



# Desenvolvimento de Manutenção Preventiva numa Empresa Industrial

**SÉRGIO MANUEL DA SILVA REIS ALVES**

outubro de 2020

# DESENVOLVIMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NUMA EMPRESA INDUSTRIAL

Sérgio Manuel da Silva Reis Alves  
1130548

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

## **DESENVOLVIMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NUMA EMPRESA INDUSTRIAL**

Sérgio Manuel da Silva Reis Alves  
1130548

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva e da Doutora Rafaela Carla Barros Casais.

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

## JÚRI

### **Presidente**

Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira  
Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP

### **Orientador**

Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva  
Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP

### **Coorientador**

Professora Doutora Rafaela Carlos Barros Casais  
Professora Adjunta, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP

### **Arguente**

Doutor João Carlos de Oliveira Matias  
Professor Catedrático, Universidade de Aveiro



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a toda a equipa de Manutenção da CIN, principalmente ao Engenheiro André Pinto pela oportunidade dada, e especialmente toda a equipa de manutenção, que tiveram sempre um comportamento exemplar, mostrando em todos os momentos que são excelentes profissionais.

Um especial obrigado ao Doutor Francisco José Gomes da Silva e à Professora Rafaela Carla Barros Casais pela sua disponibilidade e todo o auxílio no decorrer da realização desta dissertação.

Agradeço aos meus pais que me deram a possibilidade e me incitaram constantemente a seguir um percurso académico.

Por fim, agradeço a todos os amigos, que fiz ao longo da minha passagem pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto.



## PALAVRAS CHAVE

CMMS, Gestão da Manutenção, KPI, Manutenção Preventiva, Planeamento.

## RESUMO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do estágio final do Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial, tendo sido realizado numa empresa vocacionada para a produção e distribuição de tintas, a CIN.

Este trabalho teve como principal objetivo a implementação do planeamento e gestão da Manutenção Preventiva, com o intuito de diminuir a percentagem de manutenção corretiva efetuada, aumentar o rigor das operações de manutenção realizadas, principalmente preventivas, aumentando consequentemente a eficiência da manutenção. Adotou-se uma metodologia de investigação que se enquadra nos princípios de *Action-Research*, utilizando também ferramentas da qualidade.

Como resultado deste projeto verificou-se que no caso da percentagem por tipo de manutenção, a manutenção corretiva desceu 22,3 % no primeiro trimestre de 2020 face ao ano anterior, e a manutenção preventiva aumentou 16,7% no mesmo período homólogo. Desde o início do estágio, até à semana 15 de 2020, a disponibilidade dos equipamentos aumentou 4%, tendo o indicador do tempo médio para reparação também diminuído 12,5%. Em termos de cumprimento do plano geral de manutenção mensal, face ao planeado, houve um aumento de 3%, tendo o mesmo sido cumprido no último mês a 99%, estando incluído no plano todas as ordens de trabalho criadas. Conseguiu-se, de igual forma, reduzir os custos de manutenção em equipamentos produtivos em 13.695,16 euros relativamente ao mesmo intervalo de tempo do ano anterior, e também, através de uma análise ABC uma redução de 18.642,99 euros em artigos obsoletos que se encontravam em inventário.

Após a realização do projeto, o Departamento de Manutenção da empresa CIN, adotou a metodologia em questão, tendo a melhoria contínua do processo como foco principal visto que a indústria, o equipamento e processos estão em constante mudança. Assim, uma atualização e melhoria contínua do projeto desenvolvido é fundamental para o seu sucesso sustentado.



**KEYWORDS**

CMMS, KPI

**ABSTRACT**

*The present dissertation was developed in the scope of the final stage of the Master's Degree in Mechanical Engineering - Industrial Management, having been carried out in a company dedicated to the production and distribution of paints, CIN.*

*This work had as main objective the implementation of the planning and management of Preventive Maintenance, in order to decrease the percentage of corrective maintenance carried out, increase the rigor of the maintenance operations carried out, mainly preventive, consequently increasing the efficiency of maintenance. An investigation methodology was adopted that fits the principles of Action-Research, also using quality tools.*

*As a result of this project, it was found that in the case of the percentage by type of maintenance, corrective maintenance decreased by 22.3% in the first quarter of 2020 compared to the previous year, and preventive maintenance increased by 16.7% in the same homologous period. From the beginning of the internship until the 15th week of 2020, the availability of equipment has increased 4%, with the average time to repair indicator also decreasing 12,5%. In terms of compliance with the general monthly maintenance plan, compared to what was planned, there was an increase of 3%, with the latter having reached 99% of the monthly plan in the last month, including all created work orders in the plan. It was also possible to reduce maintenance costs for productive equipment by 13,695.16 euros compared to the same period of the previous year and also a reduction of 18,642.99 euros in obsolete items that were in inventory, making an ABC Analysis.*

*After the completion of the project, the Maintenance Department of the company CIN, adopted the methodology in question, with the continuous improvement of the process as the main focus since the industry, equipment and processes are constantly changing. Thus, a continuous update and improvement of the developed project is fundamental for its sustained success.*



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

CMMS	<i>Computerized Maintenance Management System</i>
FMP	Ficha de Manutenção Planeada
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> (Tempo Médio Entre Falhas)
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i> (Tempo Médio Para Reparação)
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Eficiência Global do Equipamento)
OT	Ordem de Trabalho
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i> (Planear-Fazer-Verificar-Agir)
PMP	Plano de Manutenção Preventiva
PNC	Produto Não Conforme
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i> (“troca de ferramentas rápida”)
SWOT	<i>Streghts, Weaknesses, Opportunities, Threats</i> (Forças ,Oportunidades, Fraquezas e Ameaças)
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total)
WCM	<i>World Class Manufacturing</i> (Metodologia de Produção de Classe Mundial)

### Lista de Unidades

h	Horas
m	Metro
$m^2$	Metro quadrado
m	minutos
s	segundos

### Lista de Símbolos

€	Euros
%	Percentagem



## GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>5S</i>	5 palavras japonesas que permitem a criação de ambientes de trabalho adequados à gestão visual e ao <i>lean production</i> assente na melhoria contínua.
<i>Downtime</i>	Quantidade de tempo que o sistema está inativo devido a uma avaria inesperada ou para fins de manutenção.
<i>Kaizen</i>	Junção de duas palavras japonesas (“ <i>Kai</i> ”, significa <i>change</i> e “ <i>zen</i> ”, significa <i>good (to be better)</i> ) que se traduzem em Melhoria Contínua. Todas as atividades levadas a cabo pelos colaboradores no sentido da melhoria do desempenho dos processos e sistemas de trabalho.
<i>Lean</i>	Filosofia de negócio que procura otimizar o funcionamento das organizações, utilizando os recursos de forma mais eficiente, eliminando as atividades sem valor acrescentado.
<i>Spare Parts</i>	Estrangeirismo para peça suplente, cuja função é substituir a perda ou avaria de uma peça de um equipamento.
<i>Setup</i>	Estrangeirismo que pode significar configuração.
<i>Stock</i>	Estrangeirismo para “inventário”.
<i>Software</i>	Sequência de instruções escritas que são interpretadas por um computador.



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - INSTALAÇÕES CIN VALENTINE, SAU. ....	4
FIGURA 2 - FASES DA METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO ACTION-RESEARCH. ....	6
FIGURA 3 - EVOLUÇÃO DA TERMINOLOGIA DA MANUTENÇÃO NO TEMPO. ADAPTADO DE (KARDEC & NASCIR, 2009). ....	16
FIGURA 4 - CLASSIFICAÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE MANUTENÇÃO SEGUNDO A NORMA NP EN 13306:2010 – TERMINOLOGIA DA MANUTENÇÃO. ....	19
FIGURA 5 - OS OITO PILARES DO TPM (ADAPTADO DE (SINGH ET AL., 2013)). ....	21
FIGURA 6 - PRESSUPOSTOS DE UM KPI (ADAPTADO DE (WIKTORSSON & TURUNEN, 2018). ....	24
FIGURA 7 - OITO TIPOS DE DESPERDÍCIO (ADAPTADO DE: NUNES ET AL,2015). ....	27
FIGURA 8 - <i>LEAN MAINTENANCE ROADMAP</i> (ADAPTADO DE (MOSTAFA ET AL., 2015)). ....	30
FIGURA 9 - PROCESSO PRODUTIVO. ....	38
FIGURA 10 - VISTA LATERAL (ESQUERDA) E SUPERIOR (DIREITA) DE UM EXEMPLO DE DISPERSOR. ....	39
FIGURA 11 - ORGANIZAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO. ....	40
FIGURA 12 - ORGANIZAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO, FÁBRICA BARCELONA. ....	41
FIGURA 13 - CENÁRIO REAL. ....	43
FIGURA 14 - CENÁRIO A IMPLEMENTAR. ....	43
FIGURA 15 - CENÁRIO A IMPLEMENTAR (3 OT'S PARA 1 OT). ....	44
FIGURA 16 - METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO ADOTADA. ....	47
FIGURA 17 - ILUSTRAÇÃO DO CONCEITO DE <i>BRAINSTORMING</i> . ....	49
FIGURA 18 - ANÁLISE SWOT. ....	49
FIGURA 19 - DIAGRAMA CAUSA EFEITO DE AVALIAÇÃO DAS CAUSAS PARA A BAIXA TAXA DE CUMPRIMENTO DO PMP. ....	50
FIGURA 20 - ESQUEMA DA POLÍTICA DE GESTÃO DE <i>STOCKS</i> . ....	51
FIGURA 21 - ESQUEMA DA POLÍTICA DE GESTÃO DE ARMAZÉM. ....	51
FIGURA 22 - PROPORÇÃO DE VALOR EM PEÇAS DE REPOSIÇÃO NO ARMAZÉM. ....	52
FIGURA 23 - ANÁLISE ABC DE <i>SPARE PARTS</i> DO ARMAZÉM DE MANUTENÇÃO. ....	53
FIGURA 24 - PERCENTAGEM INDIVIDUAL DE <i>SPARE PARTS</i> RELATIVAMENTE ÀS EXISTENTES EM ARMAZÉM. ....	54
FIGURA 25 - ORDENS DE TRABALHO VIA <i>TABLET</i> . ....	56
FIGURA 26 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA VERSUS CORRETIVA NO PRIMEIRO TRIMESTRE DE 2019 E 2020. ....	57
FIGURA 27 - ILUSTRAÇÃO DO MTBF ENTRE JANEIRO E MARÇO DE 2020. ....	58
FIGURA 28 - COMPARAÇÃO TRIMESTRAL MTTR. ....	59
FIGURA 29 – COMPARAÇÃO TRIMESTRAL DA DISPONIBILIDADE DOS EQUIPAMENTOS. ....	60
FIGURA 30 – COMPARAÇÃO PERCENTUAL DO CUMPRIMENTO DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA. ....	60
FIGURA 31 - CUSTOS DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS. ....	61
FIGURA 32 - TIPOS DE MANUTENÇÃO - AVALIAÇÃO TRIMESTRAL - 2020. ....	62
FIGURA 33 - TIPOS DE MANUTENÇÃO - AVALIAÇÃO TRIMESTRAL - 2019. ....	62



## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - DESCRIÇÃO DE CADA FASE DA METODOLOGIA ACTION-RESEARCH.	6
TABELA 2 – SÍNTESE DE ARTIGOS CIENTÍFICOS.	12
TABELA 3 – VISÃO GERAL DAS GERAÇÕES DA MANUTENÇÃO (ADAPTADO DE (MOUBRAY, 1997)).	17
TABELA 4 – CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO SEGUNDO A NP EN 13306:2010.	19
TABELA 5 - PILARES DO TPM (ADAPTADO DE (SINGH ET AL., 2013)).	21
TABELA 6 – DESIGNAÇÃO DOS PRESSUPOSTOS DE UM KPI (ADAPTADO DE (WIKTORSSON & TURUNEN, 2018)).	25
TABELA 7 - RESUMO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DE MANUTENÇÃO, ADAPTADO DE (MUCHIRI ET AL., 2011).	25
TABELA 8 – SÍNTESE DE ARTIGOS CIENTÍFICOS.	27
TABELA 9 – AS CINCO ETAPAS DO ROTEIRO DE MANUTENÇÃO <i>LEAN</i> .	31
TABELA 10 – EXEMPLOS DE <i>SOFTWARE</i> USADOS COMO CMMS, EXISTENTES NO MERCADO.	33
TABELA 11 - PROBLEMAS DETETADOS NO PROCESSO DA MANUTENÇÃO, E SUA RESOLUÇÃO.	41
TABELA 12- CONCLUSÕES DO TRABALHO REALIZADO.	66
TABELA 13 - SUGESTÕES DE MELHORIA FUTURAS.	67



# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	3
1.1	Contextualização .....	3
1.2	Empresa de Acolhimento .....	3
1.3	Objetivos do trabalho.....	5
1.4	Metodologia de Investigação.....	5
1.5	Estrutura da dissertação .....	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1	Introdução.....	11
2.2	História e Evolução da função Manutenção .....	16
2.3	Tipos de Manutenção.....	18
2.4	<i>Total Productive Maintenance (TPM)</i> .....	20
2.5	Normas ligadas à Manutenção.....	23
2.5.1	Normas .....	23
2.5.2	KPI's – Indicadores de Desempenho da Manutenção .....	24
2.6	<i>Lean</i> aplicado à Manutenção .....	26
2.7	CMMS - <i>Computerized Maintenance Management System</i> .....	32
3	DESENVOLVIMENTO .....	37
3.1	Processo Produtivo .....	37
3.2	Organização da manutenção na Empresa.....	40
3.3	Identificação dos problemas e sua resolução .....	41
3.3.1	Planos de Manutenção incorretos .....	42
3.3.2	Planos de manutenção desajustados .....	45
3.3.3	Desorganização da informação no software .....	45
3.3.4	Programa de gestão da manutenção pouco explorado .....	46
3.3.5	Elevada taxa de manutenção corretiva .....	47
3.4	Anteprojeto .....	48

3.4.1	Brainstorming.....	48
3.4.2	Análise SWOT .....	49
3.4.3	Diagrama de Ishikawa .....	50
3.4.4	Análise ABC.....	50
3.5	Projeto.....	55
3.5.1	Monitorização das melhorias/Sistema .....	55
3.5.2	Benefícios da implementação .....	55
3.5.3	Melhorias Pendentes.....	55
3.6	Análise Crítica dos resultados .....	57
3.6.1	Manutenção Preventiva versus corretiva.....	57
3.6.2	MTBF - Tempo Médio Entre Falhas .....	58
3.6.3	MTTR - Tempo Médio Para Reparação.....	59
3.6.4	Fator Disponibilidade .....	59
3.6.5	Cumprimento do Plano .....	60
3.6.6	Custos nos equipamentos produtivos.....	61
3.6.7	Tipos de Manutenção.....	62
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....	65
4.1	Conclusões .....	65
4.2	Proposta de trabalhos futuros .....	67
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	71
6	ANEXOS.....ERRO! MARCADOR NÃO DEFINIDO.	

# INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Objetivos do trabalho
- 1.3 Metodologia de Investigação
- 1.4 Estrutura da dissertação
- 1.5 Empresa de Acolhimento



# 1 INTRODUÇÃO

Este primeiro capítulo divide-se em cinco tópicos e tem o desígnio de enquadrar e apresentar o trabalho desenvolvido. Primeiramente, procede-se à contextualização do trabalho. Segue-se uma introdução da empresa de acolhimento e posterior descrição dos objetivos do trabalho e da metodologia de investigação, terminando com a apresentação da estrutura da dissertação.

## 1.1 Contextualização

Nos dias que correm, uma empresa somente é viável se for competitiva e inovadora. A exponencial evolução tecnológica e a competitividade industrial, obrigam as empresas a ter aptidão para se adaptarem à mudança e à evolução crescente do mercado. Assim, a competitividade baseia-se numa indústria de gestão integrada, com trabalho de equipa entre vários setores que convergem todos para o mesmo desígnio. Na verdade, a manutenção é um processo de negócios exclusivo. Requer uma abordagem que é diferente de outros processos de negócios para que seja gerido com sucesso.

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia Mecânica - Gestão Industrial no Instituto Superior de Engenharia do Porto. O estágio realizou-se em contexto industrial, numa empresa do setor de produção, distribuição e venda de tintas, sediada na Maia, Porto.

O tema desenvolvido na presente dissertação foi determinado mediante uma necessidade detetada de melhorar todo o processo de Manutenção de uma fábrica do grupo CIN, mais precisamente CIN Valentine, Barcelona. O estágio incidiu no desenvolvimento de Manutenção preventiva visando melhorar o controlo e o planeamento das manutenções.

## 1.2 Empresa de Acolhimento

A CIN – Corporação Industrial do Norte, S.A. é uma empresa portuguesa, sediada na Maia, que controla direta ou indiretamente todas as empresas que pertencem ao grupo CIN, apresentando como atividade principal a produção e comercialização de tintas, vernizes e produtos envolventes no ramo. Dedicar a sua atividade a diferentes secções do mercado, nomeadamente os Decorativos, a Indústria, a Anti-Corrosão e os Acessórios.

A CIN foi fundada em 1917, passando a liderar o mercado nacional desde 1992 e o ibérico desde 1995. Em 2019, foi considerada a 49ª maior empresa a nível mundial dentro do ramo das tintas (Top Companies Report, 2019).

Dentro do mercado nacional, o grupo CIN possui as marcas CIN, SOTINCO e NITIN. A nível mundial a CIN está presente em três continentes, Europa, África e América.

Na Europa encontra-se em Portugal, Espanha, Turquia, Polónia e França. Em África, a CIN está presente em Moçambique, Angola e África do Sul, sendo que na América está presente no México e Brasil. Apenas foram referenciados os países em que o grupo CIN possui o controlo total do capital, visto que o grupo possuiu muitas outras participações em marcas (Humanos, 2018).

A CIN Valentine (Figura 1) faz parte da CIN, é onde é empregue o trabalho realizado e é um grupo especializado em pintura e vernizes, líder na Península Ibérica e um dos mais dinâmicos do mundo. Desde a sua fundação em 1946, o seu objetivo sempre foi fornecer soluções num leque de cores para proteger e decorar, pintando.



Figura 1 - Instalações CIN Valentine, SAU.

Concentra a sua atuação em dois canais de atividade distintos: decoração-arquitetura e indústria-proteção. Dirige-se também a particulares, arquitetos, profissionais do setor, empresas e indústrias; a quem assessora todas as suas necessidades antes, durante e depois do processo.

Em 2009, como resultado de sua vocação inovadora, inaugurou umas novas instalações de 25.000 metros quadrados em Montcada i Reixac (Barcelona), tornando-se assim uma

das fábricas mais avançadas tecnologicamente da Europa. Aqui está situada a sua fábrica de produção, o armazém automatizado, o laboratório de testes e o centro de I&D (Investigação e Desenvolvimento) além das equipas de assistência técnica, engenharia, colorimetria e atendimento ao cliente.

Por fim, esta empresa tem a visão e a missão de melhorar a qualidade de vida das pessoas e empresas através da pesquisa e desenvolvimento de tintas e cores fornecendo as melhores soluções no mercado de tintas para satisfazer os seus clientes com um compromisso com a excelência.

### 1.3 Objetivos do trabalho

Este trabalho teve como principal finalidade, a implementação de manutenção preventiva num *software* de gestão e planeamento da Manutenção, algo que, até então, não era sistematizado nem devidamente empregue. Na verdade, pretende-se obter uma reestruturação multifacetada da manutenção, a qual se deverá refletir na melhoria do serviço prestado por esta, aumentando a competitividade e produtividade da organização, garantindo maiores níveis de disponibilidade dos ativos e, logicamente, alcançando uma diminuição da taxa de avarias. Com esta implementação, também se pretendeu atingir os seguintes objetivos:

- Implementar um sistema de manutenção preventiva que apresente uma maior eficácia, profundidade e assertividade, abraçando Pessoas e Processos;
- Aumentar a eficiência da manutenção e, conseqüentemente, a disponibilidade dos ativos;
- Desenvolver uma biblioteca de preparações padrão;
- Aumentar o rigor do trabalho realizado nas manutenções, principalmente preventivas;
- Aumentar a percentagem de manutenções preventivas realizadas, visando obter uma redução na percentagem de manutenção corretiva efetuada anualmente;
- Monitorizar KPI's;

### 1.4 Metodologia de Investigação

No sentido de atingir os objetivos enumerados no ponto anterior, foi definida e adotada uma metodologia de investigação que se enquadra nos princípios de *Action-Research*. A fim de compreender a mudança gerada, utiliza-se um processo cíclico alternando sempre entre ação e uma reflexão crítica, de maneira a aperfeiçoar sempre a mudança gerada. Trata-se de uma metodologia que se aplica de forma contínua, através dos métodos, dados adquiridos e a interpretação feita pelo investigador, devido à experiência que é adquirida com o *feedback* de ciclos anteriores (Coutinho, 2009).

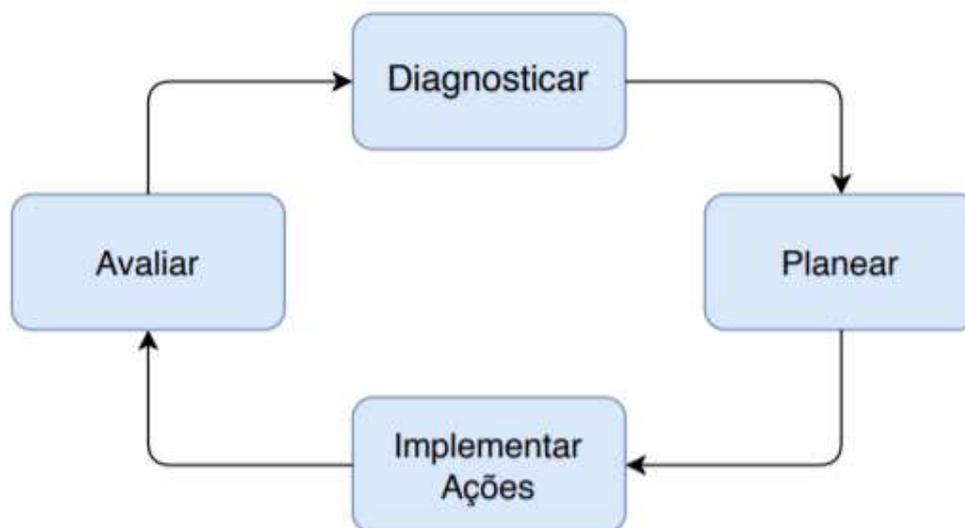


Figura 2 - Fases da metodologia de investigação Action-Research.

No contexto da metodologia em questão, as diferentes fases do ciclo estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição de cada fase do caso de estudo.

Fase	Designação
1ª - Diagnosticar	Fase constituída pela identificação dos problemas através do estudo e recolha de dados
2ª - Planear	Fase em que são reconhecidas as ações necessárias para a resolução de um problema.
3ª - Implementar Ações	Fase na qual são realizadas as ações planeadas, de modo a ser possível obter resultados.
4ª - Avaliar	Fase em que se pretende estudar as consequências e avaliar resultados das ações implementadas.

## 1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada de acordo com uma sequência lógica de raciocínio e aplicação, estando dividida em cinco capítulos.

Primeiramente, apresenta-se de forma geral o trabalho a ser desenvolvido, sendo feita a contextualização do trabalho, enquadrando-o tanto ao nível do estado da arte, quanto ao nível da sua importância. Seguidamente, são descritos os objetivos que se pretendem atingir e traçada a metodologia a aplicar para que os mesmos sejam cumpridos.

De seguida, o segundo capítulo destina-se à ilustração da Revisão de Literatura, em que são abordados temas e informação de relevo para a compreensão e fundamentação de todo o projeto.

No terceiro capítulo, é realizada uma descrição do trabalho desenvolvido no decorrer do estágio. São abordados vários temas no decorrer deste capítulo, começando por uma breve descrição do funcionamento de todo o processo antes do estágio, são identificados todos os problemas detetados e sua resolução durante o estágio.

No quarto capítulo são abordadas todas as melhorias apresentadas à empresa dentro do período de estágio. É ainda feita referência ao desenvolvimento e aos resultados e metas atingidas provenientes das alterações implementadas no estágio.

Por fim, no quinto capítulo, designado de Conclusões, é feito um remate de todo o trabalho realizado no estágio e são descritas todas as melhorias e trabalho futuro que pode ser implementado no Departamento de Manutenção.



# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Introdução
- 2.2 História e Evolução da função Manutenção
  - 2.3 Tipos de Manutenção
  - 2.4 Total Productive Maintenance (TPM)
  - 2.5 Normas ligadas à Manutenção
  - 2.6 *Lean* aplicado à Manutenção
- 2.7 CMMS - *Computerized Maintenance Management System*



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo abordaram-se conceitos fundamentais que constituíram a base do trabalho desenvolvido nesta dissertação, salientando essencialmente os conceitos teóricos relacionados com as variantes da manutenção.

### 2.1 Introdução

O desempenho e a competitividade das empresas de manufatura derivam da confiabilidade, disponibilidade e produtividade dos seus ativos de produção. Desta forma, para garantir que o planeamento atinja o desempenho pretendido, os gestores de manutenção precisam de indicadores de desempenho nos processos e nos resultados da manutenção (Muchiri & Martin, 2011).

Logicamente, o conjunto de problemas relativamente à otimização da manutenção é determinar a frequência e o tempo da manutenção corretiva, substituição preventiva e/ou manutenção preventiva de acordo com custos e efeitos (Pham & Wang, 2006).

Segundo a norma europeia EN 13306:2010 (BS EN 13306, 2010), a “manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão aplicadas durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que pode desempenhar a função requerida”.

Existe um consenso entre autores (Madu, 1999; Cooke, 2000) que defendem que a manutenção dos equipamentos e a fiabilidade do sistema são fatores indispensáveis que contribuem para que a organização forneça qualidade e serviços necessários aos clientes e que possa estar à frente da concorrência. A função manutenção revela-se, portanto, fundamental para o desempenho sustentável de qualquer empresa (Muchiri et al., 2011).

Na verdade, a complexidade da manutenção em ambientes fabris, aliada à busca de competitividade e rentabilidade, justificam a procura das melhores práticas e metodologias estratégicas de manutenção, assentes na integração de técnicas, conhecimentos e gestão.

Deste modo, na Tabela 2 estão representados vários exemplos práticos da importância da gestão da manutenção e implementação das suas vertentes nas empresas industriais.

Tabela 2 – Síntese de artigos científicos.

Referências Bibliográficas	Descrição do artigo
(Diniz et al., 2017)	<p>Este trabalho foi levado a cabo numa empresa florestal situada no estado do Paraná, Brasil. Teve como finalidade, avaliar a atividade da manutenção de um <i>feller buncher</i> assentando na <i>World Class Maintenance</i> (WCM), que utiliza como premissa a manutenção preventiva e visa a diminuição dos custos de produção, assim como um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Consequentemente, determinou-se os índices de disponibilidade mecânica, consumo de óleo hidráulico e custos da manutenção. Os resultados mostraram que houve um crescimento de 1,75% na disponibilidade mecânica do equipamento. Relativamente ao consumo de óleo hidráulico, foi obtida uma redução de 63%, reflexo, este, das manutenções preventivas realizadas, não esquecendo o custo de manutenção, que apresentou igualmente uma redução de 14,4%.</p>
(Mwanza & Mbohwa, 2015)	<p>Neste artigo representou-se o desenvolvimento de um modelo de TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>) com o desígnio de melhorar todo o sistema de manutenção numa empresa que se dedica à produção de produtos químicos na Zâmbia. Além disso, foram identificadas as lacunas no sistema de manutenção e determinou-se os principais indicadores de desempenho a serem incluídos no modelo TPM. No que diz respeito à eficácia das técnicas de manutenção utilizadas, 19% atribuíram-se como más, 65% razoáveis, 8% boas e 8% não aplicável. O OEE (<i>overall equipment efficiency</i>) foi calculado em 37%, valor este que se encontra quase 50% abaixo do valor padrão de classe mundial. Concluiu-se, portanto, que as principais causas para ocorrer <i>downtime</i> foram a carência de peças de reposição (52%), a escassez de matérias-primas (32%), problemas relacionados com níveis energéticos (8%) e 8% de causas não aplicáveis.</p>
(Santos et al., 2019)	<p>Este trabalho consistiu na aplicação e desenvolvimento, de um método prático e estruturado, da classificação da criticidade de equipamentos, tendo em conta a sua importância para o processo produtivo. Esse método incluiu cinco fatores: Qualidade, Disponibilidade, Segurança e Meio Ambiente, Custos e Complexidade Tecnológica. A classificação desses ativos em três categorias permitiu a definição de estratégias de abordagem por categoria, o que motivou a aplicação de uma metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM), revisão dos Planos de Manutenção Preventiva (PMP) e integração de ativos críticos num <i>Computer Maintenance Management System</i> (CMMS).</p> <p>O autor ilustrou resultados como a redução de 201,6 homens/hora alocados aos planos de manutenção preventiva, uma diminuição de 0,73% do indicador de taxa de indisponibilidade do equipamento devido a falha (de 4,75% para 4,02%) e um incremento no controlo e previsão dos custos de Manutenção.</p>
(Kasim et al., 2015)	<p>Este artigo teve como finalidade destacar as teorias TPM e OEE. Na verdade, apresentaram-se estudos que objetivaram mostrar a melhoria do valor do OEE</p>

Referências Bibliográficas	Descrição do artigo
	<p>através da implementação do TPM. Deste modo, o trabalho é composto por três casos de estudo. Desenvolveu-se a implementação do TPM numa indústria eletrónica (estudo 1), num fabricante de aço (estudo 2) e num fabricante de componentes locomotivos (estudo 3). Com base no estudo do caso apresentado sobre a indústria eletrónica, localizada em Taiwan, após a implementação do TPM, o OEE aumentou de 56,98% para 80,84%. No fabricante de aço na Índia, o OEE aumentou de 30,6% para 71,6%. Já o fabricante de locomotivas, identificou custos de manutenção e reparação significativamente aumentados. Não obstante, o TPM foi implementado por etapas nas células de montagem, e os resultados foram notados como a disponibilidade de célula melhorada em 17%, a eficiência de desempenho em 8% e a taxa de qualidade em quase 20%. Portanto, o OEE aumentou de 39% para 69%.</p>
(Sheng & Tofoya, 2010)	<p>Neste artigo, descreveu-se como a manutenção <i>Lean</i> coopera na melhoria do processo produtivo. O autor defende que as estratégias provindas do conceito <i>Lean Manufacturing</i> conduziram a resultados formidáveis. Serve de exemplo, a melhoria significativa na disponibilidade de equipamentos (entre 20 a 55%), uma redução geral no tempo de ciclo da fábrica, uma redução bastante significativa do custo de manutenção (40%) e progrediu-se também na satisfação dos funcionários em cerca de 4%.</p>
(Marcorin & Lima, 2003)	<p>Neste artigo, abordaram-se análises de custos de manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos. O autor pretendeu, não só mostrar que a função manutenção deve ser encarada como estratégica dentro da organização, como também, o dinheiro aplicado em programas de manutenção é, na verdade, um investimento, que proporciona uma redução nos custos de reparação das máquinas e nos custos de paragem das mesmas. De uma forma geral, o autor potencializou que o papel da manutenção se revela essencial na garantia da qualidade e da produtividade empresarial.</p>
(García-Sanz-Calcedo & Gómez-Chaparro, 2017)	<p>Este estudo teve como objetivo estudar e descrever o impacto da gestão da manutenção no consumo de energia dum hospital, localizado na Extremadura, Espanha. Os resultados desta análise desvendaram que devido a um acréscimo médio anual de 6% de manutenções preventivas, durante um ciclo de 5 anos, originou uma redução de 20% nas ordens de manutenção corretivas, economizando uma média anual de 500 MW/h no consumo de energia. Desta forma, foi possível evitar a libertação de cerca de 186 toneladas de CO<sub>2</sub> e de outros gases com efeito estufa para a atmosfera. Consequentemente, este trabalho resultou numa poupança de 75.000 € anuais, sem qualquer aumento nos recursos humanos utilizados, nem nos custos de manutenção.</p>
(Singh et al., 2013)	<p>Este trabalho estudou a implementação do TPM numa empresa que se dedica à produção de componentes automotivos, mais precisamente numa oficina mecânica com torneamento CNC. Após a sua implementação, o OEE revelou ser um indicador de sucesso na análise do TPM, visto que foi possível denotar</p>

Referências Bibliográficas	Descrição do artigo
	melhorias significativas no OEE, que se refletiram num aumento de 63% para 79%.
(Ahuja & Khamba, 2007)	<p>Este artigo ilustra uma abordagem que foi direcionada à implementação do TPM e ao seu apoio à competitividade no mercado, no contexto das indústrias de manufatura indianas. As iniciativas da implementação do TPM mostraram melhorias significativas nos equipamentos, na sua eficiência e eficácia. Além disso, o TPM auxiliou a empresa a melhorar a sinergia entre o departamento de manutenção e o de produção, resultando na eliminação de defeitos, melhoria da fiabilidade do processo produtivo e OEE, atingindo a redução de custos.</p> <p>No fundo, este trabalho resultou numa melhoria do OEE entre 15 e 40%, numa redução de rejeições dos clientes de 50 a 75%, redução de acidentes em quase 98%, redução do custo de manutenção entre 18 e 45%, redução de avarias em cerca de 71%, uma redução nos custos de energia de 8 a 27% e originou um aumento de sugestões de funcionários de 32 a 65%.</p>
(Pires et al., 2016)	<p>Este estudo, menciona um projeto realizado na área de manutenção e desenvolvimento de equipamentos de produção.</p> <p>A partir de um planeamento das manutenções, foi possível executar manutenções preventivas, diminuindo as manutenções corretivas, chegando assim ao objetivo, que era expresso como uma diminuição de <i>downtimes</i> e, conseqüentemente, um aumento da eficiência da produção. Para tal, utilizou-se um <i>software</i> de forma a auxiliar a manutenção preventiva, recolhendo toda a informação relevante obtida através das manutenções realizadas.</p>
(Guariente et al., 2017)	<p>Este estudo foi realizado numa empresa industrial automóvel, sendo uma linha de fabricação de tubos de ar condicionado, o setor em análise. A principal finalidade deste trabalho foi aumentar a disponibilidade e produtividade dos equipamentos através da implementação da manutenção autónoma. Após a implementação, houve um aumento de 10% no indicador mensal relativo à disponibilidade dos equipamentos, o que, à posteriori, derivou num aumento de 8% na eficácia geral do equipamento. Em suma, este incremento atingiu-se sobretudo devido à diminuição do tempo médio de reparação (MTTR) e à redução da taxa de avarias dos equipamentos.</p>
(Ferreira et al., 2019)	<p>Este artigo destaca o papel dos KPIs e da gestão de obsolescências nas operações de manutenção. Desta forma, a primeira etapa incidiu na criação de um novo KPI para avaliar o trabalho realizado na manutenção, relacionando-o com trabalho realizado na produção. O resultado foi um KPI de duas fases, no qual os seus valores são correspondidos a uma matriz de decisão que fornece uma avaliação qualitativa do trabalho realizado. O segundo passo passou pela criação de uma ferramenta de tomada de decisão para avaliar a obsolescência de componentes eletrónicos e escolher a abordagem de mitigação.</p> <p>A primeira fase ajuda a ver quais componentes correm maior risco de se tornarem obsoletos, enquanto a segunda fase avalia as repercussões para mitigar</p>

Referências Bibliográficas	Descrição do artigo
(Pinto et al., 2019)	<p>a sua obsolescência. Os valores obtidos também são conectados a uma matriz de decisão para decidir se a abordagem para sua mitigação deve ser proativa ou reativa. Em suma, a principal motivação deste trabalho revelou-se no desenvolvimento de duas ferramentas que auxiliariam o departamento de manutenção, diariamente, na sua gestão.</p> <p>Este trabalho exhibe um caso de estudo realizado numa empresa multinacional relacionada com a produção de peças para a indústria automóvel, onde foi necessário implementar indicadores-chave de desempenho e criado um modelo para a gestão de peças de reposição ligadas à manutenção de equipamentos já existentes.</p> <p>A introdução dessas mudanças forçou a aplicação de algumas ferramentas <i>Lean</i>, com o objetivo de bolear procedimentos e fluxos de informação. O trabalho foi concluído com êxito e foram implementados os principais indicadores de desempenho, que agora são coletados e calculados automaticamente de forma rotineira, e a gestão de peças de reposição foi validada visando a otimização do espaço do armazém e a um convenientemente baixo nível de <i>stock</i> neste tipo de peças, sem comprometer equipamentos críticos na produção.</p> <p>Não obstante, foi aplicada a metodologia SMED, que possibilitou reduzir o tempo de <i>Setup</i> em 11%, e a ferramenta <i>Lean 5S</i> foi usada para organizar as atividades de troca de moldes.</p> <p>É importante destacar, ainda, que a redução do tempo de <i>Setup</i>, bem como uma melhor gestão no atendimento de falhas e pequenos problemas na produção, permitiram melhorar o OEE para valores de 90,22%.</p>

Em última instância, todas as citações apresentadas têm como finalidade demonstrar que a função manutenção deve ser encarada como estratégica dentro da organização, e que pode e deve ser utilizada na redução dos custos totais do processo produtivo como um investimento, e não como um dispêndio adicional (Marcorin & Lima, 2003). Além disso, existe uma relação entre o tempo anual gasto em manutenção preventiva e o consumo anual de energia (García-Sanz-Calcedo & Gómez-Chaparro, 2017). O aumento do tempo gasto em manutenção preventiva tem dois efeitos positivos. O primeiro é que a percentagem de manutenção corretiva é menor a cada ano, o segundo é a eliminação do consumo desnecessário de energia.

Posto isto, a implementação do TPM demonstrou uma eficácia otimizada dos equipamentos, a eliminação de avarias e promoção da manutenção autónoma do operador por meio das atividades diárias (Ahuja & Khamba, 2007), sendo que uma maior disponibilidade na linha do OEE também é alcançada através da otimização do processo de manutenção de 1º nível para a manutenção autónoma do equipamento (Guariente et al., 2017).

## 2.2 História e Evolução da função Manutenção

Nos últimos anos, a manutenção mudou mais do que qualquer outra área de gestão. As mudanças devem-se não só a um aumento significativo no número e na variedade de ativos físicos (instalações, equipamentos e edifícios) que devem ser conservados em todo o mundo, mas também devido a projetos muito mais complexos, novas técnicas de manutenção, novas teorias sobre a organização e responsabilidades da manutenção (Moubray, 1997).

Deste modo, grande parte das empresas depende do seu desempenho na manutenção. A crescente complexidade dos equipamentos industriais torna difícil para os utilizadores operá-los e mantê-los. Então, as tarefas de manutenção tornaram-se cada vez mais complexas e diversificadas, envolvendo tarefas mecânicas, eletrônicas, hidráulicas, eletromecânicas e de *software* (Alsyouf, 2009) (Ruiz et al., 2013).

Durante esse período, o papel da manutenção dentro da organização foi drasticamente transformado. No início, a manutenção não passava de uma mera parte inevitável da produção. Agora, revela-se como um elemento estratégico fundamental para alcançar os objetivos dos negócios de uma organização (Wang, 2008).

Sem dúvida, atualmente, a função manutenção é melhor concebida e valorizada nas organizações. Efetivamente, pode-se considerar que a gestão da manutenção já não é vista como uma perda, e sim, considerada um parceiro interno ou externo para o sucesso (Wang, 2008).

Na Tabela 3, sintetizou-se uma caracterização da história e evolução da manutenção no tempo, até à atualidade, conforme a Figura 3 (Kardec & Nascir, 2009).

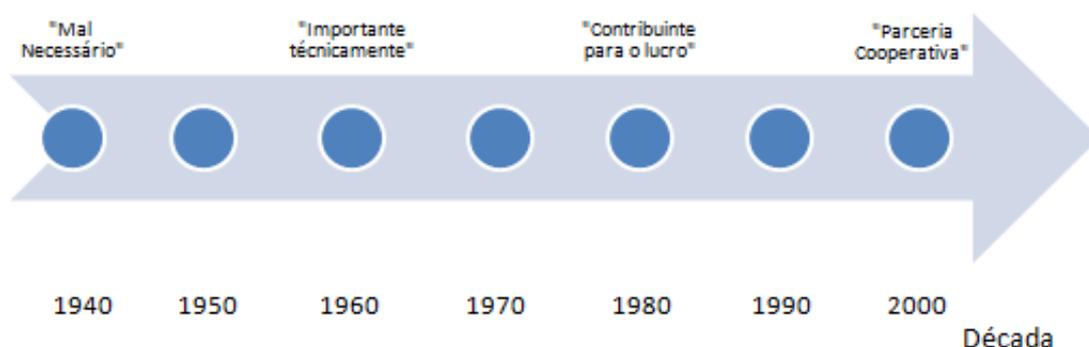


Figura 3 - Evolução da terminologia da manutenção no tempo. Adaptado de (Kardec & Nascir, 2009).

Tabela 3 – Visão geral das gerações da manutenção (adaptado de (Moubray, 1997)).

Geração da Manutenção	Estratégia de manutenção
1ª Geração	A primeira geração condiz com o período anterior à Segunda Guerra Mundial, onde a indústria era pouco mecanizada e contava com equipamentos simples e, maioritariamente, sobredimensionados. Deste modo, as ações de manutenção focalizavam-se em reparações após avarias, pelo que não se justificava uma manutenção sistematizada e sim, principalmente corretiva, não planeada.
2ª Geração	Esta geração, após a Segunda Guerra Mundial, ficou marcada pelo aumento da mecanização e complexidade da indústria. O aumento da procura de produtos e bens, após a guerra, implicou um aumento da mecanização da indústria, bem como um aumento da sua complexidade. Desta forma, os custos de manutenção e avarias nos equipamentos teriam um maior impacto. Estes entraves, conduziram ao surgimento de uma manutenção focada na prevenção da avaria, com manutenções preventivas em intervalos de tempo fixos e sistemas de planeamento e controlo da mesma. Contudo, devido ao aumento do custo do capital da época conduziu-se à maximização do ciclo de vida dos ativos e, consequentemente, a um aumento nos sistemas de planeamento e controlo da manutenção.
3ª Geração	A terceira geração da manutenção surgiu em meados dos anos 70 e caracterizou-se pelo aumento significativo da disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos, e pela melhoria na relação entre o custo e benefício da manutenção. Esta geração ficou marcada, também, pelo aparecimento de metodologias altamente dependentes da fiabilidade dos equipamentos, como o sistema “ <i>Just in time</i> ” (JIT), bem como a exigência de padrões de qualidade mais elevados por parte dos clientes, que conduziram a um aumento dos custos de manutenção em termos absolutos. Não obstante, desenvolveram-se, neste período, metodologias de gestão da manutenção como o RCM ( <i>Reliability Centered Maintenance</i> ) e o TPM ( <i>Total Productive Maintenance</i> ), que viabilizaram sistemas de controlo sofisticados, análises de fiabilidade e tecnologias preditivas. Porém, a procura de uma maior fiabilidade, refletiu-se em constrangimentos relacionados com a falta de interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação, inviabilizando, assim, a obtenção de melhores resultados.
4ª Geração	A Quarta geração da manutenção, revela uma consolidação das atividades de Engenharia da Manutenção e técnicas de confiabilidade que vão ao encontro da garantia da Disponibilidade, da Fiabilidade e da Manutibilidade, revelando, assim, as principais razões da sua existência. Esta geração objetiva intervir cada vez menos no equipamento. As práticas de manutenção preditiva e monitorização de condição de equipamentos são cada vez mais utilizados. Contudo, existe uma tendência de redução da taxa de manutenção preventiva ou programada, caso promova a indisponibilidade do mesmo relativamente à produção.

### 2.3 Tipos de Manutenção

No século passado, as paragens não planeadas para reparação dos equipamentos resultavam em perdas de receitas. Hoje em dia, estas podem ter consequências no mercado. O tempo de paragem para manutenção deve ser minimizado, otimizado e sincronizado, conforme o planeamento realizado pela equipa de produção (Meixner, 2001).

O objetivo da manutenção, não é apenas manter as máquinas e equipamentos em bom estado. Consiste na prevenção de falhas e avarias, aumentando a confiabilidade e disponibilidade do sistema produtivo, maximizando, assim, a produção. Uma manutenção é, também, realizada para aperfeiçoar a qualidade e aumentar a produtividade, melhorando a capacidade e obtendo um rendimento digno, reduzindo o inventário de peças de substituição e atenuando o custo operacional (Rotab Khan & Darrab, 2010).

Convencionalmente, podem haver duas estratégias principais para as atividades de manutenção. Uma é a manutenção reativa, que se esforça por reduzir a severidade das falhas no equipamento. A outra é a manutenção preventiva, que objetiva reduzir a probabilidade de falha no período após a aplicação da mesma. É importante frisar que, na verdade, a manutenção preventiva aliciou mais atenção nas pesquisas académicas e industriais. No entanto, investigações anteriores mostraram que o uso da estratégia de manutenção preventiva contribui para uma forma racional de manter o equipamento operacional (Finch e Gilbert, 1986; Cordero, 1989; Hsu, 1991; Sheu e Krajewski, 1994; Loësten, 1999; Khazraei & Deuse, 2011).

Existe uma grande variedade de denominações para classificar a atuação da manutenção. Os diversos tipos de manutenção podem ser considerados como políticas de manutenção, desde que a sua aplicação seja o resultado de uma definição geral ou política global da mesma (Kardec & Nascir, 2009).

Assim, é importante uma caracterização mais objetiva dos diversos tipos de manutenção, desde que, independentemente das denominações, todos se encaixem nos tipos de manutenção *standard*.

Wireman (2004) afirma que, em muitos casos, o equipamento é utilizado até à avaria e não se aplica a manutenção preventiva. Os técnicos de manutenção só agem em caso de avaria. Esta abordagem é a maneira mais dispendiosa de coordenar a manutenção. A rentabilidade do equipamento está normalmente abaixo dos níveis aceitáveis e a qualidade do produto é, normalmente, afetada.

Segundo a norma NP EN 13306:2010, existem duas categorias de manutenção, que diferem consoante o modo pelas quais são implementadas, podendo subdividir-se

noutros tipos, conforme o esquema na Figura 4. Além disso, uma definição mais descritiva pode ser contemplada na Tabela 4.



Figura 4 - Classificação dos diferentes tipos de manutenção segundo a norma NP EN 13306:2010 – Terminologia da Manutenção.

Tabela 4 – Classificação dos tipos de Manutenção segundo a NP EN 13306:2010.

Tipo de Manutenção	Definição da manutenção
Manutenção Preventiva	Manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem.
Manutenção Preventiva Sistemática	Manutenção efetuada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem.
Manutenção Preventiva Condicionada	Manutenção baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes.
Manutenção Corretiva	Manutenção efetuada após o reconhecimento de um estado de falha, que visa repor o bem a desempenhar a sua função corretamente.
Manutenção Corretiva Imediata	Manutenção efetuada imediatamente após a deteção de um estado de falha, para evitar consequências inaceitáveis.
Manutenção Corretiva Diferida	Manutenção que não é realizada imediatamente após a deteção de um modo de falha, sendo retardada de acordo com regras determinadas.

Em suma, a manutenção preventiva baseia-se em intervenções periódicas, geralmente programadas, segundo a frequência definida pelos fabricantes dos equipamentos. Esta política, em muitos casos, leva a desperdícios, pois não considera a condição real do equipamento. No entanto, o simples facto de a manutenção preventiva reduzir o risco de paragens não programadas devido a falhas no equipamento, já a coloca como uma opção preferível à manutenção corretiva em máquinas ligadas diretamente ao processo produtivo (Marcorin & Lima, 2003).

#### 2.4 *Total Productive Maintenance (TPM)*

Atualmente, um fabrico competitivo requer abordagens inovadoras, quer para a gestão da produção, quer para a satisfação do cliente. A gestão da produção reclama um sistema de gestão da manutenção eficiente. Posto isto, uma abordagem para melhorar o desempenho do sistema de manutenção é possível, através da implementação do TPM (Kasim et al., 2015).

O TPM não é um programa de redução de custos de manutenção e solução de problemas a curto prazo. É um processo que muda a cultura corporativa, altera e mantém, permanentemente, a eficácia geral do equipamento, através do envolvimento ativo dos operadores e todos os outros membros pertencentes à organização. Desta forma, requer e exige o patrocínio e comprometimento da alta gestão da organização para, assim, atingir a eficácia (Smith & Hawkings, 2013; Guariente et al., 2017; Pinto et al., 2019).

Contudo, para dar resposta à manutenção e ao suporte dos problemas encontrados em ambientes de fabricação, os japoneses desenvolveram e introduziram o conceito TPM, inicialmente em 1971. O TPM é um sistema de manutenção definido por Nakajima (Chan et al., 2005), no Japão, que abrange toda a vida útil do equipamento em todas as etapas, incluindo o planeamento, o fabrico e a manutenção. Descreve uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, mais particularmente entre a produção e a manutenção, por uma melhoria contínua da qualidade do produto, da eficiência operacional, segurança e garantia de capacidade produtiva (Chan & Kong, 2005).

Ao implementar a estratégia do TPM com o conhecimento adequado, apoio e de forma correta, aumenta-se o potencial da organização em alcançar os três zeros do TPM: zero defeitos, zero acidentes e zero paragens. O TPM é importante perante a maximização da eficácia dos equipamentos, melhorando a sua eficiência geral, ajudando as organizações a obter benefícios com essa abordagem, e com base num modelo abrangente de um sistema de manutenção produtivo que auxilia e mantém a vida útil do equipamento, em boas condições, visando proteger os negócios da organização (Mwanza & Mbohwa, 2015).

Para suportar esta estratégia, é necessário implementar a manutenção diária, a manutenção baseada no tempo, a manutenção preditiva, uma melhoria para aumentar a expectativa de vida útil, um controlo de peças de reposição, análise de falhas e prevenção de recorrência e controlo da lubrificação (Silva & Ferreira, 2019).

Na Figura 5 pode-se constatar os pilares do TPM, encontrando-se descrito cada pilar na Tabela 5.

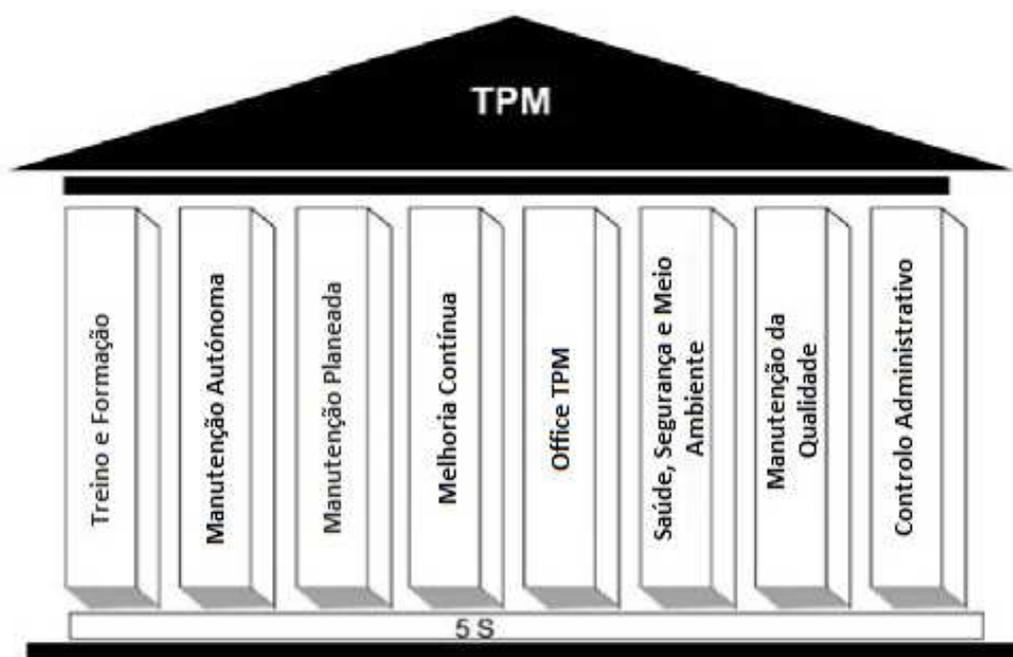


Figura 5 - Os oito pilares do TPM (adaptado de (Singh et al., 2013)).

Tabela 5 - Pilares do TPM (adaptado de (Singh et al., 2013)).

Pilar	Descrição
<b>Treino e Formação</b>	A melhoria contínua somente é possível através do aumento contínuo no conhecimento e da capacidade das pessoas. Isto é, para reduzir os defeitos, o treino e formação devem centrar-se na informação sobre a tecnologia, no controlo de qualidade e nas competências interpessoais. Assim, este pilar revela-se fulcral e está apoiado na execução de uma avaliação periódica de competências, a par da sua atualização, e por um alinhamento dos operadores com as metas organizacionais.
<b>Manutenção Autônoma</b>	Este pilar baseia-se na ideia de que, se os operadores se responsabilizarem por pequenas tarefas de manutenção, descongestionarão os técnicos de manutenção qualificados. Desta forma, estes podem-se concentrar em atividades de maior valor agregado e reparações técnicas. Os operadores são responsáveis por manter os seus equipamentos em boas condições, diariamente, para evitar que se deteriore. As atividades envolvidas são de natureza simples, como limpeza, lubrificação, inspeção visual e aperto de parafusos.

Pilar	Descrição
<p><b>Manutenção Planeada</b></p>	<p>A manutenção planeada destina-se a manter as máquinas e equipamentos sem problemas, sem qualquer avaria e aptos para produzir componentes com a qualidade esperada, oferecendo total satisfação ao cliente. Assim, a Manutenção Planeada torna-se uma abordagem proativa, que usa uma equipa de manutenção treinada e destinada a ajudar a treinar os operadores para conservarem os seus equipamentos.</p> <p>Deste modo, este pilar visa manter a disponibilidade das máquinas, alcançar o custo ótimo de manutenção, melhorar a confiabilidade e manutibilidade das máquinas, alcançar zero falhas no equipamento e assegurar a disponibilidade de peças de reposição a tempo inteiro.</p>
<p><b>Melhoria Contínua</b></p>	<p>O <i>Kaizen</i> (melhoria contínua) envolve pequenas melhorias e é realizado de forma contínua, envolvendo as pessoas de todos os níveis da organização. Este pilar propõe reduzir as perdas no local de trabalho que afetam diretamente a eficiência. Neste procedimento, eliminam-se as perdas, numa metodologia sistemática, utilizando várias ferramentas.</p> <p>O objetivo da melhoria contínua é alcançar e sustentar zero perdas com pequenas paragens, medições, ajustes, defeitos e tempo de indisponibilidade inexistente.</p>
<p><b>Office TPM</b></p>	<p>O <i>Office TPM</i> pretende melhorar a produtividade e a eficiência das funções administrativas, o que inclui analisar processos e procedimentos que possam ser automatizados. O <i>Office TPM</i> aborda nove grandes perdas que são: as perdas por processamento, perda de custo (que inclui áreas como compras, contas, <i>marketing</i>), perdas de comunicação, perdas ociosas, perdas por configuração, perdas de precisão, interrupção do equipamento de escritório, interrupção do canal de comunicação, linhas e tempo de telefone e fax gasto na recuperação de informações.</p>
<p><b>Saúde, Segurança e Meio Ambiente</b></p>	<p>Este pilar encoraja a criação de um local de trabalho seguro e uma área circundante que não seja danificada pelos processos ou procedimentos realizados. A maior importância para a saúde, segurança e meio ambiente, é garantir um ambiente de trabalho apropriado e seguro. Não obstante, este pilar tem a finalidade de alcançar zero acidentes, zero danos relacionados à saúde e zero incêndios.</p>
<p><b>Manutenção da Qualidade</b></p>	<p>Este pilar é direcionado para alcançar a satisfação do cliente através da entrega de produtos apresentando a patentes da mais alta qualidade. Através do foco na melhoria, os defeitos são eliminados do processo após a identificação do parâmetro da máquina pelo qual a qualidade do produto é afetada. Em suma, enfatiza-se a transição do controlo de qualidade, para a garantia de não conformidades.</p>
<p><b>Controlo Administrativo</b></p>	<p>Este pilar, visa, não só a minimização dos problemas de funcionamento dos novos equipamentos, como também a promoção de iniciativas de melhoria da manutenção. Contudo, para tal, é também empregue uma base de conhecimentos adquiridos através dos sistemas anteriormente desenvolvidos.</p>

Em última análise, para implementar o TPM, são importantes informações e conhecimentos sobre a matéria. Portanto, os gestores do TPM terão que adquirir esses conhecimentos para que, posteriormente, a gestão de topo possa tomar a decisão de implementar o TPM na empresa (Pascal & Frédéric, 2019).

Assim, num cenário altamente competitivo, o TPM pode ser uma das melhores iniciativas estratégicas, proativas, que conduzem as empresas a atingir novos níveis de qualidade de funcionamento/organização, podendo, efetivamente, fazer a diferença entre sucesso e o fracasso (Ahuja & Khamba, 2007).

## 2.5 Normas ligadas à Manutenção

### 2.5.1 Normas

As Normas são acordos documentados e voluntários, resultantes de um consenso entre as partes interessadas, aprovados por um Organismo de Normalização reconhecido, que estabelecem regras, guias ou características de produtos ou serviços, assentes em resultados consolidados, científicos, técnicos ou experimentais.

#### NP EN 13306:2007 – Terminologia da Manutenção

Norma Portuguesa editada que especifica termos genéricos e definições para as áreas técnicas, administrativa e de gestão da manutenção.

#### NP EN 15341:2009 - Manutenção – Indicadores de Desempenho da Manutenção

Esta Norma Portuguesa descreve um sistema de gestão de indicadores (KPI) para medir o desempenho da manutenção, sob a influência de diversos fatores, tais como: económicos, técnicos e organizacionais. Estes indicadores servem para a avaliação e melhoria da eficiência e eficácia, de forma a atingir-se a excelência da manutenção dos bens imobilizados.

#### NP EN 13460:2009 – Manutenção – Documentação para a Manutenção

Esta norma Portuguesa especifica as linhas de orientação gerais para a documentação técnica que deverá ser fornecida com um bem, antes de este ser colocado em serviço, de forma a apoiar a sua manutenção.

#### NP 4483:2009 – Implementação de Sistemas de Gestão da Manutenção

Esta norma Portuguesa consiste num guia que tem por finalidade definir os requisitos de um Sistema eficaz de Gestão da Manutenção, permitindo que as organizações definam uma Política de Manutenção e alcancem os objetivos de desempenho dos seus

processos. Não obstante, esta norma visa aumentar a satisfação do cliente através de uma aplicação eficaz do sistema, incluindo processos para melhoria contínua, tendo como base os requisitos do cliente e os requisitos regulamentares aplicáveis.

### 2.5.2 KPI's – Indicadores de Desempenho da Manutenção

Para desenvolver uma abordagem estruturada para medir o desempenho da função manutenção, é imperativo ter uma boa formulação da manutenção baseada na estratégia corporativa e de fabricação (Muchiri et al., 2011).

Os ciclos de vida dos novos produtos, grande variedade de peças destinadas a serem produzidas e mercados cada vez mais dinâmicos, resultam numa alta complexidade da produção. Apesar desses desafios, um sistema de produção precisa ter um bom desempenho em todos os aspetos e circunstâncias. Para garantir o mesmo, o desempenho precisa ser medido corretamente (Dornfeld et al., 2017).

Não obstante, um sistema pode ser medido e caracterizado pela análise de um conjunto de quantidades, ou indicadores. Os indicadores usuais são intitulados de *key performance indicators* (KPI's). Desta forma, um KPI, é definido por Eckerson (2006), como “uma métrica que mede, o quão bem uma organização ou um indivíduo realiza uma atividade operacional, tática ou estratégica, que é fundamental para o sucesso atual e futuro da organização ” (Umeda et al., 2015).

Os indicadores de desempenho devem ser integrados, de forma a fornecer uma perspetiva geral sobre as metas, estratégias de negócios e objetivos específicos da empresa (Oliveira et al., 2016). Contudo, os principais indicadores de desempenho não são unicamente essenciais apenas durante as operações de fabrico. Os KPI's são medidores importantes a considerar durante as fases de desenvolvimento do produto e do sistema de fabricação, onde é definido o desempenho futuro do processo operacional (Wiktorsson & Turunen, 2018). Segundo (Wiktorsson et al., 2018), um KPI geralmente fornece três desígnios principais, conforme a Figura 6, descritos na Tabela 6.



Figura 6 - Pressupostos de um KPI (adaptado de (Wiktorsson & Turunen, 2018)).

Tabela 6 – Designação dos pressupostos de um KPI (adaptado de (Wiktorsson &amp; Turunen, 2018).

Termo	Designação
Melhorar	As medidas e indicadores servem de base para a melhoria contínua da operação, variando de pequenas melhorias contínuas a grandes projetos de investimento.
Controlar	O controlo do processo ocorre em todos os níveis do sistema e com diferentes escalas de tempo. Isto é, desde a medição de um parâmetro de qualidade específico numa máquina usada para ajustar um processo, até ao acompanhamento mensal do desempenho da entrega ao nível da fábrica.
Relatório	Os resultados dos KPIs também são a base para vários relatórios, como relatórios internos entre níveis de administração, relatórios públicos para acionistas, autoridades e público.

Para Muchiri et al. (2011), é evidente que a manutenção não é responsável por todas as perdas de produção provenientes do equipamento, e defende que para a função de manutenção melhorar o desempenho, ela deve-se concentrar na parte dos indicadores que ela influencia.

Desta forma, na Tabela 7, estão descritos alguns dos indicadores de desempenho mais relevantes, referentes à manutenção.

Tabela 7 - Resumo dos indicadores de desempenho de manutenção, adaptado de (Muchiri et al., 2011).

Categoria	Indicadores	Unidades	Descrição
	Mean Time To Repair (MTTR)	Horas	Tempo total de reparação/nº de falhas
	Mean Time Between Failures (MTBF)	Horas	Tempo médio entre falhas
	Disponibilidade	%	$MTBF/(MTBF+MTTR)$
	OEE	%	Disponibilidade*Taxa de Desempenho*Taxa de Qualidade
	ERV (Equipment Replacement Value)	%	Custo de manutenção/preço do equipamento novo
	MWT (Mean Waiting Time)	Horas	Tempo médio de espera para resolver a avaria
	Falhas/Frequência de falhas	Nº de falhas/Unidade de tempo	Número de falhas por unidade de tempo (indicador de fiabilidade)
	Backlog	%	Número de tarefas realizadas/Número de tarefas recebidas
	Tipos de manutenção	%	Comparação do tipo de manutenção realizada

Sintetizando, os indicadores de custo e desempenho dos equipamentos são fundamentais para a análise da *performance* da função manutenção e para a identificação das falhas no desempenho da mesma que implicariam ações de gestão. Estes indicadores fornecem uma boa base para a realização da análise da causa raiz e para estabelecer os motivos das falhas, o que levará ao aperfeiçoamento da função de manutenção (Muchiri et al., 2011).

## 2.6 *Lean* aplicado à Manutenção

*Lean*, ao longo dos anos, tornou-se uma palavra da moda. Começado com *Lean manufacturing*, no final dos anos 80 (renomeando o Sistema de Produção da Toyota), hoje o termo “*Lean*” pode ser encontrado em quase toda a parte. Isto é, serviços *Lean*, empreendedorismo *Lean*, desenvolvimento de *software Lean*, desenvolvimento de produtos *Lean*, contabilidade *Lean*, *startups Lean*, entre outros. Contudo, o conceito subjacente revela-se o mesmo: maximizar o valor para o cliente, criando o mínimo de desperdício (Alefari & Xu, 2017).

Atualmente, a melhoria contínua (denominada *kaizen*) é amplamente aceite como uma das práticas que pode ajudar a identificar problemas e encontrar soluções para a resolução dos mesmos. O *Lean Thinking*, *Lean Manufacturing*, ou apenas *Lean*, visa melhorar continuamente os sistemas de produção através da eliminação do desnecessário, ou seja, o que não agrega valor ao produto (*muda*, ou desperdício), independentemente da natureza dos processos envolvidos ( Rosa et al., 2017; Neves et al., 2018).

Tendo surgido no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, o *Lean* compreende um conjunto de princípios e técnicas inspiradas no sistema de Produção da Toyota. Como consequência de aplicações bem-sucedidas em diferentes setores industriais, hoje, o *Lean* representa a espinha dorsal das ferramentas de gestão, para eliminar desperdícios, como a *overproduction*, o transporte, o processamento excessivo, inventário, movimento e defeitos, propondo vários princípios *Lean* para alcançar uma organização *Lean*, ou seja, induzindo o pensamento *Lean* (Silva & Ferreira, 2019).

Na verdade, foi assim designado porque este sistema usa menos de tudo em comparação com um sistema de produção em massa. Considera-se em muitos casos que o sistema *Lean* requer metade do efeito humano na fábrica, metade do espaço de fabricação, metade do investimento em ferramentas e metade das horas de engenharia para desenvolver um novo produto, em metade do tempo (Sharma & Gandhi, 2017).

Como está representado na Figura 7, existem oito tipos diferentes de possíveis desperdícios: transporte, inventário excessivo, movimentos desnecessários, excesso de produção, processamento em demasia, elevado tempo de espera, qualidade/defeitos e subutilização do intelecto (Sousa et al., 2018; Neves et al., 2018; Rosa et al., 2018).



Figura 7 - Oito tipos de desperdício (adaptado de: Nunes et al,2015).

O *Lean production* procura eliminar o desperdício e as atividades sem valor acrescentado ao ciclo de operação (Silva, 2005; Rosa et al., 2018). Desta forma, os princípios que incentivam à melhoria são: o trabalho em equipa, comunicação, uso eficiente de recursos e melhoria contínua. Relativamente às características da produção *Lean*, podem ser descritas em: (i) produção de bens com poucas pessoas, (ii) com um mínimo de inventário e o mínimo de desperdício possível, (iii) fornecer material em todas as etapas do processo – o quê, quanto e quando é necessário (iv), permitindo a variedade no produto sem que haja custo de troca (Sharma & Gandhi, 2017).

Assim, na Tabela 8 é possível encontrar diversos trabalhos na área *Lean*, onde foram aplicadas diferentes ferramentas, com a finalidade de melhorar processos distintos.

Tabela 8 – Síntese de artigos científicos.

Referências Bibliográficas	Descrição do Artigo
(Monteiro et al., 2019)	Este estudo foi desenvolvido numa empresa metalúrgica, visando melhorar o processo das máquinas utilizando o SMED, uma das ferramentas <i>Lean</i> . Após a análise inicial, estabeleceu-se que o tempo de <i>setup</i> foi reduzido cerca de 40% na máquina de trituração vertical, diminuindo assim de 9 min e 51 segundos para 5 min e 52 segundos. Além disso, verificou-se ainda na máquina de trituração horizontal uma redução do tempo de <i>setup</i> de cerca de 57%, ou seja, de 19 min e 4 segundos para 8 min e 14 segundos.
	Neste artigo, abordou-se a implementação de metodologias <i>Lean</i> na gestão de consumíveis nas oficinas de manutenção de uma empresa industrial, reduzindo o

---

(Pombal et al., 2019)	<p>volume de materiais e reestruturando a sua disposição. Não obstante, este estudo possibilitou uma melhoria na organização do material de consumo (<i>spare parts</i>), através da implementação da metodologia 5S, bem como uma redução de 70% no tempo necessário para localizar o material consumível através da gestão visual. O controlo do <i>stock</i> também foi alcançado através da reformulação do <i>Kanban</i> (aproximadamente 30%) e uma redução no tempo necessário para reabastecer o material no armário de consumíveis foi assegurada através da implementação de <i>mizusumashi</i> (com uma melhoria esperada de 50%).</p>
(Rosa et al., 2018)	<p>Neste estudo, realizou-se uma otimização do processo de produção de uma linha de montagem de uma indústria automóvel. O objetivo foi alcançado através da eliminação de tarefas que não agregavam valor, e através da redução do desperdício associado à robustez e confiabilidade do equipamento, movimentos do operador, padronização dos métodos de trabalho, entre outros. Além disso, pretendeu-se melhorar a qualidade e a produtividade das linhas de montagem de cabos metálicos de comando, através da aplicação de metodologias <i>Lean</i> e PDCA (<i>Plan Do Check Act</i>). Alcançou-se o pretendido através da atualização de equipamentos e eliminação/redução de desperdícios em várias áreas: logística, movimentação do operador, fiabilidade dos equipamentos, equilíbrio de tarefas e definição e padronização dos métodos de trabalho. Este trabalho possibilitou um elevado incremento na produção, isto é, de 43% na linha de montagem e de 229 peças/hora para 327 peças/hora. Além disso, também foi registada uma redução de 30% no uso da linha de montagem, o que permitiu a adição de novas referências de produtos na linha de montagem em questão.</p>
(Neves et al., 2018)	<p>Neste artigo, ilustrou-se a implementação de ferramentas <i>Lean</i> numa indústria têxtil, diretamente no processo de fabrico de passamanarias. Utilizaram-se ferramentas como o ciclo PDCA, metodologia 5S e 5W2H para identificar problemas e encontrar soluções para os mesmos. As ações realizadas, permitiram economizar quatro horas por operador, semanalmente, o que corresponde a um ganho de 10% no tempo disponível por semana e operador, representando uma melhoria considerável da produtividade no processo de produção têxtil.</p>
(Kumar et al., 2018)	<p>Este trabalho foi realizado numa empresa localizada na Índia e envolveu a utilização de ferramentas como o VSM, “5-Why”, <i>Poka-Yoke</i> e eventos <i>Kaizen</i>. Depois da sua implementação, os resultados mostram reduções do tempo de <i>setup</i> de 27 segundos (65,85%), da mão-de-obra em 40% (de 10 para 6 trabalhadores), de <i>lead-time</i> produtivo em 69,47% (de 18,016 para 5,5 dias) e, por último, atingiram-se reduções de tempo de valor acrescentado de 473 segundos para 117 segundos, i.e., uma redução 75,25%.</p>
(C. Rosa et al., 2017)	<p>Este trabalho foi elaborado com o objetivo de obter uma redução dos tempos de <i>Setup</i> nas linhas de montagem de cabos metálicos, numa indústria automóvel. Assim, e utilizando a metodologia SMED associada a outras ferramentas <i>Lean</i>, conseguiu-se uma redução semanal de aproximadamente 58,3% (210 min) no tempo de <i>setup</i>, contribuindo para um aumento da disponibilidade da linha de montagem e da capacidade produtiva. O autor defende, também, que se</p>

---

	<p>obtiveram melhorias na organização, nos tipos de ferramentas utilizadas, na remodelação de tarefas internas e externas, nos ficheiros de <i>setup</i> detalhados, na gestão visual e na formação dos operadores.</p>
(Choomlucksana et al., 2015)	<p>Neste artigo, foi efetuado um estudo do processo de estampagem de chapas metálicas, numa indústria localizada em Bali, com o objetivo de demonstrar como a manufatura <i>Lean</i> pode ajudar a melhorar a eficiência do trabalho. Desta forma, ferramentas e técnicas Poka-Yoke e 5S foram aplicadas para ajudar a empresa a identificar as áreas oportunas para redução de desperdícios e melhorar a eficiência dos processos de produção.</p> <p>Os resultados indicam que, após implementação, o tempo de processamento de uma etapa de polimento após a aplicação do princípio de fabricação <i>Lean</i>, foi reduzido em 62,5% (de 6.582 para 2.468 segundos). As atividades sem valor agregado foram reduzidas de 1086 atividades para 261 atividades, ou seja, originou uma redução de 66,53%. Além disso, o custo de horas extras foi reduzido em 1764 dólares por ano.</p>
(Sousa et al., 2018)	<p>Este trabalho, visou alcançar a melhoria de um equipamento da indústria de cortiça, através da aplicação de metodologias <i>Lean</i>. O equipamento em estudo realiza a união de uma rolha de cortiça a uma cápsula, o que é feito colando-a com cola de fusão a quente.</p> <p>As melhorias implementadas tiveram um impacto positivo no processo e os principais objetivos foram quase alcançados, isto é, o desafio proposto era alcançar uma redução de 55% nos tempos de transição de ferramenta. Contudo, alcançou-se uma redução de 43% nesse tempo.</p>
(Martins et al., 2018)	<p>Neste artigo, foi realizada uma análise da aplicação da metodologia SMED em relação a uma máquina de feixe de elétrons (EBM), uma vez que pode ser usada para uma ampla gama de aplicações e serviços. A principal pesquisa foi realizada como um estudo de caso de um fornecedor automóvel de primeira linha, em que a aplicação de SMED permitiu uma redução do tempo de <i>Setup</i> em mais de 50%. A aplicação da metodologia SMED também permitiu eliminar totalmente a sucata gerada devido a ações pré-determinadas.</p> <p>Nesse sentido, foi possível verificar que a metodologia Shingo ainda é muito útil, sendo uma ferramenta eficiente na redução dos tempos de <i>Setup</i>, o que é particularmente relevante em setores altamente competitivos, como a indústria automóvel.</p>

Por sua vez, os resultados obtidos presentes na síntese da Tabela 8 confirmam o enorme potencial do pensamento *Lean*, aumentando as atividades com valor agregado e reduzindo o desperdício no processo. Primeiro, é necessário entender as necessidades, para depois integrá-las visando obter resultados positivos. Por fim, é essencial internalizar que ser *Lean* é sempre um trabalho sucessivo, um estímulo contínuo, que exige o envolvimento e o comprometimento de todas as partes interessadas (Silva & Ferreira, 2019). Na verdade, é através do uso de ferramentas e metodologias *Lean*, que

se consegue encontrar soluções viáveis que resultam num aumento significativo da produtividade (Rosa et al., 2018).

Todavia, o pensamento *Lean* pode ser incorporado em atividades de manutenção através da aplicação dos seus princípios e práticas. Manutenção *Lean* é um pré-requisito para sistemas de manufatura *Lean* (Ferreira et al., 2019; Pinto et al., 2019). Contudo, a manutenção *Lean* é definida como “uma operação de manutenção proativa, que emprega atividades de manutenção planeada e programada por meio de práticas TPM, empregando estratégias de manutenção desenvolvidas através da aplicação da lógica de decisão de manutenção centralizada na confiabilidade e praticada por pessoas capacitadas (auto-direcionadas), isto é, intituladas como equipas de ação” (Mostafa & Soltan, 2015).

Dada a relevância da função manutenção, o conceito fundamental da manutenção *Lean* é reduzir as necessidades de recursos (entradas) ao mais baixo nível possível (Moreira et al., 2018), intercalado com a obtenção do nível desejado de confiabilidade do equipamento (saída). Para atingir esse objetivo, é necessário eliminar os desperdícios de todos os processos e atividades (Goossens, 2019).

Assim sendo, e de uma forma geral, para Goossens (2019), o desperdício é definido como qualquer recurso ou atividade relacionada ao processo que não agrega valor ao “produto” final, neste caso, definido como disponibilidade dos equipamentos.

Na Figura 8 - *Lean maintenance roadmap* (adaptado de (Mostafa et al., 2015).), é apresentado um roteiro elaborado com base nos cinco princípios de manufatura *Lean* declarados por Womack e Jones (2003), onde é possível analisar as várias etapas, assim como os seus pressupostos (Mostafa et al., 2015).

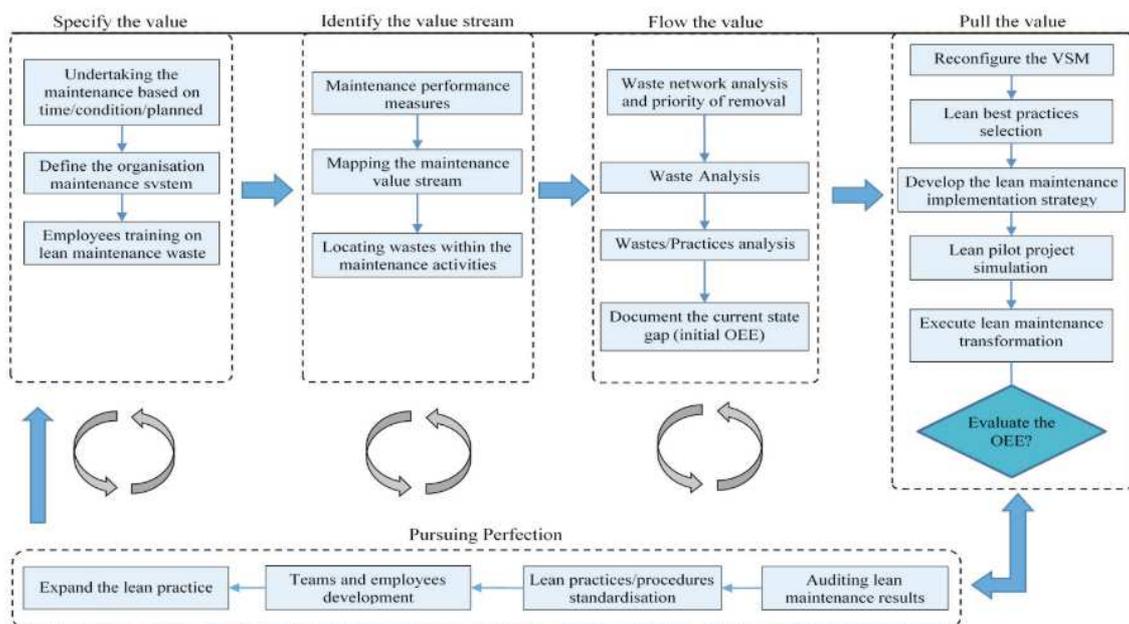


Figura 8 - *Lean maintenance roadmap* (adaptado de (Mostafa et al., 2015).

O roteiro apresentado, pode ser encarado como uma etapa inicial para a integração dos princípios *Lean* com os processos de manutenção. Pode ser usado para diferentes desígnios: para uma organização que deseja implementar o *Lean* para o departamento de manutenção, ou para outras organizações que iniciam a transformação *Lean* a partir do departamento de manutenção (Mostafa et al., 2015).

Como aponta a Figura 8, o roteiro é dividido em cinco etapas, estando, cada uma resumida na Tabela 9.

Tabela 9 – As cinco etapas do roteiro de manutenção *Lean* (Mostafa et al., 2015).

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>
Especificar o valor	Especificar o valor é o primeiro estágio e concentra-se na definição do sistema de manutenção da organização, incluindo atividades, planeamento da manutenção, estratégias e equipa de manutenção. Esta etapa preza o treino e formação dos funcionários sobre a postura da manutenção <i>Lean</i> perante os desperdícios.
Identificar o fluxo de valor	O segundo estágio visa e identifica o fluxo de valor. Isso inclui todas as atividades e processos relacionados com a manutenção, introduzindo um mapa do fluxo de valor de manutenção e localizando as fontes de desperdício. Esta etapa termina com a definição de medidas de desempenho do equipamento, como disponibilidade, MTBF e OEE.
Transmitir o valor	O terceiro estágio transmite o valor por meio da análise da rede de desperdícios e, em seguida, da análise de práticas de desperdícios, de forma a garantir um fluxo de valor sem interrupções ou tempos de espera.
Puxar o valor	A quarta etapa consiste em confirmar que o equipamento está a contribuir para o aumento do valor em todos os processos de manutenção. Assim, a execução dos princípios <i>Lean</i> ocorrem nesta fase, isto é, etapas como reconfiguração do VSM ( <i>Value Stream Mapping</i> ), seleção das melhores práticas <i>Lean</i> , desenvolvimento da estratégia de transformação e avaliação do OEE.
Procurar a perfeição	O último estágio visa a eliminação de desperdícios dos processos de manutenção. Tal pode ser alcançado através da auditoria dos resultados da manutenção <i>Lean</i> , padronização das práticas e procedimentos <i>Lean</i> , desenvolvimento de equipas e funcionários e expandindo as práticas desta metodologia.

Em última instância, importa salientar que o *Lean* não se proclama como um programa completo de regras, anuncia-se sim como uma nova forma de pensar, uma nova forma de agir perante os problemas diários e, sempre, uma forma de ponderar melhorias, melhorias contínuas que não tem fim (Baierle et al., 2019).

## 2.7 CMMS - *Computerized Maintenance Management System*

A manutenção deve ser encarada como uma função estratégica na obtenção dos resultados da organização e deve ter acesso ao apoio à gestão e à resolução de problemas provindos da produção, lançando a empresa para patamares de qualidade e produtividade competitivos (Kardec & Nascif, 2001). Portanto, deve ter em conta os objetivos da empresa e ser gerida de modo a proporcionar à organização um grau de funcionalidade com um custo global otimizado (Souris, 1992). A política de manutenção deve ser definida pela empresa segundo os seus objetivos organizacionais (Wireman, 1990), apresentando-se como um fator determinante do sucesso do planeamento da produção e, portanto, da produtividade do processo (Wireman, 1998) (Marcorin & Lima, 2003).

A complexidade das atividades industriais está em constante evolução e a conceção da manutenção e da gestão é, atualmente, considerada como um elemento essencial para a obtenção da melhoria operacional, da segurança, da redução de custos, do aumento da disponibilidade, aumento da vida útil, etc. Portanto, é necessário empregar as ferramentas computacionais oferecidas pelo mercado, denominadas sistemas informáticos de gestão da manutenção (Carnero & Novés, 2006).

Com a implementação de um *software* de gestão da manutenção (CMMS), é possível ter-se acesso a dados que sem o *software*, não seria exequível. Serve, a título de exemplo, para guardar um histórico com todos os ativos da empresa, históricos de avarias, material destinado a substituição, melhorias realizadas, manutenções preventivas efetuadas e calendarizadas, entre outras estatísticas (Lopes et al., 2016).

Não obstante, o *software* permite ativar notificações de quando será necessário realizar manutenção preventiva aos equipamentos, bem como facilitar o planeamento de todas as manutenções, visto ser visualmente mais fácil de organizar as intervenções. De acordo com Wienker & Volkerts (2016), a implementação de um CMMS possibilita uma comunicação célere e eficaz, que conduzirá a muitos benefícios para toda a organização.

Efetivamente, um CMMS fornece uma plataforma comum a todas as secções da empresa, para implementar a estratégia nos departamentos de toda a organização. Ajuda, facilita e permite uma maior celeridade nas comunicações e acarreta muitos benefícios para a organização, incluindo: planeamento e programação da manutenção aprimorada, relatórios de alta qualidade e de fácil acesso a dados históricos, controlo e reagenda de trabalhos de manutenção simplificados, tempo reduzido para montagem de peças sobressalentes e ferramentas, e possibilita uma produtividade crescente (Wienker et al., 2016).

Perante estes factos, na Tabela 10, salientam-se exemplos de *software* que são usados como CMMS, destacando-se o ManWinWin como software utilizado no decorrer do trabalho.

Tabela 10 – Exemplos de *Software* usados como CMMS, existentes no mercado.

<b>Software</b>	<b>Descrição</b>
ManWinWin	A Navaltik Management, proprietária do <i>software</i> de gestão de manutenção denominado ManWinWin, é uma empresa portuguesa de consultores de engenharia especializada na organização e gestão de manutenção e no fornecimento de aplicações informáticas neste domínio. O ManWinWin é um <i>software standard</i> de gestão de manutenção que alcança, com grande detalhe, a codificação e registo dos bens de manutenção, o planeamento e gestão dos trabalhos de manutenção, custos de mão-de-obra, <i>spare parts</i> , serviços, gestão de armazéns e consequentes indicadores de desempenho de manutenção (ManWinWin – A melhorar a manutenção desde 1981, 2019).
Nextbitt	Sediada em Lisboa e fundada em 2015, a Nextbitt é uma empresa que atua na área de <i>Assets Management, Facilities Management, Industrial Maintenance, Fleet Management</i> e <i>Waste Management</i> . Visa a estruturação de soluções que resolvam problemas de gestão de ativos, independentemente do setor ou indústria. Neste sentido, a NextBitt tira partido das tecnologias mais recentes, como NFC ( <i>Near Field Communication</i> ), para garantir uma total rastreabilidade dos ativos físicos de uma organização, ao longo do seu ciclo de vida, quer no que diz respeito ao controlo de custos, quer na vertente operacional de disponibilidade e intervenção de cada equipamento (NextBitt – <i>business technologies</i> , 2019).
Glose EAM	A GLOSE é uma empresa portuguesa formada por um grupo de engenheiros com elevada experiência (mais de 30 anos) nas áreas da Gestão da Manutenção e <i>Facility Management</i> . É uma plataforma de gestão de ativos que permite otimizar e automatizar todas as atividades relacionadas com a gestão operacional do Património de uma organização. Além disso, este <i>software</i> possibilita a identificação de todos os ativos da organização, desde edifícios, equipamentos, viaturas, instalações técnicas, entre outros, procurando gerir o seu ciclo de vida (Glose EAM – <i>maintenance and management software</i> , 2019).
Infraspeak	O Infraspeak é um <i>software</i> para gestores de infraestruturas e assistentes técnicos. Organiza e melhora significativamente os processos de Manutenção Preventiva, Manutenção Corretiva, Auditorias, Gestão de <i>Stocks</i> e muito mais. Posto isto, o Infraspeak revela-se também como um <i>software</i> de operações técnicas, de fácil utilização devido à sua flexibilidade, interfaces dedicadas e tecnologia NFC (Infraspeak - O Mundo Precisa de Melhor Manutenção, 2019).



# CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, PROCESSO E PROBLEMAS

3.1 Processo Produtivo

3.2 Organização da manutenção na Empresa

3.3 Identificação dos problemas e sua resolução

3.4 Anteprojeto

3.5 Projeto

3.6 Análise Crítica dos resultados



## 3 DESENVOLVIMENTO

No capítulo anterior descreveram-se as ideias e as ferramentas teóricas fundamentais ao desenvolvimento da presente dissertação. Este capítulo é dedicado à exibição dos resultados da utilização desses conceitos visando alcançar os objetivos pré-estabelecidos, que se circunscrevem ao modelo de gestão de manutenção consistente e coerente com as estratégias do grupo CIN.

No decorrer de todo o estágio, existiram três pontos que se consideraram essenciais para melhorar todo o processo da manutenção.

Em primeiro lugar consta a aplicação de uma metodologia para melhoria do Planeamento do Processo da Gestão da Manutenção Preventiva, Condicionada, Corretiva e Melhoria. De seguida, passa pela identificação de problemas e sua resolução, terminando numa identificação, implementação e análise crítica de potenciais melhorias.

### 3.1 Processo Produtivo

A norma portuguesa NP41 define uma tinta como uma composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida, que quando aplicada diretamente no estado provido ou após diluição, numa camada fina sobre uma determinada superfície adequada, após um certo intervalo de tempo, forme uma película sólida, corada e opaca. Dependendo do local de aplicação, a tinta deve apresentar vários requisitos, tais como uma boa estabilidade cromática, reduzida toxicidade e elevado tempo de proteção. Na hipótese de uma tinta exterior ou de uma tinta com objetivos industriais, uma característica essencial que esta deve apresentar, será a resistência à intempérie ou à abrasão (Instituto Português da Qualidade, 2018). Em suma, pode-se entender uma tinta, como uma mistura homogénea de diversos componentes, pigmentos, cargas, veículo fixo e aditivos (extrato seco da tinta), existindo ainda o veículo volátil (solvente, aditivo ou diluente ou até mesmo uma mistura de todos) que, quando aplicados sobre uma substância, criam uma película sólida, colorida e opaca com fim protetor ou decorativo.

O seu processo de fabrico segue um conjunto de etapas de produção descrito nas respetivas ordens de fabrico. No documento é especificada a ordem de adição das matérias-primas.

As diferentes etapas do processo produtivo podem ser observadas na Figura 9.

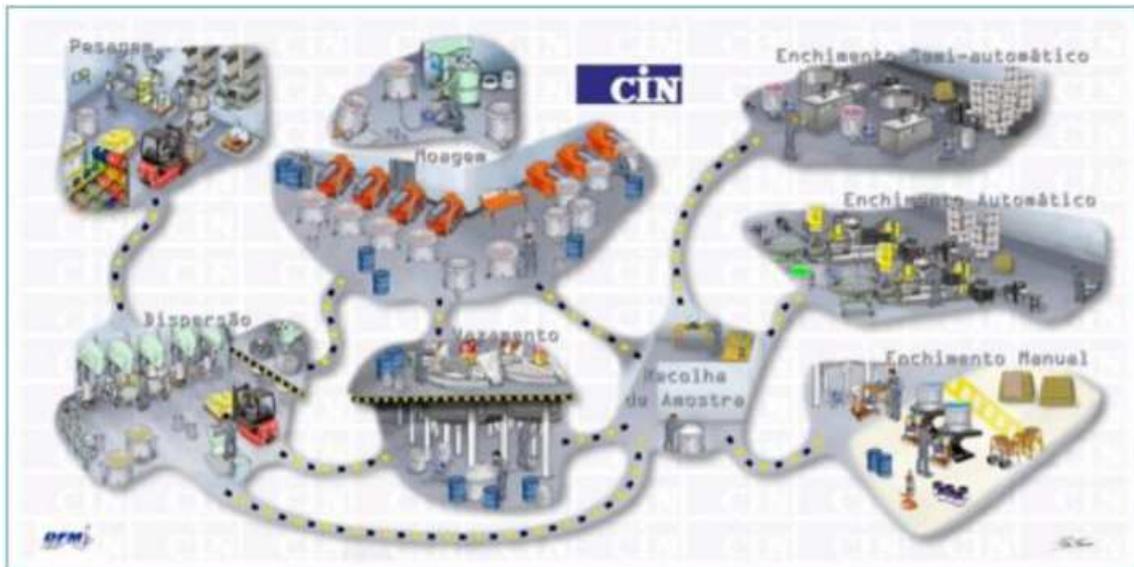


Figura 9 - Processo produtivo.

Separação de matérias-primas: Esta etapa ocorre no armazém de matérias-primas, onde após recebida a ordem de separação, dá-se início à recolha e envio das matérias necessárias a cada fabrico (esta etapa não se encontra representada na Figura 9).

As matérias-primas, de uma forma estritamente logística em relação ao seu formato físico e embalagem, podem ser classificadas em:

- Granel, dão entrada na CIN em camiões cisterna e são posteriormente armazenadas em silos;
- Líquida, trazidas por camiões, podem chegar embaladas em tambores de 200 L, cubos (IBC) com cerca de [900-1000] kg, bilhas ou barricas [25-50] kg;
- Sólidas, sacos de 10 kg até 40 kg e Big-Bags [900;1200] kg;

Pesagem de matérias-primas: Pode-se entender como a primeira etapa diretamente ligada ao fabrico, onde é feita a dosagem das matérias-primas nas quantidades assinaladas na ordem de fabrico, conforme um determinado modo operativo e seguindo o protocolo de segurança. Trata-se de uma etapa rigorosa, pois no caso de erro, o produto poderá ser considerado um PNC (Produto Não Conforme).

Dispersão: Nesta etapa ocorre a introdução de materiais sólidos num líquido. O primordial objetivo desta fase é obter a desagregação das partículas sólidas do líquido, aumentando a energia mecânica presente no sistema. Para o conseguir, recorre-se a um dispersor. O equipamento apresenta um motor elétrico com capacidade de variar a velocidade. A energia é transmitida para um eixo, onde, na extremidade, existe um disco metálico dentado. Tendo em vista a eliminação de zonas mortas durante a dispersão, o tanque deverá ser cilíndrico e ter um fundo concavo ou no caso de ser plano, deverá ter arestas. A combinação destes fatores faz com que se crie a velocidade e o vórtice ótimos, originando as forças de corte imperativas para a obtenção da dimensão de partículas desejadas.

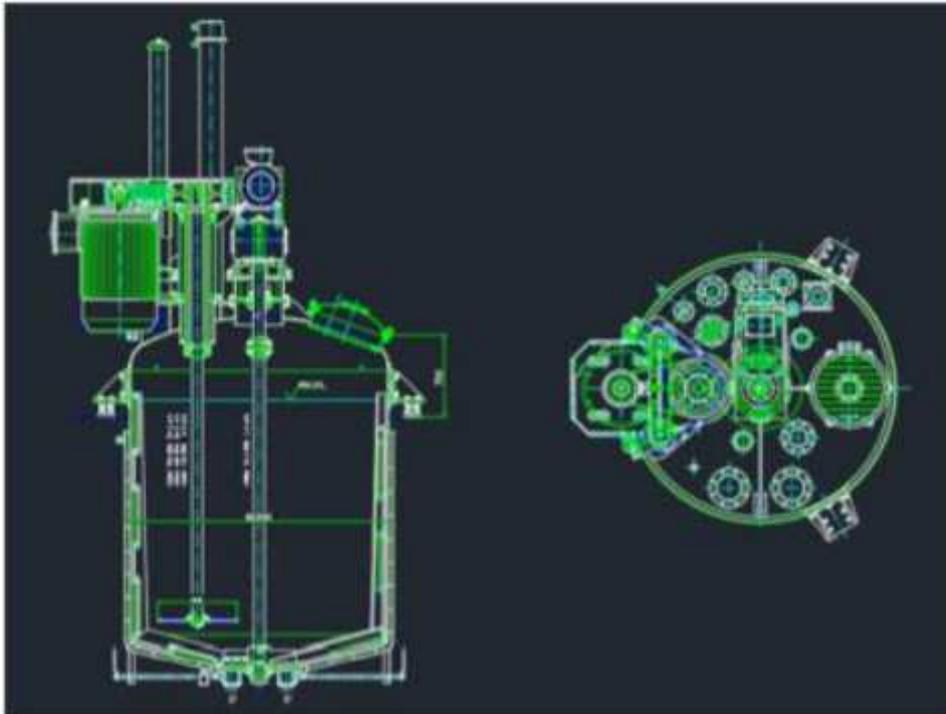


Figura 10 - Vista lateral (esquerda) e superior (direita) de um exemplo de dispersor.

**Moagem:** É realizada nos moinhos de esferas com o intuito de aumentar o grau de dispersão. Trata-se de uma etapa opcional, dependendo das características que se pretenda que o produto acabado apresente. A moagem é realizada para reduzir o volume das partículas e, conseqüentemente, aumentar o poder de cobertura da tinta. Neste processo, a tinta é introduzida numa câmara com microesferas que, por colisão, diminuem o tamanho das partículas. Trata-se de um processo em fluxo, isto é, a tinta atravessa a câmara partindo de um tanque de entrada (tanque móvel ou tanque fixo), e é transferida para um tanque de saída (tanque móvel).

**Acabamento:** Uma vez que o produto já passou no moinho, no acabamento apenas são introduzidas matérias-primas líquidas, normalmente em grande volume. É nesta fase que são atribuídas à tinta as suas características finais. Nos casos em que o volume final de tinta é inferior a 1000 L (volume do tanque móvel), não é necessário transferir a tinta para um tanque fixo de acabamento, pois este realiza-se no tanque móvel.

**Afinação:** O processo de afinação corresponde ao acerto de cor da tinta relativamente a um padrão.

**Controlo de Qualidade:** Processo de análise e validação de propriedades da tinta com base numa amostra retirada do fabrico e analisada no laboratório interno da fábrica.

**Enchimento:** Até esta etapa, a tinta fabricada encontra-se regra geral num tanque de acabamento. Por fim, o enchimento é o processo onde o produto é embalado nos respetivos recipientes. Além disso, este processo pode ser feito em máquinas de enchimento semiautomáticas ou por enchimento manual.

### 3.2 Organização da manutenção na Empresa

No modelo estratégico de manutenção implementado atualmente pela CIN, as ações de manutenção preventiva e corretiva das instalações, estão a cargo de técnicos de manutenção pertencentes à organização e a uma empresa subcontratada (ENGIE), sendo estas manutenções realizadas por técnicos especializados de manutenção. Deste modo, sempre que se justifique, a reparação/manutenção de equipamentos numa secção da fábrica, é executada pelos técnicos da empresa fornecedora dos mesmos, enquanto que a reparação de outro tipo de equipamentos fica a cargo dos técnicos efetivos. Normalmente, também se justifica o bom senso e a experiência do gestor da equipa da manutenção analisar a melhor pessoa/serviço para a tarefa ou pedido de manutenção em questão. Para tal, o responsável de cada setor que abrange uma série de equipamentos emite um pedido de manutenção em que identifica o objeto, o assunto e o grau de urgência. Desta forma, é possível identificar o equipamento em si e a falha/ocorrência identificada no assunto. Este pedido é dirigido a uma caixa de pedidos, em que o gestor do planeamento da manutenção imprime uma ordem de trabalho e dá prioridade e seguimento da intervenção ao respetivo técnico conforme a especialidade do mesmo.

Para dar resposta em termos de intervenção, a equipa de Manutenção da área produtiva é constituída pelo Diretor de Manutenção, Responsável de Oficina e Planeamento, Responsável Fábrica Maia e Centro de Distribuição, Responsável Megadur, Responsável Armazém, Responsável Compras e sete técnicos. Na Figura 11 pode-se constatar a árvore hierárquica representativa da equipa de Manutenção de equipamentos produtivos.

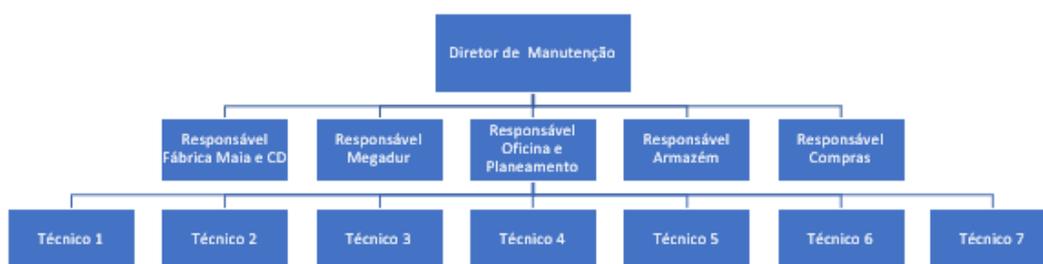


Figura 11 - Organização do Departamento de Manutenção.

Relativamente à CIN Valentine, a árvore hierárquica é bastante idêntica, no entanto a equipa é menor, o que se justifica devido à equipa de manutenção da CIN Maia abranger três fábricas.

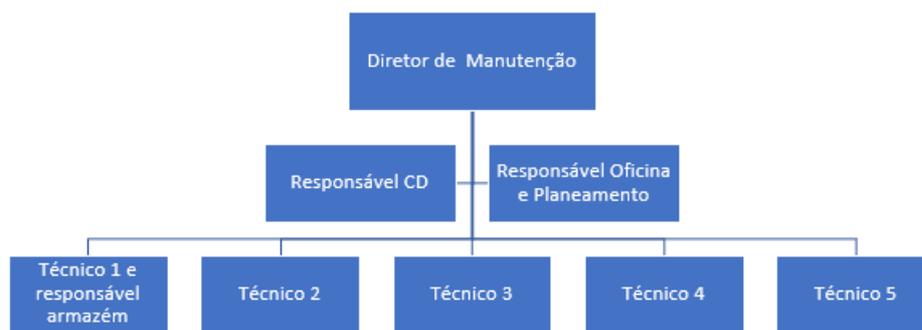


Figura 12 - Organização do Departamento de Manutenção, fábrica Barcelona.

### 3.3 Identificação dos problemas e sua resolução

Anteriormente a qualquer evolução realizada, procedeu-se a um estudo e verificação de todos os planos de manutenção existentes, assim como todos os equipamentos fabris, e estudou-se o histórico de ordens de trabalho e pedidos, de maneira a ter um ponto de situação dos trabalhos que a equipa tinha entre mãos. Neste ramo, foram detetados vários problemas no processo e foi executada uma proposta de resolução para os mesmos com auxílio a reuniões de *brainstorming*.

Para tal, na Tabela 11, pode-se observar o problema e a respetiva sugestão de resolução.

Tabela 11 - Problemas detetados no processo da Manutenção, e sua resolução.

Problema	Resolução
Planos de Manutenção incorretos e inexistentes	Realização de uma revisão a todos os planos de manutenção, melhorando-os e gerando novos.
Planos de Manutenção desajustados	Reformulação do tipo de periodicidade da manutenção preventiva dos equipamentos.
Desorganização da informação no <i>software</i>	Realizar uma revisão a todos os equipamentos fisicamente e no <i>software</i> .
Programa de gestão da manutenção pouco explorado	Implementação de uma biblioteca padrão de tarefas de manutenção e diminuição do número de Ordens de Trabalho Planeadas, através da reprogramação da periodicidade das fichas de manutenção emitidas e através do encadeamento de FMP
Elevada taxa de manutenção corretiva	Realizar as manutenções preventivas planeadas e aumentar a percentagem de execução das mesmas, em que permita reduzir a probabilidade

---

	de falha ou a degradação do funcionamento de um bem. Automatizar as tarefas dos técnicos via administração no programa de gestão da manutenção interno.
Pouca utilização de KPI's	Criar parâmetros automáticos e manuais bem definidos, que vise sustentar uma análise facilitada dos indicadores personalizados e respetivos valores.

---

### 3.3.1 Planos de Manutenção incorretos

O plano de manutenção reveste-se de uma importância vital, visto que é baseado neste que se executa uma manutenção preventiva. Ou seja, se o plano não estivesse devidamente estruturado, as manutenções não eram realizadas de maneira eficiente. É possível efetuar um plano de manutenção realizando ciclos de manutenção ou não, tendo a primeira efeitos nítidos de valor acrescentado na sua implementação.

Relativamente aos planos de manutenção das máquinas existentes, detetou-se três grandes problemas, os quais são descritos seguidamente:

1. Existiam planos de manutenção que eram compostos por duas ou mais fichas de manutenção, em que cada ficha de manutenção tinha periodicidade diferente, visto haver certas peças de um determinado equipamento que necessitavam de manutenção trimestral, enquanto havia outras que apenas necessitavam de uma manutenção semestral, ou até anual.

Como podemos observar nas Figura 14 e Figura 15 o plano de manutenção apresentar-se-ia da seguinte maneira, num objeto que necessitasse de manutenção preventiva trimestral, semestral e anual.

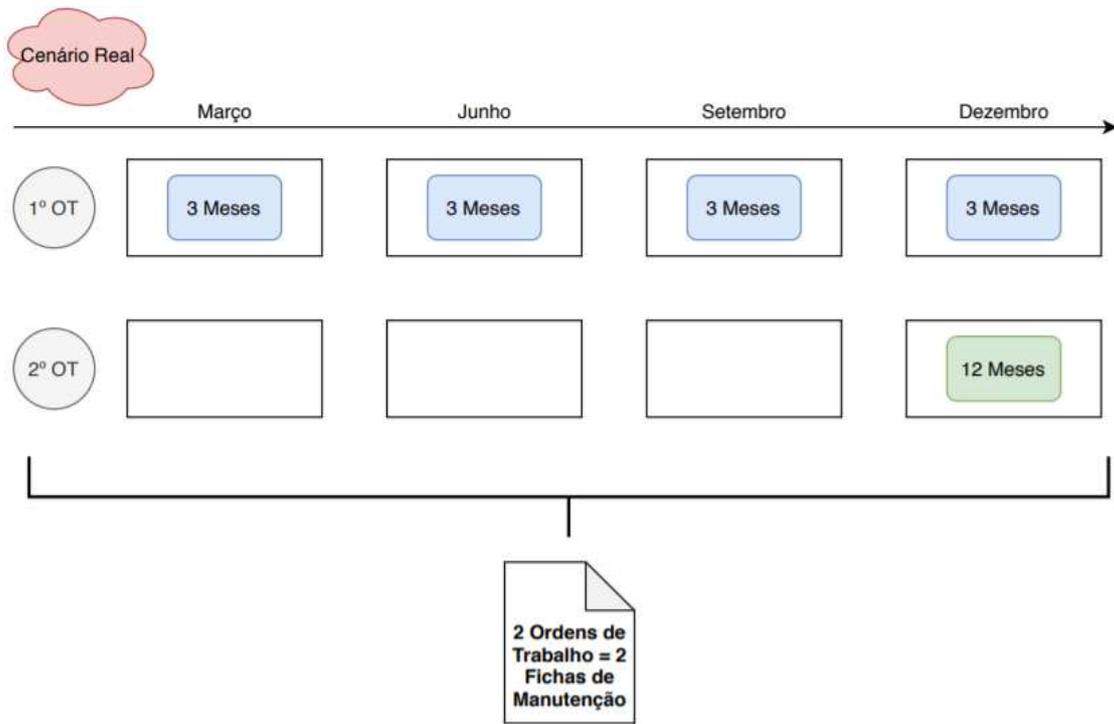


Figura 13 - Cenário Real.

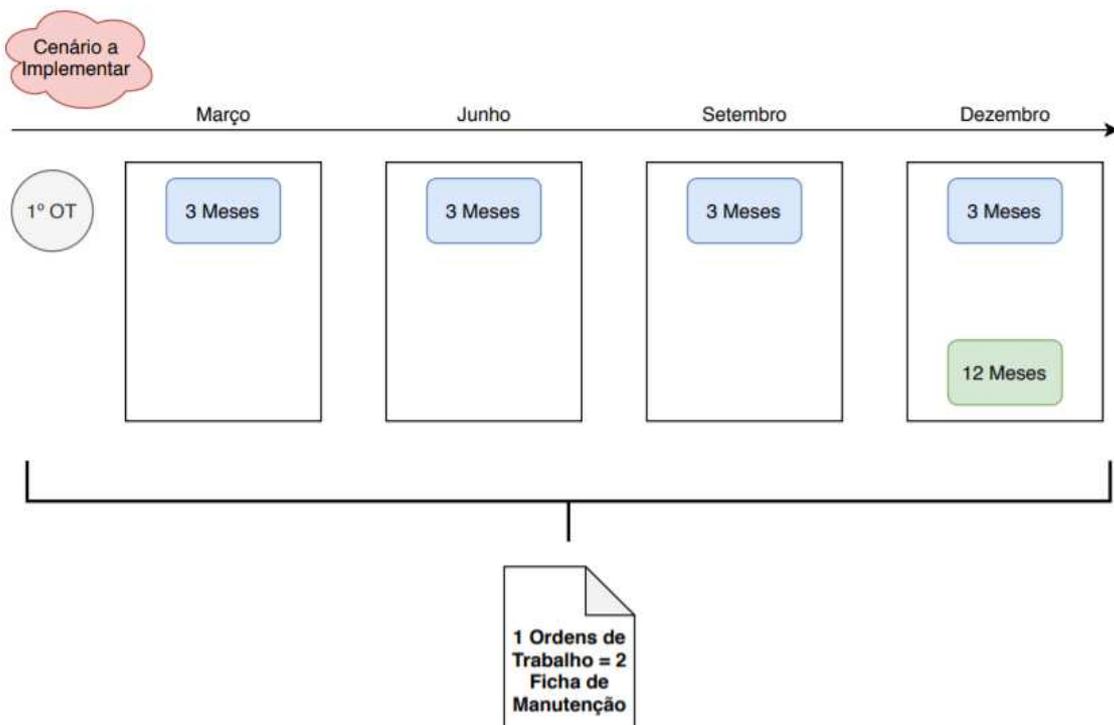


Figura 14 - Cenário a Implementar.

2. Existiam planos de manutenção que já funcionavam em ciclo, no entanto, esse ciclo estava incorreto. Uma máquina que tivesse uma manutenção trimestral e semestral, no espaço temporal de um ano, em vez de ter quatro manutenções anuais, ou seja, duas trimestrais e duas trimestral + semestral, teria apenas duas trimestrais e uma semestral, porque cada manutenção para ter um ciclo correto, teria de ter a mesma periodicidade, o que não era o caso. Inicialmente, alguns ciclos encontravam-se com a seguinte sequência 3-6-3-6 meses, o que no fim do ciclo dava 18 meses. Alteraram-se os planos para 3-3-3-3 meses, perfazendo um ciclo de 12 meses, em que na segunda e quarta intervenção se realizaria a manutenção trimestral e semestral.

Este método, evita também que, como exemplificado na Figura 15, o equipamento seja inspecionado três vezes no mesmo mês e que o técnico de manutenção receba a seu encargo uma folha com uma ordem de trabalho em vez de 3 folhas com ordens de trabalho, aumentando a sua eficiência. Este novo modelo, aumenta a disponibilidade do equipamento e diminui os custos de manutenção.

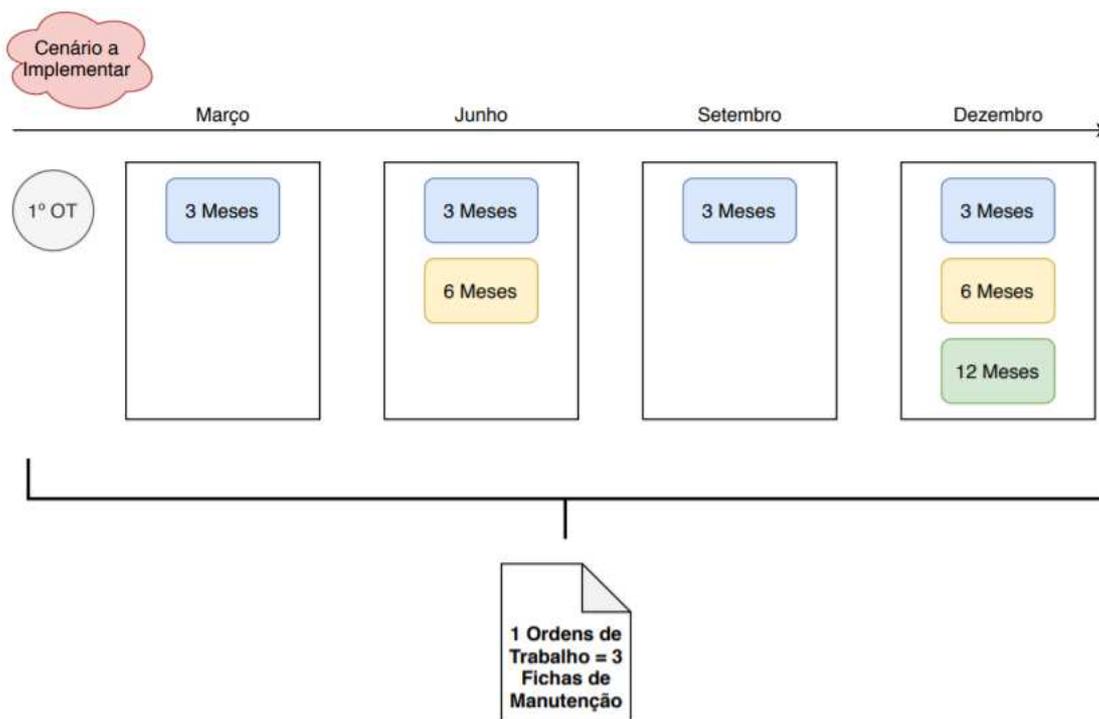


Figura 15 - Cenário a implementar (3 OT's para 1 OT).

3. Por último, subsistiam bens que não eram correspondidos com um plano de manutenção preventivo associado ao objeto, nomeadamente nos equipamentos de fabricação ou de transporte em que a empresa confia para produzir os seus produtos e cumprir os prazos exigidos dos seus clientes. Sendo alguns resultados muito provavelmente difíceis de alcançar, devido à imprevisibilidade de ocorrência de falha em alguns equipamentos, a manutenção preventiva programada regularmente pode descobrir possíveis problemas de futuro, aprimorar a qualidade do produto, economizar

os custos, prolongar a vida útil do equipamento e otimizar a produtividade, mantendo as máquinas totalmente funcionais e atendendo às necessidades dos equipamentos antes que elas resultem em tempo de inatividade imprevisto. Como tal, criaram-se planos de manutenção para todos os equipamentos, em que não se realizava e se deveria realizar manutenção preventiva.

### 3.3.2 Planos de manutenção desajustados

Efetivamente, existiam planos de manutenção incompletos ou desajustados. Para além dos planos de manutenção baseados num período de tempo (periodicidade), realizou-se também planos de manutenção tendo como base o número de horas de funcionamento do equipamento. Desta forma, e após uma verificação dos equipamentos, constatou-se que alguns tinham planos de manutenção em função do tempo, no entanto não era o procedimento mais adequado, visto que alguns equipamentos tinham peças com elevado desgaste devido ao constante processo produtivo, e foram intervencionadas no tempo errado. Nesse tipo de situações, a manutenção não foi muito eficiente, visto que a altura em que se realizava a manutenção não era a mais adequada. Se, eventualmente, a máquina não trabalhasse tempo suficiente para as peças se desgastarem, as mesmas eram substituídas, aumentando o custo de mão-de-obra e de material aplicado. Nomeadamente, se o equipamento trabalhasse mais horas do que o aconselhado para as peças constituintes, poderia originar a paragem do mesmo, obrigando posteriormente a uma manutenção corretiva. Como tal, alterou-se o tipo de periodicidade, tendo ficado a depender do tempo de funcionamento do equipamento e como era aconselhado pelo fabricante nos manuais dos bens fabris. Por exemplo, os moinhos, dispersores e compressores, foram alguns dos equipamentos em que os planos foram alterados para manutenção baseada no tempo de funcionamento. As horas de funcionamento passaram a ser introduzidas no sistema informático, de forma a que o *software* conseguisse ajustar automaticamente a data da manutenção preventiva. Além disso, estas ordens de trabalho correspondentes a este tipo de periodicidade apenas podem ser encerradas inserindo as horas trabalhadas desde a última intervenção.

### 3.3.3 Desorganização da informação no software

Relativamente a este tópico, constatou-se que havia diversos entraves para que a informação no *software* não fosse fidedigna, no entanto, as principais razões relacionavam-se com:

- Equipamentos registados no *software* que na realidade já não existiam, por terem sido deslocados para outra empresa do grupo, ou simplesmente desativados;

- Preparações que eram utilizadas para várias intervenções, ou seja, estavam programadas para uma determinada data e com um determinado objetivo em planos de manutenção associados a objetos;
- Equipamentos que existiam fisicamente na empresa e no *software* não subsistiam, ou seja, quando surgia a necessidade da produção realizar um pedido de manutenção, e de referir o equipamento que necessitava de intervenção (objeto), havia um entrave, fazendo com que a produção acabasse por referir a matrícula de outro equipamento semelhante ou não, contribuindo assim para uma informação errada da anomalia a resolver e uma desinformação no histórico de intervenções realizadas no equipamento.

Estes problemas anunciados, que colaboraram para a desorganização da informação no sistema, foram resolvidos após uma revisão dos equipamentos que estavam na empresa ativos e, inativando no *software* todos os outros que não se encontravam na empresa ou se encontravam desativados. A partir da calendarização da reunião de final de semana, esta foi uma das grandes variedades de funções que o programa de gestão da manutenção permite simplificar, que foi implementada no imediato.

#### 3.3.4 Programa de gestão da manutenção pouco explorado

Seguidamente, estabeleceu-se uma biblioteca de manutenções padrão. Na realidade, já existiam cerca de 30 preparações padrão, no entanto, estas preparações encontravam-se numa situação embrionária. Deste modo, criou-se um ciclo de manutenções através desta função, chegando-se a conceber 317 preparações padrão de manutenção, associando cada uma ao respetivo equipamento com a devida periodicidade, deixando assim de existir tarefas de manutenção em texto corrido, sendo utilizado agora uma *checklist* de preparações de intervenção para cada equipamento.

Este processo viabiliza uma maior eficácia e persuasão por parte do técnico de manutenção encarregado pela ordem de trabalho, e evita o esquecimento de alguma tarefa ou procedimento planeado.

O plano de Manutenção de cada equipamento passou então a apresentar um grupo de tarefas que explica as ações preventivas a serem tomadas, para todos os seus componentes, e especificar o centro de trabalho responsável pela sua execução. Cada tarefa é lançada, automaticamente, através de uma frequência predefinida. Assim, a Planificação é a maneira mais eficaz de impedir a deterioração precoce dos equipamentos, conseguindo-se evitar paragens não programadas e o mau funcionamento de um bem, evitando-se assim desperdícios.

A metodologia seguida é melhor explicitada na Figura 16, e teve o propósito de seguir a ideologia do ciclo PDCA.



Figura 16 - Metodologia de implementação adotada.

### 3.3.5 Elevada taxa de manutenção corretiva

Relativamente a esta questão, como não existia um plano completo e consistente de manutenção preventiva, padecia-se de um elevado número de manutenções corretivas e, conseqüentemente, um pequeno défice de realização de manutenções preventivas. O primeiro passo para contrariar este problema, passou por garantir a realização das manutenções preventivas planeadas.

Por outro lado, é sabido que um equipamento pode operar um ano completo sem que haja pausas para manutenção, e quando existe a transição para o acompanhamento correto do mesmo, incluindo manutenções planeadas e realizadas corretamente, ainda assim, possam ocorrer falhas no seu processo normal de funcionamento. Como é imperativo realizar manutenções para prolongar o tempo de vida útil dos equipamentos, foi obrigatório realizar a revisão de todos os equipamentos existentes e criar/implementar as devidas preparações para todos os bens fabris que não possuíam plano de manutenção.

## 3.4 Anteprojeto

### 3.4.1 *Brainstorming*

Em conjunto com os gestores e engenheiros responsáveis do departamento da manutenção e com alguns elementos da equipa técnica, avaliaram-se os pontos fracos dos seus processos internos através de *brainstorming*, identificação de problemas evidentes e recolha de opiniões dos departamentos de produção. É, também, importante frisar, que nestas reuniões o diretor de manutenção da CIN e o responsável de manutenção da CIN Valentine, estiveram sempre presentes esperando-se reunir o maior número possível de ideias, visões, propostas e possibilidades (Figura 17).

Alguns dos problemas identificados revelaram-se como:

- Escassez de planeamento das tarefas de Manutenção Preventiva;
- Pouca assertividade nas Manutenções Preventivas;
- Desorganização no *software* dedicado à gestão da manutenção;
- Falta de registos e baixa organização de dados.

Estes problemas consistem na presença de:

- Planos de Manutenção Preventiva pouco detalhados;
- Processo de manutenção diária baseada na disponibilidade do equipamento no dia;
- Registos de Manutenção Preventiva pouco detalhados e incompletos;
- Bases de dados desatualizadas ou sem registos.

Deste modo, nestas reuniões de *brainstorming* visou-se então alcançar:

- Diminuição na ocorrência de falhas;
- Redução dos custos da manutenção;
- Uma maior disponibilidade dos equipamentos;
- Maior agilidade e efetividade do processo de planeamento e programação da manutenção;
- Maior produtividade da mão-de-obra de execução, devido a uma melhor organização e disponibilização dos materiais para intervenção.

A importância destas reuniões reflete-se no facto de que estes problemas possam implicar excesso de trabalho a realizar e deparar-se com dificuldades de controlo da assertividade das manutenções, assim como uma leitura errada dos indicadores de desempenho a serem avaliados.

Outras das implicações que se tentaram resolver nestas reuniões estavam relacionadas com o processo de manutenção diária encontrada, que era o planeamento com a

produção, que muitas vezes não coincidia, acarretando dificuldades no planeamento e cumprimento dos planos de Manutenção Preventiva.



Figura 17 - Ilustração do conceito de *brainstorming*.

### 3.4.2 Análise SWOT

Para auxiliar na análise dos pontos positivos e negativos relativamente à oficina e à equipa de manutenção, que se traduzem em oportunidades e ameaças, realizou-se uma análise SWOT que se encontra presente na Figura 18.



Figura 18 - Análise SWOT.

### 3.4.3 Diagrama de Ishikawa

Recorrendo a um diagrama de Ishikawa, realizou-se uma representação gráfica que tem como objetivo identificar, explorar e mostrar as possíveis causas de um problema ou de um acontecimento específico, neste caso, o incumprimento de algumas ordens de trabalho de manutenção preventiva.

Deste modo, também denominado como diagrama causa-efeito, desenvolveu-se o mesmo visando permitir à equipa de gestão e planeamento da manutenção obter mais uma ferramenta de análise para se representar a relação entre um “efeito” e suas possíveis “causas”. Perante este diagrama (Figura 19), foi possível organizar e resumir o conhecimento de um grupo a respeito das possíveis causas que contribuem para um determinado efeito, tomando as devidas ações.

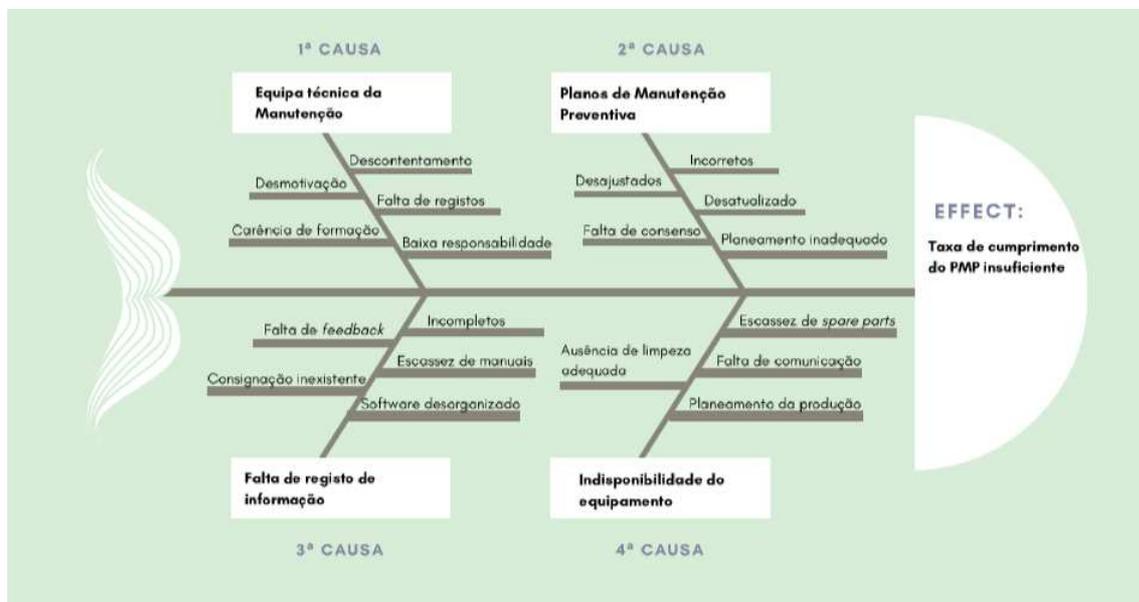


Figura 19 - Diagrama causa efeito de avaliação das causas para a baixa taxa de cumprimento do PMP.

### 3.4.4 Análise ABC

A empresa planeia e produz os seus produtos baseando-se principalmente em encomendas dos seus clientes, conhecidas com alguma antecedência, o que lhe permite adotar, em grande medida, uma abordagem *make-to-order* (MTO). No entanto, e sobretudo em situações em que o nível de produção para encomenda não é satisfatório, a empresa “produz para *stock*” (*make-to-stock* - MTS). Desta forma, o armazém de manutenção possui a mesma destreza relativamente às peças de reposição, tendo a equipa de técnicos de manutenção um benigno acesso às mesmas.

Na Figura 20, é possível contemplar a política de gestão de *stocks* praticada pela mesma.

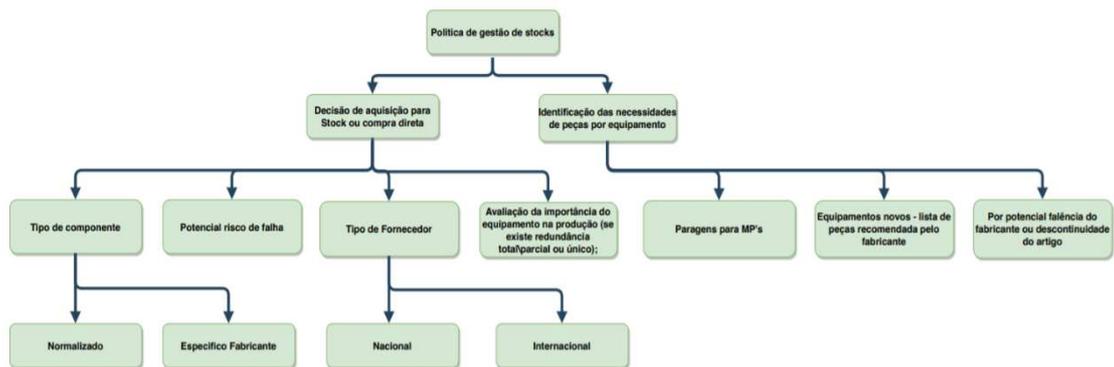


Figura 20 - Esquema da Política de Gestão de Stocks.

Na verdade, a direção de manutenção tem bem estruturadas as tarefas de armazenamento e compra de *spare parts*, sendo capaz de prestar o apoio necessário no fornecimento das mesmas internamente. A capacidade de perceber o que na realidade se encontra em armazém, e tentar maximizar e rentabilizar o seu *stock*, era uma tarefa que não estava a ser cumprida, uma vez que, foi público que existia material que o fabricante já não produzia ou porque o equipamento/*spare parts* ou a linha de produção onde estava aplicado tinha sido desativada. Deste modo, de todo o inventário existente, era claro que havia dois tipos de materiais de substituição, os que estavam obsoletos e que deveriam ser identificados e removidos, e os que estavam ativos.



Figura 21 - Esquema da Política de Gestão de Armazém.

Para dar seguimento a este raciocínio, realizou-se uma análise ABC com a finalidade de obter um controlo mais acentuado das peças em inventário e, também, procurar uma redução de custos sem comprometer o nível de disponibilidade de *spare parts* para execução de manutenções.

Por se estar na presença de uma grande quantidade de referências, optou-se por classificar como referências de Classe A, Classe B e Classe C, o conjunto de referências necessárias para perfazer precisamente 80%, 15% e 5%, respetivamente, do valor de *stock* total existente. Deixa-se assim variar de análise para análise as correspondentes percentagens do número de referências em cada classe. Note-se que esta análise considera apenas o acumulado das peças de reposição, pois este valor de *stock* varia diariamente: pode-se realizar uma substituição de uns componentes de elevado custo, ou pode chegar uma encomenda, de várias unidades de peças de reposição.

Classe	%	Porporção SKU's	Porporção de valor
A	80%	19.21%	79.90%
B	95%	20.96%	15.10%
C	100%	59.83%	5.00%

Figura 22 - Proporção de Valor em peças de reposição no armazém.

Este método está ilustrado na Figura 22, conta o material de reposição que é classe A pelo valor total de peças existentes. Isto é, 19,21% dos itens são classe A. Seguindo a mesma lógica, somando a percentagens dos mesmos, obteve-se a proporção de valor que eles representam no valor total existente.

Então, a partir de uma interpolação entre o material que não dava saída há mais de 5 anos e classificados com a classe A, isto é, o material correspondente a 80% do valor total do inventário estacionado em armazém, e com a ajuda da experiência do responsável do armazém de manutenção, conseguiu dar-se abate a precisamente 18.642,99 euros em material que já não era utilizado e ainda se encontrava em armazém.

Não só, foi também possível libertar, do armazém de manutenção de 50  $m^2$ , cujos 44% era destinada a estantes e 56% a corredores, cerca de 6,1 % da área de armazenamento dado ao abatimento dos artigos obsoletos. Posto isto, realizou-se o mesmo exercício para as classes B e C, respetivamente.

Nas Figura 23 e Figura 24 encontra-se ilustrado graficamente uma análise da ferramenta que foi utilizada, para se considerar os artigos que passariam a ser desnecessários relativamente à sua utilidade perante as atividades de manutenção.

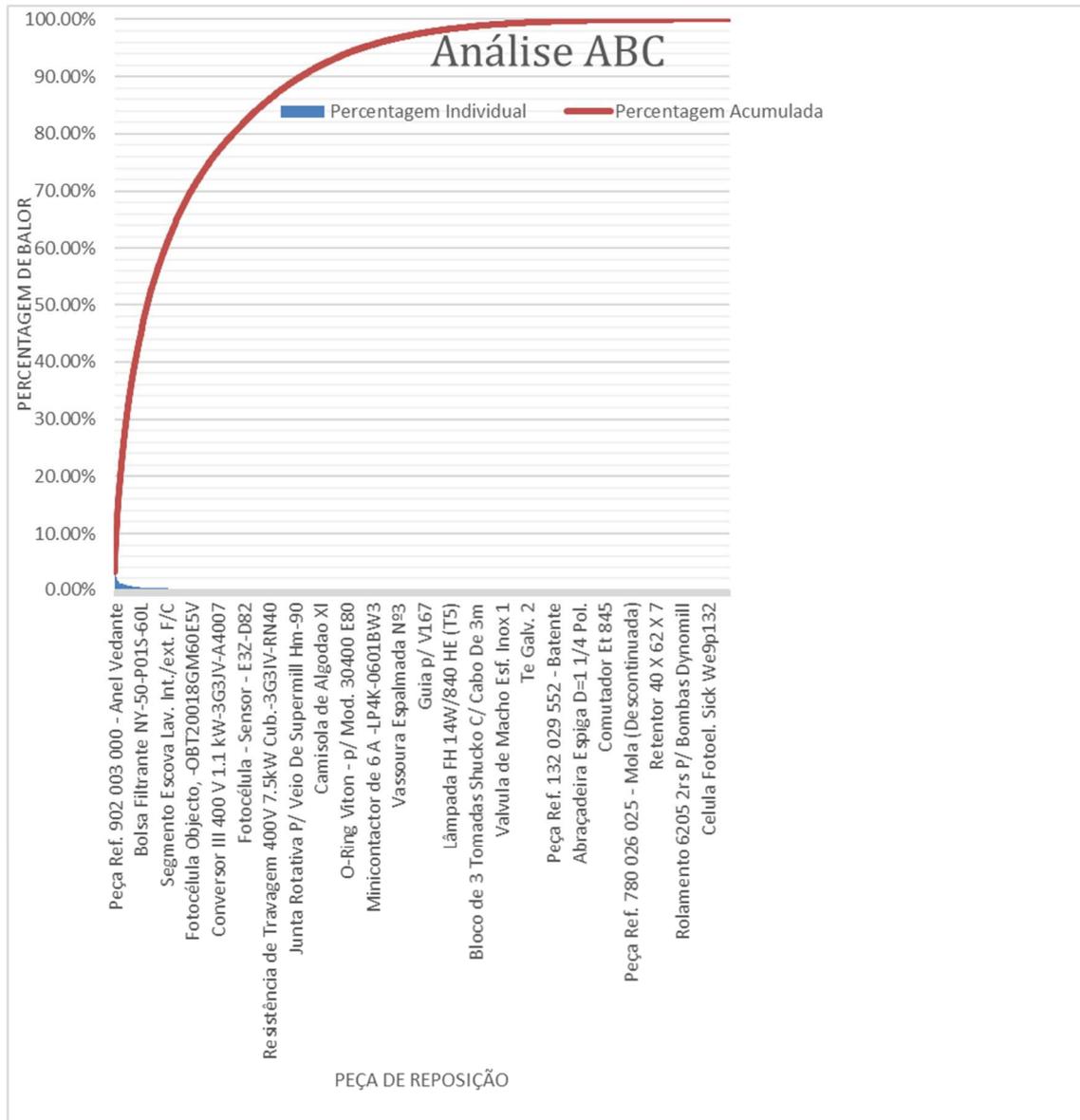


Figura 23 - Análise ABC de *spare parts* do armazém de manutenção.

Devido ao elevado número de peças, não se torna visível a percentagem individual de valor de cada peça de reposição neste gráfico. Contudo, na Figura 24, é possível observar as referências que constituem maiores pontos percentuais de valor relativamente ao valor total de inventário do armazém de manutenção.

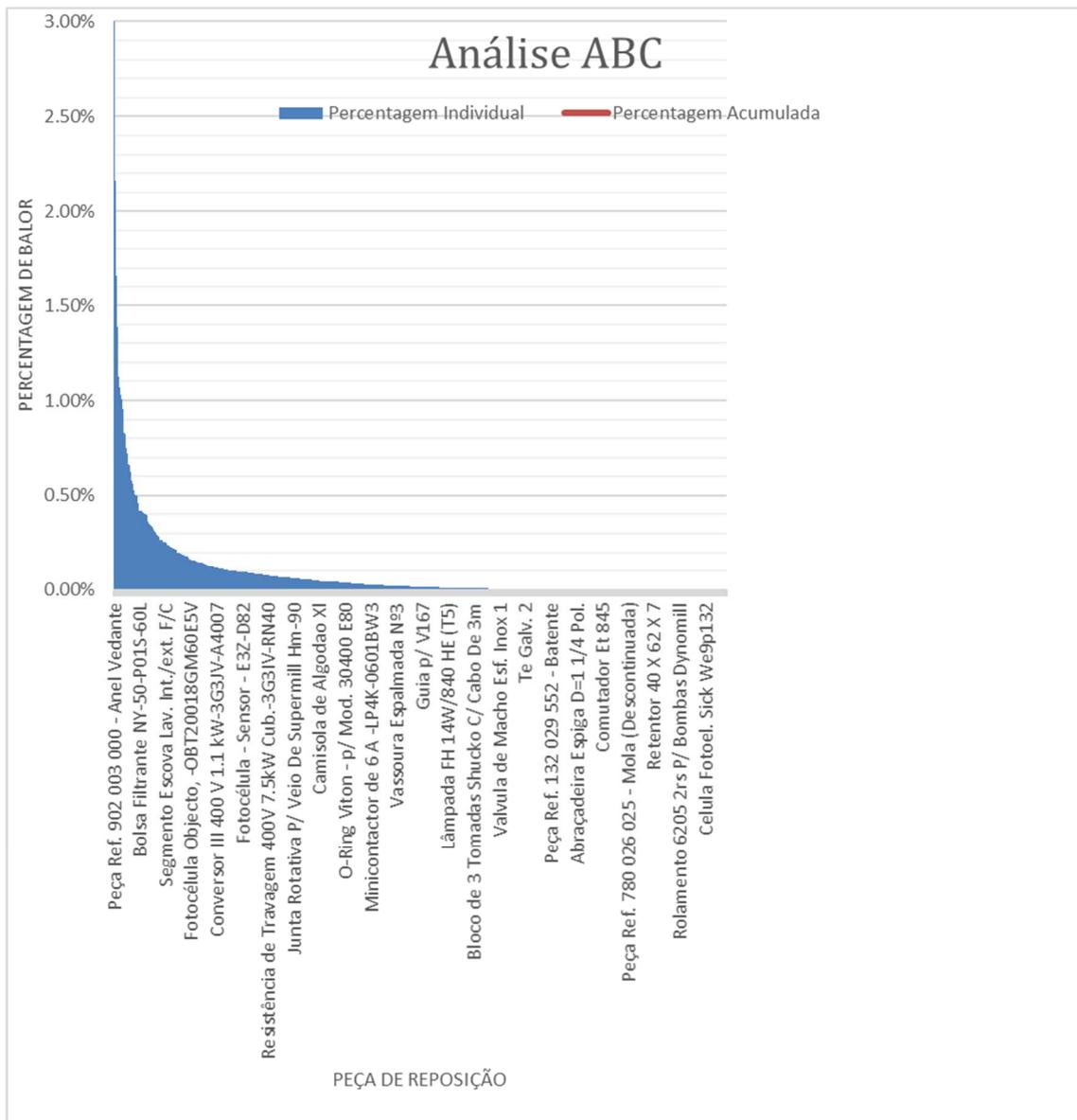


Figura 24 -Percentagem Individual de *spare parts* relativamente às existentes em armazém.

É também importante frisar que se realizou este cálculo através da ferramenta Microsoft Excel, tendo em conta o custo unitário, o valor total das peças de reposição existentes correspondente à referência do custo unitário, percentagem de valor individual, percentagem de valor acumulado, e por fim a sua classe. Deste modo, a partir da eliminação e venda de *spare parts* de equipamentos desativados, colocou-se o valor capitalizado de inventário em níveis bastante perto dos 200.000,00 euros. Sofreu uma variação de -8.4% relativamente ao valor de total de artigos em stock que se encontrava nos 221.990,20 euros.

### 3.5 Projeto

#### 3.5.1 Monitorização das melhorias/Sistema

Relativamente à monitorização das melhorias, esta supervisão foi realizada com base em indicadores de manutenção. Devido a esta metodologia, foi possível avaliar, com o decorrer do tempo, a posição e evolução de um determinado processo. Isto é, visa avaliar, analisar e tomar decisões face aos resultados obtidos, com o foco de alcançar uma evolução gradual. Deste modo, foi importante traçar objetivos para motivar os colaboradores de forma a que a sua contribuição seja refletida nos resultados. Seguindo este raciocínio, a partir da utilização de indicadores de *performance*, empregou-se a avaliação da situação atual com as situações passadas, permitindo a comparação de resultados entre os dois momentos distintos.

O programa de gestão da manutenção adotado pela empresa, permite criar parâmetros automáticos e manuais, inserindo um código e uma descrição e desenvolvendo uma fórmula de cálculo, inserindo o numerador e denominador conforme o desejo do utilizador.

#### 3.5.2 Benefícios da implementação

As implementações efetuadas no decorrer desta dissertação, influenciaram positivamente o comportamento da função manutenção, sendo enumeradas, seguidamente, algumas das principais vantagens deste projeto:

- Possibilidade do rastreio de dados para o cálculo dos indicadores de desempenho;
- Através da criação de planos de manutenção, alcançar a melhoria da percentagem de manutenção preventiva realizada e conseqüentemente, a diminuição da realização de manutenção corretiva;
- Incrementação da disponibilidade e desempenho dos equipamentos;
- Aumento do controlo dos indicadores de desempenho dos equipamentos exigidos perante a norma IATF 16949:2016;
- Minimização do custo ao longo do ciclo de vida dos equipamentos obtendo uma retenção do valor dos ativos;
- Redução dos custos de manutenção total.
- Redução do valor do capital estacionado em armazém.

#### 3.5.3 Melhorias Pendentes

Apesar das melhorias implementadas, foram ainda identificadas outras que seriam benéficas para a área, como pintar algumas máquinas que se encontram com tinta descascada ou com impossibilidade de identificação da sua matrícula a olho nu. No

entanto, seguindo a lógica de aproveitamento do tempo útil, esta sugestão será apenas implementada em período de férias, para que não afete a produção nem as necessidades de manutenção.

Ao nível de planeamento das ordens de trabalho, foram também feitas algumas sugestões de melhoria, para que se evitem ao máximo os inconvenientes. Serve de exemplo, uma alteração da ficha padrão de uma OT, isto é, alterou-se a folha padrão e inseriu-se uma consignação e desconsignação, que tem como objetivo dar a conhecer ao responsável pela secção fabril do equipamento em causa, para evitar num futuro, qualquer anomalia relativamente ao trabalho realizado. Esta consignação serve para o responsável assinar a ordem de trabalho no início e no fim da sua realização, dando a certeza que a ordem de trabalho foi realizada.

Em última instância, a implementação da utilização de *tablets* pelos técnicos de manutenção é algo ainda em *standby*, devido ao elevado preço de cada unidade, caso seja ATEX. No entanto, a eliminação do uso de papel, é algo a ter em conta, pois também se adapta uma postura *environmentally friendly*, e simplifica o processo de lançamento e encerramento de ordens de trabalho por parte dos gestores de manutenção. Serve também de exemplo, a distribuição de ordens de trabalho pela equipa de manutenção, sem que seja necessária à sua presença física.

Além destas vantagens, é sempre importante frisar que passaria a existir uma facilidade de adicionar fotografias do estado do equipamento ou alguma outra questão do meio envolvente que seja importante registar como *feedback* da ordem de trabalho, ou para a ordem de trabalho a realizar no futuro.

Por fim, na Figura 25 é exemplificado o método de receção de ordens de trabalho anteriormente mencionado.



Figura 25 - Ordens de trabalho via *tablet*.

### 3.6 Análise Crítica dos resultados

Neste subcapítulo, serão apresentados os resultados referentes à implementação dos planos de manutenção preventiva, dos indicadores de desempenho dos equipamentos produtivos e os benefícios da sua implementação.

#### 3.6.1 Manutenção Preventiva versus corretiva

Com a aplicação da metodologia apresentada, deteção e correção de erros, e implementação de algumas melhorias, foi possível obter certos resultados, que foram bem explícitos nos KPI's implementados para o departamento. Na Figura 26 pode-se observar uma comparação das ordens de trabalho realizadas, relativamente apenas à manutenção corretiva e preventiva.

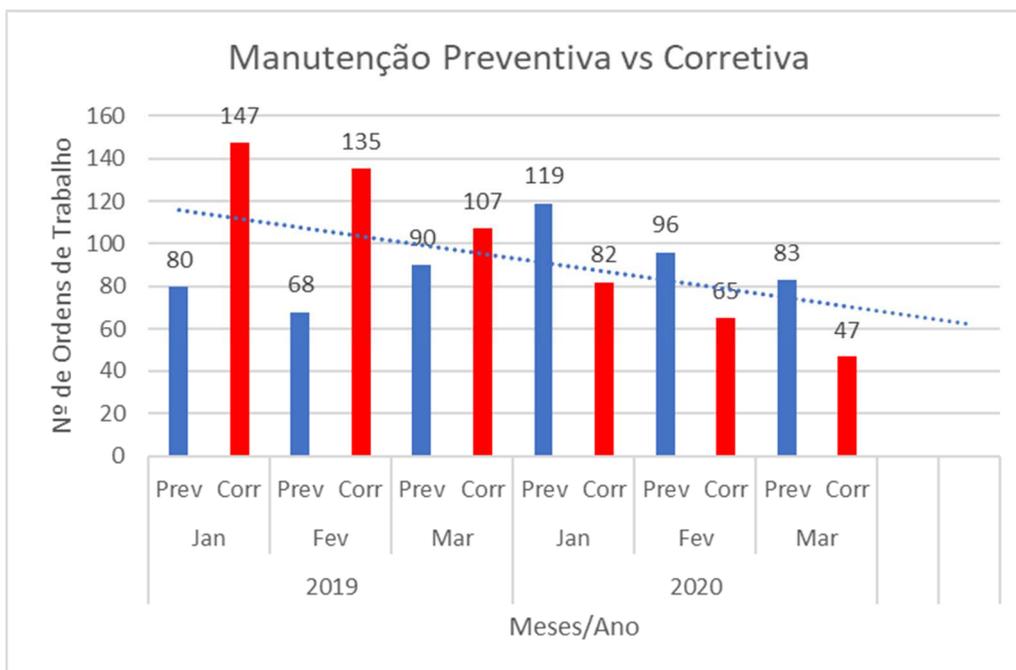


Figura 26 - Manutenção Preventiva versus Corretiva no primeiro trimestre de 2019 e 2020.

Pode-se constatar que no primeiro trimestre de 2020, a Manutenção Preventiva aumentou cerca de 25.2% relativamente ao mesmo trimestre do ano anterior. Este aumento provém da criação de Planos de Manutenção Preventiva em mais de 80% dos equipamentos da fábrica. No entanto, relativamente ao mês de março, houve um decréscimo no número de ordens de trabalho realizadas. Isto deve-se ao facto de que existiam equipamentos iguais que passaram a ter apenas uma OT preventiva, enquanto no ano anterior, tinham até 10 ordens de trabalho iguais, sendo que mudava apenas o nome do objeto, que é o caso das bombas.

Relativamente à percentagem de manutenção corretiva realizada, obteve-se um resultado bastante satisfatório. No primeiro trimestre de 2020, houve uma redução de

49.7% de Manutenção Corretiva relativamente ao primeiro trimestre do ano anterior. Este tipo de Manutenção diminuiu devido, principalmente, a dois fatores: ao aumento do número de equipamentos em que se executa Manutenção Preventiva e ao aumento do rigor na realização da mesma, alcançando uma redução da ocorrência de falhas periodicamente. O trabalho passou a ser realizado com maior pormenor, aumentando o rigor das manutenções, detetando previamente, mais anomalias que poderiam originar paragem dos equipamentos.

### 3.6.2 MTBF - Tempo Médio Entre Falhas

Esta métrica refere-se à média de tempo decorrido entre uma irregularidade e o próximo lapso. Essas falhas de tempo podem ser prognosticadas por meio de uma fórmula. Cálculo este que provém do tempo total de funcionamento do equipamento dividido pelo número de falhas ocorridas no mesmo intervalo de tempo. Na verdade, é uma medida básica para apurar a fiabilidade de um equipamento. É calculada pela divisão entre o tempo total de operação pelo número de falhas, num determinado período de tempo. É o inverso da taxa de falha. Posto isto, na Figura 27 é possível observar melhor o comportamento do MTBF a nível organizacional.

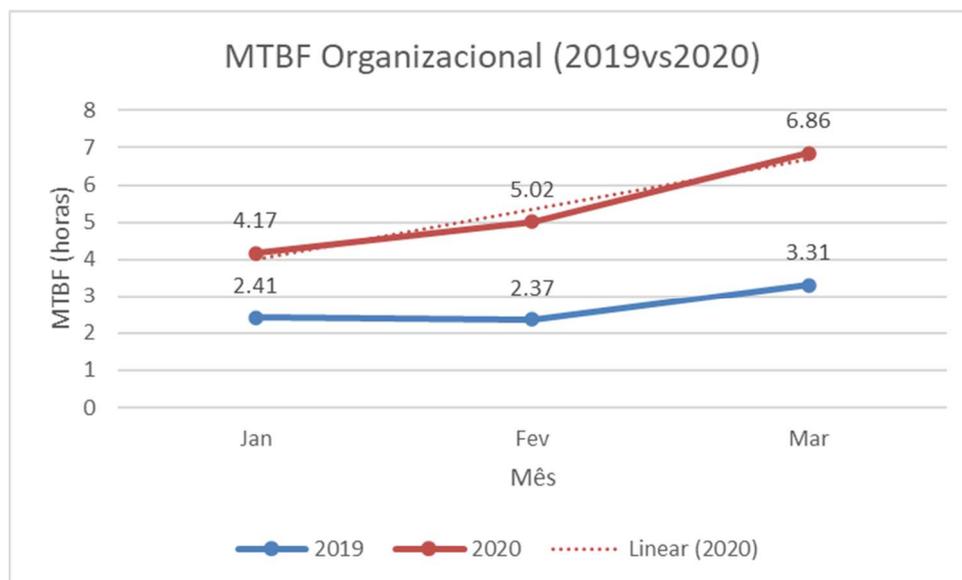


Figura 27 - Ilustração do MTBF entre Janeiro e Março de 2020.

Relativamente ao mesmo intervalo de tempo do ano anterior, estes valores encontram-se em constante melhoria e para que melhores resultados sejam estabelecidos, foi imperativa a realização de uma manutenção e regulação adequada de temperaturas e pressões, conforme as especificações do manual de cada equipamento. Em última instância, é de notar que a linha de tendência linear favorece a obtenção de melhores valores para o indicador, futuramente.

### 3.6.3 MTTR - Tempo Médio Para Reparação

Esta métrica classifica-se como o tempo médio necessário para recuperar um equipamento até à sua condição de desempenho correto após a ocorrência de uma falha. É calculado pela divisão entre o tempo total de reparação pelo número de falhas, num determinado período de tempo.

Neste parâmetro, um melhoramento sobre possíveis falhas na gestão do pessoal relativamente à manutenção corretiva, eram razões para as quais o valor deste indicador tenha alterado positivamente.

Observando a Figura 28, pode-se verificar o seu comportamento.

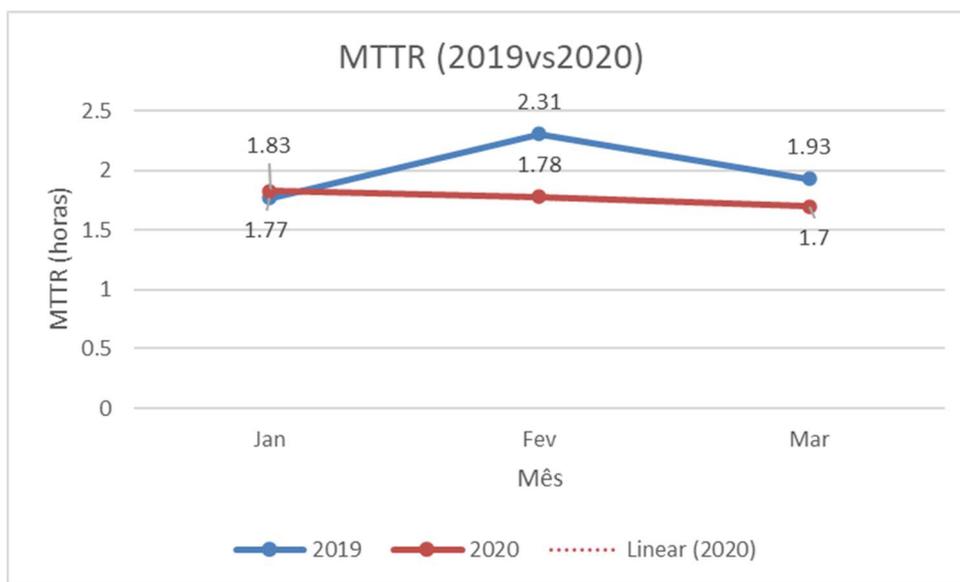


Figura 28 - Comparação Trimestral MTTR.

Contudo, relativamente a este indicador, não há melhorias significativas. No entanto, a função manutenção atua ao longo do tempo e a equipa de manutenção está em constante evolução e espera-se melhorias visíveis a um intervalo de tempo mais longo.

### 3.6.4 Fator Disponibilidade

O fator disponibilidade, um dos três fatores que compõe o OEE, é aquele sobre o qual a manutenção tem o maior impacto. Isto é, caracteriza-se como a probabilidade de um equipamento ser capaz de cumprir a função satisfatoriamente, quando necessário, numa determinada organização. É um indicador de confiança e manutenção.

Assim sendo, torna-se pertinente analisá-lo em detalhe na Figura 29.

Relativamente a este indicador, a secção fabril tem vindo a apresentar valores bastante satisfatórios. Na verdade, e tendo em conta as ações descritas ao longo desta dissertação e outros investimentos realizados na área, é expectável que se verifique

continuamente uma melhoria, no que toca a este fator, que cabe à manutenção controlar. A melhor prática indicada nesta comparação trimestral era de 94%. Além disso, entre o mês de fevereiro e o mês de março, a disponibilidade dos equipamentos tem vindo a aumentar, pelo facto do tempo de manutenção corretiva ter diminuído, conseguindo-se assim aumentar os valores que já eram de referência da World Class Manufacturing (WCM)(Figura 29).

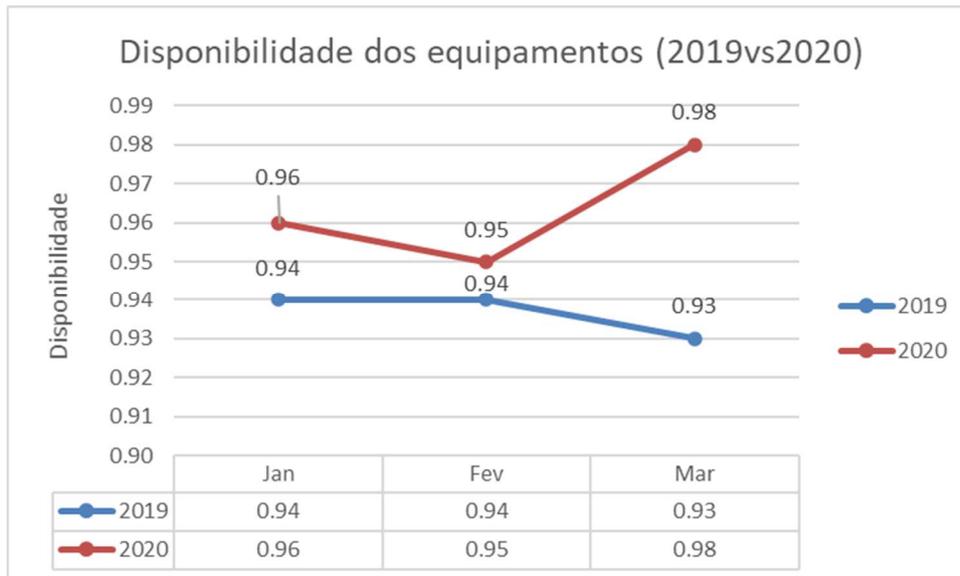


Figura 29 – Comparação trimestral da disponibilidade dos equipamentos.

### 3.6.5 Cumprimento do Plano

Na Figura 30, pode-se observar os resultados relativos ao cumprimento dos trabalhos, em pontos percentuais, face ao planeado.

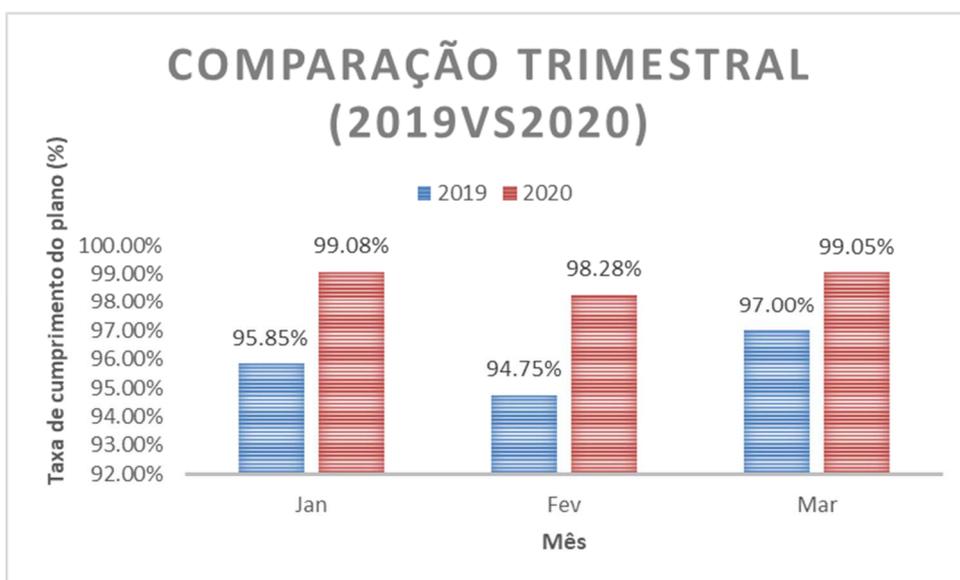


Figura 30 – Comparação percentual do cumprimento dos planos de manutenção preventiva.

Após a análise gráfica, é possível concluir que as alterações e simplificações dos planos de manutenção tiveram resultados diretos no cumprimento dos PMP. Apesar da mudança de estrutura, alteração e adição de planos e preparações de manutenção, a equipa foi bastante receptiva às mudanças implementadas. No primeiro trimestre de 2019, o máximo atingido foi de 95%, no entanto, finalizou-se o trimestre de 2020 com um cumprimento do plano de cerca de 99%. Comparou-se o ano de 2019 e 2020 e constatou-se que o cumprimento dos trabalhos face ao planeado aumentou cerca de 2,94 % em média, podendo-se afirmar que no primeiro trimestre de 2020 o Departamento de Manutenção foi mais eficiente e eficaz do que no mesmo trimestre do ano anterior.

### 3.6.6 Custos nos equipamentos produtivos

À medida que os novos planos de manutenção são implementados, é esperada uma diminuição de custos, uma vez que várias oportunidades de melhoria identificadas começam a serem implementadas.

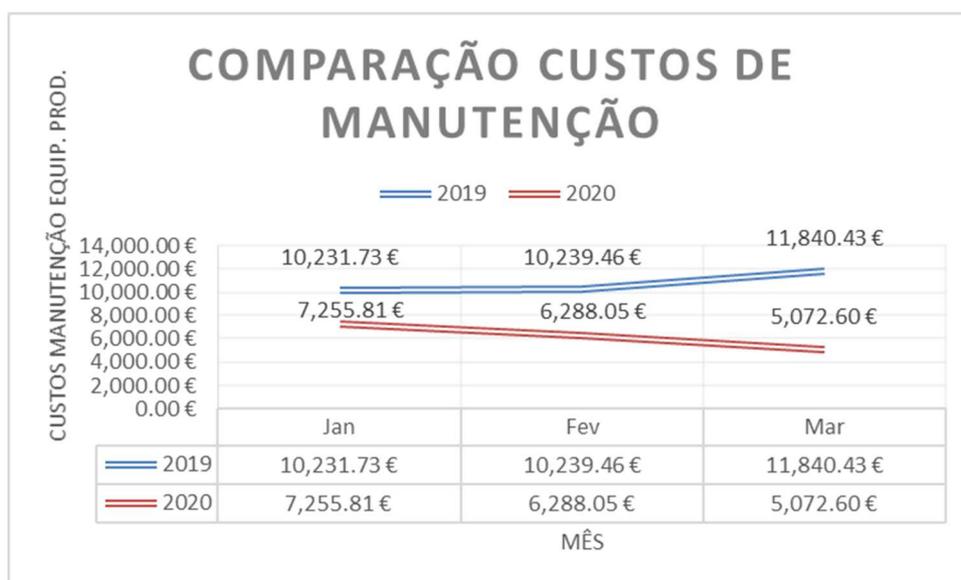


Figura 31 - Custos de manutenção dos equipamentos.

A Figura 31 representa o custo da organização com manutenção preventiva e o custo da falha. Entre os custos decorrentes da falha estão, basicamente, as peças e a mão-de-obra necessárias à reparação e, principalmente, mas não diretamente, o custo da indisponibilidade do equipamento. A partir do gráfico da Figura 31, pode-se concluir que o investimento crescente na manutenção preventiva reduziu os custos decorrentes das ocorrências de falhas – e, em consequência, diminuiu-se o custo total da manutenção, em que se somam os custos de manutenção preventiva com os custos de falha.

Concluindo, com este indicador é possível afirmar que houve uma melhoria na eficácia e eficiência do planeamento do Departamento de Manutenção Industrial. No primeiro

trimestre de 2020, conseguiu-se reduzir, precisamente, 13.695.16 euros relativamente ao mesmo intervalo de tempo do ano anterior.

### 3.6.7 Tipos de Manutenção

Nos gráficos circulares das Figura 33 e Figura 32 pode-se concluir que a manutenção preventiva aumentou cerca de 16,7 pontos percentuais relativamente ao 1º trimestre de 2019. Resultado também das melhorias implementadas, a percentagem de manutenção corretiva relativamente ao primeiro trimestre de 2019, encontrava-se nos níveis de 55,2 %, diminuindo para uma percentagem de execução de manutenção corretiva de 32,9% no primeiro trimestre de 2020. Obteve-se uma redução de 22,3 % de ordens de trabalho corretivas. Além disso, relativamente à Manutenção Condicionada, em 2020 houve um aumento de 5,2% face ao ano anterior. Este aumento deveu-se ao facto de as Manutenções Preventivas serem realizadas com maior rigor que no ano de 2019, ou seja, sempre que era detetado algo numa Preventiva, passou a ser criada uma OT Condicionada para resolver o problema que era detetado.

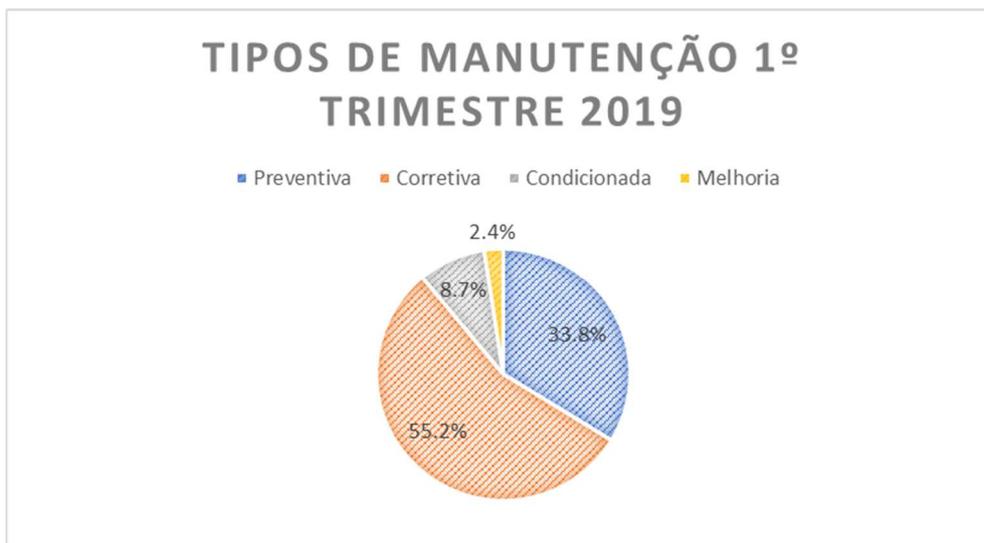


Figura 33 - Tipos de Manutenção - Avaliação Trimestral - 2019.

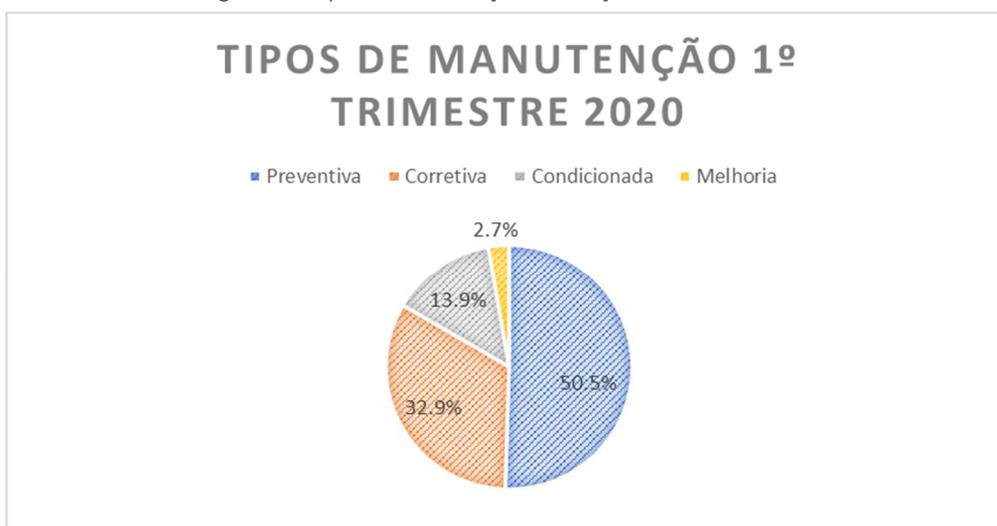


Figura 32 - Tipos de Manutenção - Avaliação Trimestral - 2020.

# CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS



## 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Neste último capítulo são expostas as considerações finais relativamente ao trabalho realizado, oferecendo especial ênfase à avaliação do cumprimento dos objetivos inicialmente propostos. Apresentam-se, ainda, algumas propostas de ações a desenvolver no futuro, numa perspetiva de melhoria contínua do desempenho da função manutenção.

### 4.1 Conclusões

Este trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento do planeamento e posterior gestão da Manutenção Preventiva na fábrica do grupo CIN Valentine SAU, Barcelona. A implementação de todo este trabalho realizado teve como finalidade diminuir os pedidos de manutenção eminentes, a fim de aumentar a realização de manutenções preventivas, reduzir percentagem de manutenção corretiva realizada, e aumentar o rigor do trabalho realizado nas manutenções, principalmente preventivas, aumentando consequentemente a eficiência da manutenção e prolongando o tempo de vida útil dos equipamentos pertencentes ao processo produtivo.

Quanto a resultados da implementação do projeto apresentado, verificou-se um impacto positivo a nível de indicadores, como o cumprimento do PMP, que após ajuste e novos métodos de abordagem, cumpriram com os objetivos das reuniões de *brainstorming*. Com o aumento e, naturalmente, com o cumprimento dos PMP, é expectável uma diminuição da taxa de Manutenção Corretiva e, como consequência, um aumento da disponibilidade dos ativos.

Para tal, um programa de gestão da manutenção é a ferramenta que, após o seu amadurecimento, poderá trazer resultados muito positivos no que diz respeito à taxa de avarias e seu rastreio e, adicionando as Manutenções Autónomas e desenvolvendo o termo de responsabilidade nos operadores, muitas das ocorrências poderiam ser evitadas com intervenções do tipo limpeza e lubrificação.

Deste modo, a manutenção adquire um papel cada vez mais importante no meio industrial, tendo deixado de ser considerada apenas como uma atividade de suporte à produção, estando cada vez mais ao nível desta.

No quadro seguinte, sintetizaram-se os principais contributos para a empresa, conforme os objetivos organizacionais.

Tabela 12- Conclusões do trabalho realizado.

Proposta de Solução	Resultado da Implementação
Desenvolvimento de Manutenção Preventiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de cerca de 3% no cumprimento do plano das Manutenções Preventivas;</li> <li>• Aumento de 16,7% na realização de Manutenção Preventiva;</li> <li>• Redução de 22,3 % de ordens de trabalho de manutenções corretivas;</li> <li>• Diminuição dos tempos de desperdício e MTTR;</li> <li>• Aumento do MTBF a nível trimestral;</li> <li>• Aumento da disponibilidade dos equipamentos;</li> <li>• Redução de 13.695.16 euros nos custos de manutenção face ao mesmo intervalo de tempo do ano anterior;</li> <li>• Criação de uma biblioteca padrão, implementando 331 preparações padrão para realização das Manutenções Preventivas;</li> <li>• Obtenção de uma base de dados bastante completa e com várias utilizações.</li> </ul>
Gestão de armazém	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução de 18.642,99 euros do valor total de inventário;</li> <li>• Libertação de cerca de 6,1% do espaço destinado a armazenagem de peças de reposição;</li> <li>• Inventariação de <i>spare parts</i>;</li> <li>• Desenvolvimento de um modelo de análise que permite avaliar todas as referências existentes em inventário.</li> </ul>
Análise de Indicadores de Performance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlo dos custos com a realização de manutenção;</li> <li>• Controlo do MTBF, MTTR e disponibilidade dos equipamentos em dia;</li> <li>• Controlo dos cumprimentos das manutenções.</li> </ul>
Classificação da Criticidade dos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de uma ferramenta de gestão e controlo dos ativos.</li> </ul>

Em última instância, as principais dificuldades detetadas no decorrer desta dissertação situavam-se no estudo dos manuais dos equipamentos produtivos e a realização dos planos de manutenção no idioma espanhol. Além disso, o desenvolvimento das mudanças de método de trabalho dos colaboradores, principalmente por parte dos colaboradores mais antigos, comparativamente à fábrica CIN MAIA, onde se realizou o estágio, eram algo distintas.

De qualquer forma, o facto de haver este tipo de dificuldade contribuiu para uma motivação extra, com o intuito de fazer um melhor trabalho, de forma a mostrar aos colaboradores que a mudança estudada, e minuciosamente calculada, é positiva para todos e que os indicadores melhoram consideravelmente.

## 4.2 Proposta de trabalhos futuros

Relativamente a objetivos futuros, foram averiguadas outras oportunidades de melhoria, sendo estas fundamentais para manter o bom funcionamento da função manutenção e as ferramentas desenvolvidas em circunstâncias de serem devidamente utilizadas. Na Tabela 13, estão demonstradas algumas dessas necessidades e sugestões de melhoria.

Tabela 13 - Sugestões de Melhoria futuras.

Área	Sugestão de Melhoria
Indicadores de Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar continuidade à implementação de novos indicadores, a fim de medir a eficiência e assertividade do departamento de manutenção.</li> </ul>
Planos de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constante investigação da eficiência dos planos de manutenção preventiva implementados.</li> <li>• Implementar rotinas com periodicidade curta em ativos de maior criticidade;</li> <li>• Motivação da equipa, de forma a fazê-la sentir como parte do projeto.</li> </ul>
Peças de reposição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidade contínua de atualização dos equipamentos, assim como do controlo das peças de substituição.</li> </ul>
Ordens de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteração das ordens de trabalho, que neste momento são fornecidas aos técnicos em suporte físico, o papel, e futuramente transitar para formato digital. O intuito será cada técnico ter um tablet e receber as ordens de trabalho que lhes são destinadas através do mesmo.</li> </ul>
Manutenção Autónoma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização de manutenção autónoma, sendo um dos pilares do TPM e de grande importância para uma melhor gestão dos recursos disponíveis, principalmente de mão de obra;</li> </ul>
Classificação da Criticidade dos equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de uma ferramenta de gestão e controlo dos ativos.</li> </ul>

Em última instância, também como proposta de trabalhos futuros, aponta-se a continuação do projeto, que deve ser estendido de acordo com a criticidade de equipamentos, ou seja, já com o ciclo vitalício de manutenções preventivas programado, e, autónomo, realizar-se-ia uma ferramenta de gestão e controlo da criticidade dos equipamentos e posterior análise VSM para auxiliar na identificação e eliminação dos desperdícios e suas principais fontes e que permitisse a identificação de ações de melhoria na fábrica e no fluxo de valor.



**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2007). An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(4), 338–352. <https://doi.org/10.1108/13552510710829443>
- Alefari, M., Salonitis, K., & Xu, Y. (2017). The Role of Leadership in Implementing Lean Manufacturing. *Procedia CIRP*, 63, 756–761. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.169>
- Baierle, I. C., Schaefer, J. L., Costa, M. B. da, Thomas, J. D., & Choaire, G. T. (2019). Eliminação De Espera E Transporte Em Processo Para Aumento De Produção Com Aplicação De Conceitos Do Lean Production. *Engenharia de Produção: What's Your Plan?* 4, November, 39–51. <https://doi.org/10.22533/at.ed.5621912044>
- BS EN 13306. (2010). *BSI Standards Publication Maintenance — Maintenance terminology*. 36. <https://doi.org/10.1007/s00168-003-0173-6>
- Carnero, M. C., & Novés, J. L. (2006). Selection of computerised maintenance management system by means of multicriteria methods. *Production Planning and Control*, 17(4), 335–354. <https://doi.org/10.1080/09537280600704085>
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090>
- Diniz, C. C. C., Lopes, E. D. S., Miranda, G. D. M., & Koehler, H. S. (2017). Manutenção Preventiva Como Determinante Para Redução De Custos De Manutenção De Um Feller Buncher. *BIOFIX Scientific Journal*, 2(2), 43. <https://doi.org/10.5380/biofix.v2i2.54954>
- Ferreira, S., Casais, F. J. G. S. R. B., Pereira, M. T., & Ferreira, L. P. (2019). KPI development and obsolescence management in industrial maintenance. *Procedia Manufacturing*, 00, 00.
- García-Sanz-Calcedo, J., & Gómez-Chaparro, M. (2017). Quantitative analysis of the impact of maintenance management on the energy consumption of a hospital in Extremadura (Spain). *Sustainable Cities and Society*, 30, 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.01.019>
- Goossens, R. H. M. (2019). Preface. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 792(July), vii–viii. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60828-0>
- Guariente, P., Antonioli, I., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, 13, 1128–1134. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174>
- José, F. (2005). Cleaner production. In *Cleanroom Technology* (Vol. 11, Issue 2). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-35950-7\\_6635-3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35950-7_6635-3)

- Kardec, A., & Nascir, J. (2009). *Manutencao\_funcao\_estrategica\_-\_kardec\_e.pdf*.
- Kasim, N. I., Musa, M. A., Razali, A. R., Mohamad Noor, N., & Wan Saidin, W. A. N. (2015). Improvement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) through Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in Manufacturing Industries. *Applied Mechanics and Materials*, 761, 180–185. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.761.180>
- Khazraei, K., & Deuse, J. (2011). A strategic standpoint on maintenance taxonomy. *Journal of Facilities Management*, 9(2), 96–113. <https://doi.org/10.1108/14725961111128452>
- Kumar, S., Dhingra, A. K., & Singh, B. (2018). Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96(5–8), 2687–2698. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1684-8>
- Lopes, I., Senra, P., Vilarinho, S., Sá, V., Teixeira, C., Lopes, J., Alves, A., Oliveira, J. A., & Figueiredo, M. (2016). Requirements Specification of a Computerized Maintenance Management System - A Case Study. *Procedia CIRP*, 52, 268–273. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.047>
- Marcorin, W. R., & Lima, C. R. L. (2003). Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. *Revista de Ciência & Tecnologia*, 11(22), 35–42.
- Martins, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2018). A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 647–654. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.113>
- Meixner, H. (2001). *5 Maintenance and Facility Management*. 7.
- Monteiro, C., Ferreira, L. P., Fernandes, N. O., Silva, F. J. G., & Amaral, I. (2019). Improving the Machining Process of the Metalwork Industry by Upgrading Operative Sequences, Standard Manufacturing Times and Production Procedure Changes. *Procedia Manufacturing*, 00, (Aceita para publicação. Em produção).
- Moreira, A., Silva, F. J. G., Correia, A. I., Pereira, T., Ferreira, L. P., & De Almeida, F. (2018). Cost reduction and quality improvements in the printing industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 623–630. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.107>
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015). Lean Maintenance Roadmap. *Procedia Manufacturing*, 2(December 2015), 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.076>
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centred Maintenance*.
- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>
- Mwanza, B. G., & Mbohwa, C. (2015). Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company. *Procedia Manufacturing*, 4(Iess), 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.063>
- Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696–704. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>
- Oliveira, M., Lopes, I., & Rodrigues, C. (2016). Use of Maintenance Performance

- Indicators by Companies of the Industrial Hub of Manaus. *Procedia CIRP*, 52, 157–160. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.071>
- Pascal, V., Toufik, A., Manuel, A., Florent, D., & Frédéric, K. (2019). Improvement indicators for Total Productive Maintenance policy. *Control Engineering Practice*, 82(September 2018), 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.09.019>
- Pham, H., & Wang, H. (2006). Springer Series in Reliability Engineering. In *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4588-2>
- Pinto, G. F. L., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Casais, R. B., & Fernandes, A. J. (2019). *ScienceDirect Continuous improvement in maintenance : a case study in the automotive industry involving Lean tools*. 00.
- Pires, C. R., Lopes, I. S., & Oliveira, J. A. (2016). Management and Planning of Tools Maintenance Activities in a Metalworking. *Procedia CIRP*, 57, 265–269. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.046>
- Pombal, T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Silva, F. J. G. (2019). Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company. *Procedia Manufacturing*, 00, (Aceite para publicação. Em produção).
- Potes Ruiz, P., Kamsu Fogueu, B., & Grabot, B. (2013). Improving maintenance strategies from experience feedback. In *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 46, Issue 9). IFAC. <https://doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00036>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Rosa, Conceição, Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Rosa, Conceição, Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Gouveia, R. (2018). Establishing Standard Methodologies to Improve the Production Rate of Assembly Lines Used for Low Added-Value Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.096>
- Rotab Khan, M. R., & Darrab, I. A. (2010). Development of analytical relation between maintenance, quality and productivity. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 16(4), 341–353. <https://doi.org/10.1108/13552511011084508>
- Santos, T., Silva, F. J. G., Ramos, S. F., Campilho, R. D. S. G., & Ferreira, L. P. (2019). Asset Priority Setting for Maintenance Management in the Food Industry. *Procedia Manufacturing*, *Aceite par*.
- Sharma, S., & Gandhi, P. J. (2017). Scope and impact of implementing lean principles & practices in shipbuilding. *Procedia Engineering*, 194, 232–240. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.140>
- Sheng, T. L., & Tofoya, J. (2010). The secret of manufacturing excellence: Lean maintenance. In *2010 International Symposium on Semiconductor Manufacturing (ISSM), Semiconductor Manufacturing (ISSM), 2010 International Symposium on* (pp. 1–4). <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsee&AN=edsee.5750217&site=eds-live>
- Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2019). *Lean Manufacturing*. July.

- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51(NUIcONE 2012), 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>
- Smith, R., & Hawkings, B. (2013). LEAN MAINTENANCE\_REDUCE COSTS AND INCREASE MARKET SHARE. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Stricker, N., Micali, M., Dornfeld, D., & Lanza, G. (2017). Considering Interdependencies of KPIs – Possible Resource Efficiency and Effectiveness Improvements. *Procedia Manufacturing*, 8(October 2016), 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.038>
- Umeda, S., Nakano, M., Mizuyama, H., Hibino, H., Kiritsis, D., & von Cieminski, G. (2015). Advances in production management systems: Innovative production management towards sustainable growth: IFIP WG 5.7 international conference, APMS 2015 Tokyo, Japan, september 7-9, 2015 proceedings, Part I. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 459, 70–77. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-22756-6>
- Wang, W. (2008). Delay Time Modelling. In *Springer Series in Reliability Engineering* (Vol. 8). [https://doi.org/10.1007/978-1-84800-011-7\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-84800-011-7_14)
- Wienker, M., Henderson, K., & Volkerts, J. (2016). The Computerized Maintenance Management System an Essential Tool for World Class Maintenance. *Procedia Engineering*, 138, 413–420. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.100>
- Wiktorsson, M., Andersson, C., & Turunen, V. (2018). Leading towards high-performance manufacturing - Enabling indicators in early R&D phases ensuring future KPI outcome. *Procedia Manufacturing*, 25, 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.077>
- Wireman, T. (2004). *Practices in Maintenance Management*. New York: Industrial Press.