



## Gestão da Manutenção e aplicação de ferramentas Lean numa metalomecânica

JOSÉ AGOSTINHO SENDÃO PINTO

julho de 2024

**Gestão da Manutenção e aplicação de  
Ferramentas *Lean* numa metalomecânica**

**José Agostinho Sendão Pinto**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica, Área de Especialização em  
Gestão Industrial**

**Orientador: Doutora Rafaela Carla Barros Casais**

**Júri:**

Presidente:

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira, Professor coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vogais:

Doutora Rafaela Carla Barros Casais, Professora adjunta, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos, Professora auxiliar, Universidade de Aveiro

Porto, julho 2024



## Dedicatória

*“À minha avó Maria, que se sentava nas  
escadas a ensinar-me a tabuada ...”*



## Agradecimentos

A conclusão desta tese é também um momento de expressar a minha profunda gratidão a todos aqueles que contribuíram para a concretização deste trabalho. Em primeiro lugar, quero expressar o meu mais sincero agradecimento à minha querida família. À minha mãe, irmã e pai, pelo constante apoio, incentivo e compreensão ao longo deste percurso académico. A vossa presença e encorajamento foram fundamentais para alcançar este marco na minha jornada.

Gostaria também de estender os meus agradecimentos aos membros da minha família e ao Gonçalo Gregório Costa que sempre estiveram presentes, proporcionando um ambiente de apoio e motivação.

À minha rede de amigos, em especial à Inês Silva, Jacinta Costa e Luís Ferreira, o meu agradecimento pelo apoio incondicional, pelas discussões valiosas e pelo incentivo constante. A jornada foi mais enriquecedora com a vossa amizade e suporte.

Expresso ainda a minha gratidão a todos os docentes do ISEP, cujo conhecimento partilhado e orientação foram cruciais para o meu desenvolvimento académico. Em particular, gostaria de agradecer à Doutora Rafaela Barros Casais, ao Eng.<sup>o</sup> Rui Fazenda, ao Doutor Arnaldo Pinto e à Eng.<sup>a</sup> Maria Manuela pela orientação dedicada e valiosas contribuições ao longo deste processo.

A todos os que, de alguma forma, contribuíram para esta jornada académica, o meu mais profundo agradecimento. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e colaboração de todos vocês.



## Resumo

Num contexto de uma economia cada vez mais globalizada, onde todos os elementos são importantes para que uma organização alcance uma posição no mercado atual, o conceito de manutenção sobressai-se, de forma inata, como um dos fatores mais cruciais.

Torna-se cada vez mais importante o estabelecimento de uma forma de pensar da manutenção, com o intuito de eliminar perdas intrínsecas aos processos industriais, maximização da utilização dos equipamentos garantindo a sua fiabilidade, geração de produtos com excelente qualidade, estabelecimento de ações preventivas e melhoria contínua. Para este fim e sem investimentos adicionais, diversas organizações adotam em si a filosofia TPM (*Total Productive Maintenance*), sendo esta baseada na filosofia *Lean*.

A primeira fase deste trabalho incidiu na análise detalhada da situação atual da gestão da manutenção da empresa. O estudo focou-se nos equipamentos pertencentes ao processo produtivo da organização, tendo sido classificados como ativos críticos os equipamentos e infraestruturas que apresentaram uma maior ameaça à quebra de produção e consequentemente atrasos na entrega dos produtos aos clientes.

Numa fase posterior, elaborou-se a os planos de manutenção preventiva e autónoma desses mesmos ativos. Para este efeito, foram realizadas sucessivas reuniões entre os colaboradores da empresa para se chegar a um consenso, bem como ouvir as suas sugestões e opiniões.

Adicionalmente, com o intuito de melhorar mais aspetos relacionados com a gestão da manutenção, realizou-se a implementação da ferramenta *Lean 5S* no posto de trabalho da pintura. A implementação desta ferramenta foi muito conveniente, atingindo-se resultados muito positivos após a sua aplicação.

Em suma, após a implementação das melhorias a organização conseguiu em média aumentar o indicador MTBF em 116 horas, diminuir 1,5 horas o indicador MTTR, e consequentemente, aumentar em média 3% da disponibilidade dos equipamentos. Não menos importante, sentiu-se que os colaboradores se sentiram mais confortáveis na utilização dos equipamentos para a execução das suas tarefas diárias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção, Indicadores de desempenho da manutenção, *TPM*



## **Abstract**

In the context of an increasingly globalized economy, where all elements are important for an organization to achieve a position in today's market, the concept of maintenance stands out as one of the most crucial factors.

It is becoming increasingly important to establish a way of thinking about maintenance, with the aim of eliminating losses intrinsic to industrial processes, maximizing the use of equipment, and guaranteeing its reliability, generating products with excellent quality, establishing preventive actions and continuous improvement. To this end and without additional investment, many organizations have adopted the TPM (Total Productive Maintenance) philosophy, which is based on the Lean philosophy.

The first phase of this work focused on a detailed analysis of the company's current maintenance management situation. The study focused on the equipment belonging to the organization's production process. The equipment and infrastructures that posed the greatest threat to production downtime and consequently delays in delivering products to customers were classified as critical assets.

At a later stage, preventive and autonomous maintenance plans were drawn up. To this end, successive meetings were held between the company's employees to reach a consensus and listen to their suggestions and opinions.

In addition, in order to improve more aspects of maintenance management, the Lean 5S tool was implemented in the painting workplace. The implementation of this tool was very convenient and very positive results were achieved after its implementation.

In summary, following the implementation of improvements, the organization managed to increase the MTBF indicator by an average of 116 hours, decrease the MTTR indicator by 1.5 hours, and consequently, increase equipment availability by an average of 3%. Not least, it was felt that employees were more comfortable using the equipment for the execution of their daily tasks.

**KEYWORDS:** Maintenance, Maintenance performance Indicators, TPM



# Índice

Lista de Figuras.....	xiv
Lista de Tabelas.....	xvii
Acrónimos e Símbolos.....	xix
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. A empresa .....	1
1.3. Objetivos .....	2
1.4. Metodologia de investigação .....	3
1.5. Estrutura da dissertação .....	3
2. Revisão Bibliográfica .....	5
2.1. Manutenção .....	5
2.1.1. Evolução histórica da manutenção .....	5
2.1.2. Função da manutenção e os seus objetivos .....	7
2.1.3. Tipos de manutenção.....	9
2.1.4. Níveis de manutenção .....	10
2.2. Indicadores de desempenho da manutenção.....	11
2.3. Criticidade de ativos.....	15
2.3.1. Identificação dos ativos .....	16
2.4. Técnicas de avaliação da criticidade de ativos.....	16
2.4.1. Técnicas qualitativas – Método GUT .....	17
2.4.2. Técnicas quantitativas – Diagrama de Pareto.....	19
2.5. Filosofia <i>Lean</i> .....	20
2.5.1. Princípios do <i>Lean Manufacturing</i> .....	21
2.5.2. Os sete desperdícios .....	22
2.6. Ferramentas <i>Lean</i> .....	24
2.6.1. A3 – <i>Problem Solving</i> .....	25
2.6.2. TPM – <i>Total Productive Maintenance</i> .....	26
3. Introdução ao caso de estudo .....	33
3.1. Descrição do processo produtivo da empresa.....	33
3.1.1. Equipamentos industriais .....	34
3.1.2. Identificação dos ativos críticos.....	41
3.2. Diagnóstico da função manutenção.....	44
3.2.1. Aplicação da ferramenta A3 – <i>Problem Solving</i> .....	44
3.2.2. O sistema de informação da empresa .....	47
3.2.3. Manutenção autónoma e manutenção preventiva.....	47
3.2.4. Indicadores de desempenho da manutenção atuais.....	49

3.3. Síntese .....	50
4. Metodologia do trabalho para a implementação de melhorias.....	51
4.1. Planeamento da implementação dos pilares TPM .....	52
4.1.1. Aplicação da ferramenta 5S.....	52
4.1.2. Elaboração da ferramenta de apoio à gestão da manutenção.....	53
4.1.3. Elaboração dos planos de manutenção preventiva e autónoma .....	54
5. Implementação de melhorias e análise de resultados .....	59
5.1. Implementação dos pilares TPM.....	60
5.1.1. Implementação dos 5S.....	60
5.1.2. Ferramenta de apoio à gestão da manutenção.....	63
5.1.3. Manutenção autónoma .....	68
5.1.4. Manutenção preventiva.....	70
5.2. Apresentação de resultados.....	72
5.2.1. Indicadores de desempenho da manutenção .....	72
5.3. Análise crítica global.....	77
6. Conclusões e trabalhos futuros .....	81
6.1. Conclusões finais .....	81
6.2. Sugestões para trabalhos futuros .....	83
Referências.....	87
Declaração de Integridade .....	93
Anexo A – Fluxograma do processo produtivo da ui .....	95
Anexo B – <i>A3 PROBLEM SOLVING</i> .....	96
Anexo C – Planos de manutenção preventiva .....	97
Anexo D – Planos de manutenção autónoma.....	101
Anexo E – Ferramenta de apoio à gestão da manutenção .....	106
Anexo F – kpi's após implementação de melhorias.....	111



## Lista de Figuras

Figura 1 - Distribuição dos clientes da Gislótica pelo mundo .....	2
Figura 2 - Fases da Metodologia Action-Research .....	3
Figura 3 - Evolução da Manutenção [6] .....	6
Figura 4 - Tipos de manutenção pela Norma NP EN 13306:2021.....	9
Figura 5 - Etapas da criticidade de ativos [36] .....	15
Figura 6 - Diagrama de Pareto [40] .....	19
Figura 7 - Principais obstáculos referentes à implementação da filosofia Lean [47] .....	20
Figura 8 - Princípios do Lean Manufacturing [48] .....	21
Figura 9 - Os sete desperdícios Lean [52] .....	22
Figura 10 - Ferramentas Lean [56], [57].....	24
Figura 11 - Ciclo PDCA [59].....	25
Figura 12 - Exemplo do A3 - Problem Solving [63].....	26
Figura 13 - Os oito pilares do TPM [67].....	27
Figura 14 - Fluxo geral do processo produtivo da empresa.....	33
Figura 15 - Layout do chão de fábrica.....	34
Figura 16 - Máquinas de Soldadura .....	34
Figura 17 - Cabine de Pintura.....	35
Figura 18 - Máquina de pintura .....	35
Figura 19 - Aplicação da Técnica GUT .....	43
Figura 20 - Diagrama de Ishikawa .....	45
Figura 21 - Razões para a existência dos problemas mais críticos.....	45
Figura 22 - Ações corretivas .....	46
Figura 23 - Tarefas de Estandarização .....	46
Figura 24 - DeskManager .....	47
Figura 25 - Política de manutenção preventiva na Gislótica – Mechanical Solutions .....	48
Figura 26 - Síntese do diagnóstico da função manutenção .....	50
Figura 27 - Definição das novas ações .....	51
Figura 28 - Pilares a implementar na organização .....	51
Figura 29 - Fases da implementação da ferramenta 5S.....	52
Figura 30 - Manutenção autónoma na Gislótica - Mechanical Solutions .....	57
Figura 31 - Aspectos positivos após implementação da Manutenção autónoma.....	58
Figura 32 - Implementação das melhorias.....	59
Figura 33 - Situação inicial do posto de trabalho de pintura (I).....	60
Figura 34 - Situação inicial do posto de trabalho de pintura (II).....	60
Figura 35 - Resultado após a implementação da ferramenta 5S.....	62
Figura 36 - Folha de auditoria do posto de trabalho de pintura.....	62
Figura 37 - Dropdown list do estado das tarefas de manutenção preventiva.....	64
Figura 38 - Gráfico relativo ao mês de fevereiro .....	65
Figura 39 - Número de avarias e tempo total das avarias .....	66
Figura 40 - Obtenção dos indicadores de desempenho da manutenção automaticamente ....	67
Figura 41 - Indicador Disponibilidade .....	67

Figura 42 - Etapas da implementação do Pilar Manutenção Autônoma .....	68
Figura 43 - Cumprimento do plano de manutenção autônoma .....	69
Figura 44 - Etapas da implementação do Pilar Manutenção Preventiva.....	70
Figura 45 - Controlo do estado das tarefas do plano de manutenção preventiva .....	71
Figura 46 - Indicadores alvo de avaliação .....	72
Figura 47 - Resultados do indicador MTBF .....	73
Figura 48 - Resultados do MTTR .....	74
Figura 49 - Resultados da disponibilidade .....	76
Figura 50 - Média mensal do indicador MTBF .....	77
Figura 51 - Média mensal do indicador MTTR .....	78
Figura 52 - Média mensal do indicador disponibilidade .....	79
Figura 53 - Pilares do TPM a serem implementados .....	83



## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Missão e Política de Qualidade da Gislotica.....	1
Tabela 2 - Principais objetivos da Manutenção [8], [9] .....	7
Tabela 3 - Atividades da gestão da manutenção [11], [12] .....	8
Tabela 4 - Principais indicadores de desempenho na manutenção [27], [28], [29], [30].....	12
Tabela 5 - Atributos do método GUT [37], [38] .....	17
Tabela 6 - Classificação dos atributos [38].....	18
Tabela 7 - Classificação dos Ativos pelo método GUT [38].....	18
Tabela 8 - Novos princípios do Lean Manufacturing [50], [51].....	22
Tabela 9 - Objetivos da Metodologia TPM [65], [66], [67] .....	26
Tabela 10 - Os 5S [69], [70], [71].....	27
Tabela 11 - Fases de implementação do TPM [75], [76], [77], [78].....	29
Tabela 12 - Casos de estudo relativos à implementação do TPM [65], [80], [81] .....	30
Tabela 13 – Outros ativos da Gislotica - Mechanical Solutions .....	36
Tabela 14 - Ativos críticos .....	41
Tabela 15 - Vantagens e Desvantagens de uma manutenção subcontratada.....	48
Tabela 16 - Folhas de cálculo da ferramenta de apoio à gestão da manutenção .....	53
Tabela 17 – Principais parâmetros não programados.....	54
Tabela 18 - Plano de manutenção preventiva da fresadora .....	56
Tabela 19 - Impactos positivos obtidos implementação da manutenção preventiva .....	57
Tabela 20 - Plano de manutenção autónoma da máquina de corte .....	58
Tabela 21 - Exemplo da folha de cálculo número três.....	63
Tabela 22 - Exemplo do registo do número de avarias e tempo total de avaria .....	64
Tabela 23 - MTBF após melhorias .....	72
Tabela 24 - Aumento do KPI MTBF .....	73
Tabela 25 - MTTR após melhorias.....	74
Tabela 26 - Diminuição do KPI MTTR .....	75
Tabela 27 - Disponibilidade após melhorias .....	75
Tabela 28 - Aumento do KPI disponibilidade .....	76
Tabela 29 - Comparação de resultados com outros autores .....	80
Tabela 30 - Resultados dos problemas propostos .....	81
Tabela 31 - Vantagens de investir num software de gestão da manutenção.....	84



# Acrónimos e Símbolos

## Lista de Acrónimos

ACM	Acabamentos Mecânicos
AFNOR	<i>Association Française de Normalization</i>
DT	<i>Downtime</i>
GUT	Gravidade, Urgência, Tendência
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
KPIs	<i>Key Performance Indicators</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
MEM	Mestrado Engenharia Mecânica
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
MWT	<i>Mean Waiting Time</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PMC	<i>Preventive Maintenance Compliance</i>
PMP	<i>Preventive Maintenance Percentage</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Productive System</i>



# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

Esta dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Gestão Industrial do ano letivo 2023/2024.

Neste capítulo, é efetuada uma breve introdução ao projeto, à organização na qual este se insere e aos seus principais propósitos. Adicionalmente, descreve-se o método adotado e a configuração desta dissertação.

## 1.2. A empresa

A Gislotica – *Mechanical Solutions* é uma empresa de engenharia, constituída por 67 colaboradores, especializada no estudo e desenvolvimento de projetos que vão desde a logística (estudos de fluxos) às máquinas especiais. Esta organização insere-se na fabricação de outras máquinas diversas para uso específico (**CAE 28992**).

A empresa desenvolve todos os seus projetos e entrega-os “chave na mão” tendo como áreas de projecto, fabrico mecânico e automação. Empenhada em fornecer inovação, a Gislotica – *Mechanical Solutions* colabora com os seus clientes ajudando-os a realizar as suas visões e a criar valor. Para alguns projetos trabalha em parceria com outras empresas da especialidade de forma a servir melhor os interesses dos seus clientes.

Tabela 1 - Missão e Política de Qualidade da Gislotica

Missão e Política de Qualidade da Gislotica	
<b><u>Missão</u></b>	Assegurar a qualidade de produtos e serviços que a distingua perante os seus clientes.
<b><u>Visão</u></b>	Expansão da atividade da empresa para a manutenção industrial, visando reduzir os períodos de inatividade dos equipamentos e garantir uma maior eficiência e disponibilidade dos mesmos.
<b><u>Valores</u></b>	Confiança, Inovação, Amplitude de visão, Eficácia, Sustentabilidade Ambiental, Alcance do sucesso através das pessoas.

A organização tornou-se especializada na elaboração, evolução e fabrico de equipamentos destinados à indústria de pneus, conquistando a confiança tecnológica de marcas altamente qualificadas nesse setor, tais como Continental AG, Goodyear, Pirelli, Nexen, Apollo, MRF e JK.

Em 2015, alcançou a distinção máxima da "Categoria A" de fornecedores da Continental AG, um reconhecimento de destaque conferido pela empresa aos seus parceiros. A Gislótica – *Mechanical Solutions* exporta aproximadamente 95% da sua produção para 35 países, com enfoque especial na Europa. Para atender rapidamente e de forma eficaz aos avanços das várias marcas, está atualmente representada comercialmente na Índia, China e Rússia.

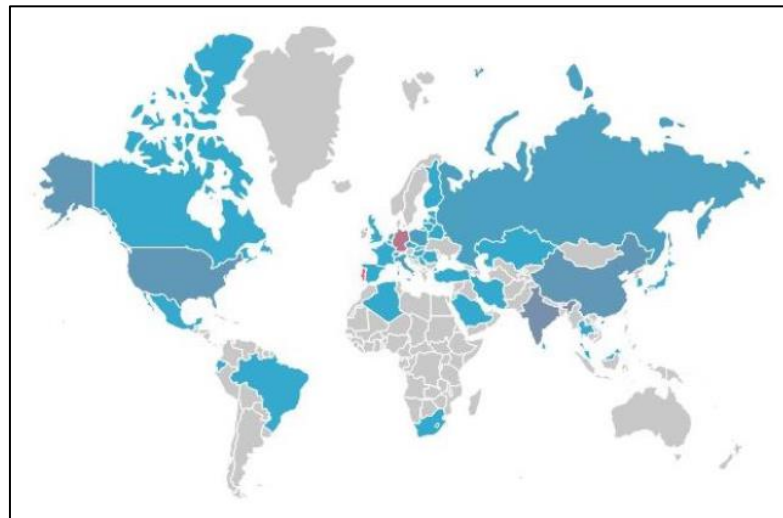


Figura 1 - Distribuição dos clientes da Gislótica pelo mundo

Um dos objetivos a curto prazo que a organização quer alcançar é melhorar alguns pontos da manutenção industrial, salientando-se a: minimização dos tempos de paragem dos equipamentos garantindo assim maior produtividade e disponibilidade dos mesmos.

### 1.3. Objetivos

A presente dissertação tem como principal objetivo a aplicação da metodologia TPM, com especial ênfase nos pilares da manutenção autónoma e da manutenção preventiva.

Esta implementação será realizada seguindo os seguintes passos:

- 1º Identificação dos ativos críticos presentes no chão de fábrica;
- 2º Implementação da ferramenta 5S num posto de trabalho;
- 3º Elaboração do plano de manutenção preventiva;
- 4º Elaboração dos planos de manutenção autónoma;
- 5º Criação de uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção em *Microsoft Excel*.

## 1.4. Metodologia de investigação

A realização desta dissertação baseia-se na metodologia de pesquisa *Action-Research*.

Esta metodologia teve origem nos Estados Unidos, com um amplo aumento da sua utilização nos domínios da ciência, sociedade e educação a partir da década de 1920, e foi significativamente aprimorada a partir dos anos 70 [1].

Por sua vez, esta metodologia de pesquisa encontra-se em formato cíclico, que compreende a resolução de variados desafios. Normalmente, engloba a deteção do problema, a elaboração de uma solução mediante técnicas, a sua execução e, por último, a supervisão e a avaliação da eficácia correspondente [2].

Por outro lado, para a elaboração deste trabalho foram implementadas cinco fases, de acordo com a Figura 2.

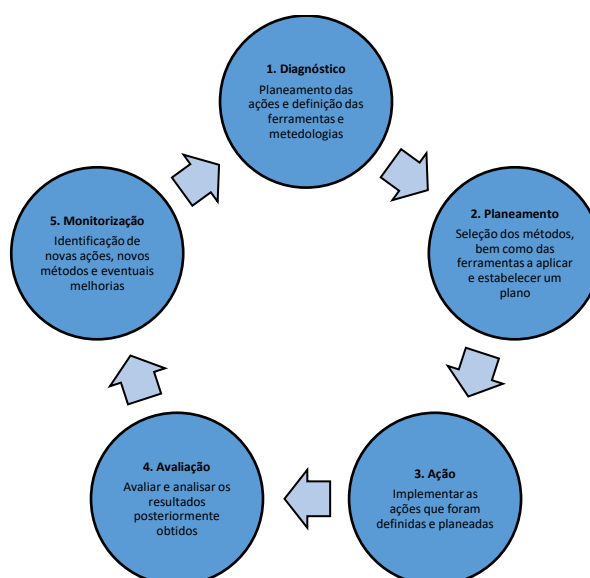


Figura 2 - Fases da Metodologia Action-Research

## 1.5. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está organizada em seis capítulos, seguindo uma sequência lógica que facilita a leitura e interpretação do projeto de dissertação. Inicialmente, o primeiro capítulo envolve a exposição e apresentação do trabalho, contextualizando e enquadrando todo o projeto. Em seguida, são delineados os objetivos a atingir, bem como a metodologia adotada para alcançar esses objetivos.

O segundo capítulo é dedicado à revisão bibliográfica, abordando os diversos temas relevantes para a compreensão, fundamentação e sustentação do projeto de dissertação desenvolvido.

O terceiro capítulo aborda o contexto do projeto, incluindo a apresentação detalhada da situação atual da gestão da manutenção da empresa, salientando-se os problemas identificados através da ferramenta *A3 – Problem Solving*.

De seguida, o capítulo quatro tem como intuito demonstrar detalhadamente o desenho das melhorias a efetuar na organização.

Por outro lado, no capítulo cinco serão demonstrados os resultados relativos à implementação dos planos de manutenção preventiva e manutenção autónoma, dos indicadores de desempenho da manutenção dos ativos críticos estudados, e aplicação da ferramenta 5S, bem como as vantagens da sua aplicação.

Por fim, no sexto capítulo intitulado Conclusões, é realizada uma síntese de todo o trabalho efetuado durante o projeto de dissertação, abordando todas as melhorias identificadas e delineando possíveis desenvolvimentos futuros na área da gestão da Manutenção da organização.

## 2. Revisão Bibliográfica

Dado que a aplicação prática e a teoria são dois mundos que se complementam, neste capítulo abordam-se os princípios teóricos do caso de estudo que futuramente será realizado a nível empresarial. A revisão bibliográfica centra-se em artigos publicados nos sites *Science Direct*, *Taylor&Francis*, *Web of Science*, *Google Académico*, *IEEE Xplore* e em livros de referência académica.

Começa-se com uma explicação do conceito geral da manutenção, percorre-se brevemente a sua história, entende-se quais são os seus objetivos, estratégia e política numa organização. São mencionados os diversos tipos de manutenção e os níveis de manutenção.

Adicionalmente, também será alvo de apresentação, conceitos mais práticos relativamente a este conceito, como por exemplo: indicadores de desempenho na manutenção (KPIs).

Após o término da explicação dos conceitos relacionados com a manutenção, passa-se para a introdução da filosofia *Lean*, afunilando-se posteriormente, para os seus objetivos, princípios, benefícios, bem como as ferramentas a si associadas. Neste relatório são abordadas as ferramentas que serão aplicadas no projeto de dissertação.

### 2.1. Manutenção

#### 2.1.1. Evolução histórica da manutenção

A função manutenção, a nível organizacional, tem demonstrado um crescimento exponencial ao longo dos últimos anos.

A evolução histórica da manutenção está dividida em quatro etapas [3]:

**1ª fase:** Decorre até ao ano de 1914. A manutenção era um conceito irrelevante, sendo considerada secundária no processo produtivo. Nas indústrias da época, não existiam equipas especializadas na área da manutenção e o foco era obter a máxima produção das máquinas até que estas sofressem avarias ou cessassem definitivamente.

A principal finalidade era realizar manutenção corretiva dos equipamentos, ou seja, quando os equipamentos paravam de funcionar por qualquer motivo, a manutenção era posta em prática para efetuar as reparações necessárias [3].

**2ª fase:** Esta fase, ocorreu aquando da II Guerra Mundial, e foi caracterizada como a época da “avaria-repara”. As indústrias sentiram a necessidade de aumentar a produção e a sua eficiência para atender ao crescimento das necessidades dos consumidores. Por esse motivo, criou-se um departamento de manutenção.

O objetivo deste departamento não era apenas corrigir avarias, mas também evitá-las. Nesse período, surgiu a necessidade de investigar sobre o que a manutenção deveria fazer para permitir que as máquinas produzissem o maior número de peças possível [3].

**3ª fase:** Esta etapa é considerada, por diversos autores, a mais importante e ocorreu entre 1940 e 1970, nascendo o conceito de manutenção preventiva. Este tipo de manutenção permitiu à manutenção mais qualidade e um serviço mais reconhecido a nível industrial. A manutenção deixou de ser vista apenas como a função de reparar equipamentos e passou a ser uma atividade mais qualificada e técnica. Isso incluiu a análise de falhas em equipamentos, permitindo antecipar problemas ou falhas [4].

**4ª fase:** Apareceu no início dos anos 60 aquando da revolução tecnológica, que veio aprimorar e ajudar a manutenção.

Com o crescimento da indústria e a evolução dos computadores, que se tornaram mais rápidos e equipados com softwares mais desenvolvidos em termos de programação, a manutenção passou a fazer parte dos processos mais sofisticados, como o controle e análise, sendo utilizada no dia a dia [5].

Assim, este conceito foi sofrendo alterações ao longo do tempo, como é demonstrado na seguinte Figura 3.

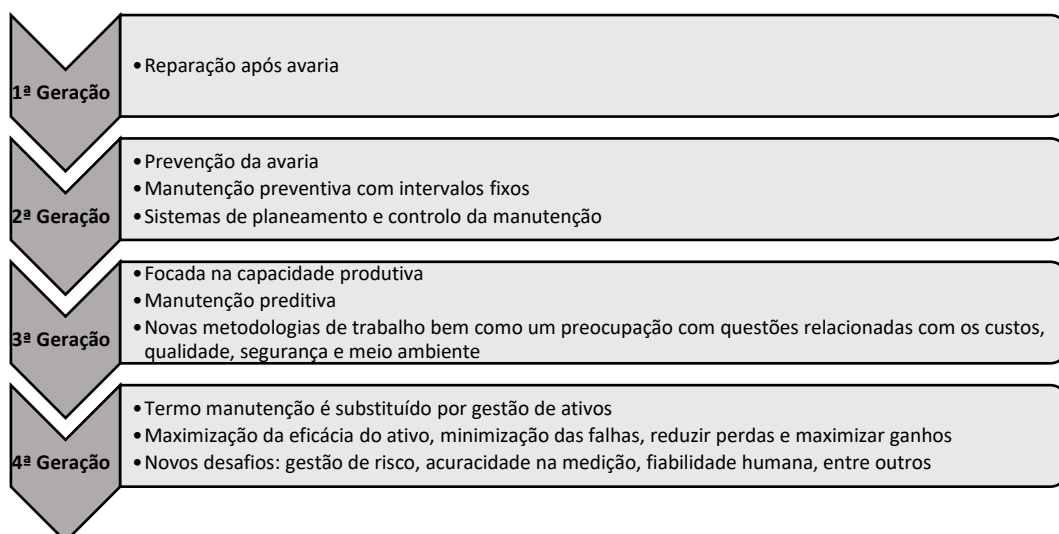


Figura 3 - Evolução da Manutenção [6]

É importante referir que a manutenção não se limita ao uso de ferramentas para reparar máquinas com defeitos, mas também envolve a previsão de falhas e a determinação dos melhores e mais económicos momentos para a realização da manutenção preventiva. Nesse contexto, a manutenção preventiva deixa de ser baseada apenas no tempo e passa a ser mais orientada pela análise de dados e condições reais das máquinas [7].

### 2.1.2. Função da manutenção e os seus objetivos

Segundo a norma **NP EN 13306:2021**, a manutenção corresponde à combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante um determinado ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou a repô-lo num estado em que possa desempenhar a sua função requerida.

Por sua vez, a gestão da manutenção engloba todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo, a supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos.

A seguir, é apresentado na Tabela 2 os objetivos principais da manutenção.

*Tabela 2 - Principais objetivos da Manutenção [8], [9]*

<b>Principais objetivos da Manutenção</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Aumento da fiabilidade</b> das máquinas industriais/equipamentos, bem como, instalações diminuindo o número de paragens por avaria;</li><li>• <b>Diminuição dos custos</b>, pois evita perdas na produção e de matérias-primas, mantendo o bom funcionamento das máquinas industriais/equipamentos e instalações;</li><li>• <b>Aumento da vida útil</b> dos ativos industriais;</li><li>• <b>Melhorar a segurança</b> dos colaboradores;</li><li>• <b>Preservar o meio ambiente</b>, prevenindo a poluição;</li><li>• <b>Aprimorar a qualidade</b>, o que reduz a probabilidade de ocorrência de defeitos nos produtos que são produzidos, proporcionando maior satisfação aos clientes;</li><li>• <b>Diminuição</b> da gravidade dos problemas diários;</li><li>• <b>Diminuição</b> dos <i>stocks</i> de materiais.</li></ul>

Para alguns autores as melhorias na manutenção passam pelos indicadores que consigam [10]:

- Quantificar o que se faz;
- Estabelecer os objetivos a atingir;
- Quantificar o que uma organização conseguiu alcançar.

Por outro lado, gerir a manutenção significa acompanhar as diversas áreas de ação, como por exemplo: planeamento, gestão dos operários fabris, engenharia das máquinas (lubrificações, testes de dispositivos), gestão de materiais, entre outros. Assim, torna-se importante referir as atividades de gestão associadas à manutenção, como é demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Atividades da gestão da manutenção [11], [12]

<b>Atividades de gestão na manutenção</b>		
<b>1ª</b>	<b>Planeamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração do plano de manutenção;</li> <li>• Preparação e programação dos trabalhos a efetuar.</li> </ul>
<b>2ª</b>	<b>Realização</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantir a execução das ações previamente planeadas;</li> <li>• Garantir prazos, bem como qualidade de execução.</li> </ul>
<b>3ª</b>	<b>Controlo de custos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar e acompanhar os custos de mão-de-obra, materiais e serviços que foram executados.</li> </ul>
<b>4ª</b>	<b>Gestão dos materiais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planear e controlar os materiais usados pela organização.</li> </ul>
<b>5ª</b>	<b>Gestão do pessoal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atribuir tarefas para cada colaborador, tanto a nível fabril como também a nível de escritório;</li> <li>• Certificar-se que todos os colaboradores sabem claramente a sua função.</li> </ul>

Atualmente, a maioria das organizações contêm *softwares* de gestão que facilitam diariamente o trabalho dos colaboradores, deles salientam-se: *SAP, Primavera, Infraspark, Nextbitt*, entre outros.

Estes *softwares* contribuem para [13]:

- Capacidade de união dos dados de diversos setores;
- *Insights* estratégicos;
- Acompanhamento da produção em tempo real;
- Automatização de tarefas e processos manuais.

Em suma, a manutenção desempenha um papel fundamental nas organizações garantido o seu bom funcionamento, a sua eficiência e a fiabilidade dos equipamentos bem como dos seus processos. Além disso, a manutenção não é exclusivamente uma função operacional, mas uma estratégia que promove o sucesso a longo prazo das organizações, garantindo a competitividade e excelência na produção [14].

### 2.1.3. Tipos de manutenção

Os tipos de manutenção correspondem aos diversos critérios que são utilizados para intervir na manutenção.

Na literatura, os tipos de manutenção são classificados por vezes de formas diferentes, isto é, a forma como os autores classificam os tipos de manutenção nem sempre é coincidente.

Pela norma NP EN 13306:2021, considera-se os diferentes tipos de manutenção como os apresentados na Figura 4.

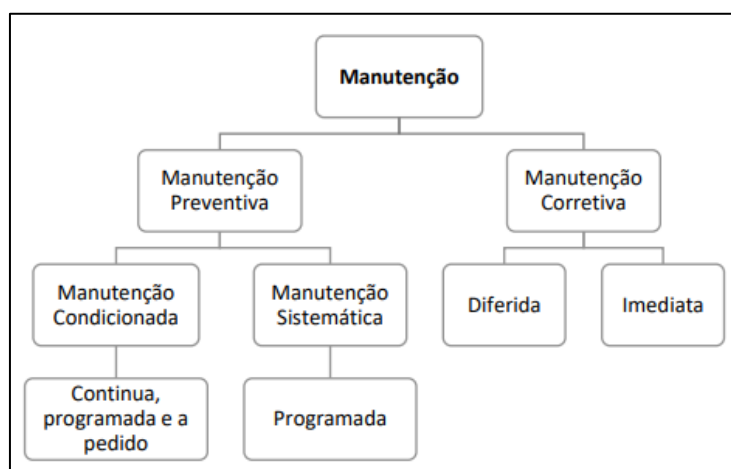


Figura 4 - Tipos de manutenção pela Norma NP EN 13306:2021

A Manutenção Preventiva é executada em intervalos de tempo e critérios predeterminados com intuito de reduzir a probabilidade de ocorrência de avaria, ou até mesmo, degradação de um determinado bem/ativo. Considere-se, vivamente, que as organizações apostem neste tipo de manutenção [15], [16].

Ainda no ramo da manutenção preventiva, a manutenção sistemática é elaborada segundo um calendário já estabelecido, de acordo com um determinado número definido de unidades de utilização. Adicionalmente, a manutenção condicionada, também conhecida como “manutenção preditiva”, é efetuada em prol das previsões extrapoladas da análise e da avaliação do estado de degradação do ativo [17].

Por outro lado, a manutenção corretiva é executada somente após a deteção de avaria, tendo como objetivo repor um ativo num estado em que este possa realizar a sua função requerida. Este tipo de manutenção não envolve estruturação e planeamento.

A adoção desta estratégia promove baixa disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos, bem como elevados custos de reparação [18].

De um modo geral, as políticas de manutenção são condicionadas por fatores tais como as condições, a idade das instalações e as inspeções legais obrigatórias respeitantes à segurança dos ativos bem como dos colaboradores [19].

### 2.1.4. Níveis de manutenção

Em contexto organizacional, a gestão da manutenção concentra-se na correta definição e concretização de um plano. Em termos de manutenção, de planos de manutenção, por vezes em formato de *checklist*.

Primeiramente, estes planos de manutenção têm como objetivo garantir um serviço que garanta uma elevada disponibilidade de um determinado equipamento, tendo em conta diversos fatores, tais como: sensibilidade ambiental, localização das instalações [20].

A definição dos objetivos de manutenção deve ser realizada tendo por base os resultados que uma organização deseja atingir e com a execução das tarefas de manutenção.

Por outro lado, é considerada uma boa prática de engenharia em primeiro lugar definir o nível de manutenção pretendido, que poderá ser mais simples ou complexo, e só depois definir os objetivos de manutenção [21], [22].

A norma francesa **AFNOR FD X60-000** define cinco níveis de manutenção:

- **Nível 1 – Manutenção autónoma**

Manutenção elaborada pelo operário no próprio local de trabalho, abrangendo tarefas como: lubrificação diária, controlo sensorial, tarefas de limpeza, troca de elementos consumíveis de fácil acesso ao operador. Todas as atividades presentes neste nível de manutenção são executadas sem abertura nem desmontagem do equipamento. Em termos de documentação, as instruções a serem cumpridas devem estar presentes no manual de utilização do equipamento e guia do operador.

- **Nível 2 – Manutenção corretiva**

No próprio local de trabalho são executadas reparações previstas por um técnico habilitado ou pelo operador. Estas reparações são caracterizadas pela substituição de elementos de um dado equipamento (por exemplo filtros de óleo), ou seja, são operações menores de manutenção preventiva. Em termos de documentação, existe instruções de utilização bem como de conservação. As peças consumíveis, usualmente, são transportáveis e encontram-se facilmente nas proximidades do local de intervenção.

- **Nível 3 – Manutenção preventiva**

A natureza dos trabalhos neste nível de manutenção reside no diagnóstico de avarias, na reparação ao nível dos componentes ou mesmo troca de elementos funcionais, nas afinações gerais e realinhamento de equipamentos e na organização da manutenção preventiva de acordo com as instruções recebidas. A manutenção é executada por técnicos especializados ou por uma equipa de manutenção local. É estritamente necessário que a unidade de manutenção local disponha de todas as instruções e manuais de manutenção.

- **Nível 4 – Manutenção de prevenção**

Elaborada na oficina e em locais especializados por uma equipa de manutenção, engloba trabalhos com caracter mais importante, de manutenção corretiva ou preventiva, como por exemplo: afinação dos aparelhos de medida utilizados na manutenção e substituição de válvulas de compressores. É de frisar que em termos de documentação, é utilizada toda a documentação geral ou particular utilizável pela manutenção. É usual, neste nível de manutenção, a oficina especializada dispor de stocks necessários para a execução da sua missão.

- **Nível 5 – Manutenção contratada**

Normalmente elaborada na fábrica do construtor, por uma equipa completa de manutenção. A natureza dos trabalhos reside na execução das revisões gerais, na recuperação dimensional de equipamentos, bem como de peças e no acondicionamento de máquinas/equipamentos. No geral, foca-se nos trabalhos importantes de renovação, de construção ou reparação.

Concluindo, os cinco níveis de manutenção mencionados anteriormente, particularmente em relação à sua aplicação, podem apresentar variações consideráveis em organizações diferentes. Além disso, as recentes abordagens de gestão de manutenção enfatizam uma maior integração entre os setores de manutenção e produção, tanto na elaboração dos planos de manutenção quanto na delegação de responsabilidades de primeiro nível aos operadores fabris.

## **2.2. Indicadores de desempenho da manutenção**

Os indicadores de desempenho, mais conhecidos como *KPIs (Key Performance Indicators)* são métricas, não metas a atingir, que têm como principal objetivo medir ou avaliar de maneira quantitativa o desempenho de uma determinada ação de manutenção [23].

Estas métricas de manutenção variam consoante a empresa, os seus objetivos, as estratégias e plano de ações definidos, sendo conhecidos após um dado período ou após determinados eventos terem ocorrido [24].

Os indicadores de manutenção dividem-se em três grupos [25], [26]:

### **1) Indicadores de manutenção económicos:**

- Custos da manutenção;
- Custos de manutenção corretiva;
- Custos de manutenção preventiva sistemática;
- Entre outros.

**2) Indicadores de manutenção técnicos:**

- *Mean Time Between Failure* (MTBF);
- *Mean Time to Repair* (MTTR);
- *Mean Waiting Time* (MWT);
- Entre outros.

**3) Indicadores de manutenção organizacionais:**

- Rácio de manutenção corretiva;
- Rácio de manutenção preventiva sistemática;
- Rácio de horas suplementares;
- Entre outros.

Na seguinte Tabela 4 são apresentados os principais indicadores de manutenção a nível industrial, bem como o seu cálculo e explicação:

Tabela 4 - Principais indicadores de desempenho na manutenção [27], [28], [29], [30]

<b>Principais Indicadores de desempenho da Manutenção</b>	
<b>Downtime (DT)</b>	<p>Usado para avaliar a fiabilidade de um equipamento. Corresponde ao tempo de inatividade/indisponibilidade não programada de um equipamento. A média global deste indicador é de 10%, isto significa, que o equipamento 90% das vezes deve estar em pleno funcionamento.</p> $DT = 1 - \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$
<b>Backlog</b>	<p>Indicador que corresponde à acumulação de atividades pendentes ou planeadas, por cada operário/colaborador, independentemente de estas já estarem em processo de execução ou em processo de finalização.</p>
<b>MTBF (<i>Mean Time Between Failure</i>)</b>	<p>O Tempo Médio entre Avarias é um indicador de extrema importância pois corresponde ao intervalo de tempo durante o qual um ativo cumpre a função que lhe é requerida.</p> $MTBF = \frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{\text{Nº de avarias}}$ <p>Quanto mais elevado for o MTBF mais confiável é o ativo.</p>
<b>MTTR (<i>Mean Time to Repair</i>)</b>	<p>O Tempo Médio de Reparação considera o tempo médio gasto que se demora a intervir numa dada avaria após esta ter ocorrido.</p> $MTTR = \frac{\text{Tempo total para reposição de funcionamento}}{\text{Nº de avarias}}$ <p>O objetivo é minimizar ao máximo este KPI, pois vai permitir a tomada de decisões que melhoram a estratégia de manutenção, sempre com o objetivo de potenciar os lucros e reduzir os riscos.</p>

Tabela 4 - Principais indicadores de desempenho na manutenção [27], [28], [29], [30] (cont.)

<p><b>MWT (Mean Waiting Time)</b></p>	<p>O Tempo Médio de Espera é um indicador de manutenção que permite determinar a rapidez com que uma equipa específica responde a uma solicitação de reparação de uma determinada falha, medindo, portanto, a sua eficiência.</p> $MWT = \frac{\sum \text{Tempo de espera para reparação}}{N^{\circ} \text{ de avarias}}$ <p>O objetivo é minimizar este indicador.</p>
<p><b>OEE (Overall Equipment Effectiveness)</b></p>	<p>É um dos indicadores mais utilizados e importantes nas organizações, também sendo considerado um indicador de apoio à melhoria contínua. Este mede o desempenho de uma forma tridimensional, pois tem em consideração:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O tempo útil que o equipamento tem para funcionar/produzir;</li> <li>• A produtividade demonstrada durante o funcionamento, isto é, a capacidade de produção à cadência nominal;</li> <li>• A qualidade do produto obtido.</li> </ul> $OEE = \text{Disponibilidade} * \text{Eficiência} * \text{Qualidade}$ $\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$ $\text{Eficiência} = \frac{\text{Tempo de ciclo ideal} * \text{Unidades produzidas}}{\text{Tempo de operação}}$ $\text{Qualidade} = \frac{\text{Total produzido} - \text{Quantidade de defeituosos}}{\text{Total produzido}}$ <p>Após o cálculo do OEE, podemos avaliá-lo comparando-o com a referência mundial do OEE que se apresenta a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-&gt;Perfeito: 100%</li> <li>-&gt;World Class: 85%</li> <li>-&gt;Médio: 60%</li> <li>-&gt;Baixo: 40%</li> </ul> <p>Há seis principais grandes perdas dos equipamentos produtivos, delas salientam-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falha/Avaria do equipamento;</li> <li>• Mudança, ajustes/afinações (setup) e outras paragens;</li> <li>• Esperas, pequenas paragens devidas a outras etapas do processo;</li> <li>• Redução da velocidade/cadência relativamente ao originalmente planeado;</li> <li>• Defeitos de qualidade do produto e conseqüentemente o seu retrabalho;</li> <li>• Perdas no arranque e mudança de produto.</li> </ul>

Tabela 4 – Principais indicadores de desempenho na manutenção [27], [28], [29], [30] (cont.)

<p><b>PMP (Planned Maintenance Percentage)</b></p>	<p>A percentagem de Manutenção planeada permite saber qual o tempo gasto em atividades programadas com os ativos definidos. Este KPI para além de estar intimamente relacionado com o plano de manutenção preventiva indica o nível de eficiência de uma empresa, o seu desempenho e êxito no segmento de mercado em que opera.</p> $\% \text{Manutenção Planeada} = \frac{\text{Horas de manutenção planeada}}{\text{Total de horas de manutenção}} * 100$ <p>A fim de este KPI estar em conformidade com a média global, os índices devem atingir uma percentagem igual ou superior a 85%.</p>
<p><b>PMC (Preventive Maintenance Compliance)</b></p>	<p>A taxa de cumprimento da manutenção preventiva é um indicador de manutenção com uma elevada importância a nível organizacional. Este KPI avalia a eficácia e o compromisso que o operário/técnico/gestor da manutenção tem em relação às tarefas que foram previamente programadas. Adicionalmente, dá-nos uma visão geral do desempenho de toda a equipa desde os responsáveis até aos operários fabris que estão envolvidos nas ações diárias.</p> $PMC = \frac{N^{\circ} \text{ de tarefas executadas}}{N^{\circ} \text{ de tarefas planeadas}} * 100$ <p>O desempenho médio global deve ser igual ou superior a 90%.</p>

No que diz respeito ao plano de acompanhamento dos indicadores de manutenção, é de extrema importância enfatizar que estes não devem depender unicamente dos parâmetros considerados pertinentes para as atividades de manutenção, mas também do desempenho dos ativos, das metas de manutenção definidas e da orientação estratégica da própria empresa [31].

Em modo de conclusão, ao confrontar as ocorrências de avarias com os indicadores de manutenção e os procedimentos já estabelecidos, é possível realizar uma análise da adequação desses procedimentos e, principalmente, tirar conclusões sobre a sua harmonização relativamente a minimizar o número de avarias [32].

## 2.3. Criticidade de ativos

Um equipamento crítico é aquele que necessariamente precisa se encontrar em ótimas condições de operação e possuir um alto nível de complexidade para solucionar as suas falhas.

A indisponibilidade destes equipamentos, ou até mesmo defeitos/falhas que ocorram antes da sua falha, que origina a sua paragem, podem originar [33]:

- Perdas de lotes de produção;
- Atrasos nas entregas das encomendas para os clientes;
- Acidentes pessoais e danos ambientais;

A determinação dos equipamentos críticos é fulcral para prevenir quebras de produção, bem como da competitividade da organização.

Seguidamente, a análise da criticidade dos ativos possibilita identificar os equipamentos que mais afetam o sistema produtivo e as metas comerciais, reforçando a disponibilidade destes.

Esta análise possibilita estabelecer e organizar o método de manutenção a ser utilizado, seja ele de caráter corretivo ou preventivo, e a abordagem em conformidade com o grau de prioridade, de forma precisa e eficaz, otimizando os recursos e reduzindo os gastos [34].

Por outro lado, a análise da criticidade dos ativos ramifica-se em diferentes etapas, focando-se inicialmente na formação dos colaboradores que terão como responsabilidade a identificação dos ativos. De seguida, na fase de implementação, determina-se a criticidade, ou seja, são escolhidos os ativos alvos de estudo, atualizando-se os seus planos de manutenção. A fase final, foca-se no controlo e avaliação [35].

A Figura 5 demonstra as etapas da análise da criticidade de ativos.

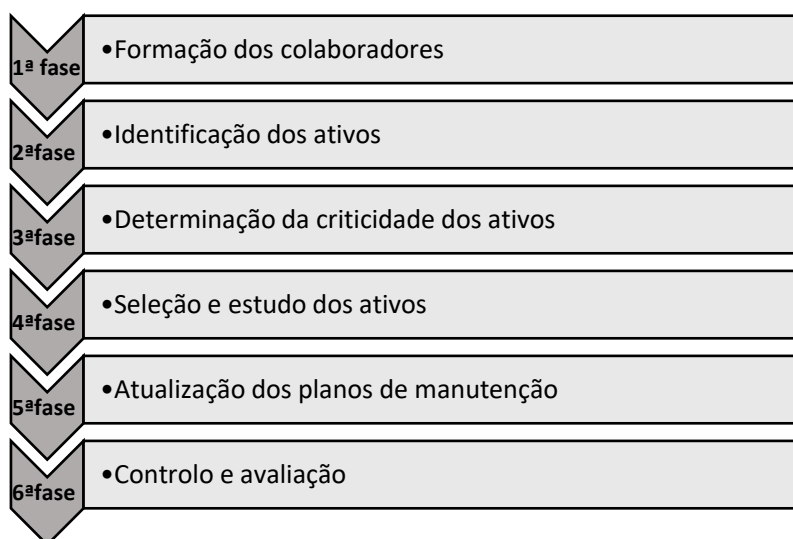


Figura 5 - Etapas da criticidade de ativos [36]

### **2.3.1. Identificação dos ativos**

A determinação dos ativos é crucial para compreender quais os equipamentos que serão submetidos à análise de criticidade, facilitando a investigação das falhas, a gestão da manutenção e a formação de um repositório de informações que possibilita o rastreamento e a atribuição dos diversos gastos de manutenção relacionadas aos mesmos [36].

É nesta fase que o gestor de manutenção tem de se reunir com os técnicos de manutenção e debater ideias sobre os ativos e investigarem em conjunto quais os ativos que serão submetidos à análise de criticidade. Não obstante, a nível industrial é essencial a partilha de conhecimento entre toda a equipa de manutenção, bem como respeitar as ideias de todos os que fazem parte dela.

## **2.4. Técnicas de avaliação da criticidade de ativos**

As técnicas de avaliação da criticidade de ativos têm um papel fundamental para a gestão da manutenção, pois o seu principal objetivo é aumento da disponibilidade dos equipamentos. Estas técnicas dividem-se em dois grandes grupos: técnicas qualitativas e técnicas quantitativas [36].

As técnicas qualitativas, são fundamentadas nas experiências e nos pontos de vista dos colaboradores. Para caracterizar os ativos, são aplicados inquéritos ou até mesmo votações, o que simplifica todo o processo de priorização de ativos. Em geral, são usadas quando há escassez de dados quantificáveis ou dados históricos associados aos equipamentos [37].

As técnicas quantitativas, por sua vez, são mais fiáveis e exatas pois baseiam-se nos dados históricos disponíveis dos equipamentos, entre outras informações relevantes. Para a aplicação destas técnicas, é necessário despender mais tempo para a correta análise dos dados históricos, acarretando um maior custo [37].

Assim, é de extrema importância que as organizações disponham de sistemas informáticos que retenham o máximo de dados possíveis relativamente aos seus equipamentos.

### 2.4.1. Técnicas qualitativas – Método GUT

O método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) é uma abordagem de análise de problemas que visa identificar e priorizar questões com base em três critérios fundamentais: Gravidade do problema, Urgência da resolução do problema e Tendência desse mesmo problema agravar com rapidez ou de forma lenta [37], [38].

Os conceitos essenciais dessa ferramenta de gestão passam pelo entendimento dos três atributos de classificação de problemas, como é demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Atributos do método GUT [37], [38]

ATRIBUTOS DO MÉTODO GUT	
<b>GRAVIDADE</b>	É avaliada pela severidade ou consequências que o problema pode acarretar se não for resolvido. Estes prejuízos podem ser avaliados quantitativamente ou qualitativamente. Um problema sério pode resultar na falência da empresa, na perda de clientes significativos ou até mesmo na deterioração da imagem da organização.
<b>URGÊNCIA</b>	É analisada pela urgência temporal presente para resolver uma situação específica. Fundamentalmente, leva em conta o período disponível para solucionar um determinado problema. Pode-se considerar como problema urgente os prazos estabelecidos por lei ou o tempo de resposta para os clientes.
<b>TENDÊNCIA</b>	É analisada pela trajetória ou direção de desenvolvimento da situação. É viável analisar o problema considerando a evolução que ele terá na ausência de uma intervenção eficaz para resolvê-lo. Representa a capacidade de expansão do problema, a probabilidade de se tornar mais grave com o decorrer do tempo.

Aos atributos anteriormente referidos pode-se atribuir uma classificação de 1 a 5, conforme é demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação dos atributos [38]

CLASSIFICAÇÃO DOS ATRIBUTOS			
VALOR	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
1	Menor gravidade	Pode esperar	Acomodar
2	Pouco grave	Ação lenta	Agravar no longo prazo
3	Grave	Ação normal	Agravar no médio prazo
4	Muito grave	Ação rápida	Agravar no curto prazo
5	Gravíssima	Ação imediata	Agravar imediatamente

Após a atribuição da pontuação aos atributos é necessário multiplicá-los. Adicionalmente, após a obtenção do valor da multiplicação entre estes três atributos consegue-se determinar quais são os ativos críticos de uma determinada organização, ou seja, irá ser possível determinar quais são os ativos que precisam de mais urgência na sua resolução.

A Tabela 7 tem como intuito demonstrar os limites de criticidade dos ativos.

Tabela 7 - Classificação dos Ativos pelo método GUT [38]

Gravidade x Urgência x Tendência	
$64 \leq G \times U \times T \leq 125$	Ativo muito crítico
$27 \leq G \times U \times T < 64$	Ativo crítico
$8 \leq G \times U \times T < 27$	Ativo pouco crítico
$1 \leq G \times U \times T < 8$	Ativo não crítico

## 2.4.2. Técnicas quantitativas – Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto ou gráfico 80/20 é uma ferramenta de melhoria contínua que tem como objetivo priorizar os problemas ou as causas dos problemas, isto é, distinguir claramente o que é mais importante do que é menos importante, permitindo a concentração da nossa atenção sobre os problemas vitais [39].

Adicionalmente, este gráfico de barras possibilita-nos observar a frequência das incidências, da mais alta para a mais baixa, o que facilita, novamente, a priorização dos problemas, como é demonstrado na Figura 6.

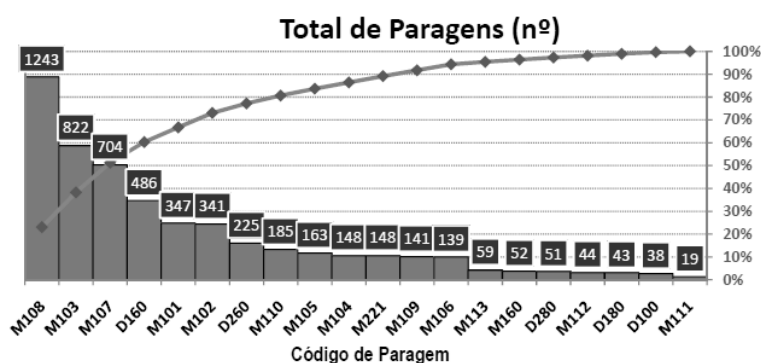


Figura 6 - Diagrama de Pareto [40]

Através da utilização imediata desta técnica, é viável agrupar os problemas em categorias, nos quais poucas causas contribuem significativamente para a maioria dos problemas presentes na organização, tornando possível reduzir o impacto destes com intervenções mínimas [41].

Na manutenção é bastante comum a utilização desta técnica, pois [42]:

- É baseada em dados históricos dos equipamentos;
- É fiável, pois é fundamentalmente uma ferramenta matemática;
- É de rápida elaboração;
- Fornece ao utilizador a capacidade de reconhecer os equipamentos/ativos mais críticos, isto é, aqueles que requerem uma maior mobilização de meios e recursos para investigação.

De um modo geral, muitos autores consideram o diagrama de Pareto uma das ferramentas mais importantes e poderosas na área da Engenharia.

## 2.5. Filosofia Lean

O conceito *Lean* nasceu no Japão aquando da extrema crise económica, estando intimamente relacionado com a *Toyota Motor Company* [43].

Esta organização, após a II Guerra Mundial (1 de setembro de 1939 – 2 de setembro de 1945) encontrava-se muito atrás dos construtores americanos. Contudo, foi crescendo exponencialmente, tornando-se na maior construtora automóvel e concomitantemente a mais lucrativa.

Este feito fez com que o TPS (sistema de produção Toyota) se tornar-se num alvo de investigação e de inspiração, com o intuito de outras organizações conseguirem alcançar a sua posição no mercado atual [44].

Primeiramente, o investigador Krafcik do *International Motor Vehicle Program* batizou este sistema de produção com o nome *Lean* em 1988, tendo este sido popularizado em 1990 por outros investigadores [45].

Por outro lado, Lean que também é conhecido por *Lean Manufacturing* ou por *Lean Thinking* e tem como objetivo fulcral a melhoria continua dos processos de produção por meio da minimização ou até eliminação do que não gera valor para o produto e/ou serviço, isto é, eliminação do desperdício – *Muda* (palavra oriunda do Japão que tem como significado “inutilidade”) [46].

As metodologias *Lean* são reconhecidas mundialmente devido aos ganhos que trazem às organizações de diversos setores, desde a produção até aos serviços.

Em suma, o *Lean Enterprise Institute* afirma que existem três obstáculos à implementação Lean, salientando-se: resistência dos gestores à mudança, omissão de Know-How e obstinação dos colaboradores, como é demonstrado na Figura 7.

**Principais obstáculos referentes à implementação da Filosofia Lean**

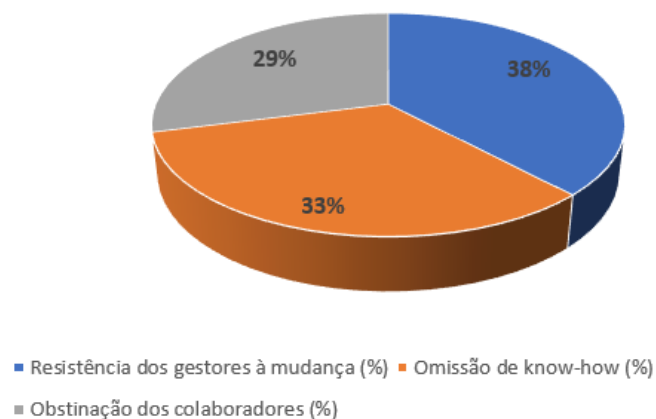


Figura 7 - Principais obstáculos referentes à implementação da filosofia Lean [47]

### 2.5.1. Princípios do *Lean Manufacturing*

O conceito *Lean Manufacturing* (LM) reside em cinco princípios fulcrais, como é demonstrado na Figura 8:

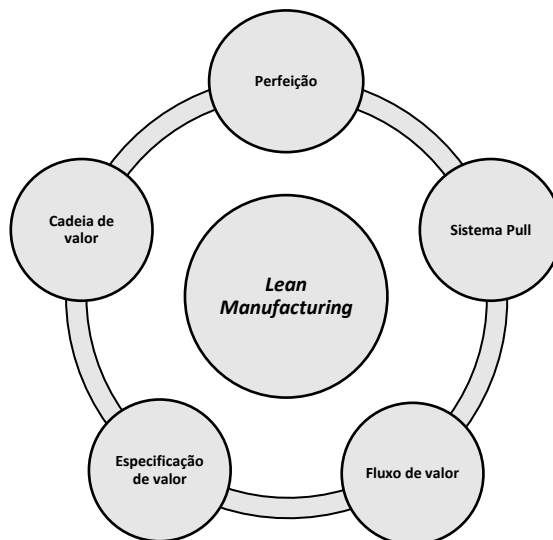


Figura 8 - Princípios do *Lean Manufacturing* [48]

**Especificação de valor** – Este tópico é de extrema importância e apenas pode ser definido pelo cliente, podendo ser este interno ou externo. Valor pode ser definido como o potencial de uma organização fornecer dentro do prazo e com um preço acessível produtos e/ou serviços em conformidade com as especificações do cliente [48].

**Perfeição** – A perfeição é o grande objetivo da filosofia Lean. A perfeição é a eliminação dos desperdícios com o intuito de que todas as atividades ao longo do fluxo agregam realmente valor [48].

**Fluxo de Valor** – Qualquer processo numa organização deve ser organizado e bem estruturado, com vista à criação de um fluxo de informação evitando perdas na junção união entre o tempo e as paragens ou até mesmo certas deslocações consideradas desnecessárias [48].

**Cadeia de valor** – Corresponde ao aglomerado de todas as atividades que são consideradas essenciais para transformar as matérias-primas e informações num produto e/ou serviço [49].

**Sistema Pull** - De acordo com a filosofia *Lean*, num sistema de operações, uma e cada sequência de trabalho só é desencadeada quando a que está imediatamente a seguir o conceder. Por outras palavras, a informação de produção corre de processo em processo, em sentido oposto ao fluxo dos materiais (processo-cliente para o processo-fornecedor) [49].

Adicionalmente, os princípios referidos anteriormente não eram suficientes para satisfazer totalmente toda a dimensão do *Lean Thinking*, apresentando algumas falhas, tendo sido implementados dois princípios também eles muito importantes: “Conhecer os *stakeholders*” e “Inovar sempre”, como é demonstrado na Tabela 8.

Tabela 8 - Novos princípios do *Lean Manufacturing* [50], [51]

PRINCÍPIO	RAZÃO POR TER SIDO IMPLEMENTADO
<u>Conhecer os <i>stakeholders</i></u>	Tornou-se extremamente importante que uma organização tivesse conhecimento de todas os intervenientes, isto é, de todas as partes interessadas que acabam por comprometer o futuro do negócio da organização.
<u>Inovar sempre</u>	Uma organização tem de estar preparada para: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ O crescimento exponencial da tecnologia;</li> <li>➤ Automação dos processos;</li> <li>➤ As exigências dos clientes, desde os requisitos até aos prazos de entrega.</li> </ul>

### 2.5.2. Os sete desperdícios

Um dos princípios essenciais da filosofia *Lean* é a eliminação do desperdício. Apesar da eliminação de desperdício pareça algo simples de se realizar, é notória a quantidade de processos com pontos de desperdício.

O desperdício representa qualquer atividade que não adiciona valor ao produto final, como tal, foram definidos os sete tipos de desperdícios, como é demonstrado na Figura 9.

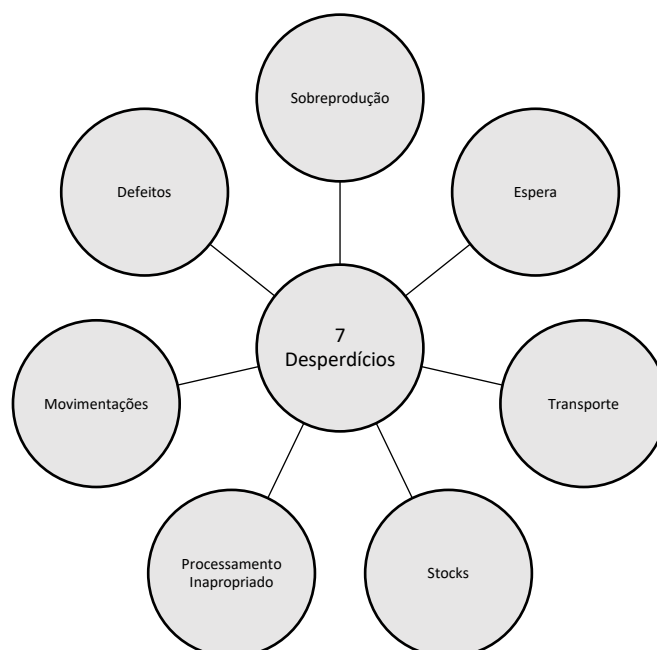


Figura 9 - Os sete desperdícios *Lean* [52]

**Sobreprodução** - Produzir mais do que é necessário ou em quantidades maiores do que as solicitadas é o que define o tipo de desperdício conhecido como sobreprodução.

A sobreprodução é considerada o tipo de desperdício mais prejudicial, pois pode gerar problemas e restrições no processo produtivo, impedindo o fluxo contínuo e exigindo o armazenamento de *stocks* de produtos acabados e intermediários, bem como a antecipação de compras para sustentar a produção [52].

**Espera** - O desperdício de espera refere-se ao tempo ocioso no processo devido à espera por materiais, equipamentos, ferramentas ou trabalho. As causas mais comuns de espera incluem fluxo obstruído, problemas de *layout*, problemas ou atrasos na entrega de fornecedores, capacidade não balanceada ou sincronizada com a demanda e grandes lotes de produção. O Lean requer que todos os recursos sejam fornecidos *just-in-time*, ou seja, no momento exato em que são necessários [52].

**Transporte** - Transporte pode ser definido como o movimento de materiais, peças ou produtos acabados de um local para outro por uma razão específica. Os sistemas de transporte têm efeitos negativos nas organizações, pois ocupam espaço, aumentam os custos, prolongam o tempo de fabricação e podem danificar os produtos durante o transporte. No entanto, é impossível eliminar completamente o transporte de materiais, mas é possível reduzir as distâncias percorridas para minimizar ou eliminar os *stocks*. Algumas atividades de transporte são necessárias, mas devem ser minimizadas. O desperdício de transporte tem origem em processos de trabalho ineficientes, *layout* inadequado e desorganização das áreas de trabalho [52].

**Stocks** - O excesso de *stock* acontece quando há mais *stock* do que o necessário para atender à demanda ou ao processo de produção, incluindo produtos acabados, matérias-primas ou produtos intermédios. Isso afeta negativamente o fluxo contínuo do processo e resulta na necessidade de espaço de armazenamento. As causas mais comuns desse desperdício são a aceitação do excesso de *stock* como algo normal e que faz parte do ativo da organização, *layout* inadequado dos equipamentos que levam ao armazenamento ou transporte, gargalos no processo, problemas de qualidade e processos trabalhando em ritmos diferentes [52].

**Processamento inadequado** - Este desperdício refere-se a atividades ou operações que não agregam valor ao produto ou serviço, resultando em esforços desnecessários e redundantes que podem levar a problemas de qualidade. Isto pode ocorrer devido a uma má organização do espaço de trabalho, comunicação inadequada e transporte excessivo. Como resultado, pode haver uma taxa elevada de produtos defeituosos devido a essas atividades ou processos sem valor agregado [53].

**Movimentações** - Desperdício por movimentos desnecessários refere-se a qualquer movimento físico que não contribui para a criação de valor num produto ou serviço. Este tipo de desperdício pode ser resultado de uma má organização do espaço de trabalho, das ferramentas e dos materiais utilizados no processo produtivo. A eliminação dos movimentos desnecessários pode ser alcançada através da reorganização do espaço de trabalho, manutenção regular e contínua e melhorias nos processos [53].

**Defeitos** - Desperdícios são gerados quando ocorrem problemas de qualidade, o que resulta em produtos defeituosos que exigem reparações ou trabalho adicional. Além de prejudicar a qualidade do produto, defeitos geram desperdícios de materiais, mão de obra, uso de equipamentos e armazenagem e movimentação desnecessária [53].

## 2.6. Ferramentas *Lean*

Independentemente da área de negócio de uma organização, torna-se fulcral a adoção de ferramentas para melhorar a performance dos processos produtivos, bem como dos seus colaboradores.

O conceito japonês *Lean* é amplamente utilizado por inúmeras organizações. Este conceito fornece um *pack* de ferramentas que são usadas para reduzir o desperdício, aumentar a produtividade dos processos, aumentar a eficiência organizacional, e muito importante, melhorar a condição de trabalho dos colaboradores [54].

As ferramentas *Lean* têm como objetivo principal a resolução de diversos problemas numa determinada organização.

Primeiramente, o foco principal nas indústrias reside na redução dos desperdícios e numa boa gestão do fluxo dos seus processos [54].

As organizações apostam cada vez mais nas ferramentas *Lean* com o propósito de [55]:

- Alcançar uma melhor eficiência;
- Conseguir ligar os materiais com os seus processos industriais para maximizarem o seu valor associado;
- Minimizar desperdícios, isto é, reduzir o consumo excessivo dos recursos disponíveis, esforço humano, energia, entre outros.

Por outro lado, as ferramentas mais utilizadas a nível industrial são as que compõe as temáticas ferramentas *Lean*, tal como é apresentado na seguinte Figura 10.

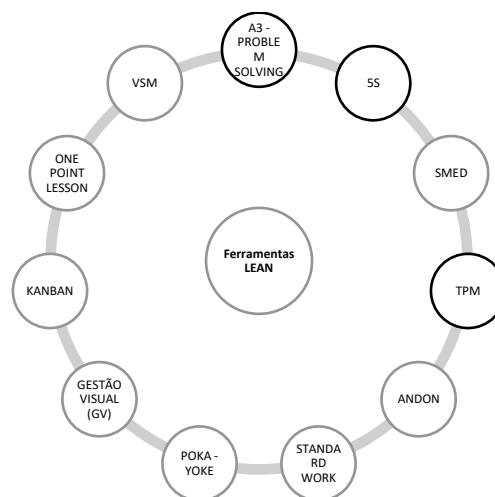


Figura 10 - Ferramentas *Lean* [56], [57]

Neste relatório, será importante dar mais ênfase a algumas das ferramentas acima referidas, que vão ser utilizadas a nível prático, que por sua vez, encontram-se rodeadas a preto na Figura 10.

### 2.6.1. A3 – Problem Solving

Esta ferramenta criada pela *Toyota*, que se refere ao nome padrão que tem como dimensões 297x420 mm, é uma diretriz para o tratamento das causas dos problemas nos locais de trabalho de forma rigorosa e concomitantemente sistemática, centrando-se na documentação e apresentação dos resultados do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) [58].

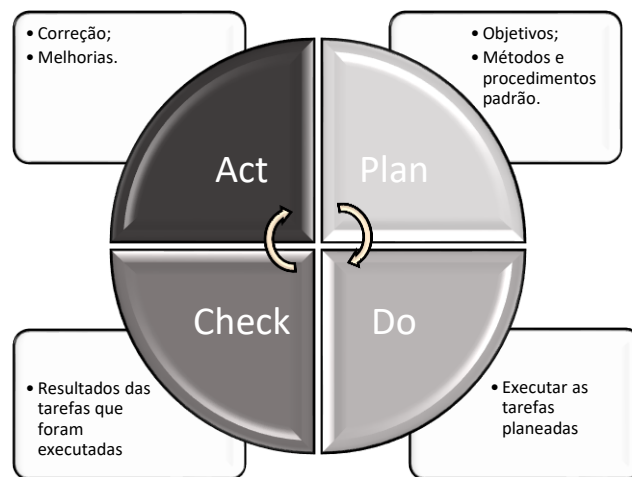


Figura 11 - Ciclo PDCA [59]

Por outro lado, O método A3 é uma ferramenta eficaz pois contém pouco texto, agregando imagens, diagramas e gráficos que acabam por enriquecer, bem como esclarecer, os dados representados no papel [60].

Para se utilizar a ferramenta *A3-Problem Solving* tem-se de perceber certos conceitos fundamentais, tais como: *Yokoten* (palavra japonesa que significa “compartilhar as melhores práticas”) [61].

Este conceito extremamente relevante para as organizações foi criado pela *Toyota Motor Corporation* que deseja que toda a organização, através das áreas de trabalho (planta fabril, chão de fábrica), tenha informação horizontal e conhecimento da informação, envolvendo a partilha de perguntas e respostas usuais com todos os colaboradores [62].

Na Figura 12 é apresentado o modelo de uso comum desta ferramenta.

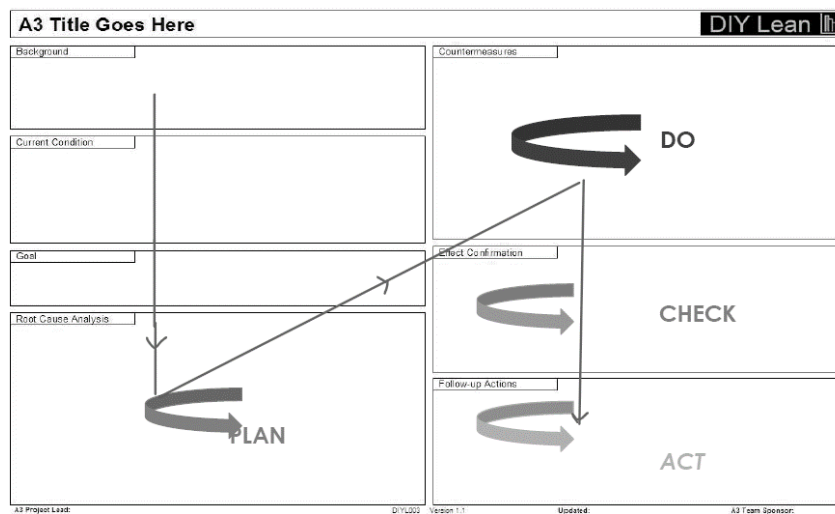


Figura 12 - Exemplo do A3 - Problem Solving [63]

Em geral, esta ferramenta é usualmente aplicada a problemas em que seja necessário recorrer a investigação aprofundada relativamente à raiz da causa dos problemas, bem como a ações que previnam a reincidência dos problemas.

### 2.6.2. TPM – Total Productive Maintenance

O modelo de gestão da manutenção TPM (Manutenção Produtiva Total), foi criado em meados dos anos 70 por *Nakajima*, e é uma abordagem moderna à manutenção que otimiza a eficácia do equipamento, elimina falhas, e promove a manutenção autónoma através de atividades diárias que envolvem toda a força de trabalho, tendo por base a filosofia Lean. Esta metodologia envolve toda a hierarquia de uma organização e baseia-se no trabalho de equipa, na comunicação entre os colaboradores, na manutenção proativa [64].

Tabela 9 - Objetivos da Metodologia TPM [65], [66], [67]

Objetivos da Metodologia TPM
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Maximização da eficácia</b> do equipamento;</li> <li>• <b>Elaboração de uma estratégia de manutenção preventiva</b> para todo o ciclo de vida do ativo;</li> <li>• <b>Promover a manutenção por meios de atividades autónomas</b> para pequenos grupos;</li> <li>• <b>Promover ações de formação</b>, a fim de melhorar e aprimorar os conhecimentos dos colaboradores;</li> <li>• <b>Reduzir desperdícios</b> (zero defeitos, zero perdas e zero desperdícios)</li> </ul>

Por outro lado, o modelo em questão considera o ciclo de vida do ativo e assenta em oito pilares, como é demonstrado na Figura 13.

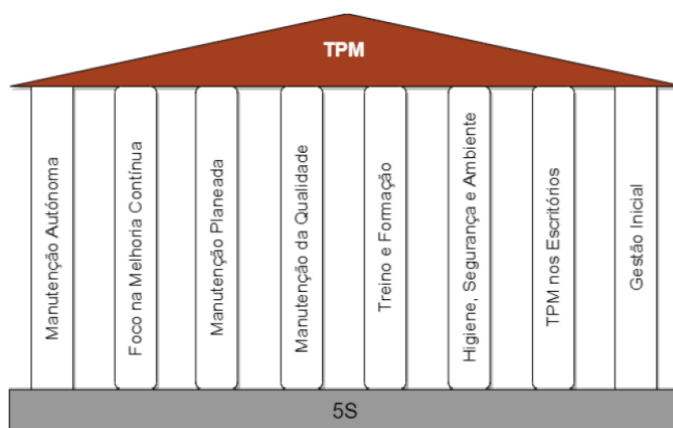


Figura 13 - Os oito pilares do TPM [67]

Os oito pilares da TPM começam com a implementação do programa 5S. O termo 5S surge de cinco palavras japonesas, **Seiri** (utilização), **Seiton** (organização), **Seiso** (limpeza), **Seiketsu** (normalização) e **Shitsuke** (autodisciplina), como é referido na Tabela 10 [68].

Tabela 10 - Os 5S [69], [70], [71]

Os 5S	
<b>SEIRI (Utilização)</b>	É o primeiro passo para a implementação da técnica dos 5S, onde através da priorização e organização das ferramentas e equipamentos utilizados, eliminando os que não forem necessários, o ambiente de trabalho torna-se mais limpo reduzindo o erro humano.
<b>SEITON (Organização)</b>	Os itens de uso recorrente são estrategicamente organizados no local de trabalho por forma a otimizar o fluxo de trabalho, reduzindo o tempo dedicado a uma tarefa de trabalho
<b>SEISO (Limpeza)</b>	Visa a limpeza dos postos de trabalho, o que faz com que os colaboradores sejam mais eficientes e preocupados com a apresentação dos seus locais habituais de trabalho.
<b>SEIKETSU (Normalização)</b>	Após uma implementação bem-sucedida dos três primeiros S's, referentes aos postos de trabalho, é fundamental criar regras que garantam a sua continuação de forma eficiente.

Tabela 10 - Os 5S [69], [70], [71] (cont.)

<b>SHITSUKE (Autodisciplina)</b>	Representa as necessidades dos colaboradores continuarem a implementar os quatro passos anteriores, de forma natural e habitualmente. Para alcançar e inculcar este senso de autodisciplina é necessário haver de forma periódica sessões de treinamento, formações e auditorias para que seja criada uma simbiose entre o trabalhador como individual e como equipa.
Atualmente, surge um <b>novo S</b> que corresponde à <b>segurança</b> , que tem como objetivo dar ênfase ao compromisso entre a metodologia 5'S com o enquadramento legal, bem como, normativo de segurança e saúde que as empresas têm de cumprir.	

Os 5S promove [72]:

- Melhorias no fluxo do processo;
- Um *Lead Time* (tempo que passa desde o início de um processo até a sua conclusão) reduzido;
- Tempos de *setup* reduzidos;
- Um local de trabalho mais limpo;
- Menos acidentes de trabalho;
- Menos desperdício relativamente a tempos de trabalho.

Adicionalmente, o indicador de manutenção que o TPM emprega é o OEE, que já foi explicado anteriormente [73].

A aplicação desta metodologia a nível industrial não é fácil e é demorada, isto é, são esperados no mínimo três anos para que a implementação TPM gere resultados positivos.

Para obter sucesso, a TPM deve concentrar-se em iniciativas de melhoria que beneficiem tanto a organização, bem como, os seus colaboradores [74].

Há doze etapas necessárias para o desenvolvimento do programa de TPM, divididas por quatro fases, como é demonstrado na Tabela 11.

Tabela 11 - Fases de implementação do TPM [75], [76], [77], [78]

<b>FASE</b>	<b>ETAPA</b>	<b>AÇÃO</b>
<b><u>PREPARAÇÃO</u></b>	<b>1</b> – Direção comunica a intenção de introduzir o TPM	Reunião com os responsáveis dos diferentes departamentos
	<b>2</b> – Lançamento de campanhas de educação para a introdução do TPM	Formações tendo em conta o nível hierárquico e funções que desempenham
	<b>3</b> – Criação de equipas para promover o TPM	Formação de equipas a todos os níveis hierárquicos para promover o TPM
	<b>4</b> – Estabelecimento de políticas e objetivos básicos do TPM	Analisar as condições atuais e criar objetivos
	<b>5</b> – Formulação de um plano para desenvolver o TPM	Preparar detalhadamente os planos da implementação para as atividades fundamentais
<b><u>LANÇAMENTO</u></b>	<b>6</b> – Lançamento e início do TPM	Convidar os clientes, bem como todas as partes interessadas
<b><u>IMPLEMENTAÇÃO</u></b>	<b>7</b> – Melhoria do desempenho de todos os equipamentos	Seleção de equipamentos e formação de equipas de projeto
	<b>8</b> – Desenvolver plano de manutenção autónoma	Desenvolver ferramentas de diagnóstico e estabelecer procedimentos
	<b>9</b> – Desenvolver um plano de manutenção programada para o departamento de manutenção	Incluir manutenção periódica e preditiva, assim como gestão de peças que sobram, ferramentas e planos de manutenção
	<b>10</b> – Promover formações para aprimorar as habilidades técnicas dos colaboradores e de manutenção	Formação dos líderes em grupo, para que estes transmitam o conhecimento adquirido aos restantes membros do grupo
	<b>11</b> – Desenvolver um programa de gestão precoce de equipamentos	Elaboração de manutenção preventiva e de uma comissão de controlo
<b><u>CONSOLIDAÇÃO</u></b>	<b>12</b> – Implementação perfeita do TPM	Definir objetivos mais elevados

A Manutenção Produtiva Total não é apenas um conjunto de instruções, mas sim uma filosofia. A sua adoção requer uma mudança de atitude por parte do pessoal da produção e da manutenção. Ao concentrar-se em iniciativas de melhoria, esta metodologia não apenas eleva a eficácia operacional e a fiabilidade dos equipamentos, mas também traz notáveis vantagens

para a organização na sua totalidade, bem como, para os seus colaboradores, criando um ambiente de trabalho mais seguro e produtivo [79].

Na Tabela 12 estão representados alguns dos casos de estudo relativos à implementação do TPM estudados.

*Tabela 12 - Casos de estudo relativos à implementação do TPM [65], [80], [81]*

<b>Casos de estudo relativos à implementação TPM</b>	
[65]	<p>Neste estudo realizado numa indústria de fabricação de moldes para injeção de plástico, o foco foi a análise da aplicação da metodologia TPM.</p> <p>Primeiramente, definiu-se os problemas presentes na organização, notando-se que a produtividade da empresa estava a diminuir devido a diversos fatores, principalmente devido aos problemas presentes nas máquinas. Adicionalmente, foram escolhidos os indicadores de manutenção a serem avaliados, deles salientam-se: OEE, MTBF e MTTR.</p> <p>Após a definição dos problemas, a equipa em conjunto com a chefia da organização, propôs-se um modelo TPM, tendo em atenção a formação dos membros selecionados. A aplicação da ferramenta 5S ajudou na deteção e resolução de falhas e anormalidades. Na reunião de revisão do TPM estabeleceram-se metas, incluindo um valor de 60% para o OEE da máquina MP 120 T.</p> <p>A avaliação do TPM verificou o alcance das metas inicialmente estabelecidas, medindo quantitativamente os indicadores de manutenção. Como resultado da implementação do TPM, a organização conseguiu: reduzir a perda de produção em 6%, diminuir o número de paragens da máquina, aumentar a eficácia e eficiência e resolver tipos de paragens prejudiciais à produtividade.</p>
[80]	<p>Este estudo insere-se numa indústria de cortiça e teve como objetivo enquadrar técnicas e ferramentas no processo de implementação de um sistema TPM.</p> <p>Inicialmente, realizou-se um levantamento de dados para analisar o tempo de inatividade devido a avarias nos diversos setores industriais. Identificou-se o posto de trabalho com maior tempo perdido em intervenções, que consumiu 365,48 horas em manutenção.</p> <p>Por outro lado, com o intuito de prevenir problemas, foram estabelecidas ações preventivas, alcançando-se uma redução significativa do tempo de paragem, mais concretamente uma diminuição de cerca de 34% nos dois meses seguintes à aplicação.</p> <p>Assim, concluiu-se que a aplicação parcial do TPM promoveu e gerou resultados positivos para a organização em questão, mesmo sem o conhecimento adequado dos operadores.</p>

Tabela 12 - Casos de estudo relativos à implementação do TPM [65], [80], [81] (cont.)

[81]	<p>Este estudo foi elaborado numa fábrica especializada na fabricação de peças para automóveis autênticos. O seu propósito foi aplicar a filosofia TPM para diminuir perdas, aumentar a eficiência na linha de produção de juntas fixas, e concomitantemente assegurar a entrega pontual dos eixos de velocidade aos seus clientes específicos.</p> <p>Primeiramente, ao analisar os indicadores de desempenho, identificou-se o equipamento crítico na linha de produção de juntas fixas, onde foram implementados os princípios do TPM.</p> <p>A manutenção preventiva e a devida formação das equipas de manutenção autónoma foram os pilares que tiveram especial atenção nesta implementação. Adicionalmente, aplicou-se da técnica dos 5S.</p> <p>Concluiu-se que o TPM promoveu uma alocação eficaz de recursos, tanto em termos de tempo quanto de disponibilidade de peças de reposição. Neste caso, a organização conseguiu uma redução das horas de manutenção corretiva, e seu impacto nas interrupções levou a uma melhoria de 10,7% na capacidade produtiva.</p>
------	--



### 3. Introdução ao caso de estudo

Neste capítulo é elaborada uma breve exposição sobre o setor industrial e a estratégia de manutenção atualmente adotada pela Gislotica – *Mechanical Solutions*. Segue-se a análise do histórico dos equipamentos e dos dados atuais da empresa, com o intuito de identificar os equipamentos essenciais para a produção. Em seguida, são apresentados os métodos e técnicas de aprimoramento implementados nesses equipamentos específicos para alcançar os resultados desejados.

#### 3.1. Descrição do processo produtivo da empresa

O processo produtivo da empresa começa com a entrada dos materiais, mais concretamente o ferro, o aço e o alumínio. Após a receção dos materiais, estes são encaminhados para a serralharia, posteriormente para o processo de pintura ou tratamento de zincagem e, por fim, para a fase de montagem, como é demonstrado na Figura 14.



Figura 14 - Fluxo geral do processo produtivo da empresa

O fluxo produtivo da Gislotica – *Mechanical Solutions* insere-se na tipologia de fabrico do tipo *Job-Shop* e implantação por projeto, devido ao facto, de haver sempre engenharia por encomenda e os produtos são fabricados unitariamente ou até mesmo em pequenas séries.

No Anexo A é apresentado um fluxograma mais detalhado que tem como intuito demonstrar e facilitar o entendimento do processo produtivo da organização.

### 3.1.1. Equipamentos industriais

O objetivo deste subcapítulo é promover um melhor entendimento dos equipamentos presentes no processo industrial da Gislótica – *Mechanical Solutions*. Para tal começa-se por apresentar o *Layout* do chão de fábrica da empresa, como se pode observar na Figura 15.

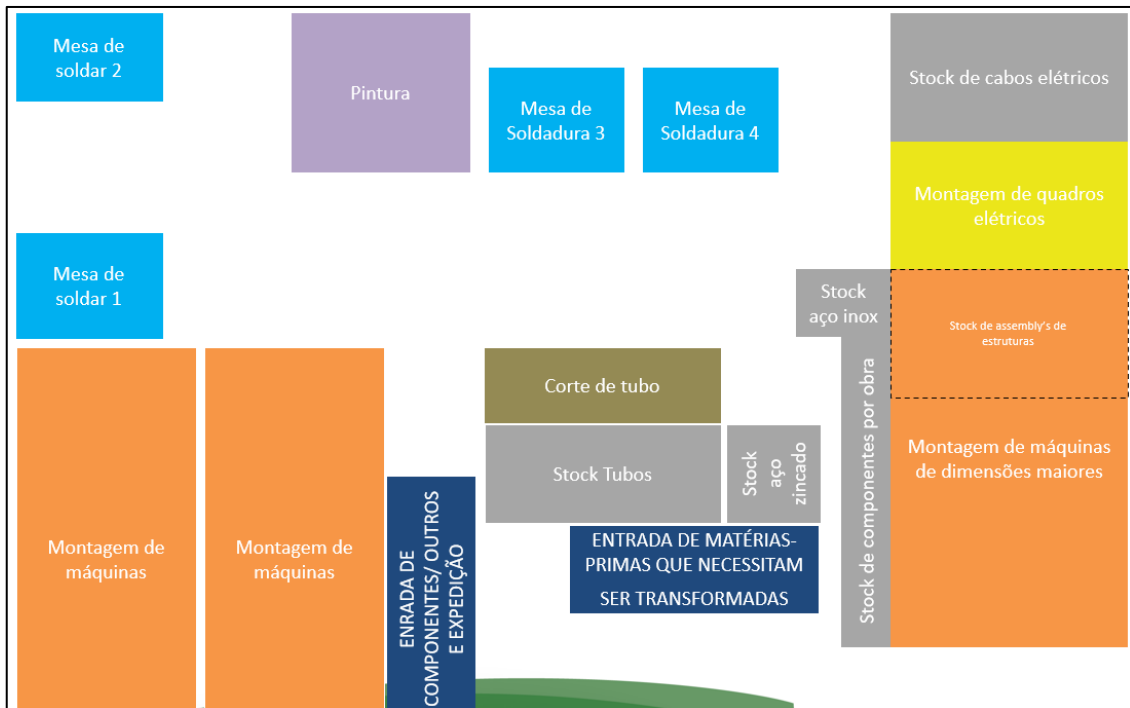


Figura 15 - Layout do chão de fábrica

Como se poder observar na Figura 15, existe quatro mesas de soldar. A Gislótica – *Mechanical Solutions* apresenta máquinas de soldar do tipo MIG/MAG e TIG, como é demonstrado na Figura 16.



Figura 16 - Máquinas de Soldadura

Seguidamente, o posto de trabalho da pintura apresenta diversos equipamentos. A Figura 17 e Figura 18 representam o posto de trabalho da pintura (cabine de pintura) e o equipamento principal deste posto de trabalho, respetivamente.



*Figura 17 - Cabine de Pintura*



*Figura 18 - Máquina de pintura*

Por outro lado, os postos de trabalho de montagem contêm essencialmente os equipamentos normais numa indústria metalomecânica, como é demonstrado na Tabela 13.

Tabela 13 – Outros ativos da Gislotica - Mechanical Solutions



Ativo	Descrição	Imagem
<u>Esmeril</u>	<p>O esmeril é uma ferramenta versátil e essencial para muitos trabalhos de manutenção e construção. Tem como função desbastar, polir, afiar ou dar forma a materiais como metal, pedra, plástico ou madeira. Consiste numa roda abrasiva que gira a alta velocidade, sendo frequentemente utilizada em oficinas, serralharias e outros ambientes de trabalho onde seja necessário trabalhar e moldar materiais com alta dureza.</p>	
<u>Torno</u>	<p>Os tornos são utilizados em diversos setores, incluindo metalurgia, carpintaria, fabricação de instrumentos, entre outros, sendo uma ferramenta fundamental para a produção de peças com precisão e qualidade. É uma máquina utilizada para moldar peças de metal, madeira, plástico ou outros materiais. Consiste numa plataforma giratória onde é fixada a peça a ser trabalhada, enquanto uma ferramenta de corte é movida em direção à peça para remover material, criando assim formas e acabamentos desejados.</p>	

Tabela 13 – Outros ativos da Gislotica Mechanical Solutions (cont.)

<p><b><u>Máquina de corte</u></b> <b><u>(Alumínio +</u></b> <b><u>Madeira)</u></b></p>	<p>É uma ferramenta utilizada para cortar perfis de alumínio e peças de madeira com precisão e eficiência. Estas máquinas podem incluir serras circulares, serras de fita, fresadoras ou máquinas combinadas que permitem cortar ambos os materiais.</p> <p>Para o alumínio, estas máquinas podem ter lâminas de corte específicas que são capazes de lidar com a dureza deste metal, criando cortes limpos e precisos. No caso da madeira, as máquinas podem ter lâminas de serra ou fresas que permitem cortes retos, curvos ou angulares, conforme necessário para o projeto em questão.</p>	
<p><b><u>Fresadora</u></b></p>	<p>É uma máquina utilizada para realizar operações de fresagem, que consistem no processo de remover material de uma peça de trabalho para criar formas, ranhuras, furos ou superfícies complexas.</p> <p>As fresadoras possuem uma variedade de ferramentas de corte, como fresas cilíndricas, fresas de topo, fresas de topo esférico, entre outras, que podem ser utilizadas para cortar diferentes materiais, como metal, madeira, plástico e compósitos.</p> <p>As fresadoras são muito versáteis e podem ser controladas manualmente, numericamente ou por computador (CNC), o que permite a produção de peças altamente precisas e complexas com grande eficiência.</p>	

Tabela 13 – Outros ativos da Gislotica – Mechanical Solutions (cont.)



<p><b><u>Quinadora</u></b></p>	<p>É uma máquina utilizada para dobrar chapas metálicas, criando ângulos precisos e definidos. As quinadoras são projetadas para dobrar chapas de diferentes espessuras e comprimentos, e podem ser operadas manualmente, hidraulicamente ou por CNC (Controlo Numérico Computorizado), proporcionando uma flexibilidade de uso e precisão no processo de dobragem. Adicionalmente, é uma máquina essencial para garantir a qualidade e a precisão das dobras em trabalhos com chapas metálicas.</p>	
<p><b><u>Decapadora</u></b></p>	<p>É uma máquina usada para remover a tinta ou outros revestimentos de uma superfície. Esta ferramenta é comumente utilizada em trabalhos de restauro, preparação de superfícies para pintura, entre outros.</p> <p>A decapadora pode assumir várias formas, desde um simples raspador manual até a uma máquina elétrica com um bico de ar quente que ajuda a amolecer e a remover os revestimentos. Em geral, o objetivo principal da decapadora é tornar mais fácil e eficiente o processo de remoção de revestimentos, seja através de calor, abrasão ou outras técnicas.</p>	

Tabela 13 – Outros ativos da Gislotica – Mechanical Solutions (cont.)

<p><b><u>Máquina de roscar elétrica</u></b></p>	<p>É uma máquina utilizada para cortar roscas em materiais como metal, plástico ou madeira de forma rápida e eficiente. Normalmente utilizam um conjunto de matrizes que são fixadas à máquina e, quando acionados, cortam a rosca no material. Elas podem ser operadas manualmente ou de forma automatizada, dependendo do modelo e da aplicação específica.</p> <p>Uma máquina de roscar elétrica é uma ferramenta versátil e essencial em muitos processos de fabricação e montagem, permitindo a criação de roscas precisas e consistentes com facilidade.</p>	
<p><b><u>Máquina de corte por plasma</u></b></p>	<p>É utilizada para cortar materiais condutores de eletricidade, como metal, utilizando um arco elétrico ionizado. Este processo de corte por plasma envolve a passagem de um gás ionizado (normalmente ar comprimido) através de um bocal que é eletricamente carregado, criando um arco elétrico extremamente quente e concentrado.</p> <p>O calor gerado pelo arco elétrico é capaz de derreter o material alvo, enquanto o gás ionizado empurra o material fundido para longe, criando um corte limpo e preciso. Este método é eficaz para cortar uma variedade de espessuras e tipos de metais, incluindo aço, alumínio, cobre e aço inoxidável.</p>	

Por fim, e não menos importante é necessário referir as pontes rolantes. Estes equipamentos industriais movimentam estruturas que possuem grandes volumes e possuem peso elevado. A Figura 20 apresenta uma das pontes rolantes da Gislótica – *Mechanical Solutions*.



*Figura 20 - Ponte rolante*

### 3.1.2. Identificação dos ativos críticos

Antes de se tomar alguma decisão relativamente à identificação dos ativos críticos é estritamente necessário perceber o tipo de sistema produtivo da empresa em questão.

Como referido anteriormente, o fluxo produtivo da Gislótica – *Mechanical Solutions* insere-se na tipologia de fabrico do tipo *Job-Shop* e implantação por projeto, devido ao facto, de haver sempre engenharia por encomenda e os produtos são fabricados unitariamente ou até mesmo em pequenas séries.

Primeiramente, uma vez que as gamas operatórias variam de acordo com o produto a ser produzido, o sistema pode ser caracterizado como flexível, havendo adaptação aos produtos a fabricar. Assim, podemos perceber que como a empresa não trabalha em linha a falha de um ativo não influencia totalmente a queda de produção.

Por outro lado, a organização em termos de equipamentos “mais de chão de fábrica”, como por exemplo equipamentos de soldadura, apresenta mais do que um equipamento do mesmo tipo, o que significa que, há sempre forma de contornar uma eventual falha de um determinado equipamento industrial.

Adicionalmente, a Tabela 14 representa os ativos críticos da empresa, e a razão pela qual se tomou essa decisão.

Tabela 14 - Ativos críticos


ATIVO CRÍTICO	PORQUÊ?	IMAGEM
<u>Compressor</u>	Caso este equipamento falhe, todas as atividades ficam em <i>stand-by</i> , visto que, para maior parte das atividades é necessário o compressor, desde a pintura, soldadura, entre outros. No geral, é necessário o ar proveniente deste equipamento para os equipamentos trabalharem.	

Tabela 14 – Ativos críticos (cont.)




<p><b><u>Secador</u></b></p>	<p>O secador é um componente do compressor. Este componente caso entre em avaria, faz com que o ar que sai da mangueira comece a sair com água. Esta situação é totalmente indesejada na pintura, visto que, caso aconteça gerará defeitos nos produtos.</p>	
<p><b><u>Cabine de Pintura</u></b></p>	<p>Caso esta infraestrutura entre em modo de falha, a única hipótese para ultrapassar esta situação indesejada seria pintar as peças/produtos manualmente. Isto promoveria uma diminuição abrupta da produção, bem como atrasos na entrega dos produtos ao cliente.</p> <p>Por outro lado, e não menos importante a cabine de pintura foi desenhada para que os operários realizassem a sua função de uma forma segura, visto que, a função pintura envolve a manipulação de produtos toxicológicos, tanto para o Ser Humano como para o meio ambiente.</p> <p>Após o processo de pintura as peças ficam dentro da cabine em repouso para secarem, ou seja, a infraestrutura também tem como função acelerar o processo de secagem, diminuindo o tempo de espera do operador e concomitantemente acelerar a produção dos produtos.</p>	

Tabela 14 – Ativos críticos (cont.)

<p><b><u>Ponte Rolante</u></b></p>	<p>Apesar da empresa ter mais do que uma ponte rolante, esta infraestrutura tem de ser considerada crítica, visto que, caso esta avarie tornar-se-á impossível erguer/montar as estruturas previamente construídas no chão de fábrica, devido, a estas pesarem toneladas. Esta situação atrasará o processo produtivo, a entrega dos produtos aos clientes, e até, disputar acidentes mortais.</p>	
------------------------------------	--	--

De forma a corroborar a decisão relativamente à seleção dos ativos críticos da Gislótica – *Mechanical Solutions*, decidiu-se aplicar a técnica GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), visto que, é uma técnica qualitativa e não carece de dados históricos da manutenção. A Figura 19 demonstra o método GUT elaborado, onde se pode verificar que os ativos muito críticos são: Ponte rolante, cabine de pintura, compressor e secador.

ATIVO	GRAVIDADE [1 - 5]	URGÊNCIA [1 - 5]	TENDÊNCIA [1 - 5]	RESULTADO
PONTE ROLANTE	4	5	5	100
CABINE PINTURA	4	4	4	64
COMPRESSOR	4	5	5	100
SECADOR	4	5	5	100
SOLDADURA	4	4	3	48
DECAPADORA	2	2	3	12
MÁQ. CORTE	4	3	4	48
MÁQ. PINTURA	3	4	4	48
ESMERIL	2	2	2	8
TORNO	4	4	3	48
FRESADORA	3	4	4	48
QUINADORA	3	2	4	24
MÁQ. ROSCAR ELE.	2	2	4	16
MÁQ. CORTE PLASMA	2	2	2	8

Figura 19 - Aplicação da Técnica GUT

Conclui-se, que a manutenção preventiva deve-se incidir em todos os equipamentos com o intuito de haver menos paragens, menores quebras de produção, diminuição da taxa de produtos defeituosos e retrabalho, aumentando a qualidade dos produtos. Não obstante, deve-

se dar prioridade aos ativos muito críticos e críticos, fazendo com que a manutenção seja sempre cumprida.

### **3.2. Diagnóstico da função manutenção**

No contexto da aplicação da metodologia *Action - Research*, o primeiro passo para o desenvolvimento deste trabalho consistiu na identificação e análise dos principais problemas da organização relativamente à gestão da manutenção.

Inicialmente, foram recolhidos dados sobre os equipamentos, incluindo, manuais técnicos e os planos de manutenção preventiva associados. Posteriormente, foi analisada a estrutura interna da manutenção da empresa. Após uma análise cuidada, verificou-se a falta de um planeamento de tarefas nos planos de manutenção preventiva da maioria dos ativos e ausência total de manutenção autónoma, além de várias falhas nos registos das intervenções de manutenção preventiva subcontratada.

Deste modo, a organização carece de uma estratégia de manutenção claramente definida para o seu sistema produtivo, tornando-se imperativo resolver os problemas identificados para estabelecer uma estrutura de manutenção bem organizada e sustentada, seguindo as práticas da metodologia TPM.

#### **3.2.1. Aplicação da ferramenta A3 – Problem Solving**

Nesta fase do projeto, foi necessário organizar toda a informação recolhida anteriormente referida. Através da ferramenta *Lean A3 – Problem Solving*, foi possível:

- Definir o problema principal no que toca à manutenção da unidade industrial;
- Demonstrar através de gráficos e pouco texto relativamente ao estado atual da manutenção;
- Analisar a causa-raiz, através do diagrama de *Ishikawa*;
- Propor melhorias;
- Elaborar um plano de ações corretivas;
- Analisar a eficácia do plano de ações corretivas;
- Criar procedimentos padrão, isto é, ações de acompanhamento para garantir que o problema não se volte a repetir.
- Entre outros.

Inicialmente, torna-se necessário descrever de uma forma breve o problema identificado na unidade industrial. Neste caso, o problema principal é a falta de controlo dos ativos presentes na organização. De seguida, procedeu-se à análise das causas raiz do problema identificado anteriormente, como é demonstrando o diagrama de *Ishikawa* da Figura 20.

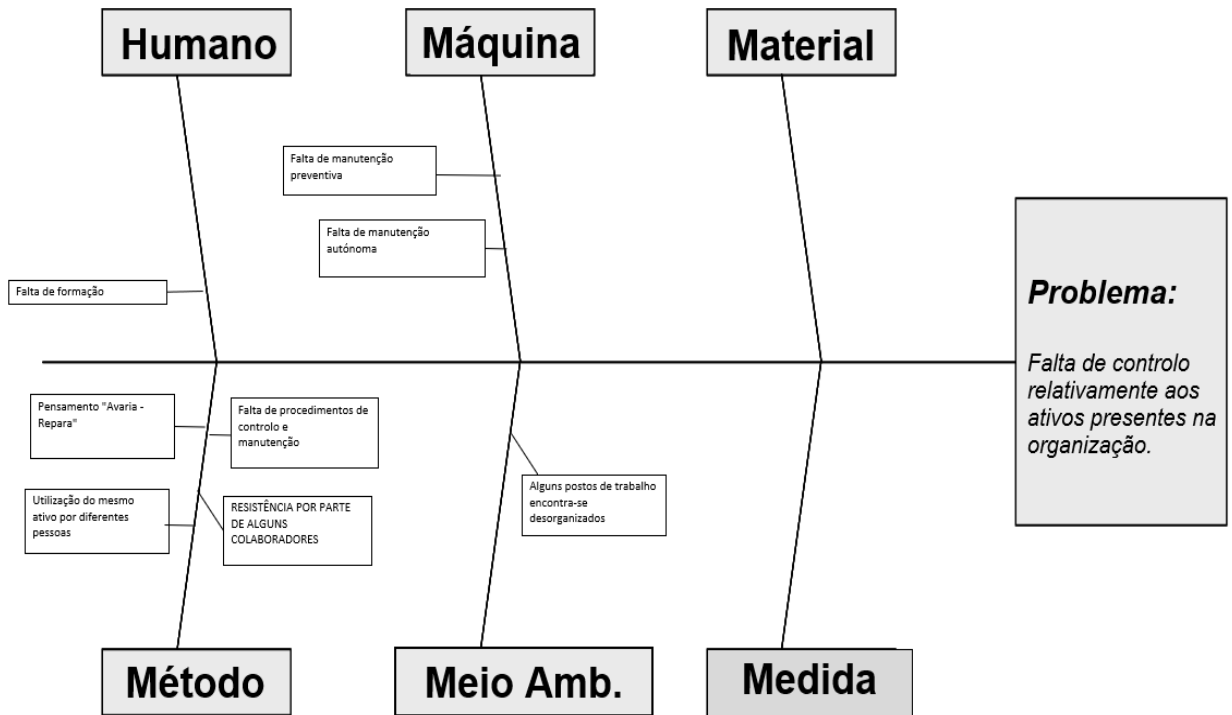


Figura 20 - Diagrama de Ishikawa

Por outro lado, é necessário identificar as razões pelas quais existe este problema. Para tal utilizou-se a técnica dos “5 Porquês” para os três problemas mais críticos, que afetam negativamente o problema inicial, como é demonstrado na Figura 21.

1	Falta de Manutenção Preventiva	2	Falta de Manutenção Autónoma	3	Falta de procedimentos de controlo e manut.
Porquê?	Plano de manutenção preventiva pouco elaborado	Porquê?	Plano de manutenção autónoma pouco elaborado	Porquê?	Não há um acompanhamento dos ativos
Porquê?	Escassez de ferramentas informáticas de apoio à manutenção	Porquê?	Escassez de ferramentas informáticas de apoio à manutenção	Porquê?	
Porquê?	Falta de recursos para elaborar as ferramentas	Porquê?	Falta de recursos para elaborar as ferramentas	Porquê?	
Porquê?		Porquê?		Porquê?	
Porquê?		Porquê?		Porquê?	

Figura 21 - Razões para a existência dos problemas mais críticos

Adicionalmente, elaborou-se as ações corretivas a serem elaboradas, de forma a minimizar ou até mesmo eliminar o problema, como é demonstrado na Figura 22.

Nº.	Causa raiz	Ação
1	1	Elaboração de um novo plano de manutenção preventiva
2	2	Elaboração dos planos de manutenção autónoma bem como sensibilizar e dar formação aos colaboradores sobre a sua importância
3	1	Criação de uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção
4	2	Criação de uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção
5	3	Criação de um procedimento de controlo para acompanhamento dos ativos

*Figura 22 - Ações corretivas*

Por fim, e por forma a evitar que os problemas identificados voltem a surgir, elaborou-se quatro tarefas de standardização, como é demonstrado na Figura 23.

<i>Standardização</i>
Acompanhar regularmente o cumprimento do novo plano de MP
Acompanhar regularmente o cumprimento do novo plano de MA
"Gemba Walks" diários para acompanhar os ativos

*Figura 23 - Tarefas de Standardização*

Em suma, no Anexo B, encontra-se a ferramenta A3 – Problem Solving elaborada, bem como a eficácia desta ferramenta. Neste caso, atingiu-se 100%, o que significa que conseguiu-se cumprir cinco ações corretivas.

### 3.2.2. O sistema de informação da empresa

O *DeskManager*, reconhecido pela sua versatilidade na administração de tarefas e processos internos, revela-se uma escolha acertada para as necessidades da Gislótica. A sua interface, presente na Figura 24, intuitiva e capaz de centralizar informações são vantagens significativas para a gestão quotidiana de uma organização. No entanto, a empresa depara-se com um desafio crucial: a falta de funcionalidades específicas para o setor da manutenção.

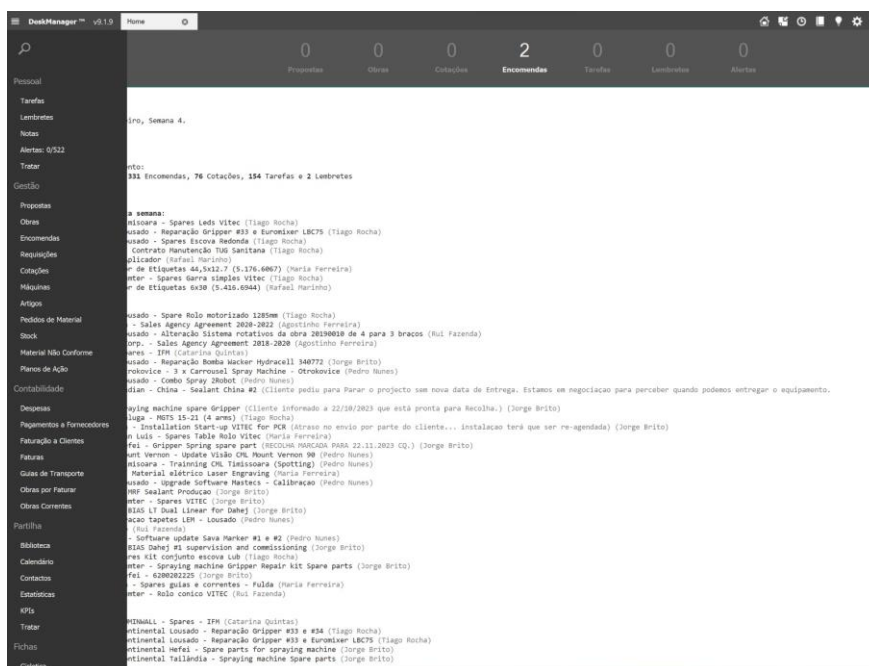


Figura 24 - DeskManager

Este desafio não é apenas específico da Gislótica – *Mechanical Solutions*, mas reflete uma lacuna no *DeskManager* que merece atenção. Num mercado competitivo, as empresas procuram soluções abrangentes que otimizem todas as áreas operacionais. A gestão da manutenção, ao ser relegada para segundo plano, compromete a integridade e eficiência do sistema como um todo.

### 3.2.3. Manutenção autónoma e manutenção preventiva

A Gislótica – *Mechanical Solutions* destaca-se no cenário empresarial pela sua inovação e compromisso com a excelência em diversos domínios, contudo, a área de manutenção surge como um ponto de vulnerabilidade. Ao não adotar manutenção autónoma nem preventiva, a empresa compromete a eficiência operacional dos seus processos e a disponibilidade dos seus ativos.

A manutenção autónoma e manutenção preventiva são conceitos vitais no contexto empresarial, permitindo que as equipas operacionais assumam um papel proativo na

preservação e melhoria contínua dos equipamentos. Infelizmente, a Gislótica – *Mechanical Solutions*, até ao momento, não implementou um sistema que capacite os colaboradores a desempenhar um papel ativo na manutenção dos ativos, dependendo em grande medida de intervenções externas e para um pequeno número de equipamentos.

A Figura 25 demonstra a política de manutenção preventiva existentes na Gislótica – *Mechanical Solutions*.

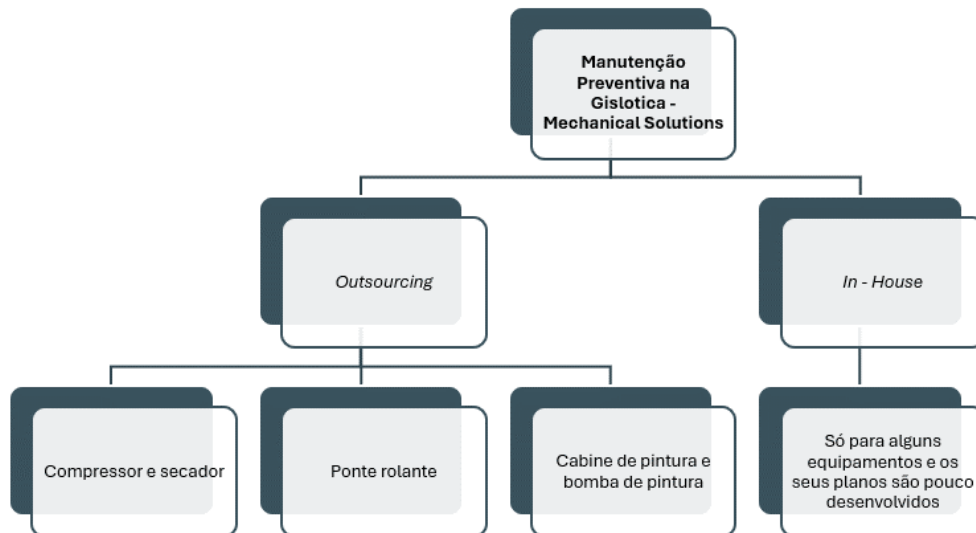


Figura 25 -Política de manutenção preventiva na Gislótica – *Mechanical Solutions*

Pode-se concluir que os ativos críticos se encontram na manutenção subcontratada. É de extrema importância acompanhar de perto a manutenção preventiva subcontratada, visto que, a Gislótica – *Mechanical Solutions* deve perceber se o prestador de serviços cumpre com o que foi estipulado no contrato de manutenção. Adicionalmente, esta prática garante o bom estado dos equipamentos e sistemas, evitando contratempos e prejuízos. Ao assegurarmos uma supervisão cuidadosa desta manutenção, estamos a salvaguardar não só o funcionamento eficaz dos nossos recursos, mas também a segurança dos operários e a integridade dos ativos.

A Tabela 15 tem como intuito demonstrar as vantagens e desvantagens de uma manutenção subcontratada.

Tabela 15 - Vantagens e Desvantagens de uma manutenção subcontratada

Manutenção Subcontratada	
Vantagens	Desvantagens
Ausência de investimentos	Renovação rápida de materiais
Orçamento prévio	Espera até à execução
Atualização técnica	Tendência para sobre consumo
Custos padrão	Desconhecimento da realidade da empresa

### 3.2.4. Indicadores de desempenho da manutenção atuais

Ao debruçarmo-nos sobre a estrutura operacional da Gislotica – *Mechanical Solutions*, deparamo-nos com uma lacuna notável: a ausência de registos essenciais para o cálculo de indicadores de desempenho da manutenção, nomeadamente o número de avarias de cada equipamento e o tempo total de avarias.

Estes indicadores desempenham um papel fundamental na avaliação do desempenho dos equipamentos e na identificação de áreas que necessitam de intervenção ou melhoria. Contudo, a empresa, até à presente data, não tem mantido um registo sistemático destas variáveis críticas, o que compromete a sua capacidade de realizar análises precisas e informadas sobre o estado dos seus ativos.

O número de avarias por equipamento é um indicador-chave que fornece *insights* valiosos sobre a fiabilidade e disponibilidade dos ativos. A ausência deste registo impede a Gislotica de identificar padrões recorrentes de falhas e de implementar estratégias proativas de manutenção para mitigar potenciais problemas.

O tempo total de avarias é igualmente crucial, pois permite avaliar o impacto direto das falhas nos processos operacionais. A falta deste registo impede a empresa de calcular eficientemente os custos associados a períodos de inatividade, dificultando a tomada de decisões informadas sobre investimentos em manutenção preventiva.

A Gislotica – *Mechanical Solutions* deve encarar esta lacuna como uma oportunidade para fortalecer as suas práticas de gestão de manutenção. A implementação de registos abrangentes não apenas aprimora a eficiência operacional, mas também posiciona a empresa para tomar decisões estratégicas mais fundamentadas, impulsionando a sua competitividade e sustentabilidade no mercado.

### 3.3. Síntese

Após uma análise cuidada da situação atual da manutenção os problemas identificados foram:

- Falta de registos de intervenções e controlo dos ativos da organização;
- Escassez de manutenção preventiva e manutenção autónoma;
- Postos de trabalho desorganizados;
- Falta de procedimentos de controlo da manutenção.

Conclui-se, então, que as melhorias a efetuar são:

- Elaboração dos planos de manutenção preventiva e manutenção autónoma;
- Elaboração de uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção;
- Implementação dos 5S na cabine de pintura;
- Elaboração de procedimentos para o acompanhamento regular dos equipamentos.

Em suma, de forma a concluir a síntese do diagnóstico da função manutenção e concomitantemente culminar o primeiro passo da metodologia *Action – Research*, as melhorias a efetuar centram-se na implementação de alguns pilares da metodologia TPM, deles salientam-se: manutenção autónoma, manutenção preventiva e gestão da manutenção, como é possível observar na Figura 26.

<b>SÍNTESE DO DIAGNÓSTICO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO</b>	
<b>PROBLEMAS IDENTIFICADOS</b>	<b>MELHORIAS A EFETUAR</b>
Falta de controlo dos ativos da empresa	Elaboração de uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção
Escassez de manutenção preventiva e autónoma	Elaboração de planos de manutenção preventiva e autónoma
Postos de trabalho desorganizados	Implementar os 5S na cabine de pintura
Falta de procedimentos de controlo da manutenção	Definir procedimentos para o acompanhamento regular dos equipamentos

Figura 26 - Síntese do diagnóstico da função manutenção

## 4. Metodologia do trabalho para a implementação de melhorias

A segunda fase da metodologia *Action - Research* reside na definição de novas ações face aos problemas identificados e às estratégias de melhoria perspectivadas. Deste modo, definiu-se as etapas a aplicar neste projeto de dissertação, conforme é apresentado na Figura 27.

<p><b>Implementar a ferramenta 5S no posto de trabalho da pintura</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planear as ações a executar;</li> <li>• Criar um método de padronização.</li> </ul>	<p><b>Manutenção preventiva</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise das principais avarias não programadas;</li> <li>• Analisar os conselhos fornecidos pelo fabricante no manual do equipamento.</li> </ul>	<p><b>Manutenção autónoma</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Em equipa, decidir quais são os ativos que serão alvo da aplicação da manutenção autónoma;</li> <li>• Analisar os conselhos fornecidos pelo fabricante no manual do equipamento.</li> </ul>	<p><b>Criar Ferramenta de apoio à gestão da manutenção no Microsoft Excel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar com o código correto os equipamentos e o nível de criticidade;</li> <li>• Identificar os ativos que têm manutenção subcontratada;</li> <li>• Colocar o plano de manutenção preventiva na ferramenta;</li> <li>• Criar folhas de cálculo com os principais indicadores da manutenção (MTBF, MTRR e Disponibilidade,</li> </ul>
--	---	--	--

Figura 27 - Definição das novas ações

Como se pode constatar o objetivo principal desta dissertação centrou-se na aplicação da metodologia TPM ajustada às exigências da Gislotica – *Mechanical Solutions*, com particular destaque para a implementação da manutenção Autónoma e da manutenção preventiva. Assim, na Figura 28, são apresentados os pilares da metodologia TPM que serão implementados, juntamente com uma breve descrição da ação a ser tomada e das técnicas envolvidas para cada fundamento definido.

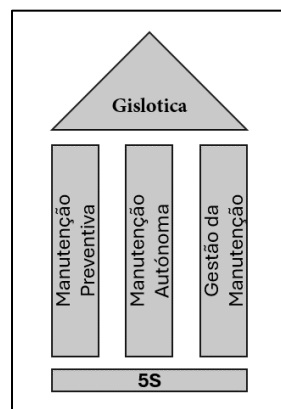


Figura 28 - Pilares a implementar na organização

Adicionalmente, dar-se-á especial atenção à base da metodologia TPM – os 5S. A aplicação desta ferramenta será a primeira ação a ser executada.

## 4.1. Planeamento da implementação dos pilares TPM

### 4.1.1. Aplicação da ferramenta 5S

Como já foi referido anteriormente, a ferramenta 5S é a base da metodologia TPM. Portanto, faz todo o sentido implementar esta ferramenta na empresa.

Ora, decidiu-se que a ferramenta 5S seria implementada no posto de trabalho da pintura.

A Figura 29 representa o planeamento das etapas a serem elaboradas para a implementação da ferramenta 5S.

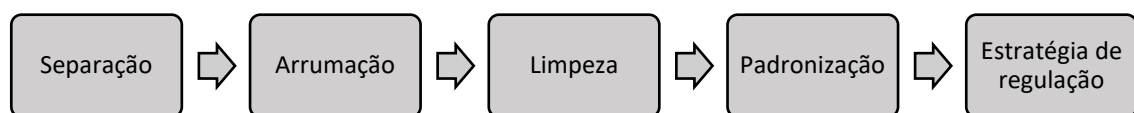


Figura 29 - Fases da implementação da ferramenta 5S

Após a implementação da ferramenta 5S a Gislotica – *Mechanical Solutions*, pode esperar:

- Redução do tempo de procura de ferramentas ou materiais, aumentando a produtividade geral das operações;
- Um ambiente de trabalho mais organizado, mais limpo e seguro, facilitando a localização de ferramentas e materiais necessários;
- Uma maior satisfação dos operários na execução das suas tarefas, visto que, postos de trabalho mais limpos e organizados promovem um maior envolvimento dos colaboradores;
- Promover uma cultura de melhoria contínua, incentivando os colaboradores a identificar e resolver problemas de forma proativa.

### 4.1.2. Elaboração da ferramenta de apoio à gestão da manutenção

A ferramenta de apoio à gestão manutenção tem como objetivo englobar aspetos essenciais para a gestão da manutenção, salientando-se:

- Identificação dos equipamentos e o seu código de identificação;
- Priorização dos ativos (criticidade);
- Identificação das intervenções de manutenção subcontratada;
- Elaboração de um plano de manutenção preventiva e respetivas periodicidades;
- Cálculo e escolha de Indicadores de desempenho da manutenção.

A ferramenta elaborada em *Microsoft Excel* terá seis folhas de cálculo como é demonstrado na Tabela 16.

*Tabela 16 - Folhas de cálculo da ferramenta de apoio à gestão da manutenção*

Folhas de cálculo da ferramenta de apoio à gestão da manutenção no <i>Microsoft Excel</i>	
Folha 1	Capa da ferramenta
Folha 2	Introdução ao objetivo da ferramenta
Folha 3	Listagem dos equipamentos
Folha 4	Plano de manutenção preventiva e estado de cada tarefa de manutenção
Folha 5	Registos do número de avarias e tempo total de avaria por mês de cada equipamento
Folha 6	Indicadores de desempenho da manutenção

Uma organização beneficia ao ter uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção por diversas razões, salientando-se:

**Eficiência operacional:** Uma ferramenta de gestão da manutenção permite que a organização planeie, agende e execute as atividades de manutenção de forma mais eficiente, garantindo que os equipamentos e instalações permaneçam em bom funcionamento.

**Redução de custos:** Ao implementar uma gestão de manutenção eficaz, a organização pode reduzir os custos associados a falhas inesperadas de equipamentos, reparações e interrupções não programadas na produção. Adicionalmente, permite aos gestores terem controlo relativamente à situação dos contratos de manutenção, isto é, se têm vindo a ser cumpridos ou não.

**Tomada de decisão informada:** Uma ferramenta de gestão da manutenção fornece dados e métricas importantes sobre o desempenho dos equipamentos, permitindo que a gestão tome decisões informadas sobre investimentos em manutenção e substituição de ativos.

Resumidamente, uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção é essencial para assegurar o funcionamento eficiente, seguro e fiável de uma organização, além de contribuir para a sua competitividade e sustentabilidade a longo prazo.

### 4.1.3. Elaboração dos planos de manutenção preventiva e autónoma

Como já foi referido anteriormente, a Gislotica – *Mechanical Solutions* só aplica manutenção preventiva nos ativos muito críticos e é subcontratada.

Decidiu-se elaborar manutenção preventiva nos equipamentos que apresentam um valor relativamente ao produto dos três atributos do método GUT compreendido entre 27 e 64 (ativos críticos), deles salientam-se:

- Máquina de corte;
- Máquina de soldar;
- Máquina de pintura
- Torno;
- Fresadora.

Primeiramente, procedeu-se à identificação das principais paragens não programadas de cada equipamento durante o seu período de trabalho. Importa destacar que esta análise visa a organização adequada das tarefas dos planos de manutenção preventiva, com o objetivo de alcançar as melhores condições possíveis no que toca à disponibilidade dos ativos. Tornou-se necessário recorrer aos conselhos dados pelo fabricante da máquina, bem como ao conhecimento dos operadores do chão de fábrica.

A Tabela 17, tem como objetivo demonstrar as principais paragens não programadas de alguns dos ativos anteriormente referidos.

Tabela 17 – Principais paragens não programadas

ATIVO	PRINCIPAIS PARAGENS
<p><b><u>Máquina de corte (Alumínio + Madeira)</u></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Quebra da serra;</li> <li>➤ Escassez de lubrificação;</li> <li>➤ Desgaste das peças móveis;</li> <li>➤ Sujidade das peças móveis;</li> <li>➤ Falhas elétricas.</li> </ul>














Tabela 17 – Principais paragens não programadas (cont.)

<p><b><u>Máquina de soldar</u></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Interrupções no fornecimento de energia elétrica;</li> <li>➤ Avarias mecânicas, como falhas nos componentes do sistema de soldagem e defeitos nos dispositivos de alimentação do arame;</li> <li>➤ Sobreaquecimento ou subaquecimento dos componentes da máquina de soldadura;</li> <li>➤ Problemas no sistema de refrigeração da tocha de soldagem;</li> <li>➤ Sujidade.</li> </ul>
<p><b><u>Máquina de pintura</u></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Peças soltas;</li> <li>➤ Peças danificadas;</li> <li>➤ Sujidade no depósito;</li> <li>➤ Peças encontram-se secas (pouco lubrificadas).</li> </ul>
<p><b><u>Torno</u></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fixação não adequada da peça a ser maquinada;</li> <li>➤ Problemas com o <i>software</i> ou <i>hardware</i> de controlo do torno;</li> <li>➤ Falta de lubrificação;</li> <li>➤ Bloqueios no sistema de refrigeração promovendo superaquecimento das ferramentas de corte e das peças maquinadas;</li> <li>➤ Falhas nos componentes mecânicos do torno (rolamentos, correias, engrenagens, entre outros);</li> <li>➤ Falta de limpeza;</li> <li>➤ Falhas elétricas.</li> </ul>
<p><b><u>Fresadora</u></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Escassez de lubrificação;</li> <li>➤ Problemas com o <i>software</i> ou <i>hardware</i> de controle da fresadora;</li> <li>➤ Desgaste prematuro das ferramentas de corte;</li> <li>➤ Avarias nos componentes mecânicos (engrenagens, sistemas de avanço, entre outros);</li> <li>➤ Dificuldades na fixação da peça.</li> </ul>

O Fator Humano também influencia as paragens não programadas dos equipamentos, e por essa razão, é que as organizações devem investir na formação dos seus colaboradores.

A Tabela 18 tem como objetivo demonstrar o plano de manutenção preventiva de um dos ativos críticos da organização, em formato de *checklist*.

Tabela 18 - Plano de manutenção preventiva da fresadora

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA			
Equipamento	Tarefa	Periodicidade	Tipo de Ação
<b>Fresadora</b>	Efetuar a limpeza de limalhas/aparas de toda a superfície da máquina.	Semanal	
	Lubrificar os rolamentos, engrenagens e o bastidor.	Semestral	
	Ajustar a mesa na posição horizontal.	Mensal	
	Trocar lubrificante do cabeçote.	Semestral	
	Verificar tensão e integridade das correias, e efetuar troca se necessário.	Semestral	
	Verificar nivelamento da máquina.	Semestral	
	Verificar alinhamento do mandril.	Semestral	
	Lubrificar o mangote e a coluna.	Semestral	
<b>Simbologia</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  Deteção de anomalias auditivamente         </div> <div style="text-align: center;">  Inspeção Visual         </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  Lubrificação         </div> <div style="text-align: center;">  Limpeza         </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  Controlo e ajuste manual         </div>		

Os restantes planos de manutenção preventiva encontram-se no Anexo C.

Com a implementação da manutenção preventiva, a Gislotica – *Mechanical Solutions* pode esperar melhorar diversos aspetos a vários níveis, como é demonstrado na Tabela 19:

Tabela 19 - Impactos positivos obtidos implementação da manutenção preventiva

Impactos positivos que se pode obter após implementação da manutenção preventiva
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Aumento da vida útil dos equipamentos;</li><li>➤ Aumento da disponibilidade dos equipamentos, reduzindo falhas inesperadas;</li><li>➤ Melhoria relativamente à segurança operacional;</li><li>➤ Suporte à sustentabilidade, isto é, equipamentos bem mantidos tendem a consumir menos recursos, como energia e materiais, e produzir menos resíduos.</li></ul>

Por outro lado, antes da elaboração dos novos planos de manutenção autónoma foi necessário dialogar com os colaboradores, caminhando pelo chão de fábrica (*gemba walks*), onde o trabalho é executado, dando-lhes a conhecer a importância dos planos de manutenção autónoma, bem como discutir quais os ativos que mereciam mais atenção.

Adicionalmente, após o acumular de algumas respostas aconselhados pelos colaboradores e pelo departamento da qualidade decidiu-se criar planos de manutenção autónoma para os equipamentos que são usados mais frequentemente, deles salientam-se:






- Máquina de Soldadura;
- Torno;
- Máquina de pintura;
- Fresadora;
- Máquina de corte (Alumínio e Madeira).



Figura 30 - Manutenção autónoma na Gislotica - Mechanical Solutions

Na Tabela 20 é apresentado o plano de manutenção autónoma da máquina de corte (madeira e alumínio).

Tabela 20 - Plano de manutenção autónoma da máquina de corte

PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA			
Equipamento	Tarefa	Periodicidade	Tipo de Ação
<u>Máquina de corte (Alumínio + Madeira)</u>	Verificar o estado da serra e substituir se aplicável.	Semestral	
	Limpar todo o equipamento - retirar a limalha/paras sobranço do equipamento, bem como a que caiu no chão.	Semanal	
	Verificar se os mecanismos de segurança apresentam algum tipo de defeito e reportar à chefia.	Mensal	
	Limpeza geral do meio envolvente ao equipamento.	Semanal	
	Verificar se o equipamento apresenta ruídos anormais.	Semestral	

Com a implementação da manutenção preventiva, a Gislótica – *Mechanical Solutions* pode esperar melhorar diversos aspetos a vários níveis, como é demonstrado na Figura 31.

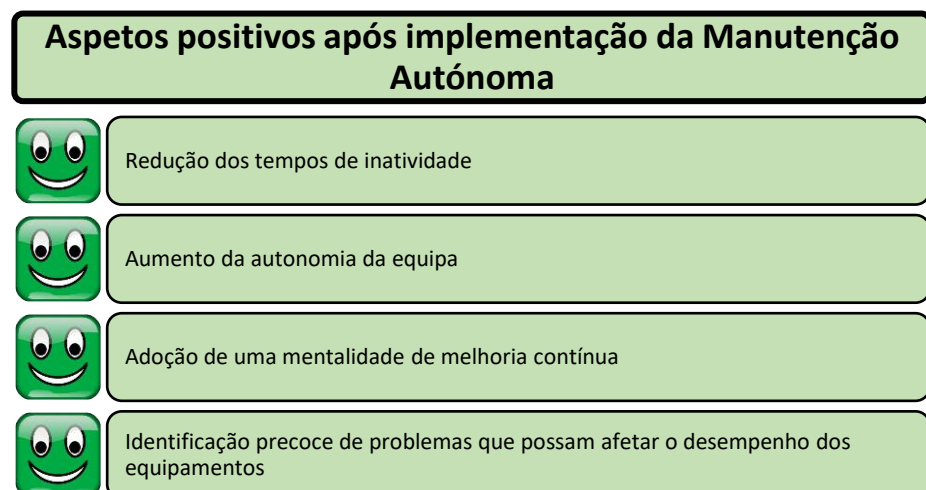


Figura 31 - Aspetos positivos após implementação da Manutenção autónoma

No Anexo D é demonstrado todos os planos de manutenção autónoma elaborados.

## 5. Implementação de melhorias e análise de resultados

Seguindo o fluxo da metodologia *Action – Research* passamos à terceira fase: ação.

Neste capítulo são descritas as implementações das melhorias anteriormente definidas, como é demonstrado na Figura 32.

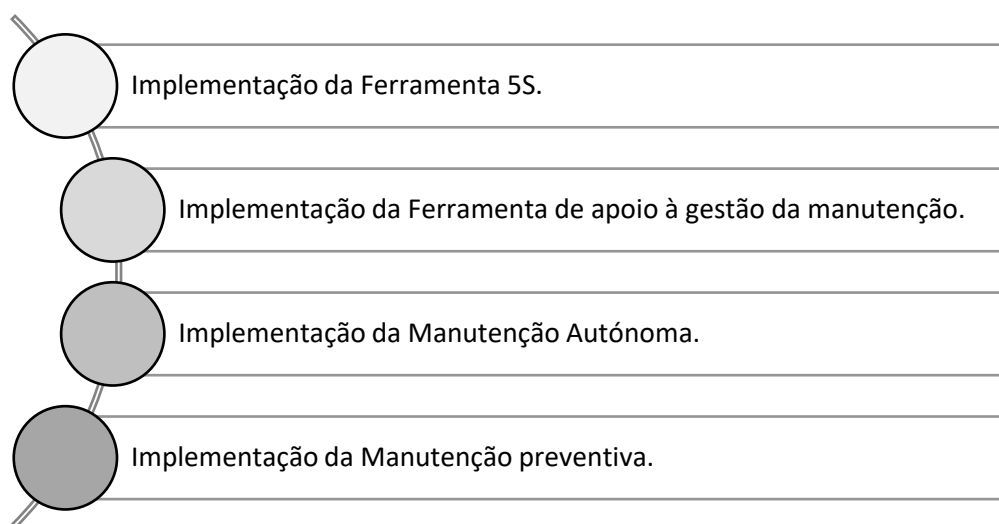


Figura 32 - Implementação das melhorias

Posteriormente à implementação das melhorias prossegue-se para a quarta fase da metodologia *Action – Research*: avaliação.

Nesta fase, serão avaliados e analisados os resultados obtidos após a implementação de melhorias.

## 5.1. Implementação dos pilares TPM

### 5.1.1. Implementação dos 5S

Antes de ser demonstrado as fases deste processo, é apresentado na Figura 33 e Figura 34 a situação inicial do posto de trabalho da pintura.



Figura 33 - Situação inicial do posto de trabalho de pintura (I)



Figura 34 - Situação inicial do posto de trabalho de pintura (II)

A seguir, são apresentadas as fases da implementação da ferramenta 5S no posto de trabalho da pintura:

#### **1ª fase da implementação – Separação**

- Separou-se o material útil do inútil.

#### **2ª fase da implementação – Arrumação**

- Definiu-se novos locais para alocar os diversos materiais, agrupando-os por família;
- Utilizou-se as etiquetas do fabricante para identificação do material.

#### **3ª fase da implementação – Limpeza**

- Limpou-se as estantes dos materiais;
- Varreu-se o chão, encontrando-se peças perdidas, como por exemplo anilhas;
- Aspirou-se devidamente o chão para retirar toda a sujeira.

#### **4ª fase da implementação – Padronização**

- Estabeleceu-se novos procedimentos de separação do lixo;
- Estabeleceu-se novos procedimentos de arrumação, limpeza com o objetivo de garantir a manutenção dos 5S.

#### **5ª fase da implementação – Disciplina**

- Foi decidido que uma vez por semana um responsável da produção confirmar se o posto de trabalho continua organizado, limpo e se os materiais se encontram devidamente identificados. Caso um destes pontos não esteja minimamente aceitável, fica da responsabilidade do operador fazer com que tudo volte a ficar limpo, organizado ou corretamente identificado.

A seguir é apresentado o resultado da implementação da ferramenta 5S, como se pode verificar na Figura 35.



Figura 35 - Resultado após a implementação da ferramenta 5S

Adicionalmente, com o intuito de verificar a continuidade de um posto de trabalho limpo e devidamente organizado apresenta-se o papel da auditoria interna semanal relativamente à ferramenta 5S no posto de trabalho da pintura, como é demonstrado na Figura 36.

***Gislótica***

---

**AUDITORIA INTERNA 5S NO POSTO DE TRABALHO: PINTURA**

Colaborador: \_\_\_\_\_ Mês: \_\_\_\_\_

Itens de Avaliação	OK	NOK	Nota
Encontram-se no posto de trabalho só os materiais necessários	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/5
O posto de trabalho encontra-se visualmente apelativo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/5
O acesso aos materiais/peças é adequado para os operários	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/5
Os materiais/ferramentas estão a ser colocados(as) no local correto após a sua utilização	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/5
O posto de trabalho encontra-se devidamente limpo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/5
Os materiais encontram-se devidamente identificados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/5
Existe material espalhado pelo chão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/5
O ambiente envolvente do posto de trabalho encontra-se organizado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/5

Figura 36 - Folha de auditoria do posto de trabalho de pintura

### 5.1.2. Ferramenta de apoio à gestão da manutenção

A ferramenta de apoio à gestão da manutenção nas primeiras três folhas de cálculo apresenta informações relevantes relativamente aos equipamentos industriais, tais como: código de identificação dos equipamentos, tipo de manutenção preventiva, prioridade dos ativos, como é demonstrado na Tabela 21.

Tabela 21 - Exemplo da folha de cálculo número três

<b>Gestão de Ativos e Listagem dos equipamentos</b>			
<b>Nome do ativo</b>	<b>Código de identificação</b>	<b>Prioridade</b>	<b>Serviço Externo</b>
Decapadora	M001	Baixa	
Bomba <i>Airmix</i>	M014	Máxima	X
Torno	M018	Alta	
Compressor	M030	Máxima	X
Máquina de Soldar 3	M009	Alta	
Quinadora	M024	Normal	
Fresadora	M019	Alta	
Secador	M031	Máxima	X

Adicionalmente, na folha de cálculo quatro é apresentado o plano de manutenção preventiva. Nesta folha de cálculo é possível controlar o estado das tarefas do plano de manutenção preventiva. Através de um *dropdown list* é possível associar cada tarefa a um tipo de estado, deles salientam-se: **Pendente**, **Concluído**, **Em progresso**, **Cancelado** e **Adiado**, como é demonstrado na Figura 37.

Tarefa a efetuar	Tipo	Semana	Periodicidade	Estado
LIMPEZA INTERNA DO EQUIPAMENTO	Limpeza	3	Semestral	
LIMPEZA DO FILTRO DE AR E DO FILTRO DO REFRIGERADOR	Limpeza	3	Mensal	...
VERIFICAR ESTADO DA TOCHA	Inspeção	3	Mensal	Pendente
TESTE DE PULVERIZAÇÃO DOS DEBIÓMETROS	Pro-ação	3	Mensal	Concluído
VERIFICAR E TESTAR O FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO DE ÁGUA	Inspeção	3	Mensal	Em Progresso
LIMPEZA DO INTERIOR DO EQUIPAMENTO COM AR COMPRIMIDO	Limpeza	4	Mensal	Cancelado
LIMPEZA DOS TUBOS DO CIRCUITO DE ÁGUA	Limpeza	1	Semestral	Adiado
LIMPEZA DOS CANAIS DE AR DE REFRIGERAÇÃO	Limpeza	1	Semestral	

Figura 37 - Dropdown list do estado das tarefas de manutenção preventiva

Por outro lado, na folha de cálculo cinco são feitos os registos relativamente a dois fatores cruciais na análise dos indicadores de desempenho da manutenção: número de avarias e o tempo total de avaria.

O registo do número de avarias, bem como do tempo total de avaria é efetuado manualmente e basta colocar os valores nas células a azul. Após estes valores serem colocados no devido local é possível observar um gráfico que tem como intuito demonstrar a relação entre estes dois fatores.

Na Tabela 22 é apresentado o registo dos dois fatores anteriormente referidos relativos ao mês de fevereiro de alguns equipamentos.

Tabela 22 - Exemplo do registo do número de avarias e tempo total de avaria

Registo do número de avarias e tempo total de avaria					
Decapadora		Torno		Ponte Rolante	
Avarias	Tempo total de avaria (h)	Avarias	Tempo total de avaria (h)	Avarias	Tempo total de avaria (h)
4	22	13	52,3	5	10,8

Na Figura 38 é apresentado o gráfico relativamente ao número de avarias e tempo total de avaria dos equipamentos no mês de fevereiro.

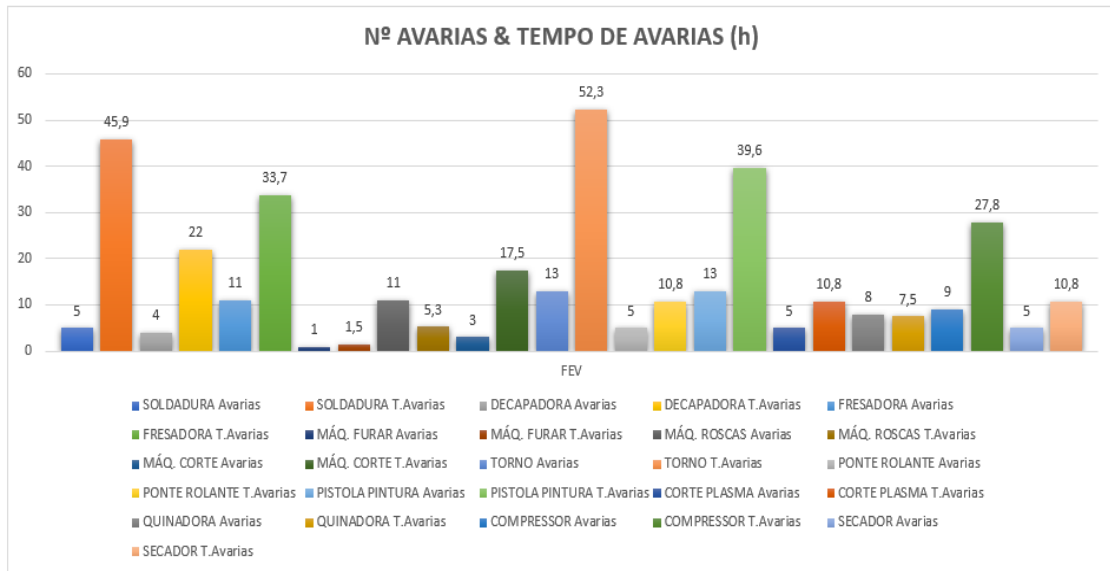


Figura 38 - Gráfico relativo ao mês de fevereiro

É possível constatar que os equipamentos que apresentam mais avarias são o torno e a pistola de pintura. Relativamente ao tempo total de avaria, o equipamento que demonstra maior valor é o torno com 52 horas.

Esta folha de cálculo promove à chefia uma noção imediata dos equipamentos que se apresentam como obstáculo para a conclusão dos projetos que estão a ser construídos no chão de fábrica, ou seja, os equipamentos que apresentam mais falhas, bem como uma maior indisponibilidade.

A Figura 39 demonstra a folha de cálculo número cinco relativamente ao mês de fevereiro.



Figura 39 - Número de avarias e tempo total das avarias

De seguida, na folha de cálculo seis (última folha de cálculo) é possível obter os valores dos principais indicadores de manutenção (MTBF, MTTR e Disponibilidade) automaticamente. A obtenção destes KPI's é possível partir do número de avarias que ocorreram em cada ativo, bem como o tempo total de avaria, como é demonstrado na Figura 40.

EQUI	SOLDADURA		DECAPADORA		FRESADORA	
	MÊS	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF
IAN	0	0	0	0	0	0
FEV	109,25	9,5	120	5	47	3
MAR	0	0	0	0	0	0
ABR	0	0	0	0	0	0
MAI	0	0	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0	0	0
JUL	0	0	0	0	0	0
AGO	0	0	0	0	0	0
SET	0	0	0	0	0	0
OUT	0	0	0	0	0	0
NOV	0	0	0	0	0	0
DEZ	0	0	0	0	0	0

Figura 40 - Obtenção dos indicadores de desempenho da manutenção automaticamente

Adicionalmente, na mesma folha de cálculo é fornecido um gráfico relativo à disponibilidade de todos os equipamentos em cada mês.

A Figura 41 representa graficamente a disponibilidade dos equipamentos no mês de fevereiro.

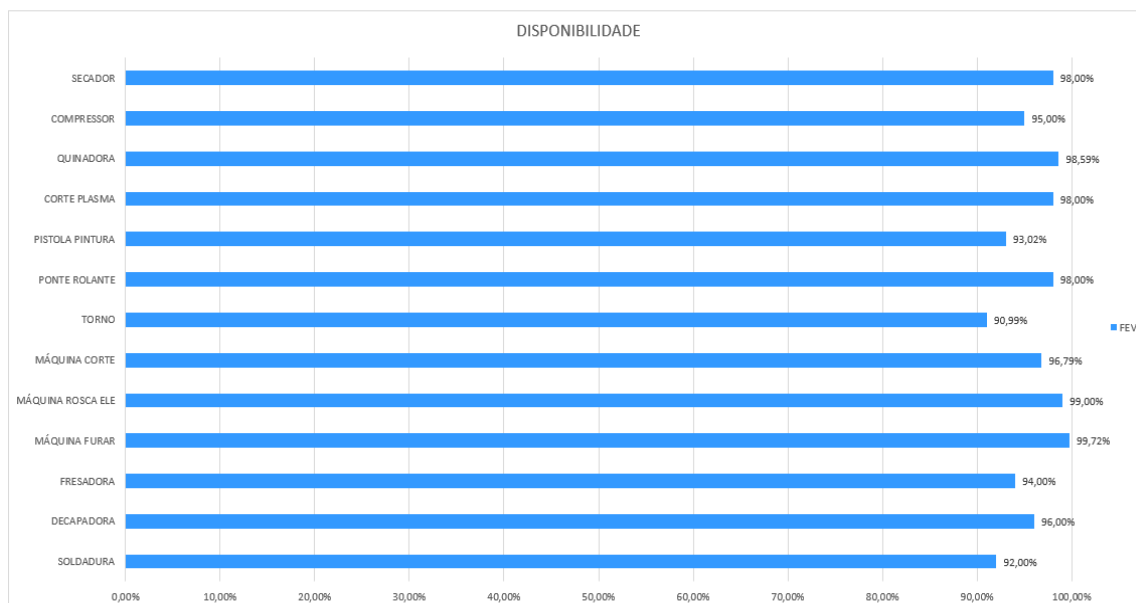


Figura 41 - Indicador Disponibilidade

Com base nos dados fornecidos pelo indicador disponibilidade na folha de cálculo seis, a chefia pode identificar quais são os equipamentos mais suscetíveis a avarias, quais são os mais críticos para a operação e quais podem ser necessários investimentos adicionais em manutenção ou substituição.

No anexo E é demonstrado a ferramenta criada no *Microsoft Excel*.

### 5.1.3. Manutenção autónoma

A manutenção autónoma representa um pilar fundamental na gestão eficiente dos recursos e na otimização dos processos industriais. No contexto da empresa Gislotica - *Mechanical Solutions*, a implementação deste conceito implica uma abordagem meticulosa e orientada para a excelência operacional.

O processo de implementação deste pilar da metodologia TPM é representado na Figura 41.

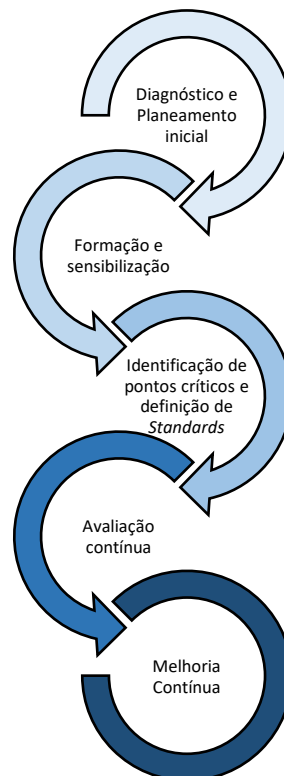


Figura 42 - Etapas da implementação do Pilar Manutenção Autónoma

Como já foi referido em capítulos anteriores, foi essencial realizar um diagnóstico detalhado do estado atual dos equipamentos e infraestruturas da empresa. Esta análise identificou quais os equipamentos que a manutenção autónoma iria se focar. Adicionalmente, com base nos resultados do diagnóstico, foi elaborado um plano de manutenção autónoma para cada ativo, como referido anteriormente.

Uma parte crucial do processo de implementação da manutenção autónoma foi a formação e sensibilização dos colaboradores em relação aos princípios e práticas da manutenção autónoma. Esta formação caracterizou-se como sendo abrangente e adaptada às necessidades específicas de cada área e equipamento. Os colaboradores compreenderam a importância da sua participação ativa na identificação, prevenção e resolução de problemas relacionados com a manutenção dos equipamentos.

Por outro lado, a implementação da manutenção autónoma foi realizada de forma progressiva, começando pelos “equipamentos piloto”. Os planos de manutenção autónoma foram colocados à beira dos equipamentos para facilitar o cumprimento desses mesmos planos e, obviamente, para atribuir um sentido de responsabilidade aos colaboradores, como demonstra a Figura 42.

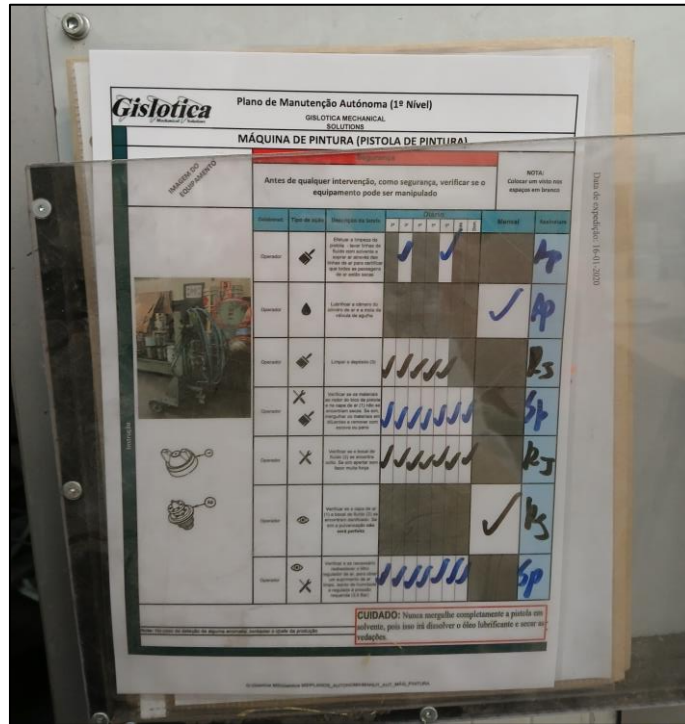


Figura 43 - Cumprimento do plano de manutenção autónoma

Durante este processo, foi fundamental realizar um controlo contínuo do cumprimento do plano de manutenção autónoma. Assim, como se pode observar na Figura 42 à medida que os colaboradores vão completando as tarefas do plano de manutenção autónoma na correta periodicidade vão assinando com as suas iniciais no local correto, por forma a comprovar que estão a cumprir a elaboração das tarefas do plano de manutenção autónoma.

Por fim, a empresa teve como objetivo final fomentar uma cultura de melhoria contínua, incentivando a participação ativa dos colaboradores na identificação de oportunidades de melhoria e na implementação de soluções inovadoras. Para facilitar este processo e para a Gislötica – Mechanical Solutions se adaptar de forma ágil às mudanças no ambiente de produção ficou decidido que caso um colaborador tenha alguma proposta de melhoria deve dirigir-se ao chefe de produção, para perceber se essa melhoria trará vantagens para a empresa, bem como para a realização do trabalho diário dos colaboradores.

### 5.1.4. Manutenção preventiva

A implementação da manutenção preventiva na empresa Gislotica - *Mechanical Solutions* foi um passo crucial na garantia da disponibilidade dos seus equipamentos, na redução de avarias e na maximização da eficiência produtiva. Este processo envolve várias etapas fundamentais e requer uma abordagem sistemática e proativa, como é apresentado na Figura 43.

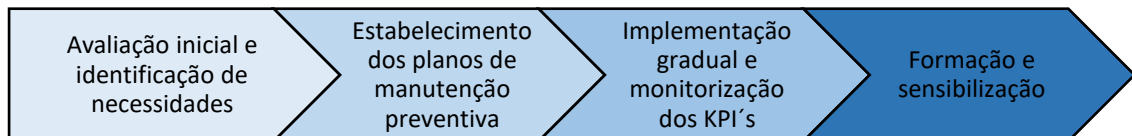


Figura 44 - Etapas da implementação do Pilar Manutenção Preventiva

Como já foi referido em capítulos anteriores, a implementação da manutenção preventiva começa com uma avaliação abrangente do estado atual dos equipamentos e das instalações da empresa. Este processo inclui a identificação dos equipamentos críticos, ou seja, os equipamentos que necessitam de uma atenção especial. Adicionalmente, com o *know-how* dos colaboradores da empresa e com a ajuda do manual do equipamento fornecido pelo fabricante, foram identificadas as necessidades específicas em termos de manutenção preventiva para os equipamentos, como por exemplo: frequência de inspeção, os tipos de intervenções necessárias e os recursos necessários.

De seguida, com base na avaliação inicial, foram elaborados planos de manutenção preventiva para cada equipamento ou conjunto de equipamentos, como já foi demonstrado anteriormente. Estes planos definem as tarefas a realizar, os intervalos de tempo entre as intervenções e os procedimentos a seguir.

É importante referir que os planos de manutenção preventiva foram adaptados às características e exigências específicas de cada equipamento, tendo em conta as suas condições de operação.

Por outro lado, para garantir a eficácia da manutenção preventiva, foi essencial atribuir responsabilidades claras aos colaboradores envolvidos na sua implementação e execução. Cada membro da equipa teve de compreender o seu papel e as suas obrigações.

Além disso, é necessário garantir a disponibilidade dos recursos necessários para a execução das tarefas de manutenção preventiva, como ferramentas, peças de substituição e acesso a informações técnicas relevantes.

A implementação da manutenção preventiva foi realizada de forma gradual, começando pelos equipamentos mais críticos. À medida que os planos de manutenção foram executados, foi-se monitorizando os indicadores de desempenho da manutenção.

Esta monitorização foi realizada na ferramenta de apoio à gestão da manutenção e permitiu à chefia ter mais controlo não só na execução da manutenção preventiva por parte dos colaboradores da Gislótica – *Mechanical Solutions*, bem como da manutenção subcontratada, como é demonstrado na Figura 44.

Tarefa a efetuar	Tipo	Semana	Periodicidade	Estado
LIMPEZA INTERNA DO EQUIPAMENTO	Limpeza	3	Semestral	Pendente
LIMPEZA DO FILTRO DE AR E DO FILTRO DO REFRIGERADOR	Limpeza	3	Mensal	Em Progresso
VERIFICAR ESTADO DA TOCHA	Inspeção	3	Mensal	Em Progresso
TESTE DE PULVERIZAÇÃO DOS DEBIOMETROS	Pro-ação	3	Mensal	Em Progresso
VERIFICAR E TESTAR O FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO DE ÁGUA	Inspeção	3	Mensal	Em Progresso
LIMPEZA DO INTERIOR DO EQUIPAMENTO COM AR COMPRIMIDO	Limpeza	4	Mensal	Em Progresso
LIMPEZA DOS TUBOS DO CIRCUITO DE ÁGUA	Limpeza	1	Semestral	Em Progresso
LIMPEZA DOS CANAIS DE AR DE REFRIGERAÇÃO	Limpeza	1	Semestral	Em Progresso
SUBSTITUIÇÃO DE CABOS DE MASSA DESGASTADOS (SE APLICÁVEL)	Substituição	1	Semestral	Em Progresso
VERIFICAR SE AS CONEÇÕES DAS MANGUEIRAS ESTÃO CORRETAS E VEDADAS	Inspeção	1	Semestral	Em Progresso
AJUSTE E CONTROLO DOS PARÂMETROS DA MÁQUINA RECOMENDADOS PELO FORNECEDOR	Correção	1	Semestral	Em Progresso
REVISÃO GERAL DO EQUIPAMENTO	Inspeção	5	Anual	Concluído
CONFIRMAÇÃO DE PARÂMETROS (TENSÃO E CORRENTE)	Inspeção	5	Anual	Concluído
LIMPEZA INTERNA DO EQUIPAMENTO	Limpeza	3	Semestral	Cancelado

Figura 45 - Controlo do estado das tarefas do plano de manutenção preventiva

Obviamente, a formação e sensibilização dos colaboradores foram elementos-chave para o cumprimento dos planos de manutenção preventiva. Foi essencial fornecer dicas adequadas sobre os procedimentos e práticas de manutenção, bem como sensibilizar os colaboradores para a importância da sua participação ativa na preservação dos equipamentos. Esta formação deve ser contínua e adaptada às necessidades específicas de cada equipamento e função.

Em resumo, a implementação da manutenção preventiva na Gislótica - *Mechanical Solutions* centrou-se numa abordagem estruturada e orientada para a prevenção de avarias e a maximização da disponibilidade dos equipamentos. Ao seguir um plano cuidadosamente elaborado, envolveu-se os colaboradores e monitorizou-se continuamente os KPI's.

## 5.2. Apresentação de resultados

Seguindo o fluxo da metodologia *Action – Research* passamos à quarta fase: avaliação.

Nesta fase, serão avaliados e analisados os resultados obtidos após a implementação de melhorias.

É importante referir, que estes dados foram recolhidos no período compreendido entre o mês de fevereiro e abril.

### 5.2.1. Indicadores de desempenho da manutenção

Neste subcapítulo, a avaliação dos indicadores de desempenho da manutenção centra-se nos ativos críticos, já anteriormente definidos.

Os indicadores de desempenho da manutenção que foram alvos de avaliação foram: MTBF, MTTR e disponibilidade, como é demonstrado na Figura 46.

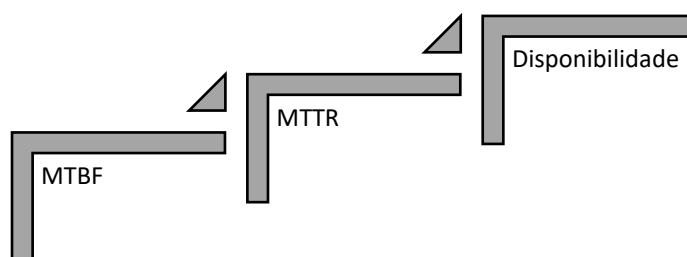


Figura 46 - Indicadores alvo de avaliação

Como já foi referido anteriormente, para obter o valor da disponibilidade é necessário, inicialmente, obter os valores de MTBF e MTTR.

Os valores do MTBF obtidos após a implementação de melhorias apresentam-se na Tabela 23.

Tabela 23 - MTBF após melhorias

TEMPO MÉDIO ENTRE AVARIAS (horas)			
Ativo	Fevereiro	Março	Abril
Soldadura	109,25	169	528
Máquina de corte	166	498	528
Máquina de pintura	40	48	141
Torno	40,4	90,75	147
Fresadora	47	176,57	528

De forma a visualizar a evolução do indicador MTBF, a Figura 47 demonstra esta evolução graficamente.

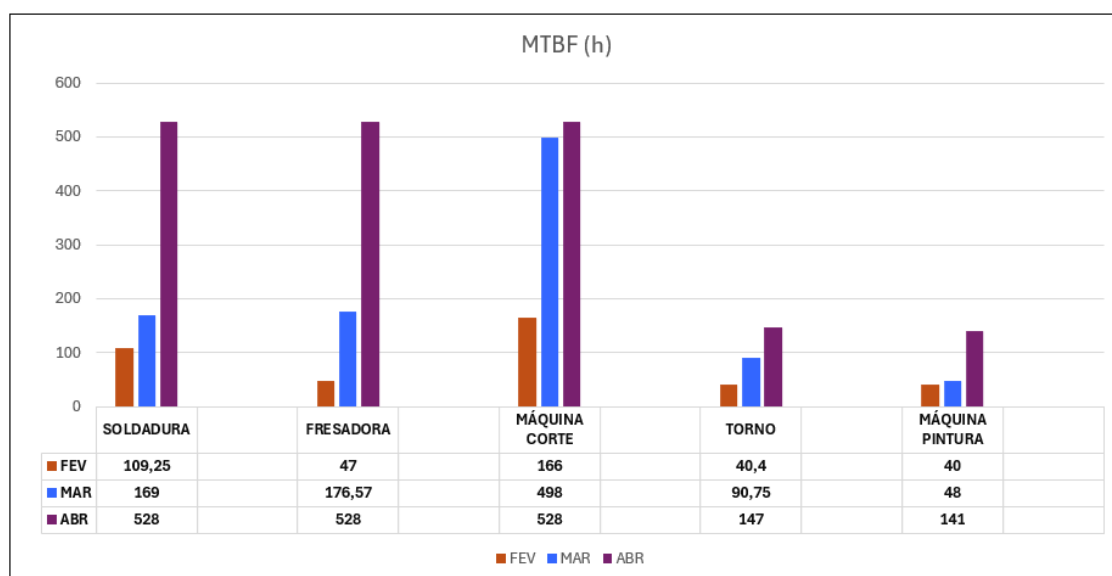


Figura 47 - Resultados do indicador MTBF

Houve um grande aumento do indicador MTBF nos ativos soldadura e fresadora, como é apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 - Aumento do KPI MTBF

AUMENTO DO KPI MTBF (h)				
Ativo	Fevereiro	Abril	Diferença	Evolução
Soldadura	109,25	528	418,75	↑
Fresadora	47	528	481	↑

Os tempos médios entre avarias atuais encontram-se satisfatórios após a implementação das melhorias, devido essencialmente a:

- Implementação de práticas mais eficazes de manutenção preventiva;
- Implementação e controlo da execução da manutenção de 1º nível, por parte dos operadores fabris;
- Implementação de melhorias no treino dos colaboradores, bem como a sensibilização relativamente a práticas seguras e eficazes, levando assim a uma redução nas falhas dos equipamentos.

Por outro lado, relativamente aos valores atingidos pelo indicador MTTR apresentam-se na Tabela 25.

Tabela 25 - MTTR após melhorias

TEMPO MÉDIO PARA REPARAÇÃO (horas)			
Ativo	Fevereiro	Março	Abril
Soldadura	9,5	5	2
Máquina de corte	5,5	2	2
Máquina de pintura	3	2	2
Torno	4	3	3
Fresadora	3	2	2

De forma a visualizar a evolução do indicador MTBF, a Figura 48 demonstra esta evolução graficamente.

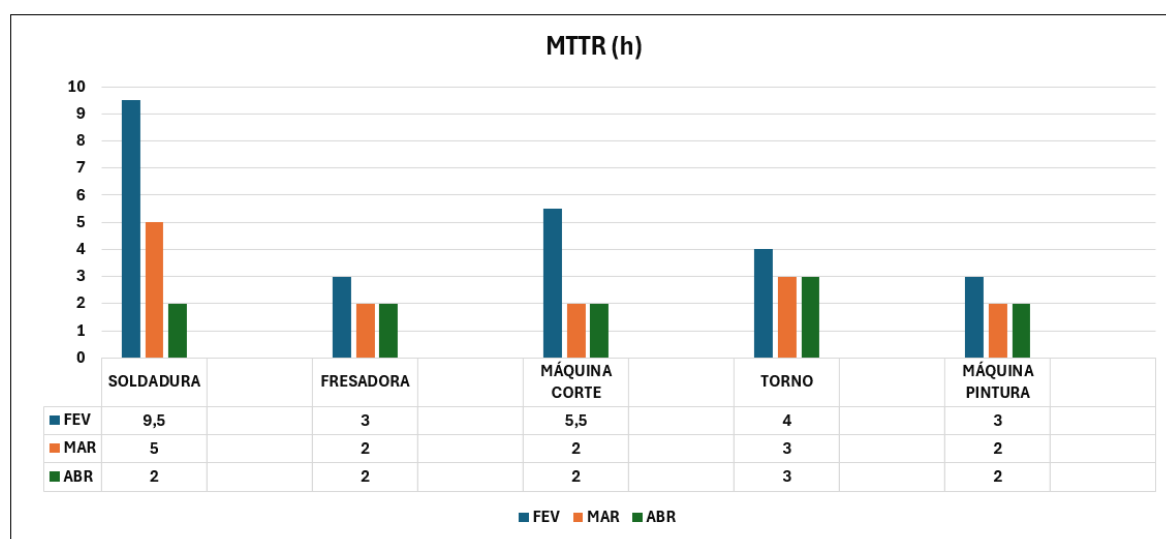


Figura 48 - Resultados do MTTR

Pode-se afirmar que, nos ativos anteriormente demonstrados, o indicador de desempenho da manutenção MTTR diminui ao longo dos três meses após a implementação das melhorias, o que é extremamente positivo.

Adicionalmente, dá-se especial ênfase aos ativos soldadura e máquina de corte, com uma maior redução no tempo médio de reparação, como é demonstrado na Tabela 26.

Tabela 26 - Diminuição do KPI MTTR

DIMINUIÇÃO DO KPI MTTR (h)				
Ativo	Fevereiro	Abril	Diferença	Evolução
Soldadura	9,5	2	7,5	↓
Máquina de corte	5,5	2	3,5	↓

Estas melhorias no que toca ao tempo médio de reparação, devem-se essencialmente a:

- Melhor disponibilidade das peças. A organização dos postos de trabalho promoveu uma melhor disponibilidade das peças para reposição;
- Diminuição do número de avarias;
- Realização de revisões após falha para identificar oportunidades de melhoria e implementar ações corretivas para evitar problemas semelhantes no futuro.

O fator Disponibilidade tem um grande impacto na manutenção. Por outras palavras, refere-se à probabilidade de um equipamento conseguir desempenhar a sua função de forma satisfatória quando necessário numa determinada organização. Este fator é um indicador de confiança e eficácia da manutenção.

No que diz respeito a este indicador de desempenho da manutenção, a Gislótica – *Mechanical Solutions* apresentou valores bastante positivos, como é demonstrado na Tabela 27.

Tabela 27 - Disponibilidade após melhorias

DISPONIBILIDADE (%)			
Ativo	Fevereiro	Março	Abril
Soldadura	92,00	97,13	99,62
Máquina de corte	96,79	99,60	99,62
Máquina de pintura	93,02	96,00	98,60
Torno	90,99	96,80	98,00
Fresadora	94,00	98,88	99,62

De forma a visualizar a evolução do indicador Disponibilidade, a Figura 49 demonstra esta evolução graficamente.

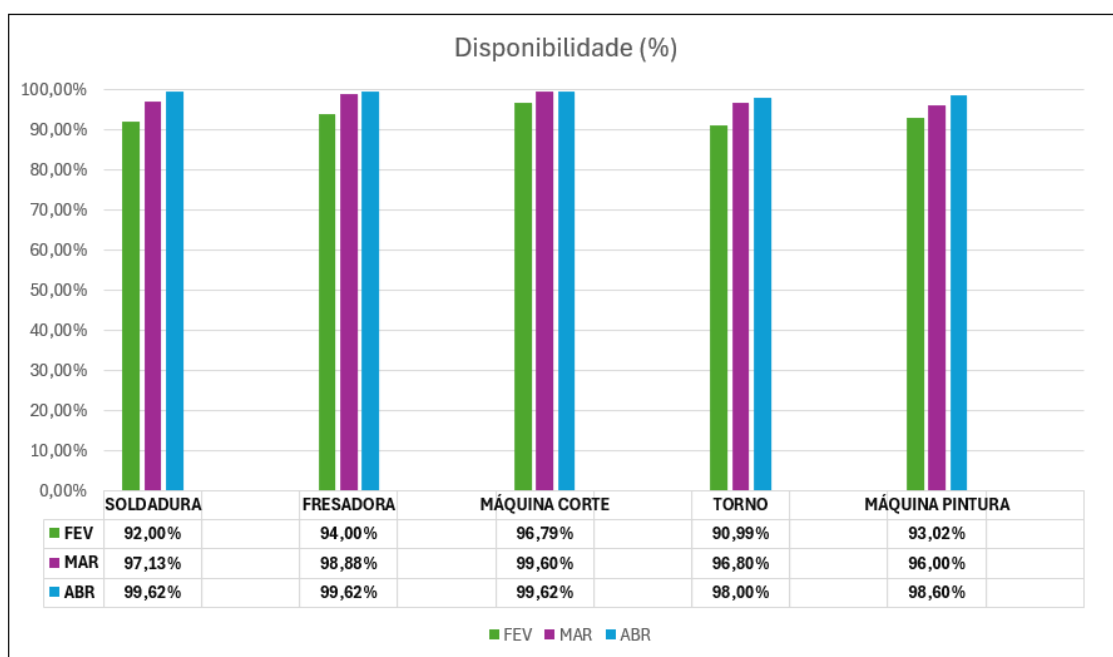


Figura 49 - Resultados da Disponibilidade

Dá-se especial ênfase aos ativos soldadura e torno, com um maior aumento da Disponibilidade, como é demonstrado na Tabela 28.

Tabela 28 - Aumento do KPI Disponibilidade

AUMENTO DO KPI Disponibilidade (%)				
Ativo	Fevereiro	Abril	Diferença	Evolução
Soldadura	92,00	99,62	7,62	↑
Torno	90,99	98,00	7,01	↑

Em suma, considerando as ações descritas ao longo desta dissertação e outros investimentos realizados na área, era esperado que os indicadores de manutenção atingissem valores satisfatórios. Este aumento da disponibilidade, deve-se essencialmente à diminuição de manutenção corretiva, visto que, os novos planos de manutenção preventiva e autónoma estão a ser postos em prática diariamente e de uma forma correta.

No Anexo F estão apresentados os valores dos indicadores de desempenho da manutenção anteriormente referidos relativos a todos os equipamentos ao longo dos três meses após implementação das melhorias.

### 5.3. Análise crítica global

O projeto desenvolvido possibilitou à Gislótica – *Mechanical Solutions* dar os primeiros passos no setor da manutenção. Com o foco na manutenção preventiva, manutenção autónoma, bem como na criação de uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção, a empresa está agora equipada para enfrentar os desafios e oportunidades que se apresentam no campo da manutenção.

Primeiramente, em termos da elaboração dos novos planos de manutenção autónoma e preventiva, ficou claro que estes melhoraram bastante os indicadores de desempenho da manutenção (MTBF, MTTR, Disponibilidade).

Relativamente ao indicador MTBF a organização aumentou entre o primeiro e o último mês de avaliação 116 horas, o que é extremamente positivo para a Gislótica – *Mechanical Solutions*, como se pode observar na Figura 50.

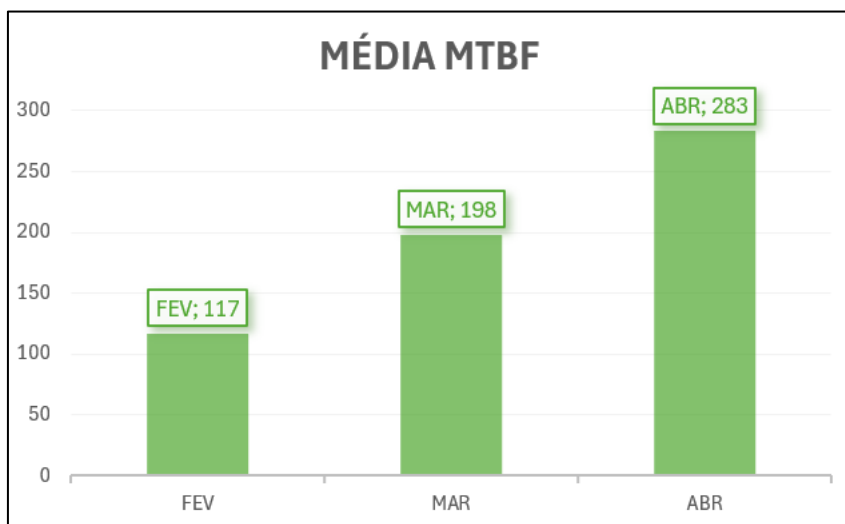


Figura 50 - Média mensal do indicador MTBF

A Gislótica – *Mechanical Solutions* ao implementar planos de manutenção autónoma, promoveu uma cultura de responsabilidade partilhada pela manutenção, onde os operadores estão mais atentos ao estado das máquinas e podem detetar sinais precoces de deterioração ou desgaste. Isso possibilita a correção de pequenos problemas antes que evoluam para falhas mais graves, reduzindo assim a necessidade de intervenções de manutenção preventiva de grande escala.

A diminuição da manutenção preventiva não significa negligência, mas sim uma mudança de foco para atividades mais proativas e eficazes. Em vez de depender exclusivamente de intervalos de tempo fixos para a realização de manutenção preventiva, as organizações que adotam a manutenção autónoma baseiam as suas ações em dados reais e na condição das máquinas, intervindo apenas quando necessário. Isso elimina a tendência de realizar manutenção preventiva excessiva, que pode ser dispendiosa e desnecessária.

Como resultado desta abordagem mais eficiente, o MTBF tende a aumentar. As intervenções rápidas e oportunas nos equipamentos ajudam a prolongar a sua vida útil e a reduzir a probabilidade de falhas inesperadas. Além disso, a identificação precoce de problemas permite que sejam resolvidos antes que causem interrupções na produção, contribuindo para uma maior disponibilidade operacional e, conseqüentemente, para um aumento do MTBF.

Assim, a maior implementação da manutenção autónoma corresponde a uma diminuição da manutenção preventiva, mas isso não significa uma redução na atenção aos equipamentos. Pelo contrário, promove uma abordagem mais proativa e eficiente, que se traduz num aumento da fiabilidade e da disponibilidade dos equipamentos, refletindo-se positivamente no indicador de MTBF.

Relativamente ao indicador de desempenho MTTR, percebeu-se que houve uma redução em média de 1,5 horas entre o primeiro e o último mês de avaliação. Isto indica uma melhoria significativa na eficácia do processo de reparação das avarias que foram surgindo nos equipamentos, ou seja, a organização está a conseguir resolver problemas de forma mais rápida.

Pode-se observar na Figura 51 que a Gislotica – *Mechanical Solutions* conseguiu que o tempo médio de reparação fosse diminuindo.

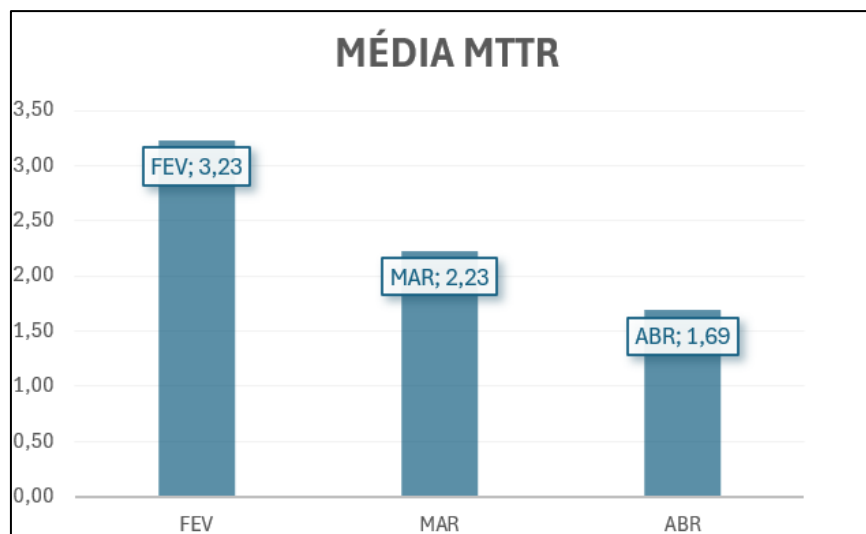


Figura 51 - Média mensal do indicador MTTR

Uma redução no MTTR resulta em menos tempo de inatividade dos equipamentos, e conseqüentemente, pode levar a uma maior disponibilidade operacional, melhorando a produtividade e reduzindo falhas nas entregas dos produtos aos clientes.

Além disso, esta diminuição no MTTR indica melhorias nos processos de diagnóstico e reparação, bem como investimentos em formação da equipa e acesso a ferramentas e recursos necessários.

Sobre o aumento do indicador Disponibilidade em cerca de 3% entre o primeiro e o último mês de avaliação revela uma melhoria na capacidade de operação dos equipamentos, como é demonstrado na Figura 52.

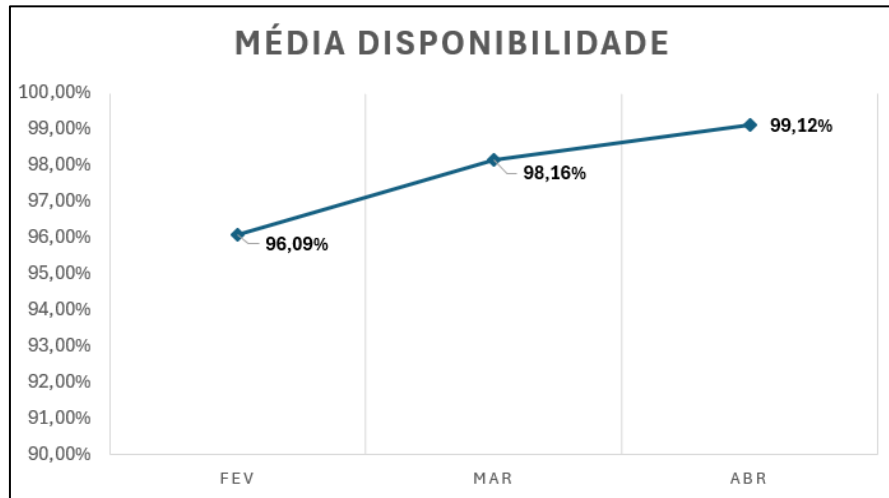


Figura 52 - Média mensal do indicador disponibilidade

Com um aumento da Disponibilidade de aproximadamente 3%, os equipamentos estão mais disponíveis para utilização, o que pode aumentar a produtividade e eficiência operacional. Isso pode resultar em menor tempo perdido devido a avarias, redução de custos associados a manutenção e uma melhor capacidade de atender às necessidades dos clientes.

Adicionalmente, para além dos valores positivos atingidos pela Gislotica – *Mechanical Solutions* salientam-se a relação que os operários criaram com os equipamentos, isto é, notou-se que estes se começaram a sentir mais confortáveis na realização das suas tarefas diárias, dando-lhes um sentido de responsabilidade.

Por outro lado, a aplicação da ferramenta 5S no posto de trabalho da pintura trouxe muitos benefícios para os operários. Verificou-se que os colaboradores se sentiram mais satisfeitos com o seu posto de trabalho mais limpo, mais organizado, permitindo uma melhor *performance* na elaboração das suas funções, bem como a redução da procura de materiais para a elaboração das suas tarefas. Adicionalmente, notou-se ainda uma evolução no sentido de responsabilidade relativamente a manter o posto de trabalho da pintura em condições favoráveis para o seu dia a dia.

Seguidamente, é importante comparar os resultados obtidos neste projeto com outros autores, pois isto permite validar as descobertas, identificar tendências, corroborar evidências e garantir a credibilidade e relevância do trabalho realizado, além de fornecer *insights* adicionais que podem contribuir para o avanço do campo de estudo.

Na Tabela 29 é demonstrado os resultados obtidos em projetos semelhantes.

*Tabela 29 - Comparação de resultados com outros autores*

Referência	Resultados obtidos
[80]	O estudo foi conduzido numa corticeira e demonstrou que a introdução de um sistema TPM, mesmo sem formação e treino adequados dos operadores, produz resultados positivos em termos de disponibilidade dos equipamentos. No presente projeto também se chega à mesma resposta, uma vez que a metodologia de Manutenção Autónoma do TPM foi aplicada sem a devida formação e treino dos operadores dos ativos estudados, mas mesmo assim alcançou resultados significativos em termos de Disponibilidade. Por outro lado, também se destaca neste estudo a importância da formação e treino para o sucesso do TPM na Gislotica.
[68]	No que diz respeito ao alicerce fundamental do TPM, os 5S, apesar da notável melhoria alcançada na organização e arrumação de peças nos devidos postos de trabalho, a sua implementação destacou-se na diminuição do tempo despendido pelos operadores na procura de materiais, resultando na redução das perdas associadas aos locais de trabalho. O mesmo padrão foi observado no estudo referenciado, numa área de armazenamento com várias peças sujeitas a desgaste, o que conduzia a significativas perdas de tempo na sua localização pelos funcionários. Através da identificação das peças, foi possível diminuir o tempo de inatividade.
[66]	Na mesma linha de pensamento deste autor, observa-se que as adoções da abordagem TPM, focalizadas apenas em alguns pilares específicos, têm um impacto significativo para as organizações e que a manutenção é uma atividade essencial no ciclo de vida útil dos ativos por forma a se atingir a sua máxima disponibilidade. Além disso, destaca-se que mesmo em setores industriais diversos, com dimensões e características distintas, a implementação das várias técnicas do TPM alcança objetivos de sucesso em termos de eficácia dos processos e promove uma organização alinhada com os mesmos princípios.

Em suma, é evidente que a implementação de alguns pilares da metodologia TPM proporcionou melhorias tangíveis na organização. A observação de uma interação mais fluida e eficaz entre a empresa e os conceitos principais da manutenção destaca-se como um dos impactos positivos. Adicionalmente, conseguiu-se melhorar a disponibilidade dos equipamentos industriais, bem como a satisfação dos colaboradores. Este resultado enfatiza a importância do TPM como uma abordagem holística que promove a excelência operacional.

## 6. Conclusões e trabalhos futuros

Este capítulo resume as conclusões alcançadas no decorrer deste projeto, bem como o fecho do ciclo da metodologia *Action - Research*. Inicia-se com uma abordagem das conclusões relacionadas aos conceitos explorados e às conclusões retiradas. Em seguida, aborda as conclusões provenientes da aplicação prática desses conceitos, acompanhadas de uma análise dos resultados obtidos. Conclui-se com propostas para trabalhos futuros, destinados a dar continuidade de alguma maneira aos conceitos apresentados nesta dissertação.

### 6.1. Conclusões finais

Os objetivos propostos, bem como os resultados obtidos estão referidos em formato de tabela.

Atingiram-se as metas estabelecidas em relação aos propósitos iniciais deste trabalho. Verificasse, assim, que estes objetivos foram alcançados com êxito e resultaram em melhorias no sistema de produção, como é demonstrado na Tabela 30.

*Tabela 30 - Resultados dos problemas propostos*

<b>Problemas Identificados</b>	<b>Resolução</b>	<b>Resultados/Melhorias</b>
<b>Escassez de manutenção preventiva</b>	Elaboração de um plano de manutenção preventiva.	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Melhorias nos indicadores de manutenção;</li><li>✓ Diminuição da manutenção corretiva;</li><li>✓ Planos de Manutenção Preventiva definidos estão a ser cumpridos.</li></ul>

Tabela 30 – Resultados dos problemas propostos (cont.)

<p><b>Inexistência de manutenção autónoma</b></p>	<p>Elaboração de um plano de manutenção autónoma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Os planos de manutenção autónoma têm sido cumpridos;</li> <li>✓ Sentido de responsabilidade dos operadores;</li> <li>✓ Aumento da disponibilidade dos equipamentos;</li> <li>✓ Redução no tempo de execução das tarefas de Manutenção Preventiva.</li> </ul>
<p><b>Falta de procedimentos de controlo dos ativos da organização</b></p>	<p>Criação de uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção, promovendo um acompanhamento sistemático do estado das tarefas do plano de manutenção preventiva e dos indicadores de manutenção.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planeamento mais eficaz da manutenção;</li> <li>✓ Monitorização do estado de condição dos ativos;</li> <li>✓ Maior controlo da manutenção tanto interna como externa;</li> <li>✓ Estudo e análise dos equipamentos através dos indicadores de manutenção.</li> </ul>
<p><b>Postos de trabalho desorganizados</b></p>	<p>Implementação da ferramenta 5S no setor da pintura.</p>	<p>Os técnicos sentiram que o seu posto de trabalho começou a encontrar-se mais organizado, mais limpo e que os materiais se tornaram mais acessíveis, reduzindo o tempo de procura destes mesmos, facilitando o seu trabalho.</p>

A realização deste projeto permitiu à empresa começar o seu caminho no que toca à gestão da manutenção.

A análise e identificação dos diversos problemas anteriormente referidos culminaram na apresentação de algumas propostas de melhoria que exigem mais tempo para além do tempo atualmente disponível para o projeto.

Para atingir os resultados obtidos, utilizaram-se ferramentas *Lean*, como por exemplo *A3-Problem Solving*, *5S*, bem o *software Microsoft Excel*.

## 6.2. Sugestões para trabalhos futuros

Seguindo o fluxo da metodologia *Action – Research* passamos à última fase desta metodologia: Monitorização.

Nesta fase, serão Identificadas novas ações, novos métodos e eventuais melhorias futuras a este projeto de dissertação.

Há ainda uma significativa oportunidade de aprimorar o trabalho realizado neste projeto, especialmente no que toca à implementação de mais pilares do TPM.

A busca contínua pela excelência operacional numa indústria requer constante evolução e aprimoramento das suas práticas de gestão. A metodologia TPM tem se mostrado fundamental neste contexto. Para elevar ainda mais a eficiência da Gislotica – *Mechanical Solutions*, é sugerida a incorporação de outro pilar da metodologia TPM: Treino e Formação, como é demonstrado na Figura 53.

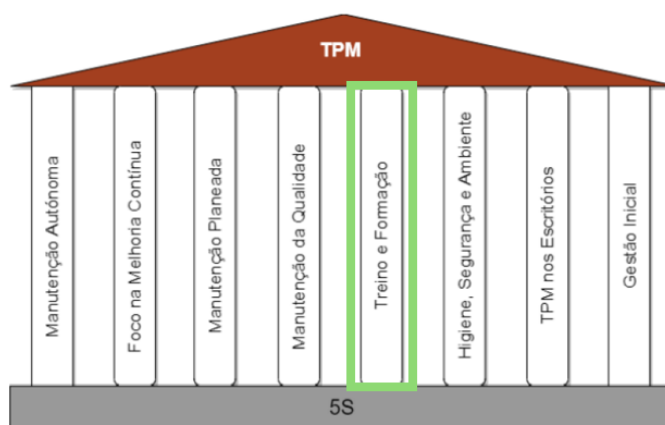


Figura 53 - Pilares do TPM a serem implementados

O capital humano é um dos ativos mais valiosos de qualquer organização. O pilar de Treino e Formação do TPM tem como intuito desenvolver uma equipa altamente qualificada e adaptável, garantindo que todos os colaboradores estejam habilitados para desempenhar as suas funções de maneira eficiente. Isto não só aumenta a produtividade, mas também cria um ambiente de trabalho mais seguro e motivador. Implementar programas de formação contínua, promove a aprendizagem prática no local de trabalho e incentiva a formação interdisciplinar.

Por outro lado, a Gislotica – *Mechanical Solutions*, como empresa líder no setor de soluções mecânicas, enfrenta diariamente desafios complexos em relação à gestão eficaz de manutenção de equipamentos e sistemas.

Neste contexto, investir num *software* de gestão da manutenção surge como uma estratégia indispensável para otimizar os processos internos e alcançar novos patamares de excelência operacional.

São referidas algumas das vantagens fundamentais deste investimento na Tabela 31.

Tabela 31 - Vantagens de investir num software de gestão da manutenção

<b>Vantagens de investir num software de gestão da manutenção</b>
<p><b>Centralização da Informação:</b> Centralizar todas as informações relacionadas à manutenção num único local acessível a partir de qualquer dispositivo. Isso elimina a necessidade de múltiplas ferramentas e documentos dispersos, facilitando o acesso rápido a dados importantes e promovendo uma gestão mais eficiente.</p>
<p><b>Planeamento e Agendamento:</b> Possibilidade de criar e gerir agendas de manutenção de forma simplificada e automatizada. Esta funcionalidade permite uma distribuição mais eficaz dos recursos humanos e materiais, garantindo que as intervenções ocorram no momento ideal para minimizar o impacto nas operações.</p>
<p><b>Monitorização em Tempo Real:</b> A capacidade de monitorizar o estado dos equipamentos em tempo real é uma das características mais valiosas dos <i>softwares</i> de gestão da manutenção. Esta funcionalidade permite detetar potenciais problemas antes que se tornem falhas críticas, reduzindo assim o tempo de inatividade e os custos associados à reparação.</p>
<p><b>Gestão de Inventário e Custos:</b> Possibilidade manter um registo detalhado do inventário de peças e materiais, bem como dos custos associados a cada intervenção de manutenção. Isso possibilita uma gestão mais eficaz dos recursos financeiros, evitando desperdícios e garantindo uma utilização mais racional dos materiais.</p>
<p><b>Melhoria da Eficiência Operacional:</b> Ao automatizar processos manuais e garantir uma gestão mais eficiente da manutenção, é possível melhorar a eficiência operacional da Gislotica - <i>Mechanical Solutions</i>. Isso resulta na redução de custos, aumento da produtividade e melhoria da qualidade dos serviços prestados aos clientes.</p>
<p><b>Análise de Dados e Tomada de Decisão:</b> Fornece poderosas ferramentas de análise de dados que permitem à Gislotica – <i>Mechanical Solutions</i> extrair <i>insights</i> valiosos sobre o desempenho dos seus equipamentos e processos de manutenção. Esta informação é crucial para uma tomada de decisão informada e estratégica, permitindo identificar áreas de melhoria e oportunidades de otimização.</p>

Atualmente, existe uma panóplia de *softwares* de gestão da manutenção, que eventualmente, podem ser adaptados a diversos tipos de organizações, como por exemplo o *Infraspeak*.

É essencial para a Gislotica - *Mechanical Solutions* manter a sua posição de liderança no mercado e alcançar novos níveis de eficiência operacional e satisfação do cliente. Ao centralizar a informação, otimizar processos, e permitir uma gestão mais eficaz dos recursos, os *softwares* de gestão da manutenção proporcionam as ferramentas necessárias para enfrentar os desafios do presente e do futuro com confiança e sucesso.

Em suma, a proposta de incorporar o pilar Treino e Formação do TPM na Gislotica – *Mechanical Solutions*, bem como um possível investimento num *software* de gestão da manutenção é um passo estratégico em direção à excelência operacional, fazendo com que a organização esteja comprometida em fortalecer a sua competitividade, melhorar a eficiência operacional, proporcionar um serviço de excelência aos seus clientes e facilitar o trabalho dos colaboradores. Esta abordagem reflete o compromisso contínuo com a inovação, a qualidade e a excelência em todas as suas operações.



## Referências

- [1] D. E. Avison, F. Lau, M. D. Myers, and P. A. Nielsen, "Action research," *Commun ACM*, vol. 42, no. 1, pp. 94–97, 1999.
- [2] A. Feldman and J. Minstrell, *Action research as a research methodology for the study of the teaching and learning of science*. ERIC Clearinghouse, 2000.
- [3] V. Armando de Almeida Murça, D. António João Pina da Costa Feliciano Abreu Doutor José Augusto da Silva Sobral Júri, D. Jorge Mendonça Costa Vogais, and D. José António Rocha Soares Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu Doutor José Augusto da Silva Sobral, "INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA Aplicação da filosofia Lean na área da Manutenção Orientador (es)."
- [4] L. da Silva Coutinho Seixas Brás Orientador da FEUP, F. Jorge Teixeira de Freitas, and F. C. Manuel Alves Ferreira, "Dissertação de Mestrado Manutenção Preditiva na Era da Indústria 4.0-Aplicação de princípios numa máquina de corte metálico," 2018.
- [5] L. Ribeiro, J. Barata, P. Leitão, and N. Silvério, "Maintenance Management and Operational Support as Services in Reconfigurable Manufacturing Systems," *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 42, no. 4, pp. 1778–1783, Jan. 2009, doi: 10.3182/20090603-3-RU-2001.0174.
- [6] M. S. Alvarez-Alvarado *et al.*, "Power System Reliability and Maintenance Evolution: A Critical Review and Future Perspectives," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 51922–51950, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3172697.
- [7] E. I. Basri, I. H. A. Razak, H. Ab-Samat, and S. Kamaruddin, "Preventive maintenance (PM) planning: a review," *J Qual Maint Eng*, vol. 23, no. 2, pp. 114–143, 2017.
- [8] G. F. L. Pinto, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, R. B. Casais, A. J. Fernandes, and A. Baptista, "Continuous improvement in maintenance: a case study in the automotive industry involving Lean tools," *Procedia Manuf*, vol. 38, pp. 1582–1591, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2020.01.127.
- [9] P. S. DE ALMEIDA, *Manutenção Mecânica Industrial – Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada*. Saraiva Educação S.A., 2018. [Online]. Available: <https://books.google.pt/books?id=sLZiDwAAQBAJ>
- [10] José Paulo Saraiva Cabral, *Organização e Gestão da Manutenção - Dos conceitos à prática ...*, 5ª. 2006.
- [11] A. Garg and S. G. Deshmukh, "Maintenance management: literature review and directions," *J Qual Maint Eng*, vol. 12, no. 3, pp. 205–238, 2006.
- [12] "Maintenance Management," in *Introduction to Maintenance Engineering*, 2016, pp. 391–419. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118926581.ch17>.
- [13] R. D. Banker, S. M. Datar, C. F. Kemerer, and D. Zweig, "Software complexity and maintenance costs," *Commun ACM*, vol. 36, no. 11, pp. 81–95, 1993.

- [14] L. A. Ferreira, "O valor da manutenção na gestão da empresa," *4º Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Mecânica*, 2005.
- [15] I. B. Gertsbakh, *Reliability theory: with applications to preventive maintenance*. Springer Science & Business Media, 2000.
- [16] José Tomé Saraiva, Marcelo Pereira, Virgílio Torrado Mendes, and José Carlos Sousa, "Preventive generation maintenance scheduling- A simulated annealing approach to use in competitive markets," 2010.
- [17] A. Pinto, "Manual de Segurança na manutenção," *1ª Edição, Edições Sílabo, Lisboa*, 2016.
- [18] Z. Zhang, Q. Tang, and M. Chica, "Maintenance costs and makespan minimization for assembly permutation flow shop scheduling by considering preventive and corrective maintenance," *J Manuf Syst*, vol. 59, pp. 549–564, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.JMSY.2021.03.020.
- [19] M. L. Campos and A. C. Márquez, "Review, Classification and Comparative Analysis of Maintenance Management Models," *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 41, no. 3, pp. 239–244, Jan. 2008, doi: 10.3182/20081205-2-CL-4009.00043.
- [20] José Paulo Saraiva Cabral, *Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios*. 2021.
- [21] E. Mitchell, A. Robson, and V. B. Prabhu, "The impact of maintenance practices on operational and business performance," *Managerial Auditing Journal*, vol. 17, no. 5, pp. 234–240, 2002.
- [22] N. Dzulkifli, N. N. Sarbini, I. S. Ibrahim, N. I. Abidin, F. M. Yahaya, and N. Z. Nik Azizan, "Review on maintenance issues toward building maintenance management best practices," *Journal of Building Engineering*, vol. 44, p. 102985, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.JOBE.2021.102985.
- [23] G. F. M. de Souza, A. Caminada Netto, A. H. de Andrade Melani, M. A. de Carvalho Michalski, and R. F. da Silva, "Reliability and maintenance fundamentals," *Reliability Analysis and Asset Management of Engineering Systems*, pp. 9–53, Jan. 2022, doi: 10.1016/B978-0-12-823521-8.00005-0.
- [24] E. Gonzalez *et al.*, "Key Performance Indicators for Wind Farm Operation and Maintenance," *Energy Procedia*, vol. 137, pp. 559–570, Oct. 2017, doi: 10.1016/J.EGYPRO.2017.10.385.
- [25] S. F. Imam, J. Raza, and R. M. C. Ratnayake, "World Class Maintenance (WCM): Measurable indicators creating opportunities for the Norwegian Oil and Gas industry," in *2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2013, pp. 1479–1483. doi: 10.1109/IEEM.2013.6962656.
- [26] Fernando Dias Amaral, *Gestão da Manutenção na indústria*. 2016.
- [27] M. Sondalini, "Useful key performance indicators for maintenance," *Asset Management & Maintenance Journal*, vol. 27, no. 4, pp. 25–30, 2014.

- [28] A. Fotovatfard and G. Heravi, "Identifying key performance indicators for healthcare facilities maintenance," *Journal of Building Engineering*, vol. 42, p. 102838, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.JOBE.2021.102838.
- [29] S. Ferreira, F. J. G. Silva, R. B. Casais, M. T. Pereira, and L. P. Ferreira, "KPI development and obsolescence management in industrial maintenance," *Procedia Manuf*, vol. 38, pp. 1427–1435, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2020.01.145.
- [30] M. M. Schiraldi and M. Varisco, "Overall Equipment Effectiveness: consistency of ISO standard with literature," *Comput Ind Eng*, vol. 145, p. 106518, Jul. 2020, doi: 10.1016/J.CIE.2020.106518.
- [31] M. P. Brundage, K. C. Morris, T. Sexton, S. Mocozet, and M. Hoffman, "Developing maintenance key performance indicators from maintenance work order data," in *International manufacturing science and engineering conference*, American Society of Mechanical Engineers, 2018, p. V003T02A027.
- [32] A. H. C. Tsang, "A strategic approach to managing maintenance performance," *J Qual Maint Eng*, vol. 4, no. 2, pp. 87–94, 1998.
- [33] F. Jaderi, Z. Z. Ibrahim, and M. R. Zahiri, "Criticality analysis of petrochemical assets using risk based maintenance and the fuzzy inference system," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 121, pp. 312–325, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.psep.2018.11.005.
- [34] A. Crespo *et al.*, "Criticality Analysis for improving maintenance, felling and pruning cycles in power lines," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 11, pp. 211–216, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.IFACOL.2018.08.262.
- [35] T. Passath and K. Mertens, "Decision Making in Lean Smart Maintenance: Criticality Analysis as a Support Tool," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 10, pp. 364–369, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.IFACOL.2019.10.058.
- [36] T. Santos, F.J.G. Silva, S.F. Ramos, R.D.S.G. Campilho, and L.P. Ferreira, "Asset Priority Setting for Maintenance Management in the Food Industry," *FAIM 2021*, 2021.
- [37] A. C. Márquez, "The Maintenance Management Framework," 2011.
- [38] ANA MARGARIDA DA COSTA VIEIRA, "GESTÃO E ANÁLISE DE CRITICIDADE DO PROCESSO DE EMBUTIÇÃO DE TUBO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL," Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2019.
- [39] T. H. Varzakas and I. S. Arvanitoyannis, "Application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), cause and effect analysis, and Pareto diagram in conjunction with HACCP to a corn curl manufacturing plant," *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 47, no. 4, pp. 363–387, 2007.
- [40] P. Miguel de Sá Pereira, O. na Empresa, E. Vitor Matoso Orientador na FEUP, and B. Almada-Lobo, "Planos de Manutenção Preventiva Manutenção de Equipamentos Variáveis na BA Vidro, SA," 2009.

- [41] M. S. Ab Talib, A. B. Abdul Hamid, and A. C. Thoo, "Critical success factors of supply chain management: a literature survey and Pareto analysis," *EuroMed Journal of Business*, vol. 10, no. 2, pp. 234–263, 2015.
- [42] P. A. Scarf, "A framework for condition monitoring and condition based maintenance," *Qual Technol Quant Manag*, vol. 4, no. 2, pp. 301–312, 2007.
- [43] P. E. Dossou, P. Torregrossa, and T. Martinez, "Industry 4.0 concepts and lean manufacturing implementation for optimizing a company logistics flows," *Procedia Comput Sci*, vol. 200, pp. 358–367, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.PROCS.2022.01.234.
- [44] E. Reke, D. Powell, and M. F. Mogos, "Applying the fundamentals of TPS to realize a resilient and responsive manufacturing system," *Procedia CIRP*, vol. 107, pp. 1221–1225, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.PROCIR.2022.05.135.
- [45] P. Dennis, *Produção lean simplificada*. Bookman Editora, 2009.
- [46] P. Teixeira, J. C. Sá, F. J. Silva, G. Santos, P. Fontoura, and A. Coelho, "Lean contribution to the companies' sustainability," in *Learning in the Digital Era: 7th European Lean Educator Conference, ELEC 2021, Trondheim, Norway, October 25–27, 2021, Proceedings 7*, Springer, 2021, pp. 400–408.
- [47] João C. Oliveira Matias and Susana Garrido Azevedo, *Estudos de Caso em Engenharia e Gestão Industrial*, 2ª. 2014.
- [48] A. Panwar, B. P. Nepal, R. Jain, and A. P. S. Rathore, "On the adoption of lean manufacturing principles in process industries," *Production Planning & Control*, vol. 26, no. 7, pp. 564–587, 2015.
- [49] S. Gupta and S. K. Jain, "A literature review of lean manufacturing," *International Journal of Management Science and Engineering Management*, vol. 8, no. 4, pp. 241–249, 2013.
- [50] D. J. Bryde and R. Schulmeister, "Applying Lean principles to a building refurbishment project: experiences of key stakeholders," *Construction Management and Economics*, vol. 30, no. 9, pp. 777–794, 2012.
- [51] S. A. Ruffa, *Going lean: How the best companies apply lean manufacturing principles to shatter uncertainty, drive innovation, and maximize profits*. Amacom, 2008.
- [52] M. babu Purushothaman, J. Seadon, and D. Moore, "Waste reduction using lean tools in a multicultural environment," *J Clean Prod*, vol. 265, p. 121681, Aug. 2020, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2020.121681.
- [53] S. Rajab, M. Afy-Shararah, and K. Salonitis, "Using Industry 4.0 Capabilities for Identifying and Eliminating Lean Wastes," *Procedia CIRP*, vol. 107, pp. 21–27, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.PROCIR.2022.04.004.
- [54] S. M. Sutharsan, M. Mohan Prasad, and S. Vijay, "Productivity enhancement and waste management through lean philosophy in Indian manufacturing industry," *Mater Today Proc*, vol. 33, pp. 2981–2985, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.02.976.

- [55] P. Teixeira *et al.*, “Combining lean and green practices to achieve a superior performance: The contribution for a sustainable development and competitiveness—An empirical study on the Portuguese context,” *Corp Soc Responsib Environ Manag*, vol. 29, no. 4, pp. 887–903, 2022.
- [56] G. Ballard, I. Tommelein, L. Koskela, and G. Howell, “Lean construction tools and techniques,” in *Design and construction*, Routledge, 2007, pp. 227–255.
- [57] N. Elafri, J. Tappert, B. Rose, and M. Yassine, “Lean 4.0: Synergies between Lean Management tools and Industry 4.0 technologies,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55, no. 10, pp. 2060–2066, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.IFACOL.2022.10.011.
- [58] J. Pereira, F. J. G. Silva, J. A. Bastos, L. P. Ferreira, and J. C. O. Matias, “Application of the A3 Methodology for the Improvement of an Assembly Line,” *Procedia Manuf*, vol. 38, pp. 745–754, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2020.01.101.
- [59] C. Ferreira, J. C. Sá, L. P. Ferreira, M. P. Lopes, T. Pereira, and F. J. G. Silva, “iLeanDMAIC – A methodology for implementing the lean tools,” *Procedia Manuf*, vol. 41, pp. 1095–1102, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2019.10.038.
- [60] R. Lenort, D. Staš, D. Holman, and P. Wicher, “A3 Method as a Powerful Tool for Searching and Implementing Green Innovations in an Industrial Company Transport,” *Procedia Eng*, vol. 192, pp. 533–538, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.PROENG.2017.06.092.
- [61] P. Jana and M. Tiwari, “Lean terms in apparel manufacturing,” *Lean Tools in Apparel Manufacturing: A Volume in The Textile Institute Book Series*, pp. 17–45, Jan. 2021, doi: 10.1016/B978-0-12-819426-3.00010-2.
- [62] S. Obara, “Problem-Solving PDCA,” in *Toyota by Toyota*, Productivity Press, 2012, pp. 71–91.
- [63] José Carlos Sá, “GESTÃO DA QUALIDADE, AMBIENTE E SEGURANÇA E MODELOS DE EXCELÊNCIA,” 2022.
- [64] I. P. S. Ahuja and J. S. Khamba, “Total productive maintenance: literature review and directions,” *International journal of quality & reliability management*, vol. 25, no. 7, pp. 709–756, 2008.
- [65] R. Thorat and G. T. Mahesha, “Improvement in productivity through TPM Implementation,” *Mater Today Proc*, vol. 24, pp. 1508–1517, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.04.470.
- [66] G. Pinto, F. J. G. Silva, A. Baptista, N. O. Fernandes, R. Casais, and C. Carvalho, “TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study,” *Procedia Manuf*, vol. 51, pp. 1423–1430, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.PROMFG.2020.10.198.
- [67] S. Nakajima, “Introduction to TPM: total productive maintenance.(Translation),” *Productivity Press, Inc., 1988*, p. 129, 1988.
- [68] I. M. Ribeiro, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, “Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line,” *Procedia Manuf*, vol. 38, pp. 1574–1581, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2020.01.128.

- [69] M. M. Shahriar, M. S. Parvez, M. A. Islam, and S. Talapatra, "Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study," *Clean Eng Technol*, vol. 8, p. 100488, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.CLET.2022.100488.
- [70] K. M. Senthil Kumar, K. Akila, K. K. Arun, S. Prabhu, and C. Selvakumar, "Implementation of 5S practices in a small scale manufacturing industries," *Mater Today Proc*, vol. 62, pp. 1913–1916, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.MATPR.2022.01.402.
- [71] S. Muotka, A. Togiani, and J. Varis, "A Design Thinking Approach: Applying 5S Methodology Effectively in an Industrial Work Environment," *Procedia CIRP*, vol. 119, pp. 363–370, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.PROCIR.2023.03.103.
- [72] F. C. Filip and V. Marascu-Klein, "The 5S lean method as a tool of industrial management performances," in *IOP conference series: materials science and engineering*, IOP Publishing, 2015, p. 012127.
- [73] M. Suryaprakash, M. Gomathi Prabha, M. Yuvaraja, and R. V. Rishi Revanth, "Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm," *Mater Today Proc*, vol. 46, pp. 9348–9353, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.02.820.
- [74] T. Suzuki, *TPM in process industries*. Routledge, 2017.
- [75] M. D. O. dos Reis, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, "A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction," *Procedia Manuf*, vol. 38, pp. 908–915, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2020.01.173.
- [76] C. P. Au-Yong, N. F. Azmi, and N. E. Myeda, "Promoting employee participation in operation and maintenance of green office building by adopting the total productive maintenance (TPM) concept," *J Clean Prod*, vol. 352, p. 131608, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2022.131608.
- [77] G. Chand and B. Shirvani, "Implementation of TPM in cellular manufacture," *J Mater Process Technol*, vol. 103, no. 1, pp. 149–154, Jun. 2000, doi: 10.1016/S0924-0136(00)00407-6.
- [78] M. Dogra, V. S. Sharma, A. Sachdeva, and J. S. Dureja, "TPM-a key strategy for productivity improvement in process industry," *Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 1–16, 2011.
- [79] A. Jain, R. Bhatti, and H. Singh, "Total productive maintenance (TPM) implementation practice: A literature review and directions," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 5, no. 3, pp. 293–323, 2014.
- [80] P. Marinho, D. Pimentel, R. Casais, F. Silva, J. C. Sá, and L. P. Ferreira, "Selecting the best tools and framework to evaluate equipment malfunctions and improve the OEE in the cork industry," *International Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 12, no. 4, p. 286, 2021.
- [81] J. D. Morales Méndez and R. S. Rodriguez, "Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 92, pp. 1013–1026, 2017.

## **Declaração de Integridade**

### DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

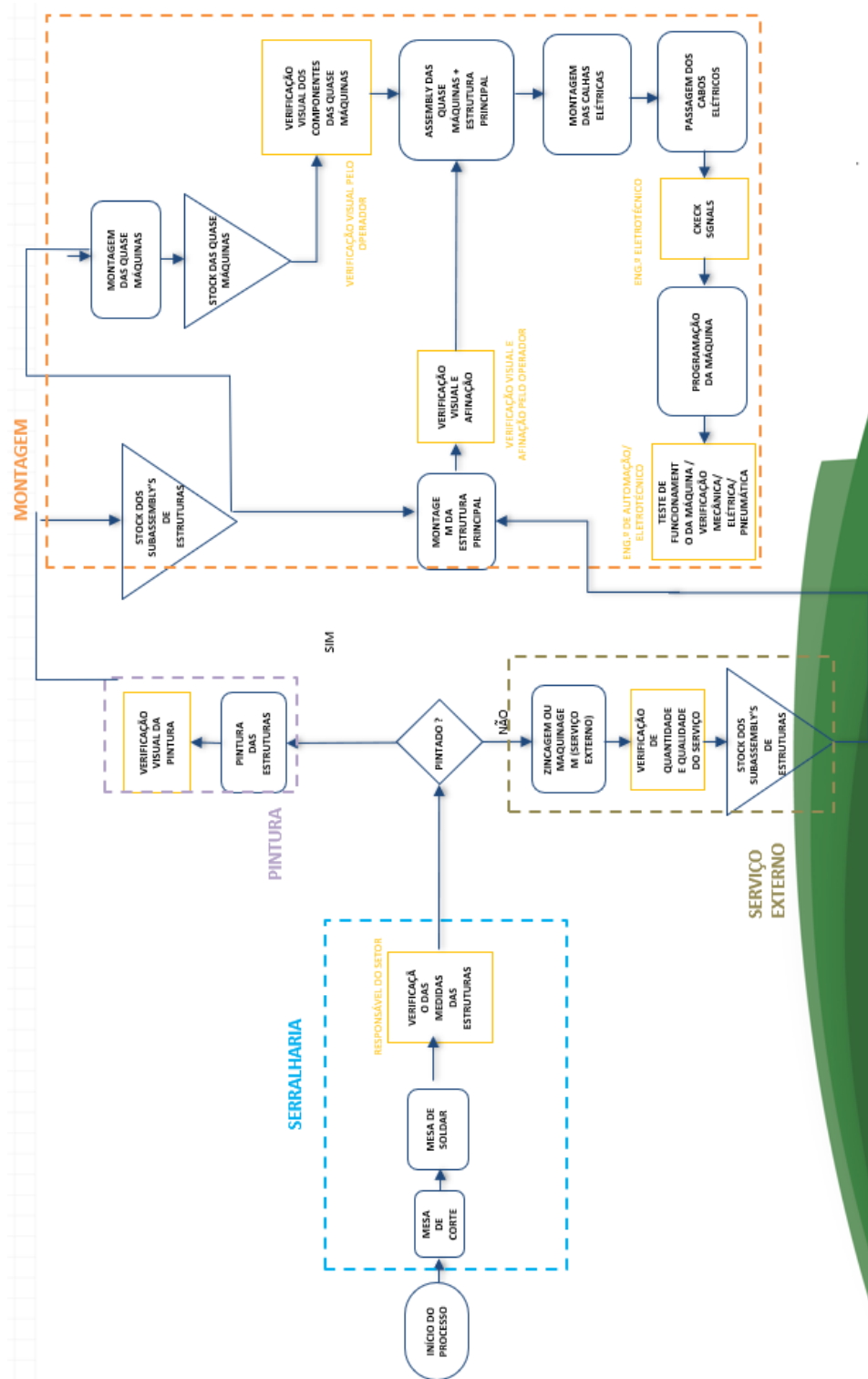
Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração. Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim. Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO. ISEP,

NOME: José Agostinho Sendão Pinto

Porto, 2 de julho de 2024





















# Anexo A – FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO DA UI



























## Anexo C – PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA











PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA			
Equipamento	Tarefa	Periodicidade	Tipo de Ação
<b>Torno</b>	Limpar externamente toda a máquina, incluindo proteções e carenagens.	Mensal	
	Verificar níveis de óleo nos reservatórios.	Mensal	
	Verificar bomba de óleo da caixa de velocidades.	Mensal	
	Verificar fixação e alinhamento do motor.	Mensal	
	Trocar líquido de refrigeração.	Semestral	
	Verificar botoeiras, manípulos e alavancas.	Mensal	
	Verificar tensão das correias.	Mensal	
<b>Simbologia</b>	 Detecção de anomalias auditivamente  Inspeção Visual  Lubrificação  Limpeza  Controlo e ajuste manual		

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA			
Equipamento	Tarefa	Periodicidade	Tipo de Ação
<u>Máquina de Pintura</u>	Efetuar a troca dos vedantes/filtros.	Mensal	
	Limpeza geral do equipamento.	Semestral	
	Verificar se alguma peça da pistola de pintura se encontra danificada.	Mensal	
<u>Simbologia</u>	 Detecção de anomalias auditivamente  Inspeção Visual  Lubrificação  Limpeza  Controlo e ajuste manual		




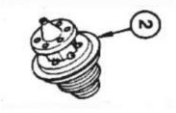



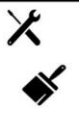



PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA			
Equipamento	Tarefa	Periodicidade	Tipo de Ação
<b>Máquina de Soldar (MIG/MAG &amp; TIG)</b>	Limpeza interna do equipamento.	Semestral	
	Limpeza do filtro de ar e do refrigerador.	Mensal	
	Teste de pulverização dos debiómetros.	Mensal	
	Limpeza dos tubos do circuito de água e dos canais de ar de refrigeração.	Semestral	
	Ajuste e controlo dos parâmetros da máquina recomendados pelo fornecedor.	Semestral	
	Revisão geral do equipamento.	Anual	
	Verificar e testar o funcionamento do circuito de água.	Mensal	
	Verificar se as conexões das mangueiras estão corretas e vedadas.	Semestral	
<b>Simbologia</b>	 Detecção de anomalias auditivamente  Inspeção Visual  Lubrificação  Limpeza  Controlo e ajuste manual		

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA			
Equipamento	Tarefa	Periodicidade	Tipo de Ação
<u>Máquina de corte (Alumínio + Madeira)</u>	Limpeza geral de todo o equipamento e meio envolvente.	Mensal	
	Verificar os níveis de óleo no reservatório.	Mensal	
	Verificar se os serrotes se encontram em bom estado.	Mensal	
	Verificar se os cabos e superfícies se encontram secos, limpos e livres de óleo e graxa.	Mensal	
<u>Simbologia</u>	 Detecção de anomalias auditivamente  Inspeção Visual  Lubrificação  Limpeza  Controlo e ajuste manual		

## Anexo D – PLANOS DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

		Plano de Manutenção Autónoma (1º Nível)											
		GISLOTICA MECHANICAL SOLUTIONS <b>FRESADORA</b>											
IMAGEM DO EQUIPAMENTO	Segurança										NOTA: Colocar um visto nos espaços em branco		
	Antes de qualquer intervenção, como segurança, verificar se o equipamento pode ser manipulado												
Instrução 	Colaborad.	Tipo de ação	Descrição da tarefa	Diário								Mensal	Assinatura
				2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sáb.	Dom.			
	Operador		Verificar se o motor apresenta ruídos anormais										
	Operador		Efetuar a limpeza de toda a limalha presente na superfície da máquina, bem como a que calu no chão										
	Operador		Verificar integridade dos fios, cabos de força e plugs										
	Operador	 	Verificar os motores e partes deslizantes com relação à lubrificação adequada										
	Operador		Verificar o nivelamento da máquina e do mandril										
	Operador		Verificar a tensão e integridade das correias (quando aplicável)										
Operador		Lubrificar o cabeçote da máquina nas guias deslizantes											

**Nota:** No caso de deteção de alguma anomalia, contactar o chefe da produção

		Plano de Manutenção Autónoma (1º Nível)													
		GISLOTICA MECHANICAL SOLUTIONS													
		MÁQUINA DE PINTURA (PISTOLA DE PINTURA)													
IMAGEM DO EQUIPAMENTO	Segurança								NOTA: Colocar um visto nos espaços em branco						
	Antes de qualquer intervenção, como segurança, verificar se o equipamento pode ser manipulado														
Instrução	    	Colaborad.	Tipo de ação	Descrição da tarefa	Diário								Mensal	Assinatura	
						2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sáb.	Dom.			
		Operador		Efetuar a limpeza da pistola - lavar linhas de fluido com solvente e soprar ar através das linhas de ar para certificar que todas as passagens de ar estão secas											
		Operador		Lubrificar a câmara do cilindro de ar e a mola da válvula de agulha											
		Operador		Limpar o depósito (3)											
		Operador		Verificar se os materiais ao redor do bico da pistola e na capa de ar (1) não se encontram secos. Se sim, mergulhar os materiais em diluentes e remover com escova ou pano											
		Operador		Verificar se o bocal de fluido (2) se encontra solto. Se sim apertar sem fazer muita força											
		Operador		Verificar se a capa de ar (1) e bocal de fluido (2) se encontram danificado. Se sim a pulverização <b>não será perfeita</b>											
Operador		Verificar e se necessário reabastecer o filtro regulador de ar, para obter um suprimento de ar limpo, isento de humidade e regulado à pressão requerida (3,5 Bar)													
Nota: No caso de deteção de alguma anomalia, contactar o chefe da produção										<b>CUIDADO:</b> Nunca mergulhe completamente a pistola em solvente, pois isso irá dissolver o óleo lubrificante e secar as vedações.					

## MÁQUINA DE SOLDAR

IMAGEM DO EQUIPAMENTO

### Segurança

Antes de qualquer intervenção, como segurança, verificar se o equipamento pode ser manipulado










NOTA:  
Colocar um visto nos espaços em branco

Instrução



Colaborad.	Tipo de ação	Descrição da tarefa	Diário							Mensal	Assinatura
			2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sáb.	Dom.		
Operador		Dar uma sopradora com a pistola de ar sobre a máquina e de seguida com um pano limpar o pó do exterior da máquina									
Operador		Verificar e limpar a tocha e os seus componentes (bico, suporte do bico e bocal)									
Operador		Verificar e limpar debiômetros. Fechar o circuito de gás no passador do debiômetro.									
Operador		Verificar o estado das ligações elétricas. Ter em atenção a eventuais desgastes, fendas e pontos sem isolamento.									
Operador		Verificar funcionamento do grampo									
Operador		Verificar funcionamento do cabo de massa									
Operador		Inspeccionar a validade									

Nota: No caso de deteção de alguma anomalia, contactar o chefe da produção

 <b>Plano de Manutenção Autónoma (1º Nível)</b> GISLOTICA MECHANICAL SOLUTIONS														
<b>TORNO</b>														
IMAGEM DO EQUIPAMENTO	<b>Segurança</b>							NOTA: Colocar um visto nos espaços em branco						
	Antes de qualquer intervenção, como segurança, verificar se o equipamento pode ser manipulado													
Instrução		Colaborad.	Tipo de ação	Descrição da tarefa	Diário							Mensal	Assinatura	
					2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sáb.	Dom.			
		Operador		Verificar se o motor apresenta ruídos anormais										
		Operador		Verificar lubrificação do motor										
		Operador		Verificar e se necessário limpar o filtro do tanque de refrigeração										
		Operador		Verificar o grau de sujidade do filtro e limpá-lo										
		Operador		Verificar no nível de óleo e se necessário reabastecer										
		Operador		Limpar as limalhas acumuladas e filtrar o óleo										
Operador		Limpeza interior e exterior do equipamento												
Nota: No caso de deteção de alguma anomalia, contactar o chefe da produção														

MÁQUINA DE CORTE (ALUMÍNIO / MADEIRA)

IMAGEM DO EQUIPAMENTO

Segurança

Antes de qualquer intervenção, como segurança, verificar se o equipamento pode ser manipulado

NOTA:  
Colocar um visto nos espaços em branco

Instrução



Colaborad.	Tipo de ação	Descrição da tarefa	Diário							Mensal	Assinatura
			2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sáb.	Dom.		
Operador		Verificar o estado da serra e substituir se aplicável									
Operador		Limpar todo o equipamento = retirar a limalha/aparas sobranete do equipamento, bem como a que caiu no chão									
Operador		Verificar se os mecanismos de segurança apresentam algum tipo de defeito e reportar à chefia									
Operador		Limpeza geral do meio envolvente ao equipamento									
Operador		Verificar se o equipamento apresenta ruídos anormais									

Nota: No caso de deteção de alguma anomalia, contactar o chefe da produção

## Anexo E – FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO DA MANUTENÇÃO

**Gislotica**  
Mechanical Solutions

### FERRAMENTA PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Nome do Plano	PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA
Empresa	GISLOTICA MECHANICAL SOLUTIONS
Responsável	ENG.º JACINTA COSTA
Data de Início	01/01/2024

É POSSÍVEL ALTERAR A DATA DE INÍCIO. O QUE DÁ JEITO PARA O PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA RECALCULAR AS TAREFAS TEMPORALMENTE

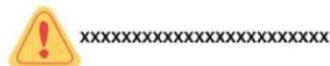
#### OBJETIVO DA FERRAMENTA:

Fornecer aos colaboradores da Gislotica – Mechanical Solutions uma noção relativamente a conceitos fundamentais de manutenção, tais como:

- ✓ TEMPO MÉDIO ENTRE AVARIAS;
- ✓ TEMPO MÉDIO PARA REPARAÇÃO;
- ✓ DISPONIBILIDADE;



É importante referir que há avisos importantes ao longo das folhas de cálculo do ficheiro EXCEL, com a seguinte forma:



De uma forma geral, esta ferramenta é útil devido ao facto de os valores dos KPI's mensais dos ativos encontrarem-se automatizados em conjunto com o devido gráfico.

## Gestão de Ativos

Listagem dos equipamentos

Nome do Ativo	Código do Ativo	Categoria	Outra? Quali?	Local	Prioridade	Serviço Externo	NOTAS & FORNECEDOR
Decapadora	M001	Outra	Mecânica	Local 1	Baixa		
Máquina de corte de alumínio 1	M002	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Máquina de corte de alumínio 2	M003	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Máquina de rosca elétrica	M004	Outra	Mecânica	Local 1	Normal		
Máquina de Soldar 1	M007	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Máquina de Soldar 2	M008	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Máquina de Soldar 3	M009	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Máquina de Soldar 4	M010	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Inversor de soldadura	M011	Outra	Mecânica	Local 1	Normal		
Máquina de soldar TIG	M012	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Máquina de corte por plasma	M013	Outra	Mecânica	Local 1	Normal		
Bomba airmix (pintura)	M014	Outra	Mecânica	Local 1	Máxima	X	Contactar Kremlin quando deixar de vedar tinta
Pistola de Pintura	M015	Outra	Mecânica	Local 1	Máxima		
Máquina de afiar brocas	M016	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Esmeril	M017	Outra	Mecânica	Local 1	Baixa		
Torno	M018	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Fresadora	M019	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Máquina de Furar 1	M020	Outra	Mecânica	Local 1	Normal		
Máquina de Furar 2	M021	Outra	Mecânica	Local 1	Normal		
Lavadora/ Aspiradora	M022	Outra	Mecânica	Local 1	Normal		
Lavadora/ Aspiradora	M023	Outra	Mecânica	Local 1	Normal		
Quinadora	M024	Outra	Mecânica	Local 1	Normal		
Máquina de furar de coluna	M025	Outra	Mecânica	Local 1	Normal		
Máquina de corte de madeira	M026	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Máquina de corte de alumínio	M027	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Serrote de corte perfil alumínio	M028	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Serrote de corte perfil ferro	M029	Outra	Mecânica	Local 1	Alta		
Compressor	M030	Outra	Mecânica	Local 1	Máxima	X	ROBEL (USUALMENTE REVISÃO)
Ponte Rolante	PONT.RL	Outra	Mecânica	Local 1	Máxima	X	DEMAG (5 PONTES ROLANTES)
Secador	SEC.	Outra	Mecânica	Local 2	Máxima	X	ROBEL
Cabine de Pintura	CAB.PINT	Outra	Pintura	Local 3	Máxima	X	ROBEL



EQUI	SOLDADURA		DECAPADORA		FRESADORA		MÁQ. FURAR		MÁQ. ROSCAS		MÁQ. CORTE		TORNO		PONTE ROLANTE		PISTOLA PINTURA		CORTE PLASMA		QUINADORA		COMPRESSOR		SECADOR	
	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias	T.Avarias	Avarias
JAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FEV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ABR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JUL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OUT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NOV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DEZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**SÓ MEXER NAS CÉLULAS A AZUL**



EQUIPAMENTO	QUANT (unit)
SOLDADURA	5
DECAPADORA	1
FRESADORA	1
MÁQ. FURAR	1
MÁQ. ROSCA	1
MÁQ. CORTE	3
TORNO	1
PONTE ROLANTE	5
PISTOLA PINTURA	1
CORTE PLASMA	1
QUINADORA	1
COMPRESSOR	1
SECADOR	1

EQUIPAMENTO	T. Total Func.
SOLDADURA	528
DECAPADORA	528
FRESADORA	528
MÁQ. FURAR	528
MÁQ. ROSCA	528
MÁQ. CORTE	528
TORNO	528
PONTE ROLANTE	528
PISTOLA PINTURA	528
CORTE PLASMA	528
QUINADORA	528
COMPRESSORES	528
SECADORES	528





