou eléctrico.



**Figura 4.2.** Motivo de paragem.

Como podemos constatar, a maioria das paragens ocorridas são originadas por motivos mecânicos, no entanto, é importante sublinhar a diferença entre motivo de paragem e motivo de avaria. Naturalmente, inúmeras paragens são provocadas por motivos de cariz eléctrico já que a informação do mal funcionamento dos equipamentos é transmitida aos operadores através de unidades eléctricas (sensores, disjuntores) contudo, isso não é indicador da natureza da avaria.

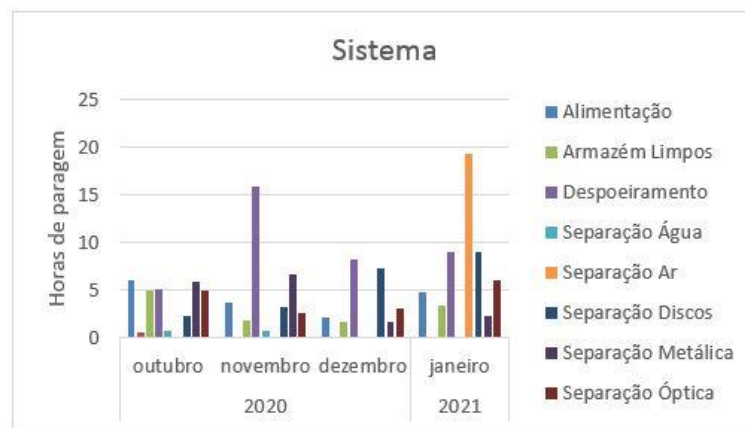
Para esclarecer a diferença entre estes dois conceitos apresenta-se o exemplo seguinte: Todos os motores eléctricos da unidade estão protegidos por um quadro de disjuntores. Quando um equipamento de transporte (cinta/redler/sem fim) sofre algum tipo de encravamento ou dosagem excessiva de material, o motor eléctrico entra em sobrecarga, e essa sobrecarga de corrente gera um sobreaquecimento no equipamento que é monitorizado pelo relé térmico correspondente. Este relé térmico comunica com o contactor que corta o fluxo de corrente e dispara o disjuntor do motor como medida de segurança.

<sup>12</sup> *Set-point* → Ponto de ajuste, ponto que serve como referência.



Neste caso a paragem é causada por um motivo eléctrico, já que para o equipamento voltar a funcionar é necessária uma intervenção de um técnico para rearmar o circuito eléctrico, contudo, a avaria está na maioria das vezes, relacionada com um problema mecânico. Assim, é importante incutir e estimular esta sensibilidade aos demais para que se tenha clara, a noção da diferença entre os conceitos de motivo de paragem e motivo de avaria.

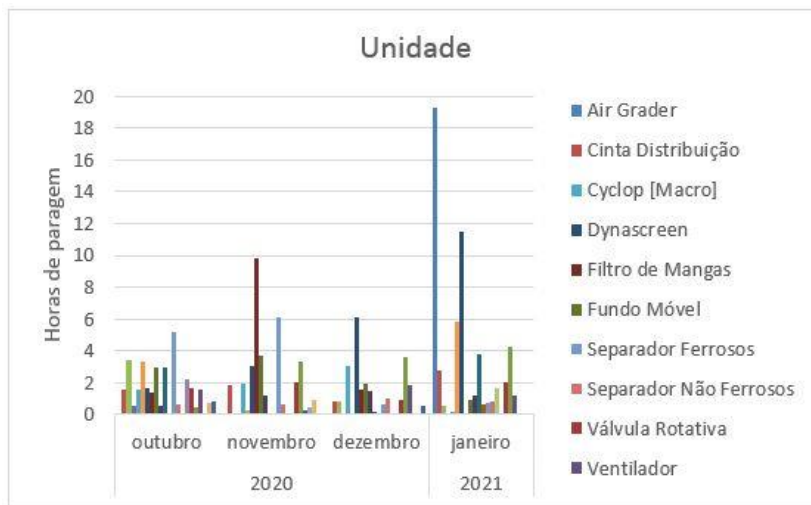
Na análise que se segue são expostos os perfis de comportamento dos subsistemas e unidades funcionais da linha de reciclados através das Figuras 4.3 e 4.4, respectivamente.



**Figura 4.3.** Distribuição de horas de paragem focalizadas/por sistema.

Ao longo destes meses foram recorrentes os problemas associados ao sistema de despoeiramento, estando aqui englobados danos em válvulas rotativas e sistemas de aspiração deficientes, que provocaram avarias em equipamentos a jusante na cadeia produtiva.

No mês de janeiro a unidade sofreu incidências duradouras no sistema de separação por lavagem em corrente de ar, no equipamento *Air Grader*. Para além destas ocorrências de carácter pontual não deve tomar-se de uma forma leviana o aparecimento constante de maus funcionamentos nos sistemas de separação metálica, de separação de discos e de separação óptica, já que mitigações destas ocorrências nestes pontos da unidade levariam a um aumento de *performance* significativo.



**Figura 4.4.** Distribuição de horas de paragem por unidade funcional.

Dada a dimensão da unidade PAL seria pouco esclarecedora, para os leitores alheios ao processo, a discriminação de paragens por sistema, deste modo foi construída uma análise das unidades críticas do equipamento. Naturalmente as unidades críticas estão associadas aos sistemas críticos identificados anteriormente.

Num ponto de situação inicial o 2º separador de discos juntamente com todos os mecanismos de transporte que lhe estão associados apresentam um cenário muito preocupante no panorama geral. Na mesma situação temos a unidade filtrante e a unidade de separação metálica (Separação de materiais ferrosos/Separação de materiais não ferrosos).

#### 4.1.2. Análise Crítica

O 2º separador de discos (*Dynascreen*) é claramente o maior causador de paragens na unidade. Estas paragens devem-se essencialmente a encravamentos de matéria prima, que impedem o correto movimento dos rolos e comprometem a sequência de operações da torre. Uma grande parte destes encravamentos são devidos a dois factores: uma grande percentagem de humidade na madeira, que torna a matéria-prima um material pastoso e consequentemente difícil de crivar, e uma dosagem deficiente da madeira pelo tramo de rolos da máquina, o que gera uma grande acumulação de material nas partes laterais do equipamento.

O grupo filtrante tem-se apresentado, ao longo destes meses, como crítico devido a inúmeros factores: excessivas quantidades de pó ficarem compactadas nas mangas filtrantes impossibilitando o seu funcionamento, ruído e vibrações que provocam danos nos equipamentos de ventilação e transporte de material.

A última unidade digna de relevo pelo carácter crítico, crónico, que tem apresentado desde a construção da unidade são os separadores de materiais ferrosos. Os elementos metálicos que são seleccionados e rejeitados nestas máquinas são propícios à criação de danos nos equipamentos, entre os quais, danos estruturais por impacto das peças nas carcaças, encravamentos por peças de grandes dimensões, e danos nas cintas transportadoras provocadas por pregos, ferros e outras peças.

#### 4.1.3. *Key Performance Indicators* Iniciais (KPI's)

A performance da unidade encontra-se relacionada com a frequência de rotação dos elementos transportadores (Sem fim) responsáveis pela alimentação da torre. Uma maior frequência de rotação destes elementos está associada a um maior caudal de madeira tratado por hora e desta forma a um desempenho melhor da unidade.

No tratamento do parâmetro relativo à qualidade foi feita uma estimativa com base na percentagem de material rejeitado e tomado como referência o valor de 94,5 %. Este será o valor utilizado ao longo de todo o trabalho.

Os valores de *performance* recolhidos junto do gabinete técnico responsável por esta unidade são apresentados na tabela seguinte (4.1):

**Tabela 4.1.** KPI's Iniciais

Mês	Disponibilidade [%]	<i>Performance</i> [%]	Qualidade [%]	
Outubro	90,03	95,50	94,5	
Novembro	90,13	90,24	94,5	
Dezembro	93,35	92,83	94,5	
Janeiro	87,26	82,23	94,5	OEE [%]
Valor Médio	<b>90,19</b>	90,20	94,5	<b>76,88</b>

Embora a unidade viesse a apresentar uma tendência positiva, com a subida de 3% no valor de disponibilidade no mês de dezembro, após dois meses de grande estabilidade, sofreu em Janeiro uma queda bastante acentuada (~<sup>13</sup> 6%). Esse decréscimo deveu-se maioritariamente a problemas de carácter eletrónico, em sensores nas unidades “*Air Grader*” e “*Cyclop micro*” e a recorrentes encravamentos na válvula rotativa de separação de fibras.

Como referido em (2.4):

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade.$$

Efectuado esse cálculo, existem condições para expor o desempenho recente da estação de tratamento de madeiras recicladas, através de dois indicadores (tabela 4.2):

**Tabela 4.2.** Estado de condição inicial

Estado de condição Inicial	
Disponibilidade	OEE
90 %	77 %

Na Tabela 4.2 são apresentados os valores médios, relativos ao período de tempo analisado (Outubro 2020-Janeiro 2021), de disponibilidade e OEE. Estes valores serviram como ponto de partida e como referência para uma análise comparativa que esclarecesse a posição final e a tendência sentida durante o percurso correspondente ao trabalho desenvolvido.

## 4.2. Identificação de causas raiz

Com vista a organizar, de uma forma sumária, a informação relativa às debilidades da unidade, foi elaborado um diagrama de *Ishikawa* com as lacunas apresentadas pelo processo e pelo equipamento. Como se pode constatar pela Figura 4.5, foram definidos cinco parâmetros para a constituição deste grafismo: Processo, equipamento, mão-de-obra,

<sup>13</sup> ~ → aproximadamente

material e meio ambiente. Estes são os factores entendidos como principais causadores de *downtime* na linha e as causas são apresentadas no diagrama da Figura 4.5.

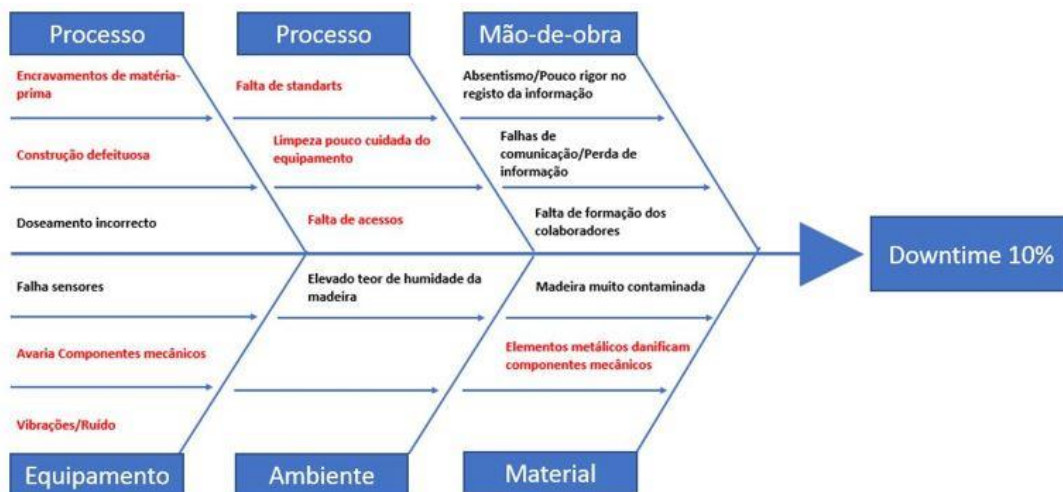


Figura 4.5. Diagrama de Ishikawa linha de reciclados

Com a finalidade de perceber e clarificar os problemas a que a unidade está exposta, procedeu-se a uma descrição detalhada das causas das paragens sofridas e das suas consequências no processo produtivo da empresa:

**Processo:**

O processo de tratamento de madeiras recicladas sofreu uma melhoria enorme ao longo destes 2 anos de funcionamento, contudo apresenta-se ainda débil em alguns pontos. A fraca qualidade do projecto e construção da geometria da linha provoca várias paragens na unidade. Algumas destas paragens são prolongadas por ausência de acessos e outros factores que geram difícil manutibilidade. Um doseamento incorrecto (sobre doseamento) é passível de provocar vários encravamentos que podem originar uma queda acentuada da disponibilidade.

**Equipamento:**

Como referido em cima, a fraca qualidade do projecto e a construção deficiente são motivos de muitos problemas na unidade. O facto de o ambiente de trabalho ser de extrema

contaminação e conter poluentes robustos (metálicos, sílicas, vidros) provoca danos críticos nos componentes mecânicos (máquinas e estruturas) por impacto, desgaste e por geração de vibrações. Esses equipamentos encontram-se na maioria das vezes subdimensionados.

### **Mão-de-obra:**

O papel dos operadores, no bom funcionamento da unidade, é fulcral. Uma despreocupação com a limpeza dos equipamentos dá aso a eventuais paragens por encravamento de matéria prima. A falta de standardização de métodos de trabalho e registo de informação, pelos vários operadores, tornam, por vezes, ambíguo e pouco eficiente o processo de identificar a origem dos problemas ao departamento de manutenção.

### **Material:**

A qualidade do material que entra no processo pode influenciar a disponibilidade da unidade em muitos minutos ou mesmo horas de paragem. O facto de a estilha ter uma elevada percentagem de contaminantes e apresentar poluentes de granulometrias elevadas torna as máquinas suscetíveis a encravamentos, que podem ser difíceis de resolver, e podem também causar danos nos componentes que tornam o equipamento incapaz de cumprir a sua função.

### **Meio Ambiente:**

As condições meteorológicas apresentam grande influência no processo de tratamento das madeiras. Na procura por um melhor funcionamento da unidade o departamento de manutenção enfrenta constrangimentos que podem ser identificados como problemas de sazonalidade.

Uma grande parte dos encravamentos de matéria-prima são gerados pelo elevado teor de humidade na madeira (>40%), quer isto dizer que com a recorrência da exposição do material a ambientes húmidos, a partícula ganha um carácter pesado e pastoso que dificulta

o seu transporte, reduz a eficiência do tratamento de separação e filtragem e propicia encravamentos.

### 4.3. Análise 5 porquês

Com base na informação recolhida do acompanhamento, monitorização diária e tratamento de dados da unidade, foi possível identificar subsistemas críticos da unidade. Esta informação demonstrou-se valiosa para a uma melhor identificação e compreensão da origem dos problemas.

Na tabela seguinte (4.3) é apresentada uma análise de 5 porquês efectuada no âmbito desta dissertação:

**Tabela 4.3.** Análise 5 porquês.

<b>Problema</b>	<b>1º Porquê ?</b>	<b>2º Porquê ?</b>	<b>3º Porquê ?</b>	<b>Proposta de ação</b>
Válvulas rotativas deformadas	Alhetas Subdimensionadas	Sobrecarga	Acumulação fibras	Reforço estrutural das alhetas
Encravamento matéria-prima [Separador ferrosos]	-	-	-	Criação de acessos que garantam facilidade e rapidez no desencravamento
Encravamento matéria-prima [Dynascreen]	Acumulação material nas zonas laterais	-	-	Criação de pontos de ferramentas de 1ª necessidade
Extravaso de poluentes metálicos [Separador ferrosos]	Abas laterais separadas do transportador de tela	-	-	Instalação de aventais fixos em transportador de tela
Vibrações no sistema despoeiramento	Presença poluentes metálicos	Aspirações defeituosas (sobredimensionadas)	Proximidade ao transportador de tela	Afastamento do tubo de aspiração [Separador não ferrosos]
Vibrações no sistema despoeiramento	Sobrecarga de material	Ausência de decantação	Sistema de aspiração	Instalação de ciclone (estação intermédia)

			directa	
Encravamento matéria-prima [Transporte de pó]	Estrutura de descarga subdimensionada	Falta de capacidade de transporte	Material pouco denso	Alteração estrutural do sem fim de descarga
Deformação plástica e rotura de Redler	Desalinhamento	Saída de posição para fora da roda dentada	Ausência de suporte de corrente	Instalação de bases guias

Na análise acima exposta, foram desconstruídos os problemas de maneira a que se conseguisse identificar as causas ou razões que levavam a cada erro de funcionamento do equipamento.

De notar que na maioria das vezes não é necessário atingir o “5º Porquê” na busca de catalogar os maus funcionamentos da máquina, contudo existem também situações onde não se encontra resposta imediata para os problemas vividos e nesse caso deve agir-se no sentido de se mitigar essas ocorrências até se encontrar solução para a sua eliminação.

É exemplo o caso de encravamentos no separador de metais não ferrosos, onde foi tomada a acção de construir acessos que garantissem fácil e rápido desencravamento na tentativa de atenuar o impacto destas paragens.

Os encravamentos no sem fim de transporte de pó para alimentação à caldeira demonstraram-se recorrentes numa fase final da dissertação e a situação foi identificada como consequência de vários problemas, nomeadamente baixa densidade do material tratado. Um sem fim é um transportador volumétrico e não mássico. Isto significa que este é dimensionado para um débito volúmico pré-definido e alterações na composição do material alteram a quantidade de material transportada.

Com a utilização de uma matéria prima com grande percentagem de madeira pouco densa, a capacidade máxima do transportador é atingida sem se conseguir uma extração de um caudal mássico pretendido e neste sentido o subsistema foi catalogado como subdimensionado. O facto de esta tremonha ter uma “boca de descarga” com um diâmetro pequeno juntamente com o facto de dispor de um dispositivo de expressor (*sprinkler*<sup>14</sup>) a humidificar a matéria-prima, tornava a zona de saída do sem fim uma zona crítica para

<sup>14</sup> *Sprinkler*→Sistema de expressão de água que abate partículas de pó sentidas no ar.



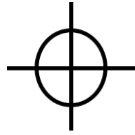
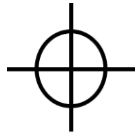
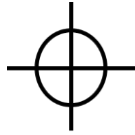
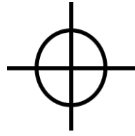
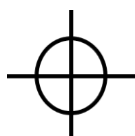
colmatação e encravamentos de material, encravando todo o circuito a montante deste equipamento.

A última nota retrata a quebra de uma corrente de arrastos (*redler*) que deformou plasticamente e entrou em ruptura provocando uma paragem de 3 dias na unidade. Esta ocorrência seria evitável com a instalação de bases guias no carroto movido do equipamento.

#### 4.4. Plano de acções

Na tabela 4.4 é apresentado o plano de acções definido no âmbito desta dissertação:

**Tabela 4.4.** Plano de Acções.

Problema	Ação	Responsável	Fecho	PDCA
Válvulas rotativas deformadas	Reforço estrutural das alhetas	Jorge Baptista	12/02/21	
Encravamento matéria-prima [Separador ferrosos]	Criação de janelas que permitam fácil acesso para desencravamento	Ricardo Petinga	12/02/21	
Extravaso de poluentes metálicos [Separador ferrosos]	Instalação de aventais fixos em transportador de tela	Ricardo Ventura	23/03/21	
Vibrações no sistema despoeiramento	Afastamento do tubo de aspiração [Separador não ferrosos]	Ricardo Ventura	09/04/21	
Encravamento matéria-prima [Transporte de pó]	Alteração estrutural da zona de descarga	Nuno Tavares	24/06/21	





O plano de ações apresentado (ANEXO B) contém o problema identificado, a ação definida, o técnico delegado como responsável pela execução da alteração e a data de fecho dessa mesma alteração. A, organização de uma forma estruturada, de um plano de ações, garante uma manutenção bem planeada e definida.

Este documento torna-se um arquivo importante para consultas posteriores, revelando-se útil em situações como consulta para standardização da alteração a outros equipamentos da mesma natureza.

### 4.5. Implementação de acções de melhoria

Na tabela seguinte (4.5) são apresentadas as ações de melhoria desenvolvidas no âmbito desta dissertação:

**Tabela 4.5.** Ações de melhoria implementadas

Antes	Depois	Descrição
		<p>Reforço estrutural de válvulas rotativas</p>
		<p>Criação de janelas para maior facilidade de acesso/desencravamento</p>

		<p>Aplicação de aventais laterais fixos em transportador de tela</p>
		<p>Melhoria de vias de aspiração</p>
		<p>Alteração estrutural de sem fim transportador de pó</p>

No parágrafo seguinte são salientadas as alterações técnicas feitas ao equipamento:

- A válvula rotativa da 1ª alteração sofreu um reforço estrutural tendo-lhe sido soldada uma extensão nas abas da alheta. As alhetas compreendiam nesses pontos as zonas de maior deformação e com o reforço executado o equipamento ficou munido de maior robustez.
- Os separadores magnéticos (esq e dir), foram equipados com 2 janelas cada. Estes acessos visam mitigar o tempo de paragem numa ocorrência de encravamento de material.
- As vias de aspiração dos separadores por indução (esq e dir), foram alteradas de maneira a reduzir o seu sobredimensionamento. Ao subir/afastar a boca de aspiração do tapete, pretende-se que o sistema deixe de aspirar peças metálicas, perigosas ao funcionamento dos equipamentos a jusante na cadeia, e aspire apenas o “pó de madeira”.

• A última alteração passa por abrir um rasgo no corpo do sem fim que promova um débito de caudal ótimo, evitando encravamentos por acumulação de material. Esta alteração estrutural garante um descongestionamento de uma extração de material que se tem apresentado de baixa densidade propiciando uma acumulação de material no sistema de despoeiramento (filtro de mangas/ciclone de mangas) muito grande.

## 4.6. Monitorização de vibrações

### 4.6.1. O Sistema

O Sistema de despoeiramento da unidade é constituído por um grupo de aspirações potenciadas por 3 ventiladores, como indicado na figura 4.6, que promovem o transporte de material entre a torre e a bateria filtrante. Esta estação tem-se apresentado problemática ao bom funcionamento da unidade e para entender o seu mau funcionamento é importante perceber como deve funcionar um filtro de mangas numa configuração clássica.



**Figura 4.6.** (a) Unidade filtrante; (b) Canais de aspiração de despoeiramento.

Um grupo filtrante clássico respeita a seguinte disposição: O filtro é estabelecido entre as bombas centrífugas/ventiladores e o ar contaminado a ser aspirado. Com esta disposição, os ventiladores promovem a aspiração, o ar poluído (neste caso com partícula de madeira) passa pelo filtro e os contaminantes são retidos nas suas mangas. Desta forma, o ar limpo é extraído pelos ventiladores e estes não são expostos à passagem de material pela sua turbina.

Como se pode observar nas Figuras 4.6, a instalação da unidade industrial de Oliveira do Hospital não apresenta essa disposição. O filtro encontra-se numa posição posterior ao grupo de ventiladores e a sequência de funcionamento é a seguinte: O grupo de ventiladores promove a aspiração da partícula de pó presente nas estações que se encontram na torre, esse ar juntamente com o material passa pelos ventiladores e é transportado para o filtro. Os ventiladores promovem uma atmosfera de depressão para a aspiração e uma atmosfera de pressão para transporte do pó até ao filtro.

Esta disposição constatou-se muito fustigante para os ventiladores devido à passagem de todo o material aspirado pelas pás das turbinas, provocando desequilíbrios e imenso desgaste.

#### **4.6.2. O Equipamento**

As grandes turbomáquinas são, normalmente, equipamentos críticos nos processos industriais, pela sua elevada velocidade de rotação que pode gerar grandes danos no equipamento.

A unidade de tratamento de madeiras recicladas foi equipada com sensores de vibração e temperatura nos seus ventiladores. Esta medida permite aos operadores monitorizarem o estado de funcionamento do equipamento através da supervisão.

Estes acelerómetros, tal como o que se se pode observar na figura 4.7, registam os valores de vibração sentida na turbina. De maneira a evitar danos no equipamento foram estabelecidos dois alarmes que levam à paragem automática do equipamento. Para velocidades superiores a 7 mm/s. é actuado o autómato responsável por desligar o motor do respectivo ventilador.

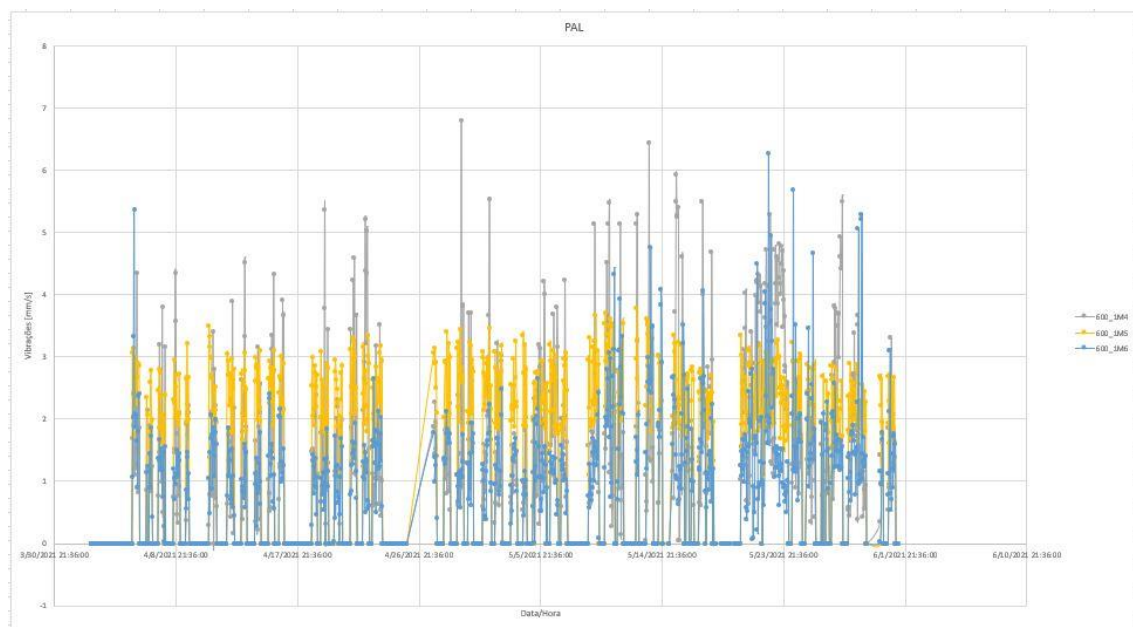
Os valores de vibração são actualizados automaticamente ao minuto e são emitidos em duas vertentes para uma tabela de controlo *excel*: •valor instantâneo por hora • valor máximo por hora. O gráfico apresentado na página seguinte apresenta os valores de vibração instantâneos, por hora.



**Figura 4.7.** Sensor de vibração e temperatura.

A monitorização e acompanhamento diário dos valores de vibrações registados nesses ventiladores permitiu identificar uma tendência evidente para a criticidade do ventilador S600-1M4.

Essa tendência para a geração de picos de vibração pode ser observada na figura seguinte (4.8).



**Figura 4.8.** Histórico de vibrações de ventiladores do despoeiramento.

A recorrência de valores elevados na tubian S600-1M4 (a cinzento no gráfico), foram identificados como fruto do sobredimensionamento de perfis de aspiração, que levam à

passagem (indevida) de materiais metálicos até este ventilador. A presença destes materiais metálicos dentro da turbina, é causadora de impactos fortes, que obrigam à paragem do equipamento, para limpeza da turbina, e provocam um grande dano na estrutura.

Como se pode observar é recorrente a presença de vibrações elevadas nessa turbina, presença em valores próximos do limite ( $\sim 7$  mm/s ) ocorrem diariamente e nalguns casos chegando a parar o equipamento cerca de 2 a 3 vezes por turno.

Foi também constatado que a passagem de material não era distribuída de maneira uniforme pelos três ventiladores: o ventilador S600-1M4 recebe o material, que aspira da torre, diretamente, enquanto que os ventiladores S600-1M5 E S600-1M6 beneficiam de mecanismos de separação intermédias que rejeitam de imediato uma grande percentagem de partículas de grande dimensão.

O facto de o ventilador S600-1M4 provocar uma aspiração direta faz com que passe uma enorme quantidade de madeira nas pás da turbina criando desequilíbrios que originam vibrações no equipamento.

O material aspirado pelo ventilador S600-1M5 passa por uma decantação intermédia provocada por um ciclone. O material aspirado pelo ventilador S600-1M6 é sujeito a uma passagem por uma válvula rotativa de separação de fibras e partículas de maior granulometria.

A solução prevista passa pela instalação de um ciclone no circuito do ventilador S600-1M4, replicando o mecanismo presente no fluxo de aspiração do ventilador S600-1M5. Com esta adaptação prevê-se que a maior parte das partículas seja decantada neste equipamento e isso faça com que o material que chega a este ventilador seja pouco e de granulometria milimétrica mitigando as ocorrências provocadas por vibrações excessivas e consequentemente permitirá aumentar o tempo de vida dos equipamentos.

## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

### 5.1. Estado de condição actual

#### 5.1.1. Análise Gráfica



**Figura 5.1.** Análise de disponibilidade PAL.

O gráfico apresentado na Figura 5.1 representa o desempenho da unidade tomando em consideração o seu rendimento ao longo do período de quatro meses correspondentes ao estágio realizado na unidade industrial.

A disponibilidade da unidade, numa fase inicial, continuou a tendência decrescente que advinha de dezembro. Contudo, numa altura em que a proatividade das intervenções de manutenção começava a fazer-se sentir, a unidade foi fustigada com vários problemas de carácter pontual e imprevisível que tiveram um impacto enorme no funcionamento da mesma.



Numa faixa alargada de tempo, a unidade apresenta uma instabilidade muito grande, característica de uma instalação protótipo que compadece de muitas fatalidades e carece de vários ajustes até apresentar um funcionamento estável.

### 5.1.2. Evolução da disponibilidade focalizada/por subsistema

De maneira a expor uma imagem mais esclarecedora e focalizada das alterações ocorridas ao longo destes meses foi elaborado um quadro (tabela 5.1) com a variação de paragens em número de ocorrências e em horas de paragem.

**Tabela 5.1.** Evolução de performance focalizada/por sistema

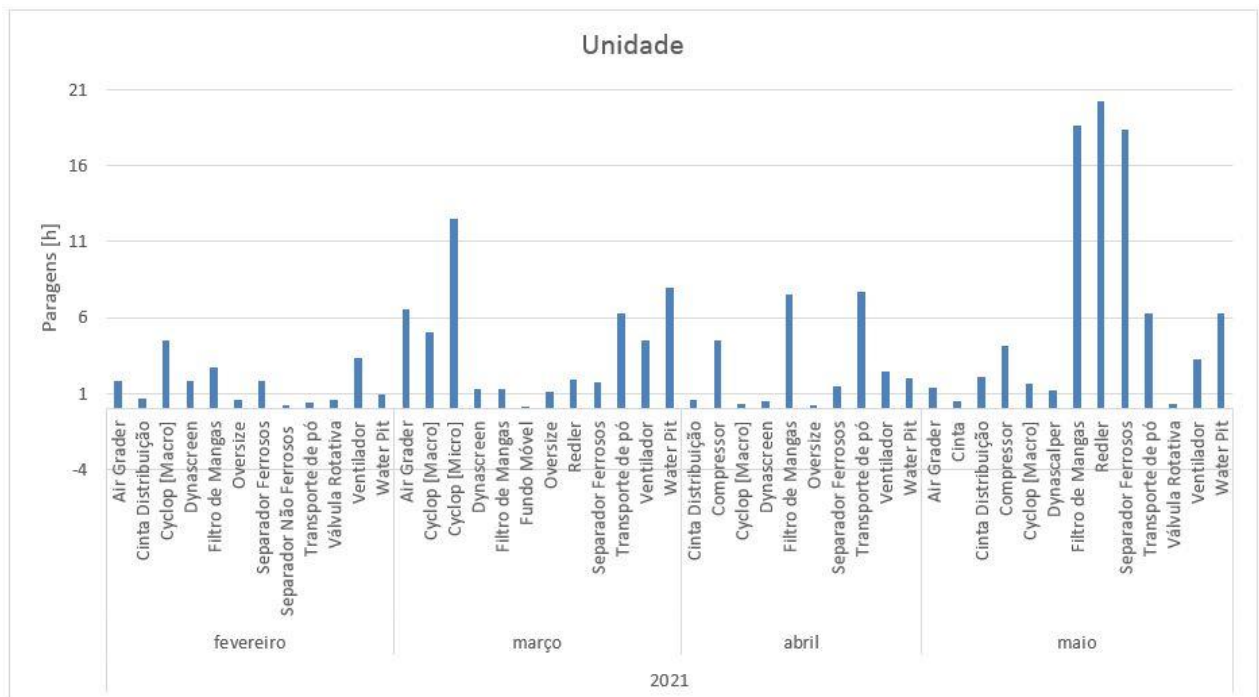
	<b>Evolução de <i>performance</i></b>			
	<b>Outubro [20] – Janeiro [21]</b>		<b>Fevereiro – Maio [21]</b>	
	<b>Paragens [nº]</b>	<b>Paragens [h]</b>	<b>Paragens [nº]/Δ</b>	<b>Paragens [h]/Δ</b>
Alimentação	61	16,51	9 / -52	22,75 / +6,24
Separação Discos	57	26,7	15 / -42	6,04 / -20,66
Separação Metálica	24	16,4	25 / +1	23,68 / +7,28
Separação Ar	6	19,3	3 / -3	9,7 / -9,6
Separação Óptica	15	16,45	27 / +12	23,53 / +7,08
Separação Água	8	1,36	17 / +9	17,2 / +15,84
Despoeiramento	60	38,13	91 / +31	64,25 / +26,12
Armazenamento limpos	33	11,73	7 / -26	5,66 / -6,07
Ar Comprimido	1	0,5	6 / +5	8,61 / +8,11

De notar que, apesar de no segundo período avaliado terem sido sentidas menos 52 ocorrências no sistema de alimentação da unidade, isso não se traduziu num ganho de horas de funcionamento. De facto, passou-se de uma situação onde ocorriam muitas paragens de poucos minutos para uma paragem que gerou 3 dias de inatividade. Estes acontecimentos são passíveis numa indústria de grande desgaste e devem ser garantidos os meios de trabalho e as condições adequadas para que a resposta seja a mais rápida e eficaz possível.

Outra nota passa pela melhoria notória do sistema de separação de discos que não foi sofredor de nenhum ajuste, mas apresentou menos 20 horas de paragem do que no primeiro período. Esta situação pode ser apresentada como resposta à questão de sazonalidade onde o funcionamento da máquina com matéria prima com baixo teor de humidade se apresenta claramente melhor do que numa situação contrária.

A última nota a realçar será sobre o maior causador de horas de paragem da unidade, o sistema de despoejamento. Apesar de ter sido alvo de muitas alterações, continua a demonstrar-se bastante problemático e apresenta-se nesta fase como o sistema de maior potencial de melhoria da unidade.

A Figura 5.2 apresenta a evolução de horas de paragem por unidade funcional ao longo do período relativo à dissertação:

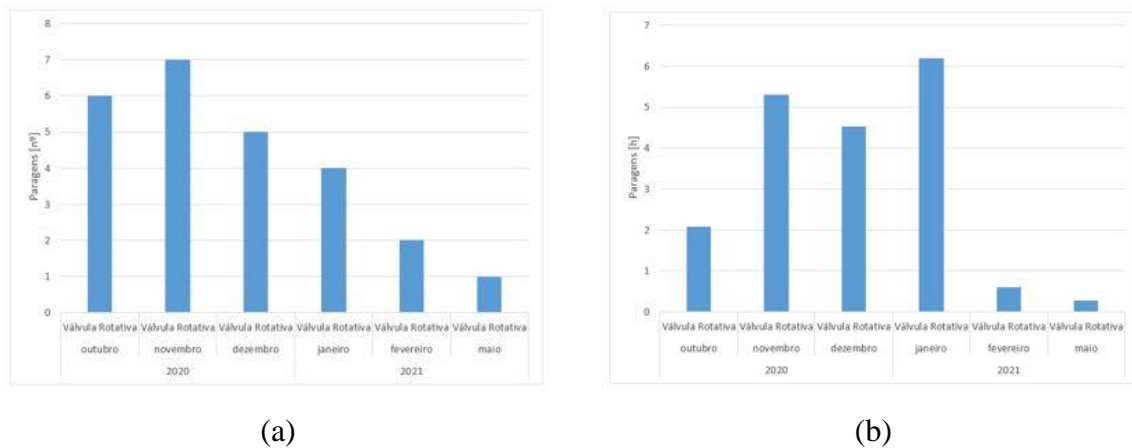


**Figura 5.2.** Perfil de tendência de paragens (em horas) por unidade funcional.

Como podemos constatar, o mês de março apresentou-se crítico para os separadores ópticos registando várias horas de paragem por motivos de substituição de consumíveis (tela) e problemas de carácter elétrico. O “*Water pit*” apresentou-se problemático por danos no equipamento fruto do desgaste do material. Uma fuga de óleo no sistema de ar comprimido acrescentou no mês de abril várias horas de paragem à unidade num mês onde já se anteviam problemas com os mecanismos de despoejamento (Filtro de

mangas/transporte de pó). Por fim o mês de Abril impôs um registo negativo bastante pesado na globalidade do período fruto de avarias de componentes mecânicos nos separadores magnéticos, fruto da ruptura de um (*redler*<sup>15</sup>), ruptura essa que provocou 3 dias de inatividade da linha e fruto novamente de inúmeros encravamentos do sistema de despoeiramento.

São apresentados na figura 5.3 dois gráficos que demonstram o impacto das alterações implantadas, em Fevereiro, em duas válvulas rotativas, da unidade, que apresentavam um comportamento crítico.



**Figura 5.3.** Paragens válvulas rotativas: (a) n° de ocorrências; (b) horas.

Podemos constatar que o número de ocorrências e horas de paragem provocadas foram praticamente nulos após a intervenção.

Informação como esta, tem uma contribuição muito importante para o bom funcionamento do *software* de gestão de manutenção Maximo que será apresentado mais a frente neste documento.

<sup>15</sup> *Redler* → Transportador de correntes de arrastos.

### 5.1.3. Evolução da disponibilidade global

#### 5.1.3.1. Key Performance Indicators actuais (KPI's)

Avaliando a unidade numa perspectiva global, o segundo período<sup>16</sup> foi pior que o primeiro período<sup>17</sup> avaliado, com um decréscimo de 3% no valor médio de disponibilidade e um decréscimo de 2 % no OEE.

Contudo, apesar dessa contribuição ter sido abafada por uma ocorrência singular de grande impacto, que propiciou um registo negativo para todo o intervalo de tempo em questão, foi possível constatar, através de uma análise focalizada e discriminada, que as ações de melhoria implementadas tiveram um impacto positivo no desempenho da unidade. Na tabela 5.2 são apresentados os indicadores de OEE correspondentes aos meses de trabalho desenvolvido.

**Tabela 5.2.** KPI's actuais.

Mês	Disponibilidade [%]	Performance [%]	Qualidade [%]	
Fevereiro	90,18	84,19	94,5	
Março	85,94	94,71	94,5	
Abril	93,97	87,50	94,5	
Maio	76,87	98,97	94,5	OEE [%]
Valor Médio	<b>86,74</b>	91,34	94,5	<b>74,87</b>

**Tabela 5.3.** Estado de condição actual

Estado de condição actual	
Disponibilidade/ $\Delta$	OEE/ $\Delta$
87 % / -3 %	75 / -2 %

Vistas isoladamente, as métricas apresentadas na tabela 5.3, são indicadores importantes do desempenho da planta, mas não fornecem uma imagem completa da

<sup>16</sup> Segundo período → Período de tempo correspondente à duração da dissertação [Fevereiro 2021-Junho 2021]

<sup>17</sup> Primeiro período → Período prévio à dissertação, avaliado como histórico [Outubro 2020-Janeiro 2021]

eficácia geral da unidade. Representam valores médios de um período (2º) numa tabela que deve ser complementada com a informação da Tabela 5.2.

#### 5.1.4. IBM Maximo

A implementação do software Maximo (ANEXO E), é um projecto piloto da unidade de Oliveira do Hospital, a ser desenvolvido em conjunto pela Sonae Arauco e pela IBM. Foi introduzido a primeira vez em 2019 na unidade de tratamento de madeiras recicladas PAL e avaliado com parecer favorável para aplicação nas restantes fábricas do grupo. É um *software* de gestão da manutenção que visa, através de uma avaliação de condição do equipamento (ANEXO F), sistemática e sustentada:

- Aumentar a eficiência do planeamento e da execução das intervenções de manutenção;
- Maximizar o rácio manutenção preventiva/manutenção correctiva;
- Promover uma desmaterialização do sistema informativo actual (eliminação do papel);
- Tratar a informação em tempo real de forma a ter um conhecimento mais próximo da situação real dos equipamentos;
- Aumentar os níveis de conhecimento documentado, da empresa;
- Melhorar a gestão de trabalhos e activos (OT's, equipamentos, consumíveis, stocks);
- Registo da agregação de histórico de intervenções.

Neste sentido o trabalho desenvolvido no âmbito da presente dissertação, apresenta-se de real interesse para a empresa visto que documenta informação que pode ser utilizada como suporte ao *software* Maximo para:

- Definir criticidade de sistemas, equipamentos e máquinas;
- Ajustar frequências de inspeção e ou manutenção de componentes, para um valor ótimo;
- Reduzir custos gerais de manutenção através de uma melhor gestão de consumíveis;
- Aumento da fiabilidade dos sistemas, redução de avarias dos equipamentos e consequente redução de *downtime*.

## 6. CONCLUSÃO

### 6.1. Notas conclusivas

No início desta jornada era claro que, apesar de nova, a unidade de tratamento de madeiras recicladas era uma linha alvo de pouca atenção, cuidado e acompanhamento, principalmente por uma questão de falta de recursos humanos, ou seja, a unidade dispunha de pouca mão-de-obra qualificada e especializada. Esse descuido gerava o aparecimento de várias disfuncionalidades e avarias que noutra situação seriam evitáveis. Após um período inicial dedicado exclusivamente a entender o processo e a máquina, foram identificadas e corrigidas várias lacunas técnicas e tecnológicas que levaram a um melhor funcionamento da torre.

Com a informação recolhida, foram identificados, estudados e catalogados inúmeros mal funcionamentos da linha. Este esmiuçar do processo e da unidade tornou os departamentos de manutenção, produção e os operadores um pouco mais esclarecidos e entrosados com os problemas da cadeia. Toda esta informação “trazida à superfície” estimula o sentido de dever e compromisso com o bom funcionamento da unidade. Os pilares de manutenção planeada e melhorias focalizadas sofreram um grande impulso e passa a ser mais recorrente e natural a programação de dias de TPM<sup>18</sup> exclusivos à linha de reciclados.

As primeiras ações de melhoria implantadas, no âmbito desta dissertação, demonstraram ter um impacto positivo no desempenho dos respectivos subsistemas e são depositadas perspectivas auspiciosas nas alterações implementadas num período pós-dissertação. O departamento de manutenção prevê que estas se apresentem responsáveis por garantirem um aumento de disponibilidade notório nos próximos meses.

Neste sentido, o trabalho efetuado foi bem conseguido visto que o principal objectivo desta dissertação foi cumprido: “identificação de ações de melhoria que gerem

---

<sup>18</sup> TPM→*Total Productive Maintenance*, dia de paragem, planeada, numa linha, exclusivamente para ações de manutenção.

um aumento da disponibilidade da unidade”. Além disso, foi criada uma dinâmica bastante proactiva em torno da unidade nesse sentido.

O trabalho efectuado ao longo deste período revelou-se também bastante prestável ao *software* de gestão da manutenção da empresa (Maximo). Com o estudo feito à unidade foi possível catalogar informação valiosa, que, ao ser inserida no sistema, lhe confere um histórico de dados tratados, útil em diversas extensões do sistema já enunciadas no subcapítulo anterior (5.1.4).

As principais dificuldades enfrentadas na realização desta dissertação foram fazer uma análise com a maior fiabilidade possível face à desinformação e perdas de informação vividas. A dimensão da unidade e a natureza da indústria tornam também o trabalho complexo visto que o carácter industrial da maquinaria exige muita disponibilidade de mão de obra e tempo de operação para que as intervenções se possam realizar.

### **6.1.1. Propostas de trabalhos futuros**

O trabalho de melhoria de processos produtivos é contínuo e neste sentido são apresentadas sugestões ao departamento de manutenção de outros estudos pertinentes para o bom funcionamento da linha de madeiras recicladas:

- Análise de viabilidade de pontos de lubrificação centralizados;
- Relação custo/benefício para a produção com aumento do número de operadores e presença permanente de técnicos mecânicos;
- Estudo de viabilidade de alteração da disposição do sistema filtrante;
- Controlo de influência da composição e percentagem de contaminantes na matéria-prima no processo produtivo;
- Estudo de disponibilidade devido a paragens de produção.

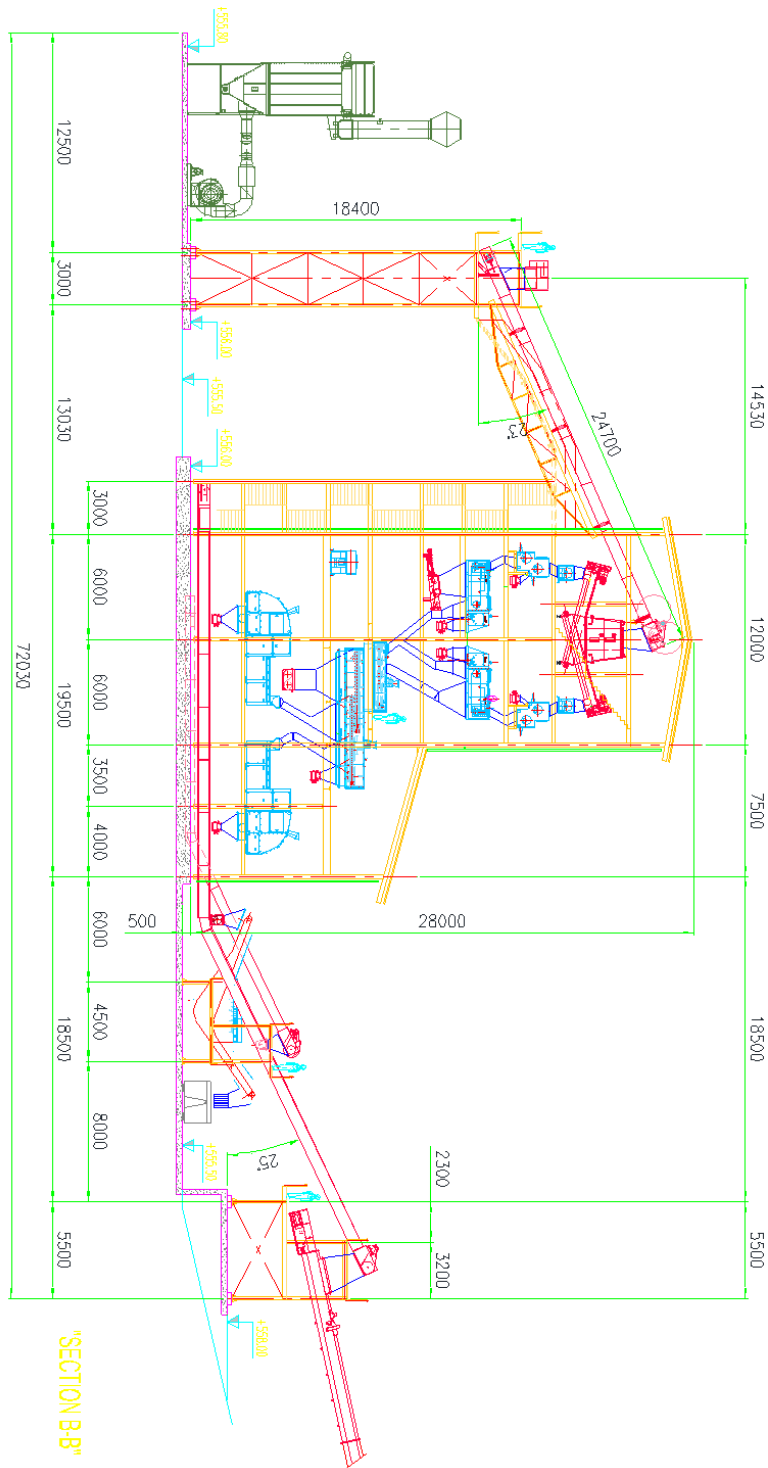
---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, F. D. (2016). *Gestão da Manutenção na Indústria* (Lidel (ed.); 1ª Edição).
- Boehme, R. (2008). Production management. *Careers in Food Science: From Undergraduate to Professional*, 209–215. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-77391-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-0-387-77391-9_19)
- British Standards Institution (BSI). (2010). *BSI Standards Publication Maintenance — Maintenance terminology*. 36.
- CEN. (2002). *Norma Europeia de Manutenção DIN EN 13306*.  
[www.ageta.lt/app/webroot/files/uploads/filemanager/File/info/EN\\_12464-1.pdf](http://www.ageta.lt/app/webroot/files/uploads/filemanager/File/info/EN_12464-1.pdf)
- Costa, B. (2018). *Implementação TPM – Manutenção Produtiva Total numa empresa de produção de derivados de madeira*.
- De Ron, A. J., & Rooda, J. E. (2006). OEE and equipment effectiveness: An evaluation. *International Journal of Production Research*, 44(23), 4987–5003.  
<https://doi.org/10.1080/00207540600573402>
- Ferreira, D. M. (2019). *Redução do desperdício de papel no processo melamínico numa empresa de produção de derivados de madeira. 1*.
- Gomes, H. (2019). *Sebenta Manutenção, documento Interno DEM*.
- Kanbanize. (n.d.). *The Continuous Improvement Model*. <https://kanbanize.com/lean-management/improvement/what-is-continuous-improvement>
- Pinto, J. P. (2013). *Manutenção LEAN* (Lidel (ed.); 1ª Edição).
- Raghavaiah, N. V, & Hariprasad, I. (2019). *Maintenance and Reliability Strategy of Mechanical*. June, 3430–3432.
- Ramalho, A. (2020a). *Manutenção, Fiabilidade Pt I*.
- Ramalho, A. (2020b). *Organização estrutural e formas de ação*.
- Soković, M., Jovanović, J., Krivokapić, Z., & Vujović, A. (2009). Basic quality tools in continuous improvement process. *Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, 55(5).
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*. A Division of Simon & Schuster, Inc.



## ANEXO A- DESENHO TÉCNICO - TORRE DA LINHA DE MADEIRAS RECICLADAS PAL

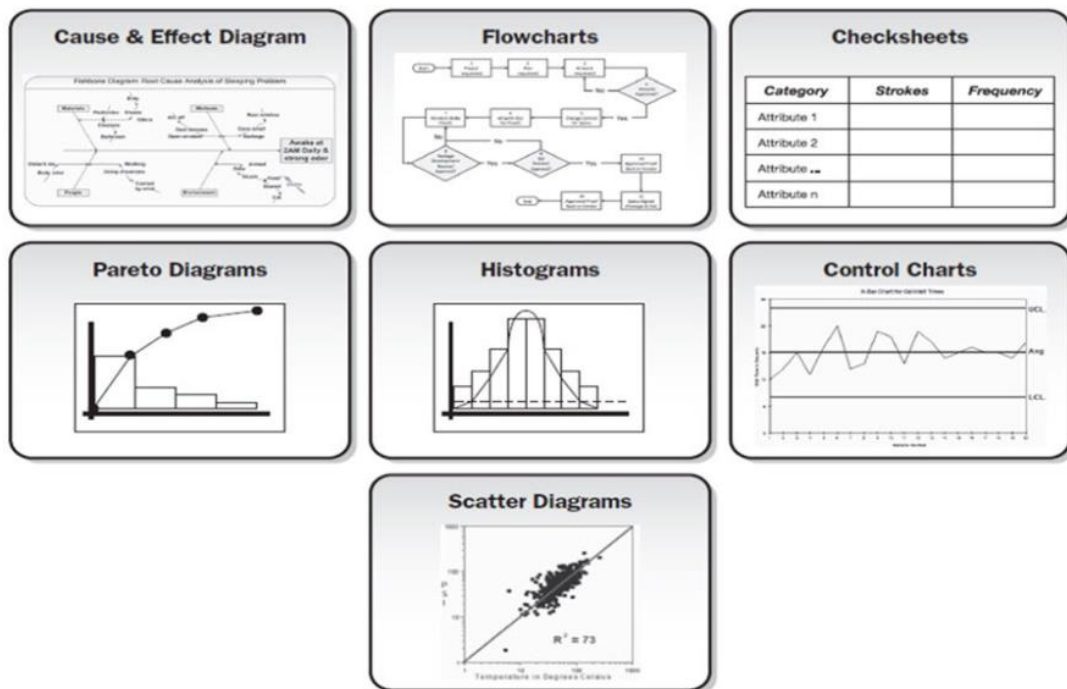


## ANEXO B-TEMPLATE PLANO DE AÇÕES

SONAE ARAUCO Taking wood further		PLANO DE AÇÕES				
Data	Problema	Ação	Responsável	Fecho	PDCA	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	
					⊕	

Página 1

## ANEXO C-FERRAMENTAS DE QUALIDADE USADAS NA MELHORIA CONTÍNUA



Seven basic quality tools (7QC tools)	Steps of PDCA-cycle				
	Plan	Do	Plan, Check	Plan, Act	Check
	Problem identification	Implement solutions	Process analysis	Solutions development	Result evaluation
Flow chart	✓			✓	
Cause-and-effect diagram	✓		✓		
Check sheet	✓		✓		✓
Pareto diagram	✓		✓		✓
Histogram	✓				✓
Scatter plot			✓	✓	✓
Control charts	✓		✓		✓

# ANEXO D-TEMPLATE RCA (XPS)

## RCA - ROOT CAUSE ANALYSIS

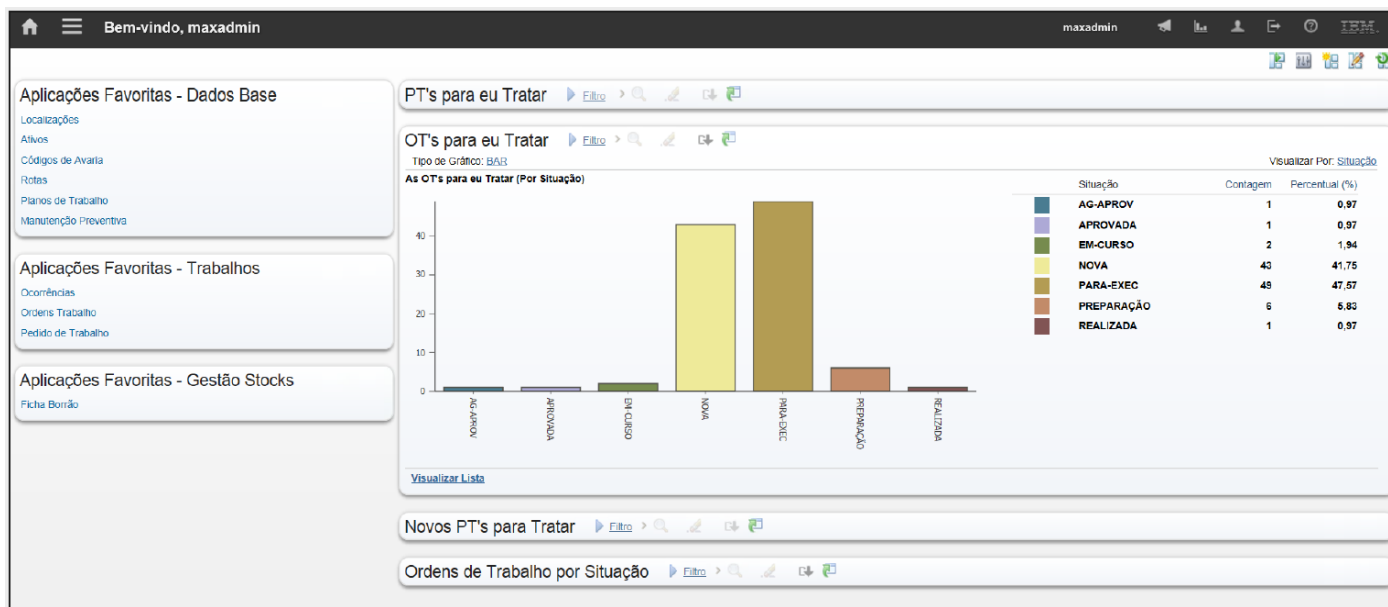
EQUIPA																																			
Lider RCA:	Nome:	Equipa:	Bruno Almeida	Luís Almeida	Carla Rodrigues					Data Ocorrência (D):	18/03/2021																								
<b>Ações de Contenção ou Imediatas sobre o Modo de Falha</b> (reparação ou ação que permita o processo produtivo continuar a funcionar até à reparação do equipamento finalizar, ex: Bypass, montar compressor móvel ou gerador)																																			
Ação de contenção realizada e data de início:																																			
Ação de contenção realizada e data de fim:																																			
<b>DESCRIÇÃO PROBLEMA</b>																																			
D+1 dia: 19/03/2021																																			
<b>Síntoma:</b> Qual o Efeito Visível? (Ex: Transportador parou)	Paragem de linha de reciclados (PAL) por alarme de feedback de um contacto.				<b>Função do equipamento em falha?</b>		As partes seguintes têm a mesma função principal e integridade dos equipamentos em caso de corte de comunicação, onde se encontra o efeito?																												
<b>Modo de Falha:</b> Avaria Visível? (Ex: Corrente Partida)	Carta DQ (Figura 3) como Led de Power off.				O correio anteriormente, o que foi detectado nas últimas ocorrências?		Sim, foram tomadas cartas seguras em hardware e software. Manuseamento e algum time de assistência para funcionar os materiais seguras.																												
<b>Quando foi detectado:</b> Dia? Turno? Equipa?	18/03/2021	Tarifa			E existe plano preventivo sobre o equipamento com ponteiro em falha? Procedimental? Última data Emissão?		não																												
<b>Quem detetou?</b> Onde foi detectado o Efeito Visível?	Operador Produção foi alertado pelo alarme de feedback de hardware (modo de falha de energia com a linha, alarme de erro de manutenção de linha (M))				Cometivas: Cometivas ou Faltas de serviço por geometria? Qual?		não																												
<b>Quanto tempo:</b> Hora Início? Hora Fim? Duração?	17:00		23:42		<b>Funcionamento Standard:</b> O equipamento está a trabalhar com E e B nas condições standard?		não																												
<b>Quanto:</b> Custo? (E tempo paragem, produtividade, peças, não de obra...)	7.220 €				<b>Outros (in formação relevante):</b> Existe e standard de reparação ou manutenção? Etc...		não																												
<b>Fotos / Desenhos Suporte:</b>																																			
					<b>Como ocorreu o problema? Sequência de acontecimentos?</b>																														
					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Horário</th> <th>Evento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17:00</td> <td>AVARIA</td> </tr> <tr> <td>17:08</td> <td>Chegada dos elementos de prevenção que já se encontravam no local.</td> </tr> <tr> <td>17:15</td> <td>Análise do problema e procura pela causa raiz. Pedido de mais elementos de prevenção para auxílio.</td> </tr> <tr> <td>18:00</td> <td>Resolução da situação ao superior hierárquico.</td> </tr> <tr> <td>20:00</td> <td>Realizado o plano de prevenção (carta segura + Carta de DQ).</td> </tr> <tr> <td>21:22</td> <td>Realização de contenção, acumulação de materiais para colocação em marcha.</td> </tr> <tr> <td>21:42</td> <td>Arranque do equipamento e colocação em marcha de linha de reciclados (PAL).</td> </tr> <tr> <td>22:00</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>23:00</td> <td>De 23 de Março, ida à linha de reciclados para diagnóstico e resbaleamento das condições standard de operação.</td> </tr> <tr> <td>23:00</td> <td>Após eliminadas as medidas de contenção e corrigido o cause raiz, a linha de reciclados voltou a ter condições para trabalhar segundo o standard.</td> </tr> <tr> <td>23:00</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>23:00</td> <td>FIN DA AVARIA</td> </tr> </tbody> </table>					Horário	Evento	17:00	AVARIA	17:08	Chegada dos elementos de prevenção que já se encontravam no local.	17:15	Análise do problema e procura pela causa raiz. Pedido de mais elementos de prevenção para auxílio.	18:00	Resolução da situação ao superior hierárquico.	20:00	Realizado o plano de prevenção (carta segura + Carta de DQ).	21:22	Realização de contenção, acumulação de materiais para colocação em marcha.	21:42	Arranque do equipamento e colocação em marcha de linha de reciclados (PAL).	22:00	...	23:00	De 23 de Março, ida à linha de reciclados para diagnóstico e resbaleamento das condições standard de operação.	23:00	Após eliminadas as medidas de contenção e corrigido o cause raiz, a linha de reciclados voltou a ter condições para trabalhar segundo o standard.	23:00	...	23:00	FIN DA AVARIA
Horário	Evento																																		
17:00	AVARIA																																		
17:08	Chegada dos elementos de prevenção que já se encontravam no local.																																		
17:15	Análise do problema e procura pela causa raiz. Pedido de mais elementos de prevenção para auxílio.																																		
18:00	Resolução da situação ao superior hierárquico.																																		
20:00	Realizado o plano de prevenção (carta segura + Carta de DQ).																																		
21:22	Realização de contenção, acumulação de materiais para colocação em marcha.																																		
21:42	Arranque do equipamento e colocação em marcha de linha de reciclados (PAL).																																		
22:00	...																																		
23:00	De 23 de Março, ida à linha de reciclados para diagnóstico e resbaleamento das condições standard de operação.																																		
23:00	Após eliminadas as medidas de contenção e corrigido o cause raiz, a linha de reciclados voltou a ter condições para trabalhar segundo o standard.																																		
23:00	...																																		
23:00	FIN DA AVARIA																																		

PROBLEMA												
Em modo de produção a partir da ocorrência (M) - Figura 07) da linha passar a alimentação para a unidade de produção (Figura 07) da linha de produção, impossibilitando a produção normal da linha de reciclados.												
I) SINÓTIPIA		VERIFICAÇÃO DAS CAUSAS DIRETAS				5 PORQUÊS				D+5 dias: 23/03/2021		
Políticas Causas que provocam o Problema - CAUSAS DIRETAS (M)		Plano ações de verificação, para identificar e não repetir a causa direta identificada.				1º Porquê	2º Porquê	3º Porquê	4º Porquê	5º Porquê	CAUSA RAIZ	Nº CAUSA RAIZ
1) Porque ocorreu?	Falha de comunicação com o dispositivo de tempo	-	-	-	RETOCA - SPQ	Causa de comunicação falha de comunicação com o dispositivo de tempo	Causa de comunicação falha de comunicação com o dispositivo de tempo	...	...	...	Afomalia nos cabos de comunicação profeta	1
	Falha de tempo monitorizada para alertar a carta	-	-	-	RETOCA - SPQ	Causa de tempo falha	Para monitorização de tempo	...	...	...	Causa de tempo de alimentação a carta	2
2) Porque não foi detectado?	A avaria não é monitorizada (sem contacto)	-	-	-	NÃO DETECTADA	...	...	...	...	...	...	...
	Não quer reportar o contacto de falha local na zona do operador	-	-	-	NÃO DETECTADA	...	...	...	...	...	...	...
3) Porque demorou tanto tempo?	A ausência de feedback de avaria de permissão para o caso de uma carta de segurança.	-	-	-	RETOCA - SPQ	Falta de feedback de avaria de permissão para o caso de uma carta de segurança.	...	...	...	...	Formação de equip técnica	3

LEGENDA: RETOCA - SPQ: RETOCA - Para eliminar nos 3 dias ou no geral após; NÃO DETECTADA: NÃO DETECTADA - Controlada como não sendo causa para o problema e não de avaria

PLANO DE AÇÕES							D+ 1 mês: 17/04/2021		
Nº	Nº Causa Raiz	Plano ações			Tipo	Observações	Res p.	Data Conclusão	Data Conclusão Real
1	1	Verificar sinal dos cabos de comunicação e se necessário substituir fiação de ligação.			AC		Bruno A.		
2	3	Elaboração de um standard de atuação para consulta das equipas técnicas.			STD		Nuno A.	9/4/2021	
3	3	Partilha do standard de atuação com as equipas técnicas.			STD		Nuno A.	9/4/2021	
4	3	Formação prática sobre "como Intervir em caso de falha de cartas seguras" com as equipas técnicas.			STD		Nuno A.	23/3/2021	23/3/2021

## ANEXO E-SOFTWARE IBM MAXIMO



**Ativos**

Consulta: Localize Ativo Selecionar Ação

Visualizar Lista Ativo Peças Sobressalentes Segurança Histórico Ficha Técnica

Ativo: 1009 \* VENTILADOR AR PILOTO PRÉ-AQUECIMENTO (412M04) Situação: ATIVO Anexos

Localização: GV01-040-070-0200 Data situação: 01-10-13 16:46

Descrição Localização: VENTILADOR AR PILOTO PRÉ-AQUECIMENTO (412M04)

**Detalhes**

Classe de Avaria: GERAL Fornecedor: Nº de Série: VT-45623 Fabricante: Data Instalação: 01-10-13

**Tempo Paragem** Modificado Por

Operacional? Modificado Por: MAXADMIN

Data do Status: 26-03-18 16:43 Data: 23-07-18 22:27

Total Paragem: 0:00

## ANEXO F-ESCALA DE DEGRADAÇÃO IBM MAXIMO

Component ID	Points of Measurement (Components)	Visual Condition Assessment (VCA) Scale	1	2	3	4	5	6	7	0	9
ET001	Bearings	Collapsed	Too hot! (can't stand it!)	Vibration and Noise	Seals or Casing Damaged	Loose	Leaking	No Issues	Not Done	Not Applicable	
ET002	Shafts	Broken	Skewed	Significantly worn out	Loose	Damaged Surface	Noisy	No Issues	Not Done	Not Applicable	
ET003	Conveyor Element - Buckets	Broken	Worn out Drum	Buckets missing or damaged	Misalignment	Noisy	No Issues	Not Done	Not Applicable		
ET004	Conveyor Element - Chain	Broken horns or chain links	Worn out forks or chains	Loose chain	Guides significantly worn out	Worn out guides	Noisy	No Issues	Not Done	Not Applicable	
ET005	Conveyor Element - Screw	Damaged shaft	Damaged or worn out screw	Noise	Loose	No Issues	No Issues	Not Done	Not Applicable		
ET006	Conveyor Element - Belt	Ripped belt	Damaged belt	Damaged Surface	Worn out edge	Misalignment	Loose	No Issues	Not Done	Not Applicable	
ET007	Conveyor Element - Rollers	Broken roller	Blocked roller	Warp	Worn out	Irregular rotation Unbalanced	Noisy	No Issues	Not Done	Not Applicable	

## APÊNDICE A-FOLHA DE CÁLCULO EXCEL

Área	Dia fabril	Início da paragem	Fim da paragem	Duração [min]	Duração [h]	Disp. [%]
239-PAL	08/05/2021	08/05/2021 08:00			0,00	100
239-PAL	09/05/2021	09/05/2021 22:20	09/05/2021 22:33	13	0,22	97
239-PAL	10/05/2021	10/05/2021 14:00	10/05/2021 15:30	90	1,50	84
239-PAL	10/05/2021	10/05/2021 15:30	10/05/2021 15:50	20	0,33	84
239-PAL	10/05/2021	11/05/2021 01:32	10/05/2021 02:16	44	0,73	84
239-PAL	11/05/2021	11/05/2021 08:50	11/05/2021 10:00	70	1,17	76
239-PAL	11/05/2021	11/05/2021 10:00	11/05/2021 13:10	190	3,17	76
239-PAL	12/05/2021	12/05/2021 22:00	12/05/2021 22:35	35	0,58	54
239-PAL	12/05/2021	13/05/2021 02:53	13/05/2021 06:00	187	3,12	54
239-PAL	13/05/2021	13/05/2021 14:00	13/05/2021 15:50	110	1,83	80
239-PAL	13/05/2021	13/05/2021 22:07	13/05/2021 22:15	8	0,13	80
239-PAL	13/05/2021	14/05/2021 02:12	14/05/2021 02:59	47	0,78	80
239-PAL	13/05/2021	14/05/2021 05:35	14/05/2021 06:00	25	0,42	80
239-PAL	14/05/2021	14/05/2021 14:39	14/05/2021 14:45	6	0,10	89
239-PAL	14/05/2021	14/05/2021 21:15	14/05/2021 22:00	45	0,75	89
239-PAL	15/05/2021	15/05/2021 08:00			0,00	100
239-PAL	16/05/2021	16/05/2021 22:00	16/05/2021 23:59	119	1,98	67

Motivo	Sistema	Unidade	Descrição	Natureza	Mês	Ano
					maio	2021
Mecânico	Despoeiramento	Ventilador	Vibrações muito altas na turbina 600	Vibrações/Ruído	maio	2021
Mecânico	Despoeiramento	Filtro de Mangas	Verificação e limpeza do filtro de mangas	Encrramento-Matéria Prima	maio	2021
Mecânico	Separação Óptica	Cyclop [Macro]	Alarme de controlo de rotação do cycl	Controlo Rotações	maio	2021
Mecânico	Despoeiramento	Transporte de pó	Encrramento da entrega pó caldeira	Encrramento-Matéria Prima	maio	2021
Mecânico	Despoeiramento	Filtro de Mangas	Paragem para verificação e limpeza do	Encrramento-Matéria Prima	maio	2021
Mecânico	Despoeiramento	Filtro de Mangas	Limpeza do filtro de mangas	Encrramento-Matéria Prima	maio	2021
Mecânico	Separação Óptica	Cyclop [Macro]	Arranque da linha as 22:35, dificuldade	Avaria Componente Mecânico	maio	2021
Mecânico	Separação Água	Water Pit	Avaria no cabeçote do redler do water	Avaria Componente Mecânico	maio	2021
Mecânico	Separação Água	Water Pit	Reparação do water pit	Avaria Componente Mecânico	maio	2021
Mecânico	Despoeiramento	Ventilador	Vibrações muito altas na turbina 600	Vibrações/Ruído	maio	2021
Mecânico	Despoeiramento	Transporte de pó	Encrramento do ciclone de mangas	Encrramento-Matéria Prima	maio	2021
Mecânico	Despoeiramento	Filtro de Mangas	Paragem da linha devido a verificação	Encrramento-Matéria Prima	maio	2021
Mecânico	Despoeiramento	Ventilador	Limpeza do ventilador 600-1M4 devido	Vibrações/Ruído	maio	2021
Mecânico	Despoeiramento	Filtro de Mangas	Paragem da alimentação às 21:15 pa	Encrramento-Matéria Prima	maio	2021
					maio	2021
Mecânico	Ar Comprimido	Compressor	Compressor sempre a disparar, sem	Avaria Componente Mecânico	maio	2021