



Implementação da metodologia TPM numa indústria metalomecânica

BEATRIZ CAMPOS SILVA

julho de 2023

IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM NUMA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

Beatriz Campos Silva 1181225

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM NUMA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

Beatriz Campos Silva

1181225

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

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

A realização do presente trabalho de dissertação envolveu o apoio de diversas pessoas, sendo fundamental agradecer toda a sua contribuição para o sucesso deste trabalho.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus familiares mais próximos, os meus pais e os meus irmãos, por todo o apoio e motivação que me transmitiram ao longo deste meu objetivo. Aos meus amigos e amigas mais chegadas pelo companheirismo e transmissão de confiança, e, em especial, ao meu namorado, por toda a atenção acrescida e disponibilidade constante em qualquer momento que necessitava.

Aos meus colegas de mestrado, Carolina Lopes e Hugo Derrixa, que me acompanham desde a minha licenciatura em Engenharia Mecânica, pelos momentos de amizade e cooperação inesquecíveis ao longo deste percurso académico.

Um grande agradecimento à Entreferrós que possibilitou a realização da minha dissertação de mestrado na área da manutenção. Toda a motivação diária de novas aprendizagens na área da manutenção deve-se às pessoas com quem interagi durante este trabalho. Quero com isto, agradecer todo o apoio técnico e conhecimento transmitido pelos colaboradores, como a constante disponibilidade dos responsáveis pela manutenção da empresa, nomeadamente, o Eng.º José Almeida e o coordenador José Sousa, em atender sempre às minhas dúvidas com boa disposição.

Quero ainda agradecer inteiramente à Doutora Rafaela Carla Barros Casais, pela dedicação e força motivacional ao longo da orientação desta dissertação. Ao longo do desenvolvimento do trabalho, pude sempre contar com a sua disponibilidade e colaboração. A sua postura de rigor e excelência perante o meu trabalho permitiu que atingisse objetivos mais ambiciosos.

Por fim, é importante agradecer ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e a todos os docentes envolvidos no meu percurso de aprendizagem, no âmbito da realização do mestrado em Engenharia Mecânica na área de especialização de Gestão Industrial.

RESUMO

A TPM - *Total Productive Maintenance* tem revelado um impacto significativo nas diversas indústrias, devido à sua abordagem inovadora do processo de manutenção. Esta metodologia visa garantir ganhos de produtividade, maior qualidade do produto, aumento de disponibilidade dos equipamentos, redução de perdas e custos de manutenção. A sua filosofia enquadra-se no envolvimento total dos colaboradores de uma organização, desde a produção até à gestão de topo, proporcionando o trabalho em equipa e a harmonização operacional.

Este trabalho foi desenvolvido em contexto industrial, numa empresa da indústria metalomecânica, direcionada para o setor das construções metálicas. O principal objetivo deste trabalho assentou no desenvolvimento da metodologia TPM, para conduzir à diminuição das principais avarias dos equipamentos e à estruturação de um sistema de manutenção flexível à produção.

Os pilares do TPM envolvidos neste estudo, foram a Manutenção Autónoma, Manutenção Planeada, Gestão da Manutenção, e, por último, os 5S. As etapas deste trabalho basearam-se na aplicação do ciclo da metodologia *Action-research*, auxiliado com algumas das ferramentas da qualidade. Analisou-se o histórico dos equipamentos, e, através de uma ferramenta de avaliação de criticidade de ativos, identificou-se os ativos físicos mais críticos, que resultaram nos centros CNC de corte e furação e nas máquinas de soldadura MIG/MAG, como causa do seu maior número de avarias e impacto no sistema de produção. Assim, foram aplicados planos de Manutenção Autónoma adequados às necessidades diárias de cada ativo, e, ainda, uma *checklist* para o eventual registo diário das tarefas pelos operadores. Realizou-se o ajuste e melhoria dos planos de Manutenção Preventiva existentes na empresa, que passou pela revisão das periodicidades dos planos e das tarefas impostas. No âmbito do planeamento da manutenção foi incutida uma melhoria na ferramenta de gestão da manutenção, para possibilitar o controlo das tarefas preventivas e gerar ordens de trabalho de manutenção para a produção.

Nos meses de implementação, verificou-se o aumento do MTBF e a diminuição do MTTR dos ativos dos setores estudados, isto em prol, da redução de avarias dos equipamentos através das práticas de Manutenção Autónoma. A Disponibilidade dos ativos melhorou 3% no setor de corte e furação CNC, e, em média, 4% no setor de soldadura. Atingiu-se se uma redução de 31% de paragens não programadas no setor de corte e furação e uma redução de 44% no setor de soldadura. Destacou-se, ainda, a predominância de Manutenção Preventiva, conseguindo diminuir o uso corrente de Manutenção Corretiva na empresa.

Como resultado destas melhorias, perspetiva-se uma redução de custos de subcontratação de manutenção, em quase de 50%, representando os custos de maior valor na função manutenção da empresa. A implementação do TPM promoveu a estruturação de uma manutenção adequada à organização e a sensibilização de todos os colaboradores para a importância da manutenção, na obtenção de maior produtividade e qualidade operacional numa indústria metalomecânica.

PALAVRAS-CHAVE

Manutenção; TPM; Manutenção Autónoma; Manutenção Preventiva; Disponibilidade.

página propositadamente em branco

ABSTRACT

TPM - Total Productive Maintenance has revealed a significant impact in various industries due to its innovative approach to the maintenance process. This methodology aims to ensure productivity gains, higher product quality, increased equipment availability, reduced losses, and maintenance costs. Its philosophy encompasses the total involvement of employees, within an organisation, from production to top management, fostering teamwork and operational harmonization.

This work was developed in an industrial context, in a company in the metal-mechanic industry, specifically focused on the metallic constructions sector. The main objective of this work was based on the development of the TPM methodology to reduce the main equipment failures and structure a flexible maintenance system for production.

The TPM pillars involved in this study were Autonomous Maintenance, Planned Maintenance, Maintenance Management, and, lastly, the 5S. The stages of this work relied upon the application of the Action-research methodology cycle, supported by some quality tools. The equipment history was analysed, and through an asset criticality assessment tool, the most critical physical assets were identified, resulting in the CNC cutting and drilling centres and MIG/MAG welding machines being identified as the cause of their higher number of failures and impact on the production system. Therefore, Autonomous Maintenance plans adapted to the daily needs of each asset were implemented, along with a checklist for the eventual daily recording of tasks by the operators. The company's existing Preventive Maintenance plans were adjusted and improved, including a review of the frequencies of the plans and the imposed tasks. As part of maintenance planning, an improvement was implemented in the maintenance management tool to enable control of preventive tasks and generate maintenance work orders for production.

During the implementation months, there was an increase in MTBF and a decrease in MTTR of the assets in the studied sectors, all in favour of reducing equipment failures through Autonomous Maintenance practices. Asset Availability improved by 3% in the CNC cutting and drilling sector, and by an average of 4% in the welding sector. A 31% reduction in unplanned stoppages was achieved in the cutting and drilling sector and a 44% reduction in the welding sector. Furthermore, the predominance of Preventive Maintenance was emphasised, reducing the current Corrective Maintenance in the company.

As a result of these improvements, a reduction of almost 50% in maintenance subcontracting costs is expected, which represents the highest-cost component in the company's maintenance function. The implementation of TPM promoted the structuring of maintenance that is adequate to the organization and raised awareness among all employees about the importance of maintenance in achieving higher productivity and operational quality in the metal-mechanic industry.

Keywords

Maintenance; TPM; Autonomous Maintenance; Preventive Maintenance; Availability.

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS	XV
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Contextualização	17
1.2. Objetivos	17
1.3. Metodologia	18
1.4. Estrutura do relatório	19
1.5. Local/Empresa de acolhimento	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1. Conceitos genéricos de manutenção	22
2.1.1. Definição	22
2.1.2. Objetivos	23
2.1.3. Tipos de manutenção	24
2.2. Indicadores de desempenho	27
2.3. Métodos de análise de criticidade de ativos	31
2.3.1. Matriz ABC	31
2.3.2. Matriz GUT	33
2.4. TPM- Total Productive Maintenance	35
2.4.1. Definição e características do TPM	35
2.4.2. Objetivos do TPM	36
2.4.3. Oito pilares do TPM	37
2.4.4. 5S como base do TPM	38
2.4.5. Manutenção Autónoma	40
2.4.6. Implementação do TPM	41
2.5. Estado da arte do TPM	43
3. MÉTODOS E APLICAÇÃO	45
3.1. Apresentação da empresa	45
3.2. Unidade de produção	46
3.3. Manutenção da empresa	47
3.3.1. Ferramentas de controlo e gestão	47
3.3.2. Tipos de manutenção	48
3.4. Identificação dos problemas	49
3.4.1. Diagrama de <i>Ishikawa</i>	50
3.4.2. Análise SWOT	50
3.5. Metodologia do trabalho	51
3.5.1. Análise do histórico dos equipamentos	51

3.5.2. Análise de criticidade dos ativos	53
3.6. Equipamentos críticos	65
3.6.1. Principais paragens não programadas	66
3.7. Implementação da metodologia TPM	70
3.8. Implementação da Manutenção Autónoma	71
3.8.1. Planos de Manutenção Autónoma	72
3.8.2. Controlo de Manutenção Autónoma	73
3.9. Melhoria dos planos de Manutenção Preventiva	74
3.10. Gestão da manutenção	76
3.10.1. Melhoria da ferramenta de gestão da manutenção	76
3.10.2. Registo e controlo de avarias	78
3.11. 5S no armazém de peças.....	80
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
4.1. Resultados da Manutenção Autónoma.....	82
4.2. Resultados da manutenção planeada	85
4.3. Análise dos indicadores de desempenho.....	87
4.3.1. Máquinas de corte e furação CNC	87
4.3.2. Máquinas de soldadura MIG/MAG	88
4.4. Análise económica.....	90
4.5. Discussão de resultados	91
5. CONCLUSÃO	93
5.1. Conclusões finais	93
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
APÊNDICE A – PLANOS DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA	103
APÊNDICE B – <i>CHECKLIST</i> DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA.....	105
APÊNDICE C – NOVOS PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	106
APÊNDICE D – ÍNDICES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO	109
ANEXO A – PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	111

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ciclo da metodologia Action-Research adaptado (Marinho <i>et al.</i> , 2021).....	18
Figura 2- Principais fatores objetivo da manutenção adaptado (Higgins <i>et al.</i> , 2002)	24
Figura 3- Tipos de manutenção adaptado da norma NP EN 13306:2021.....	25
Figura 4- Principais perdas do cálculo do OEE adaptado (Sonmez <i>et al.</i> , 2018).....	29
Figura 5- Fluxograma de decisão (Pires <i>et al.</i> , 2018)	32
Figura 6- O significado de TPM adaptado (Pačaiová & Ižaríková, 2019).....	36
Figura 7- Oito pilares do TPM adaptado (Chintada & Umasankar, 2022).....	37
Figura 8- Etapas da metodologia 5S (Veres <i>et al.</i> , 2018)	39
Figura 9- Exemplo de produto desenvolvido	45
Figura 10- Organização interna da manutenção.....	47
Figura 11- Ferramenta de controlo e gestão da manutenção	47
Figura 12- Horas de manutenção em 2022	48
Figura 13- Diagrama de <i>Ishikawa</i>	50
Figura 14- Análise SWOT da manutenção na unidade produtiva	50
Figura 15- Metodologia de trabalho com base no método <i>Action Research</i>	51
Figura 16- Folha de registo das intervenções de manutenção	52
Figura 17- Folha de registo das intervenções de Manutenção Corretiva	52
Figura 18- Quantidade de avarias observadas por setor produtivo	53
Figura 19- Valor da Disponibilidade dos ativos do setor de soldadura (* valor médio por ativo)...	57
Figura 20- Valor da Disponibilidade dos ativos do setor de corte e furação (* valor médio por ativo)	58
Figura 21- Valor da Disponibilidade dos ativos do setor de dobragem e torneamento (* valor médio por ativo).....	59
Figura 22- Valor da Disponibilidade dos ativos do setor de corte, quinagem e acabamento	59
Figura 23- Criticidade dos ativos do setor de soldadura.....	63
Figura 24- Criticidade dos ativos do setor de corte e furação	63
Figura 25- Criticidade dos ativos do setor de dobragem e torneamento	64
Figura 26- Criticidade dos ativos do setor de corte, quinagem e acabamento	64
Figura 27- Máquina CNC de corte e furação	65
Figura 28- Máquina CNC plasma e/ ou oxicorte	65
Figura 29- Máquina de soldadura MIG/MAG.....	65
Figura 30- Identificação das principais paragens não programadas na CNC FICEP (Parte 1)	66
Figura 31- Identificação das principais paragens não programadas na CNC FICEP (Parte 2)	67
Figura 32- Identificação das principais paragens não programadas na CNC MESSER (Parte 1)	68
Figura 33- Identificação das principais paragens não programadas na CNC MESSER (Parte 2)	68
Figura 34- Identificação das principais paragens não programadas nas máquinas de soldadura MIG MAG	69
Figura 35- Pilares implementados na ENTREFERROS.....	70
Figura 36- Plano de Manutenção Autónoma do EQP05	72
Figura 37- PMA da CNC FICEP	73
Figura 38- PMA da CNC MESSER	73
Figura 39- PMA dos postos de soldadura.....	73

Figura 40- <i>Checklist</i> de Manutenção Autónoma do EQP05	73
Figura 41- Excerto do plano de Manutenção Preventiva atual do EQP05	74
Figura 42- Melhoria do plano de Manutenção Preventiva do EQP05	75
Figura 43- Controlo das tarefas de Manutenção Preventiva anuais.....	76
Figura 44- Melhoria do controlo de Manutenção Preventiva.....	77
Figura 45- Melhoria do planeamento de Manutenção Preventiva.....	77
Figura 46- Ficha de OT'S de Manutenção Preventiva	78
Figura 47- Folha das avarias dos ativos de cada setor	79
Figura 48- Ficha de registo e deteção de avarias	79
Figura 49- Antes da implementação da Manutenção Autónoma no EQP05 (a).....	82
Figura 50- Depois da implementação da Manutenção Autónoma no EQP05 (b).....	82
Figura 51- Limpeza da zona de trabalho	83
Figura 52- Limpeza do filtro de água (FRONIUS).....	83
Figura 53- Limpeza do equipamento e conexões (FRONIUS).....	83
Figura 54- Limpeza de poeiras metálicas depositadas (LINCOLN).....	83
Figura 55- Antes da implementação da Manutenção Autónoma no EQP06 (a).....	83
Figura 56- Depois da implementação da Manutenção Autónoma no EQP06 (b).....	84
Figura 57- Tempo gasto nas tarefas mensais de Manutenção Preventiva	84
Figura 58- Questionário de avaliação da Manutenção Autónoma	85
Figura 59- Cumprimento das tarefas de Manutenção Preventiva (* mês com apenas 7 dias observados).....	86
Figura 60- Quantidade de avarias detetadas com a folha de registo de anomalias	86
Figura 61- Índices de desempenho da manutenção do EQP05	87
Figura 62- Índices de desempenho da manutenção do EQP06	87
Figura 63- Índices de desempenho da manutenção do EQP51	88
Figura 64- Índices de desempenho da manutenção do EQP58	89
Figura 65- Redução dos custos de manutenção	90

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Quadro-resumo da empresa de acolhimento	20
Tabela 2- Definições do conceito manutenção	23
Tabela 3- Definição dos tipos de manutenção	26
Tabela 4- Casos de estudo de KPI's	30
Tabela 5- Exemplo de matriz de critérios de avaliação adaptado (Pires <i>et al.</i> , 2018)	32
Tabela 6- Casos de estudo com aplicabilidade da matriz ABC	33
Tabela 7- Exemplo de atribuição de valores adaptado (Pestana <i>et al.</i> , 2016)	34
Tabela 8- Exemplo de matriz GUT adaptado (Pestana <i>et al.</i> , 2016)	34
Tabela 9- Casos de estudo da aplicabilidade da matriz GUT	34
Tabela 10- Descrição dos pilares do TPM adaptado (Chintada & Umasankar, 2022; Méndez & Rodriguez, 2017)	38
Tabela 11- Significado de cada etapa da metodologia 5S adaptado (Costa <i>et al.</i> , 2018; Jiménez <i>et al.</i> , 2015; Veres <i>et al.</i> , 2018)	39
Tabela 12- Fases de implementação da Manutenção Autónoma adaptado (Molenda, 2016)	40
Tabela 13- Fases e etapas da metodologia TPM adaptado (Teixeira <i>et al.</i> , 2018)	41
Tabela 14- Casos de estudo de implementação do TPM	43
Tabela 15- Processos de fabrico da unidade de produção e os seus equipamentos	46
Tabela 16- Estratégias para problemas detetados	49
Tabela 17- Matriz de fatores de avaliação	54
Tabela 18- Índices de desempenho dos ativos do setor de soldadura	55
Tabela 19- Índices de desempenho dos ativos do setor de corte e furação	56
Tabela 20- Índices de desempenho dos ativos do setor de dobragem e torneamento	56
Tabela 21- Índices de desempenho dos ativos do setor de corte, quinagem e acabamento	56
Tabela 22- Avaliação qualitativa dos ativos do setor de soldadura	60
Tabela 23- Avaliação qualitativa dos ativos do setor de corte e furação	60
Tabela 24- Avaliação qualitativa dos ativos do setor de dobragem e torneamento	61
Tabela 25- Avaliação qualitativa dos ativos do setor de corte, quinagem e acabamento	61
Tabela 26- Ativos críticos do sistema produtivo	64
Tabela 27- Principais paragens não programadas do EQP05	66
Tabela 28- Principais paragens não programadas do EQP06	67
Tabela 29- Principais paragens não programadas das máquinas de soldadura MIG/MAG	69
Tabela 30- Simbologia das ações das tarefas de Manutenção Autónoma	71
Tabela 31- Periodicidades dos planos de Manutenção Preventiva	75
Tabela 32- Implementação da técnica do 5S no armazém de peças	80
Tabela 33- Análise quantitativa dos tipos de manutenção efetuadas de março a junho	85
Tabela 34- Impactos na Disponibilidade dos ativos de soldadura MIG/MAG	89
Tabela 35- Custo dos recursos de manutenção	90
Tabela 36- Resultados atingidos no trabalho	93
Tabela 37- Proposta para trabalhos futuros de melhoria	95

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
FMEA	<i>Failure mode and Effect Analysis</i>
GUT	Gravidade Urgência Tendência
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MA	Manutenção Autónoma
MC	Manutenção Corretiva
MP	Manutenção Preventiva
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
P. Porto	Instituto Politécnico do Porto
PMA	Plano de Manutenção Autónoma
PMP	Plano de Manutenção Preventiva
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

Lista de Símbolos

λ	Taxa de avarias	Avarias por hora
-----------	-----------------	------------------

página propositadamente em branco

1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem como primordial intenção a apresentação e enquadramento do trabalho desenvolvido no âmbito da dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Gestão Industrial. Em primeiro lugar, realiza-se uma breve contextualização do trabalho, bem como os seus principais objetivos. De seguida, apresenta-se a metodologia de investigação e a estrutura do trabalho. Por fim, segue-se uma breve apresentação da empresa de acolhimento.

1.1. Contextualização

Atualmente, o aumento da competitividade das empresas, face ao maior número de concorrentes e da inovação dos processos tecnológicos, conduz a uma maior preocupação com os custos, a qualidade, melhoria do processo e prazos de entrega. Desta forma, tem sido necessário assegurar a eficácia do sistema produtivo, que pode ser vista como a capacidade de ter os ativos físicos disponíveis quando são necessários. Assim, as indústrias, nos dias de hoje, devem garantir as boas condições de funcionamento do sistema produtivo para possibilitar vantagens competitivas.

A manutenção industrial tem vindo a ser um fator crucial para os negócios, na medida em que, uma gestão da Manutenção Preventiva e integrada na organização, conduz a uma maior Disponibilidade dos equipamentos e a uma redução dos custos associados.

A Filosofia TPM - *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total), trata-se de uma metodologia muito adotada pelas indústrias, com foco na redução das principais perdas e custos de manutenção, promovendo a Disponibilidade e Fiabilidade dos equipamentos. A sua implementação abrange todas as áreas relacionadas com o equipamento, bem como a participação da gestão de topo até aos operários, de forma a motivar e promover a Manutenção Autónoma. Ao longo dos anos, esta metodologia tem alcançando resultados significativos para as empresas e ganhando potencial na sua implementação.

Este trabalho de dissertação foi realizado em ambiente industrial, numa empresa da área da metalomecânica, maioritariamente direcionada para o ramo de Construções Metálicas. A implementação da metodologia TPM, surgiu da necessidade de alcançar uma gestão corporativa, que permitisse um correto controlo sob os equipamentos e que conduzisse ao aumento da Disponibilidade de alguns equipamentos, com o propósito de minimizar potenciais avarias e os custos de Manutenção Corretiva.

1.2. Objetivos

Este trabalho teve como principal objetivo a implementação da metodologia TPM numa empresa da indústria metalomecânica com maior foco no pilar da Manutenção Autónoma.

Pretende-se ajustar os planos de Manutenção Preventiva existentes às necessidades do ativo e implementar a Manutenção Autónoma, pelo meio de planos de manutenção práticos e *checklist* intuitivas para os operadores preencherem, de modo, a melhorar a condição dos ativos e prevenir potenciais avarias. Intenciona-se ainda, o desenvolvimento de métodos e técnicas da metodologia TPM para melhorar a gestão interna da manutenção da empresa, de acordo com as suas necessidades, contribuindo para um controlo e planeamento ajustado da manutenção.

Desta forma, as etapas deste processo assentaram nos seguintes objetivos práticos:

- Estudo dos equipamentos de cada setor produtivo e das suas principais avarias;
- Realização da criticidade de ativos;
- Criação de planos de Manutenção Autónoma e *checklist*;
- Ajuste dos planos de Manutenção Preventiva e melhoria da ferramenta de gestão;
- Cálculo de índices de desempenho da manutenção (KPI);
- Avaliação e análise dos resultados obtidos.

A assimilação de todos os objetivos aqui referidos, deverá conduzir a uma estrutura otimizada e integrada da manutenção flexível ao sistema produtivo, que permita a redução das principais avarias dos ativos e o envolvimento total dos colaboradores nas atividades de manutenção.

1.3. Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada uma metodologia de pesquisa *Action-Research*. Segundo Nguyen (2017), esta metodologia foi originada nos Estados Unidos com um vasto crescimento da sua aplicação nas áreas da ciência, social e educacional nos problemas desde a década de 1920 e fortemente desenvolvido a partir dos anos 70.

Esta metodologia de investigação baseia-se num conceito cíclico, onde envolve a solução de diversos problemas. De acordo com Tripp (2005), geralmente, passa pela identificação do problema, o planeamento de uma solução através de metodologias, a sua implementação, e, por fim a monitorização e a avaliação da respetiva eficácia.

Este processo em espiral, ajuda a melhorar a eficácia da prática através da aplicação de teorias, testá-las, e encontrar novos conhecimentos para introduzir melhorias nos processos.

Para a realização deste trabalho, foram definidas cinco fases de desenvolvimento, de acordo com o respetivo ciclo que se encontra ilustrado na Figura 1.

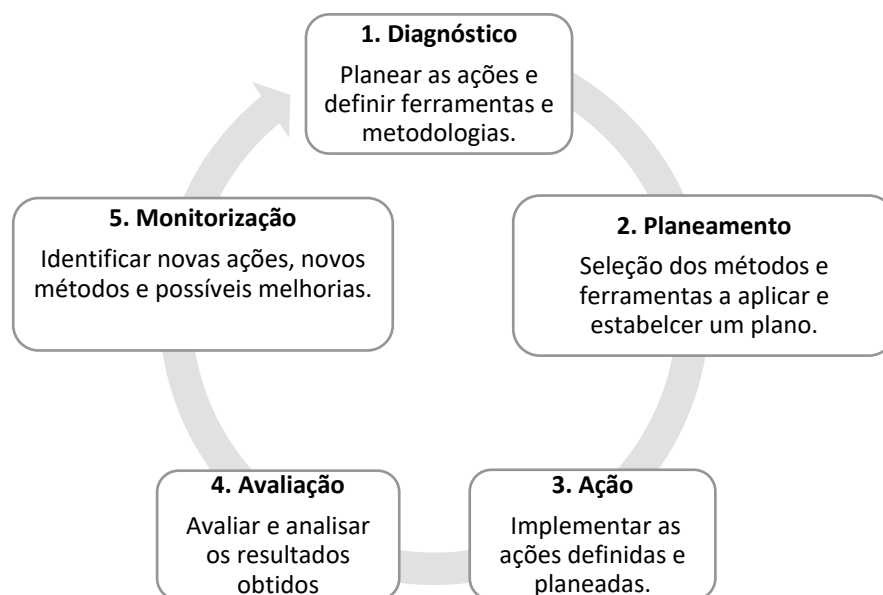


Figura 1- Ciclo da metodologia Action-Research adaptado (Marinho *et al.*, 2021)

Em primeiro lugar, observou-se o sistema de manutenção presente na empresa e identificou-se os principais problemas na organização, com o objetivo de planejar quais as estratégias de melhoria a ser implementadas.

De seguida, analisou-se o histórico dos equipamentos, e, através, de uma ferramenta de avaliação de criticidade de ativos, identificou-se os ativos físicos mais críticos. Procedeu-se, assim, ao estudo de metodologias e técnicas fundamentadas a implementar nos equipamentos identificados como críticos do sistema produtivo.

Posteriormente, efetuou-se a análise e medição aos resultados gerados sob os procedimentos aplicados. Para terminar, são identificadas as respetivas melhorias, que, no futuro, devem ser implementadas pela empresa para integrar uma melhoria contínua da função manutenção.

1.4. Estrutura do relatório

Este relatório apresenta-se dividido em cinco capítulos principais, conseguindo atingir os pontos essenciais do trabalho, de acordo com a seguinte estrutura.

O primeiro capítulo trata-se do enquadramento do tema do trabalho, os principais objetivos a atingir, a metodologia de investigação utilizada no estudo, a estrutura do relatório, e, por último, uma breve apresentação da empresa onde foi desenvolvido o trabalho.

O segundo capítulo refere-se ao estado da arte, onde são definidos conceitos, métodos e ferramentas de suporte para o desenvolvimento do trabalho. Esta pesquisa teve como base de fundamentação artigos científicos, revistas e livros.

O terceiro capítulo explicita o desenvolvimento prático do trabalho, nomeadamente, a caracterização da empresa e os seus processos, análise do estado da manutenção na empresa, os principais problemas associados aos ativos do sistema produtivo e a respetiva criticidade de ativos. Apresenta-se todas as ferramentas e técnicas do TPM aplicadas aos ativos críticos do sistema, de modo, a melhorar a função manutenção na organização e a Disponibilidade dos equipamentos.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos através dos métodos implementados, ainda como uma análise crítica dos mesmos quanto à sua viabilidade para a empresa. Apresenta-se uma breve discussão dos resultados atingidos com os de outros autores abordados no estado da arte, e também, uma análise económica pela estimativa de redução de custos de manutenção.

Por último, temos o quinto capítulo onde são apresentadas as conclusões significativas do trabalho, impactos obtidos e aspetos a melhorar, bem como, algumas propostas para trabalhos futuros.


1.5. Local/Empresa de acolhimento

Este trabalho foi realizado na Entreferrós - Serralharia e Construções metálicas Lda., sediada em Lourosa, no concelho de Santa Maria da Feira, com atividade no ramo de Construções metálicas.

A unidade de produção está equipada com todo o tipo de equipamentos essenciais para a indústria da metalomecânica. Destaca-se a linha de corte e furação de perfis metálicos, plasma e oxicorte para o corte de chapa, guilhotinas, quinadeiras e postos de soldadura.

Aborda-se de forma muito explícita, os princípios da empresa e a suas áreas de atividade, no quadro resumo da Tabela 1. A empresa é descrita de forma mais detalhada no capítulo 3.1 do presente trabalho de dissertação.

Tabela 1- Quadro-resumo da empresa de acolhimento



Missão	Comprometemo-nos a oferecer as melhores soluções metálicas, de acordo com as necessidades de cada cliente e tendo como objetivo a oferta de um serviço de máxima qualidade.
Filosofia	A filosofia da empresa assenta sob os valores de compromisso, confiança, lealdade e excelência.
Áreas de negócio	<ul style="list-style-type: none">○ Estruturas metálicas○ Estruturas de fachada○ Revestimentos metálicos○ Serralharias Ligeiras

O trabalho foi orientado na empresa pelo Engenheiro José Almeida, com funções no setor de produção e gestão da manutenção no âmbito da ISO 9001. Salientado ainda, todo o apoio do coordenador José Sousa, responsável pela manutenção na produção e pelo armazém de peças.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo, referente ao estado da arte, consiste na apresentação de todos os conceitos, metodologias e casos de estudo desenvolvidos até ao momento, que fundamentam o tema com base em artigos científicos, revistas e livros disponíveis.

2.1. Conceitos genéricos de manutenção

Ao longo do tempo, a manutenção tornou-se num assunto de maior ênfase para as indústrias, resultante dos padrões de qualidade exigidos pelos clientes e das constantes evoluções tecnológicas dos processos produtivos. A reduzida Disponibilidade dos equipamentos afeta a capacidade produtiva e os custos de reparação têm vindo a aumentar, desta forma, as empresas apostam na estruturação de uma estratégia de manutenção bem delineada.

O conceito de manutenção já não se simplifica na reparação após avaria ou substituição de peças, mas sim na garantia de fiabilidade e segurança do equipamento, bem como a otimização do ciclo de vida do equipamento (Mendes *et al.*, 2019). A manutenção foca-se em manter os equipamentos no estado desejável de operação eficiente e visa aumentar a Fiabilidade dos equipamentos, melhorando os processos e reduzindo os custos de reparação.

Atualmente, o processo de manutenção tem sido essencial no âmbito geral do negócio, nomeadamente a nível económico, ambiental e social (Antosz *et al.*, 2022) , de forma a assegurar um sistema produtivo flexível e eficiente. O Processo estratégico de manutenção, deve englobar todos os membros corporativos, para atingir metas de maior qualidade e de sucesso.

2.1.1. Definição

Segundo a norma NP EN 13306:2021, a manutenção “é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um equipamento, com o objetivo de o manter ou reparar de forma a conseguir desempenhar as funções requeridas”.

A manutenção é um conceito que se encontra vinculado com base nas atividades de reparação e assistência técnica. Embora a maior parte das opiniões ainda sejam pensadas desta forma, já existe uma visão mais ampla sobre a relevância das suas funções para a produtividade dos sistemas e envolvimento total de uma organização.

Os conceitos da manutenção evoluíram consoante a evolução dos processos e das necessidades do setor produtivo relativamente ao mercado. Nos últimos anos, abordam-se algumas filosofias, tais como: assegurar sistemas de grande Fiabilidade e Disponibilidade no sistema produtivo, intervenções do tipo programadas e planeadas, monitorização e inspeção dos equipamentos para obtenção do melhor período das tarefas de manutenção, de forma a evitar possíveis falhas dos processos (Trojan *et al.*, 2013).

A definição de qualquer conceito existente não é universal, sendo essencial identificar diferentes definições do conceito manutenção, para compreendermos os avanços sentidos com o passar dos anos e as diferenças entre as mesmas. Assim, reuniu-se na Tabela 2 algumas das definições de diferentes autores.

Tabela 2- Definições do conceito manutenção

Autor	Definição
(Farinha, 1997)	A manutenção consiste na combinação de vários fatores, económicos, de engenharia e gestão para a otimização dos ciclos de vida dos equipamentos.
(Cabral, 2006)	A manutenção trata-se de ações técnicas ou administrativas que garantem o bom funcionamento das máquinas e das instalações, através de intervenções no tempo certo, de forma a evitar avarias ou diminuições de carga, e, ainda otimizar os custos.
(Márquez, 2007)	A manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um ativo, de forma a preservar e, ou restaurar, permitindo-lhe desempenhar a sua função requerida.
(Pinto, 2013)	A manutenção engloba todas as ações necessárias com o objetivo de manter os equipamentos, sistemas e instalações, com o desempenho desejado, realizando intervenções de carácter corretivo sempre que ocorram falhas ou avarias.
(Guariente <i>et al.</i> , 2017)	A manutenção representa um conjunto de técnicas e ferramentas que garantem a qualidade e confiabilidade dos equipamentos e inclusive instalações, de forma a não ocorrerem interrupções no sistema produtivo.
(Pinto <i>et al.</i> , 2020)	A manutenção é uma atividade fundamental no ciclo de vida útil do equipamento de forma a atingir a máxima Disponibilidade da máquina a baixos custos
(Kalathas & Papoutsidakis, 2021)	A manutenção trata-se de um processo de negócios, que oferece rentabilidade, produtividade e segurança a qualquer tipo de negócio.

Através destas definições com base numa sequência cronológica, é possível observar que o conceito de manutenção tem evoluído no tempo. O conceito da manutenção tornou-se numa vertente essencial no âmbito dos negócios, adquirindo mais valor e importância global.

2.1.2. Objetivos

O correto funcionamento de uma organização, resulta da harmonização dos seus diversos setores com os objetivos definidos pela empresa. A manutenção, não é exceção, pelo que é necessário identificar primeiramente os objetivos gerais, que estão diretamente relacionados com a visão global e as políticas da organização.

Segundo Márquez (2007), os objetivos da manutenção podem ser classificados de acordo com as seguintes categorias:

- **Objetivos técnicos:** Dependem do tipo de indústria em que a empresa atua, e representa a grande relação entre a Disponibilidade dos equipamentos e a segurança das pessoas;
- **Objetivos legais:** Em parte, são os objetivos que representam o cumprimento de todos os regulamentos existentes desde as instalações em geral, os equipamentos, meios de proteção contra incêndio, emissões, etc.;
- **Objetivos financeiros:** Satisfazer os requisitos dos objetivos técnicos ao menor custo possível.

O propósito da manutenção, não reside apenas, em manter os equipamentos no seu melhor estado de condição para desempenhar a função requerida. De acordo com Santos (2009), alguns dos principais objetivos da manutenção residem nos seguintes:

- Inspeção periódica dos equipamentos;
- Arquivar o histórico de avarias de todos os ativos para facilitar consultas futuras;
- Detecção de problemas e trabalhos de melhoria;
- Disponibilidade dos ativos e instalações evitando tempos de paragem produtivos;
- Redução da ação de intervenção através de planos de manutenção bem estruturados;
- Redução do número de avarias e desgaste dos equipamentos;
- Aumento do ciclo de vida dos equipamentos.

Para além dos objetivos apresentados anteriormente, a manutenção tem como função garantir outros fatores de importância para o bom funcionamento das organizações. Para Higgins *et al.* (2002) estes fatores são o principal foco e objetivo da manutenção: Qualidade, Segurança, Custo e Disponibilidade. Estes fatores são apresentados na Figura 2.

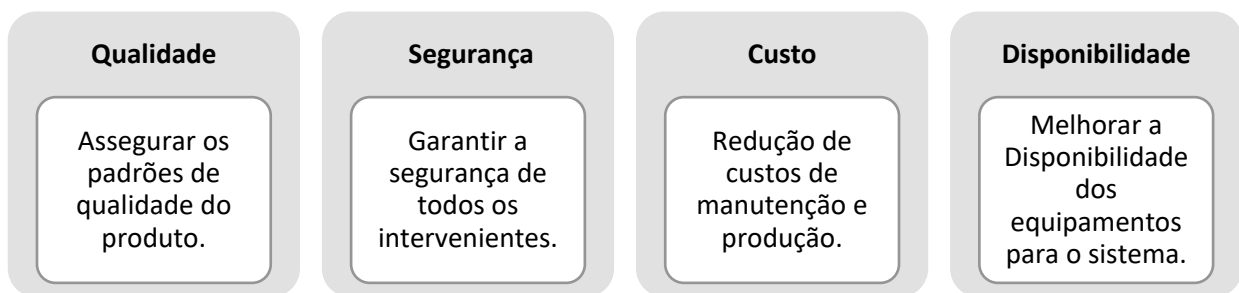


Figura 2- Principais fatores objetivo da manutenção adaptado (Higgins *et al.*, 2002)

Desta forma, para que a manutenção assegure todos os objetivos aqui abordados, é de extrema importância a valorização do departamento de manutenção, bem como, uma compreensão por parte da gestão de topo, relativamente aos investimentos que esta requer para obter resultados de desempenho e Disponibilidade dos equipamentos.

2.1.3. Tipos de manutenção

Em tempos anteriores, nas indústrias, a avaria de um equipamento que conduziria à paragem da produção, apenas se refletia em perdas de custos associadas ao tempo de paragem do sistema e aos custos de Manutenção Corretiva. Atualmente, estas podem ter consequências a nível de competitividade do mercado, qualidade do produto e segurança industrial. Deste modo, é importante estabelecer, adequadamente, o tipo de intervenção a realizar.

O processo de manutenção pode ser dividido sob diversas políticas, de acordo com o tipo de intervenção utilizada e da estratégia definida. Deste modo, conhecer o tipo de manutenção de uma intervenção e/ ou tarefa é um elemento crucial na realização de planos ajustados e adequados aos equipamentos e processos de uma dada indústria.

Geralmente, as ações de manutenção são enquadradas em duas categorias de classificação de manutenção: Manutenção Corretiva (MC) e Manutenção Preventiva (MP) (Wang & Miao, 2021). A MC acontece após a falha ou perda de desempenho de um equipamento, e, conseqüentemente, este tipo de intervenção, ainda é praticado por algumas organizações como única estratégia. A MP, é um dos tipos mais conhecidos e usuais de atividades de manutenção, em que as tarefas são executadas conforme o que está devidamente planejado (Nasrfard *et al.*, 2022), prevenindo a ocorrência de falhas e minimizando os custos de avarias.

De acordo com Montero Jimenez *et al.* (2020), como complemento a estes tipos de manutenção, anteriormente abordados, inclui-se a manutenção preditiva, que tem como princípio o diagnóstico e prognóstico do equipamento. A manutenção preditiva consiste na aplicação de técnicas tecnológicas que permitem verificar o estado de condição atual do equipamento e identificar as respectivas causas para manter o sistema nas condições necessárias durante o seu ciclo de vida útil (Eddarhri *et al.*, 2022; Montero Jimenez *et al.*, 2020).

A adoção de uma manutenção do tipo preventiva como método único, não é consensual, pois para uma boa gestão da manutenção deve estar presente os diversos tipos de manutenção, isto devido às diferentes características e condições que cada ativo apresenta quanto à sua manutenção.

A manutenção é conhecida na maior parte das indústrias, essencialmente, por dois grandes grupos de classificação, que são a Manutenção Preventiva e a Manutenção Corretiva.

De acordo com a norma europeia NP EN 13306:2021, a manutenção divide-se nos seguintes diferentes tipos de classificação, conforme é ilustrado na Figura 3.

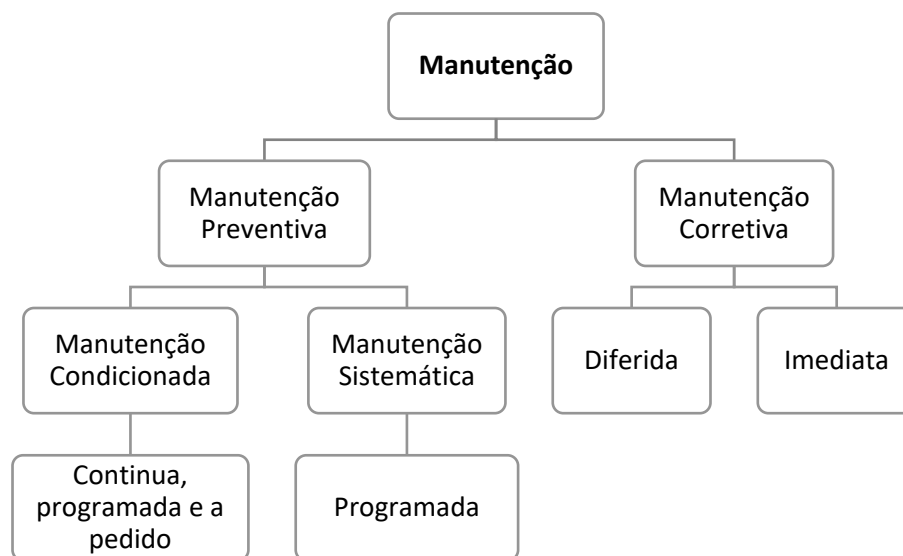


Figura 3- Tipos de manutenção adaptado da norma NP EN 13306:2021.

De modo a entendermos as principais características, vantagens e desvantagens de cada tipologia de manutenção, apresenta-se na Tabela 3, uma sucinta abordagem a cada classificação de manutenção, referindo também os âmbitos de aplicação de cada uma.

Tabela 3- Definição dos tipos de manutenção

Tipo de manutenção	Definição
Manutenção Corretiva	Este tipo de manutenção ocorre numa base não programada em que a intervenção atua após a falha do equipamento. Trata-se do tipo de manutenção que não envolve qualquer estruturação e planeamento. É a reparação ou substituição de um ativo após uma falha ter ocorrido com o objetivo de restaurar para um estado funcional o mais rapidamente possível (Eddarhri <i>et al.</i> , 2022). Adoção como estratégia única conduz a baixa Disponibilidade e Fiabilidade dos ativos e elevados custos de reparação. De salientar, que este tipo de manutenção, por vezes, é adequado para um dado conjunto de equipamento dos sistemas industriais.
Manutenção Preventiva	Manutenção programada, preparada e executada periodicamente ou segundo critérios definidos, com o objetivo de evitar o maior número possível de avarias e garantir o uso eficaz dos recursos (Mendes <i>et al.</i> , 2019). Engloba atividades de manutenção como realização de testes, medições, ajustes e substituição de peças e componentes. Este tipo de manutenção proporciona o aumento do ciclo de vida útil dos equipamentos, diminuição do tempo de inatividade da produção e a redução de custos de manutenção, pelo meio do estabelecimento de planos ajustados e adequados.
Manutenção Condicionada	Manutenção de carácter preventivo baseada na monitorização da condição do equipamento, inspeções, testes e ações, de forma, a detetar comportamentos anómalos, previsão da degradação e estimativa do tempo de falha associado. Este tipo de manutenção baseia-se essencialmente em dados, pois a partir dos dados, realiza-se a avaliação das condições do equipamento (Kalathas & Papoutsidakis, 2021). A realização da monitorização da condição de vários equipamentos, pode ser utilizada numa série de ativos que apresentem uma dada relação funcional (Li <i>et al.</i> , 2017), permitindo uma previsão do seu tempo de vida e do tempo da intervenção de manutenção em diversos equipamentos.
Manutenção Sistemática	Manutenção do tipo preventiva efetuada com base numa dada periodicidade, enquadra-se em setores de indústria e equipamentos muito específicos, não sendo o melhor método de forma generalizada. Além disto, exige maiores custos e recursos associados. Segundo a norma NP EN 13306:2021 é uma Manutenção Preventiva onde as intervenções são planeadas com periodicidades, quer de tempo, quer de unidade de uso, ou seja, passado o intervalo de tempo, os componentes são substituídos ou recondicionados, independentemente de se apresentarem em bom estado de funcionamento. Dado que, este tipo de manutenção não é adequado a todas as indústrias, pois, pode-se estar a substituir componentes sem qualquer necessidade. Por outro lado, é um sistema muito importante para diversos ramos industriais, porque permite manter as boas condições de todos os equipamentos.

2.2. Indicadores de desempenho

A quantificação do desempenho da manutenção é um instrumento fundamental para o sucesso atual e futuro das organizações. Para os gestores da manutenção, um dos fatores cruciais reflete-se em garantir que as atividades de manutenção atinjam os resultados delineados. Esta monitorização realiza-se através da avaliação dos indicadores de desempenho, designados, frequentemente, por *Key Performance Indicators* (KPI's).

Segundo São José *et al.* (2020), as métricas de desempenho são uma ferramenta visual ou gráfica, que permitem uma avaliação clara e rápida das informações, obtendo respostas com eficácia. A sua utilização permite a comparação dos resultados com as metas, avaliar os resultados com dados anteriores, análise de custos envolvidos, e, ainda, a sua divulgação com os técnicos de manutenção, a fim de obter um melhor desempenho (Shaw *et al.*, 2019).

Uma das questões mais importantes na implementação dos índices de desempenho da manutenção, trata-se do alinhamento dos objetivos da manutenção, de acordo com a estratégia corporativa, de modo, a estruturar as metas a atingir e os planos de ação.

Estudos de vários autores abordam esta questão, tal como Muchiri *et al.* (2011), pesquisa desenvolvida numa indústria belga, em que demonstra que os indicadores de desempenho não devem ser definidos isoladamente, mas devem resultar de análises rigorosas da função manutenção com outras funções organizacionais, destacando os requisitos da produção. Ainda como, o estudo de Oliveira *et al.* (2016), realizado em empresas do polo industrial de Manaus, no Brasil, ressalva que as empresas devem requerer uma melhor utilização, compreensão e aplicação das métricas de manutenção.

Segundo a norma NP EN 15341:2007 a utilização destes indicadores permite à organização:

- Medir o estado da função manutenção;
- Avaliar o desempenho da manutenção;
- Comparar o desempenho atual com outros resultados;
- Identificar pontos fortes e fracos;
- Controlo do progresso e das mudanças ao longo do tempo;
- Definir novos objetivos;
- Planear estratégias e ações futuras;
- Divulgação de resultados com os colaboradores para gerar motivação e integração em equipa.

Posto isto, apresentam-se alguns dos indicadores de desempenho utilizados nas correntes indústrias, para análise do seu desempenho no processo de manutenção. Deste modo, segue-se uma breve explicação quanto ao seu significado como índice de avaliação, a sua equação matemática e os seus respetivos parâmetros de cálculo.

- **Taxa de avarias (λ)**

Taxa que exprime o número de avarias por unidade de tempo operacional (medida de Fiabilidade), conforme é representado na Equação (1).

$$\lambda = \frac{\text{Número de avarias}}{\sum \text{Tempo de utilização}} \quad (1)$$

- **MTTR - Mean Time to Repair**

O MTTR representa o tempo médio da intervenção, obtemos este indicador pelo quociente do tempo total de intervenção pelo número total de intervenções, de acordo com a Equação (2). Para este indicador o objetivo é a sua redução, pelo que, envolve custos e paragens associadas.

$$MTTR = \frac{\sum \text{Tempo de intervenção}}{\text{Número de intervenções}} \quad (2)$$

- **MTBF - Mean Time Between Failures**

O MTBF traduz-se no tempo médio entre avarias de um determinado ativo, para o calcular temos de definir o tempo de utilização efetivo do equipamento, através do tempo total disponível do ativo e retirar o tempo total perdido (tempo da intervenção) e dividir pelo número de intervenções do ativo, conforme é ilustrado na Equação (3). Para este indicador o objetivo é o seu aumento, visto que é diretamente proporcional ao número de horas disponíveis para operações.

$$MTBF = \frac{\sum \text{Tempo de utilização}}{\text{Número de paragens}} \quad (3)$$

- **Disponibilidade (D)**

A Disponibilidade é a percentagem de tempo de serviço agendado no qual a máquina está disponível para executar uma determinada função e ou atividade, como é ilustrado na Equação (4).

$$D = \frac{\text{Tempo de atividade}}{\text{Tempo de atividade} + \text{Tempo de inatividade}} \quad (4)$$

- **OEE – Overall Equipment Effectiveness**

O indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é uma métrica quantitativa que se foca na eficácia operacional de um equipamento ou processo produtivo. A sua função assenta na medição do valor da eficácia dos equipamentos no que diz respeito à Disponibilidade, eficiência e capacidade para produzir produtos de qualidade (Candra *et al.*, 2017). Este indicador trata-se da métrica de desempenho e monitorização da filosofia TPM e do *Lean*, metodologias que visam eliminar todas as perdas associadas ao equipamento e aumentar a eficácia dos processos produtivos (Sonmez *et al.*, 2018).

A métrica de desempenho OEE, tem sido cada vez mais utilizada pelas diferentes indústrias, essencialmente, no controlo e monitorização dos equipamentos do sistema produtivo, mas também, para o desenvolvimento de técnicas de melhoria do processo (Mansur *et al.*, 2016).

Contudo, de acordo com o recente estudo de Kechaou *et al.* (2022), a estruturação e implementação de um sistema de medição OEE, depende do tipo de perdas associadas, que estão diretamente ligadas às especificações das operações. Assim, as organizações devem selecionar o sistema de medição OEE mais adequado, em conformidade com o contexto da empresa.

O OEE é a chave do sucesso da metodologia TPM que visa a eliminação das seis grandes perdas. Estas perdas são classificadas em três categorias, nomeadamente perdas por paragem, perdas por velocidade e perdas de qualidade, conforme são identificadas na Figura 4 (Mansur *et al.*, 2016). Estes tipos de perdas resultam de falhas ou avarias dos equipamentos, perdas de configuração, atrasos e paragens, redução de velocidade e defeitos de qualidade (Candra *et al.*, 2017).

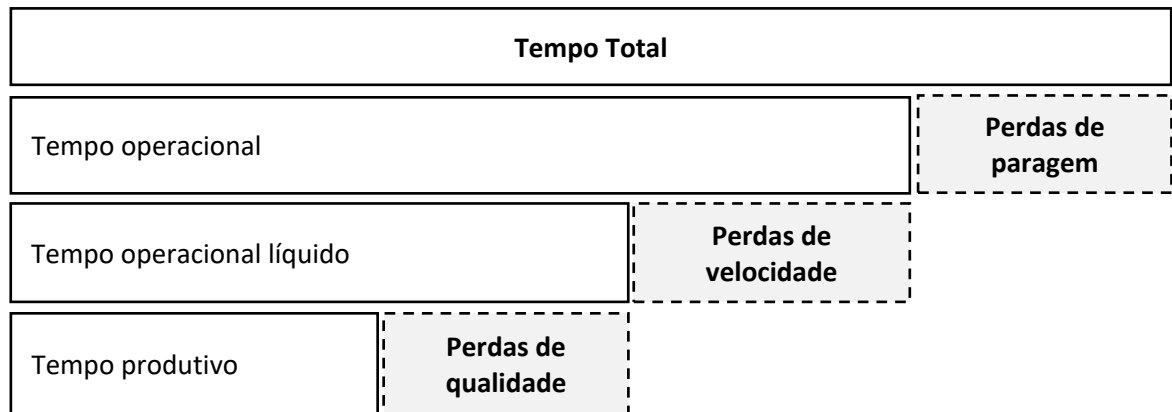


Figura 4- Principais perdas do cálculo do OEE adaptado (Sonmez *et al.*, 2018)

Estas perdas mencionadas quantificam o valor do OEE e possibilitam conhecer a operacionalidade dos ativos, velocidade de produção e a quantidade de produtos sem defeito (Kechaou *et al.*, 2022). Este valor traduz-se pela multiplicação das suas componentes de avaliação, nomeadamente, a Disponibilidade, o Desempenho e a Qualidade, como é possível ver na Equação (5).

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (5)$$

Sendo que:

Disponibilidade: Percentagem de tempo em que o equipamento se encontra efetivamente operacional, onde é possível identificar a quantidade de paragens não planeadas (Paragens);

Desempenho: Percentagem da capacidade de produção (Velocidade de produção);

Qualidade: Percentagem de produtos “bons” em relação a todos os produtos produzidos.

Para uma melhor compreensão da aplicabilidade e relevância dos indicadores de desempenho para as organizações, segue-se através da literatura disponível, alguns dos artigos científicos que têm como foco a abordagem de KPI's, em diversos contextos e sistemas produtivos, conforme é ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4- Casos de estudo de KPI's

Autor	Descrição do caso de estudo
(Shohet <i>et al.</i> , 2017)	Este trabalho teve como objetivo implementar um conjunto de KPI's específicos com base numa amostra de 42 instalações clínicas em Israel, para avaliar o desempenho de manutenção das instalações, estabelecer uma política estratégica, e, por fim, definir prioridades no plano de manutenção. Os KPI's selecionados para avaliar o desempenho das instalações foram desenvolvidos e utilizados em estudos anteriores. Procedeu-se à adaptação dos índices de desempenho, de acordo com o ambiente clínico, através da redefinição dos sistemas e componentes que constituem o edifício. Concluiu-se, que os sete KPI's implementados, procuram desenvolver a melhoria contínua ao nível estratégico e tático da gestão da manutenção, no setor da saúde em geral e nas clínicas comunitárias em particular.
(Gonzalez <i>et al.</i> , 2017)	Este trabalho, baseado em discussões de representantes da indústria, teve como um dos objetivos a avaliação do valor dos KPI's para as atividades de operação e manutenção de parques eólicos. Numa primeira fase identificaram-se os diferentes <i>stakeholders</i> , envolvidos na fase de operação e manutenção de projetos de energia eólica, necessidades e objetivos para chegar a uma lista de possíveis indicadores de desempenho que atendessem a essas propriedades. Desta forma, foram identificados os indicadores de desempenho que forneceram às partes interessadas informações relevantes sobre a sua operação e dos seus negócios.
(Ferreira <i>et al.</i> , 2019)	Este trabalho teve como objetivo criar um KPI que permita a uma empresa avaliar as atividades de manutenção, bem como uma ferramenta para avaliar a obsolescência de componentes eletrónicos. Foram realizadas pesquisas sobre os KPI's já desenvolvidos e avaliações ao estado de obsolescência da linha de produção. Concluiu-se, que o desenvolvimento destas duas ferramentas foi alcançado com sucesso numa fábrica que se dedica à produção de laticínios. Contudo, podem ser adaptadas a qualquer tipo de indústria dependendo das necessidades em específico. Além disso, foi possível adequar o modelo às metas.
(Pinto <i>et al.</i> , 2019)	Numa empresa da indústria automóvel, localizada em Portugal, foi necessário implementar os indicadores de desempenho no âmbito da norma IATF de 16949:2016. Foram implementados KPI's como o MTBF, MTR e OEE, de forma a analisar os problemas dos diversos equipamentos e a encontrar as possíveis melhorias. Foram, ainda, aplicadas metodologias como o SMED e o 5S com vista a reduzir tempos de paragem. Através das implementações realizadas, foi possível atingir os objetivos com sucesso, pelo que o tempo de setup diminuiu em 11 %, e o valor do OEE melhorou para 90.22 %.
(Ferreira <i>et al.</i> , 2020)	Este artigo foi realizado a partir de um estudo feito numa fábrica de processamento de alimentos, de forma a avaliar os procedimentos de manutenção numa empresa, através da utilização de KPI's e testes estatísticos. Para analisar o processo foram utilizados os indicadores RPR e o MPR que englobam as variáveis: tempo, número de operações e custo para operações de manutenção reativa e proativa. Para verificar a melhoria do processo foi utilizada uma matriz de decisão com os indicadores. Concluiu-se que a utilização de KPI's é de fácil utilização e fornecem informações relevantes para a melhoria e avaliação dos processos, como ainda, a utilização de KPI's, como o MTBF e o MTR, também podem fornecer mais dados sobre as operações realizadas.

2.3. Métodos de análise de criticidade de ativos

Em qualquer indústria, existe uma série de equipamentos que devem assegurar as condições necessárias da sua função para o correto funcionamento de um determinado processo produtivo. Os equipamentos que impactam diretamente o processo produtivo e afetam os objetivos do negócio, denominam-se, de equipamentos críticos. A indisponibilidade destes equipamentos, pode gerar consequências graves como paragens de produção, acidentes pessoais e ambientais, e, ainda, atrasos de entrega.

A análise de criticidade de ativos trata-se de um conjunto de atividades estruturadas, que permite classificar os equipamentos, quanto ao seu impacto no sistema produtivo e aos objetivos do negócio (Jasiulewicz–kaczmarek *et al.*, 2021). Segundo o estudo de Gopalakrishnan & Skoogh (2018), é essencial o suporte à avaliação da criticidade dos ativos, para que a priorização da manutenção seja realizada. Um esforço global da organização na priorização da manutenção baseada na criticidade da máquina, dirige a um planeamento eficaz da Manutenção Preventiva.

Neste contexto, a criticidade dos equipamentos de um sistema industrial, assume um papel fundamental para a política de manutenção, na medida em que, apoia o agendamento de tarefas de manutenção de acordo com o nível de prioridade, com o objetivo de minimizar a indisponibilidade e melhorar o desempenho (Lopes *et al.*, 2020).

As metodologias de avaliação de criticidade podem ser qualitativas ou quantitativas. Neste trabalho serão apresentadas duas destas metodologias: Matriz ABC e Matriz GUT.

2.3.1. Matriz ABC

A matriz de priorização ABC é uma das técnicas mais usuais na indústria, na medida em que, permite uma avaliação de criticidade eficaz em caso de inexistência de dados históricos e trata-se de um método simples de aplicação.

A ferramenta baseia-se num fluxograma de criticidade, em que avalia, a criticidade de cada ativo com base numa série de questões, conforme é ilustrado na Figura 5. Esta técnica possui uma matriz de critérios de criticidade, que nos permite definir uma classificação em três classes A, B ou C. De acordo com Santos *et al.* (2019), estas classes enquadram-se nos seguintes aspetos:

- **Classe A:** Equipamentos que afetam diretamente o processo de produção, ou que reduzam a capacidade produtiva e a qualidade dos produtos. Elevados custos associados;
- **Classe B:** Equipamentos importantes para o processo, mas não causam impactos diretos no sistema industrial e na qualidade. Relativamente à segurança e ambiente apresentam gravidade moderada e a sua falha requer o reprocessamento dos produtos pela operação;
- **Classe C:** Equipamentos necessários, mas que não afetam o processo industrial. O impacto é baixo quanto à segurança e meio ambiente, as falhas não intervêm na qualidade do produto e os custos não são relevantes, pelo que as ações aplicadas são do tipo corretiva.

A definição dos critérios para a avaliação podem influenciar a criticidade final, pelo que, diferem do tipo de organização, desde o tipo de indústria, de ativos e das regras implementadas (Jasiulewicz–kaczmarek *et al.*, 2021). A Tabela 5 ilustra uma relação entre os fatores de avaliação e os critérios definidos para cada classe de equipamento.

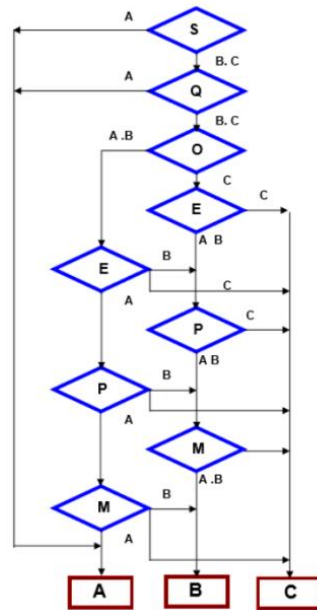


Figura 5- Fluxograma de decisão (Pires *et al.*, 2018)

Tabela 5- Exemplo de matriz de critérios de avaliação adaptado (Pires *et al.*, 2018)

Fatores	Fatores de avaliação	Classificação de criticidade de equipamento		
		Classe A	Classe B	Classe C
E	Condição de entrega	Paragens críticas da produção, afeta a entrega	Paragem em parte do processo, sendo recuperável	Paragens que não afetam a produção
S	Segurança e ambiente	Alto potencial de causa de acidentes e impacto ambiental	Alto potencial de causa de acidentes e impacto ambiental	Baixo potencial de causa de acidentes e impacto ambiental
Q	Qualidade	Produtos com defeito, gerando reclamações de clientes	Pode afetar a qualidade do produto, mas sem reclamações de clientes	Não afeta a qualidade do produto e consequentemente não existem reclamações do cliente
O	Condição de operação	Tempo de utilização acima de 90% ao mês	Tempo de utilização acima de 50% a 90% ao mês	Tempo de utilização abaixo de 50% ao mês
R	Fiabilidade	MTBF abaixo de 15 horas	MTBF acima de 15 horas até 30 horas	MTBF acima de 30 horas
M	Manutibilidade	MTTR acima de 30 horas	MTTR entre 3 e 5 horas	MTTR abaixo de 3 horas

Reuniu-se, através da recente literatura existente, alguns dos casos de estudo resultantes da aplicabilidade deste método de análise de criticidade, conforme se apresenta na Tabela 6.

Tabela 6- Casos de estudo com aplicabilidade da matriz ABC

Autor	Descrição do caso de estudo
(Santos <i>et al.</i> , 2019)	Este estudo foi desenvolvido numa empresa alimentar, líder na indústria portuguesa, e estudou os ativos de quatro fábricas. O objetivo deste trabalho foi classificar cada um dos equipamentos quanto à sua importância para o processo produtivo. A análise de criticidade dos ativos foi realizada através da classificação ABC. Este método utilizou cinco fatores de avaliação: Qualidade, Disponibilidade, Segurança e Meio Ambiente, Custos e Complexidade Tecnológica. Este trabalho fornece um método de classificação de ativos críticos, de acordo com sua importância para o processo produtivo, que pode ser facilmente adaptado para outras indústrias. Ressalva ainda, que a criticidade é um aspeto importante para a gestão da manutenção, e salienta a importância da sua constante revisão e atualização no sistema.
(Martins <i>et al.</i> , 2020)	Este trabalho teve como intenção a melhoria global do PMP, através de ferramentas e metodologias RCM (Manutenção Centrada na Fiabilidade) e TPM. O seu principal objetivo consistiu na obtenção de maior disponibilidade dos equipamentos e redução de perdas. Uma das ferramentas utilizadas foi a matriz de priorização, com base numa classificação ABC. A classificação dos ativos foi dividida em três classes, classe 1, classe 2 e classe 3, respetivamente de nível alto, médio e baixo. Resultaram do estudo 6,6%, 13,6% e 79,8% respetivamente em cada classe de classificação dos equipamentos. Após análise da classificação obtida, conclui-se que o método de criticidade é importante, conseguindo auxiliar na definição de estratégias e priorizar os ativos de acordo com suas especificações.
(Gong <i>et al.</i> , 2022)	Este estudo desenvolveu um modelo para ajudar na reparação dos componentes mais críticos, com objetivo na obtenção de maior eficácia na gestão de peças de reposição de automóveis. Foi utilizada a Análise de Criticidade e Efeito do Modo de Falha, como base para desenvolver um método de classificação ABC com maior precisão, para identificar os equipamentos críticos e tornar a manutenção mais eficiente. Foram definidos os critérios de avaliação, nomeadamente, segurança, fiabilidade e custo, e definiu-se os pesos para cada um deles. Desta forma, foi calculado o número de prioridade de risco dos componentes através do método FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falha) e classificou-se cada componente numa classe ABC. A pesquisa mostra que o número de peças A e B foram reduzidos com o método desenvolvido, diminuindo assim os custos, e, aumentando a segurança do sistema. Este estudo comparou o método ABC melhorado com o tradicional.

2.3.2. Matriz GUT

A matriz GUT é uma ferramenta da qualidade que auxilia as empresas no âmbito da priorização de resolução de problemas, definição de estratégias, tomada de decisão, e ainda, análise de prioridade de determinadas ações (Pereira *et al.*, 2020). A sua avaliação baseia-se segundo os parâmetros de Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T) (Stratoudakis *et al.*, 2015):

- Gravidade: Indica o impacto se um problema permanecer;
- Urgência: Avalia a importância do problema ou situação;

- Tendência: Reflete a progressão da situação em análise.

O princípio desta ferramenta assenta na priorização de problemas, pelo que, primeiramente, realiza-se a pontuação de um a cinco dos seus parâmetros (GUT), como é exemplo na Tabela 7.

Tabela 7- Exemplo de atribuição de valores adaptado (Pestana *et al.*, 2016)

Valor	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Ação imediata	Piorar rapidamente
4	Muito grave	Urgente	Piorar no curto prazo
3	Grave	Ação normal	Piorar no médio prazo
2	Pouco grave	Pouco urgente	Piorar no longo prazo
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar

Após definida esta pontuação, de acordo com o exemplo da matriz na Tabela 8, efetua-se o cálculo $G \times U \times T$, obtendo a priorização dos problemas através desse mesmo resultado.

Tabela 8- Exemplo de matriz GUT adaptado (Pestana *et al.*, 2016)

Problemas	G	U	T	GUT
	Gravidade	Urgência	Tendência	
Problema 1	1	5	3	15
Problema 2	2	4	5	40
Problema 3	3	1	2	6
Problema 4	3	4	2	24
Problema 5	4	5	1	20

Esta ferramenta é essencialmente aplicada nas áreas da qualidade, mas, cada vez mais, tem sido utilizada em âmbitos diferentes. Ainda como, a sua aplicabilidade não se resume na resolução de problemas de indústrias, mas também, na resolução de problemas de priorização em diferentes temáticas.

Deste modo, apresenta-se na Tabela 9, alguns casos de estudo de diversos contextos em que foi utilizado o método GUT.

Tabela 9- Casos de estudo da aplicabilidade da matriz GUT

Autor	Descrição do caso de estudo
(Stratoudakis <i>et al.</i> , 2015)	Este estudo teve como objetivo melhorar a compreensão dos principais problemas do sistema de pesca através de etapas de envolvimento entre representantes da pesca, cientistas e gestores. Numa etapa deste trabalho, foi realizada uma priorização de ações através do método GUT, desta forma, foram definidas variáveis e as respetivas pontuações na matriz de priorização de problemas. No presente estudo, observou-se, que esta ferramenta foi bastante útil para a fase de definição e priorização de ações das partes interessadas, ainda como, permitiu a incorporação de preocupações socioeconômicas no delineamento do plano de ação.

Tabela 9 – Casos de estudo da aplicabilidade da matriz GUT (cont.)

(Braga <i>et al.</i> , 2019)	O presente trabalho apresenta a aplicação do método Matriz GUT, como ferramenta na avaliação de manifestações patológicas em edifícios, especificamente, em Igrejas. Durante as vistorias foi realizado um registo fotográfico das manifestações patológicas encontradas em cada obra para efeitos da sua priorização. Foram determinados os devidos pesos para cada parâmetro e calculou-se o produto dos seus respetivos valores (G x U x T), de forma, a classificar cada patologia em (Total, Alto, Médio, Baixo, Nenhum). Este estudo, concluiu que a Matriz GUT pode ser uma ferramenta importante na gestão da manutenção dos edifícios, contribuindo para a preservação e segurança das infraestruturas.
(Novaski <i>et al.</i> , 2020)	Este estudo foi realizado numa empresa que atua no setor de panificação na cidade da Foz do Iguaçu. O principal objetivo residiu na identificação e priorização das perdas que ocorrem durante o processo de uma panificadora, com base no mapeamento do processo através do método GUT. Foram observadas algumas perdas envolvidas durante a execução da operação e analisou-se, através da matriz GUT as perdas mais frequentes e urgentes na produção, que devem ser priorizadas em primeira instância. Concluiu-se, neste estudo, que 77% das perdas estão associadas à execução inadequada de algumas atividades e, ainda, a importância da priorização de problemas ou perdas na realização de planos de ação corretiva e decisões sobre o sistema.

2.4. TPM- Total Productive Maintenance

Atualmente, o ambiente competitivo que rodeia as organizações, exige que as empresas procurem técnicas de melhoria integradas nos diversos setores industriais. Deste modo, a filosofia TPM, é cada vez mais implementada nas indústrias, para melhorar a eficiência dos processos, minimizar os custos, eliminar perdas, e, proporcionar o envolvimento de todos os colaboradores.

Assim, segue-se uma breve contextualização da filosofia TPM, os seus principais objetivos e os seus conceitos fundamentais para a obtenção de resultados impactantes.

2.4.1. Definição e características do TPM

Na perspetiva de alcançar estratégias que desenvolvessem uma maior eficiência do processo de manutenção, tendo em conta a participação de todos os colaboradores, surgiu, assim, a filosofia TPM. O conceito TPM tem origem nos anos 70, no Japão, tendo como primeira implementação de sucesso, a empresa *Nippon Denso*, como resultado das práticas de Manutenção Preventiva aliadas às ações de Manutenção Autónoma (Teixeira *et al.*, 2018; Zulkifly *et al.*, 2021).

O TPM, conceito proveniente da filosofia *Lean*, representa um conjunto de técnicas e atividades integradas na organização, que conduzem à otimização dos processos (Guariente *et al.*, 2017). De acordo com o principal investigador (Nakajima, 1988), esta filosofia representa uma abordagem inovadora do processo de manutenção, que conduz a ganhos de produtividade e eficiência geral dos equipamentos do sistema, através da implementação de diversas atividades diárias de carácter autónomo (Singh *et al.*, 2013).

Algumas das características deste conceito são traduzidas através das suas siglas, assim, esquematiza-se na Figura 6 uma breve interpretação das mesmas.

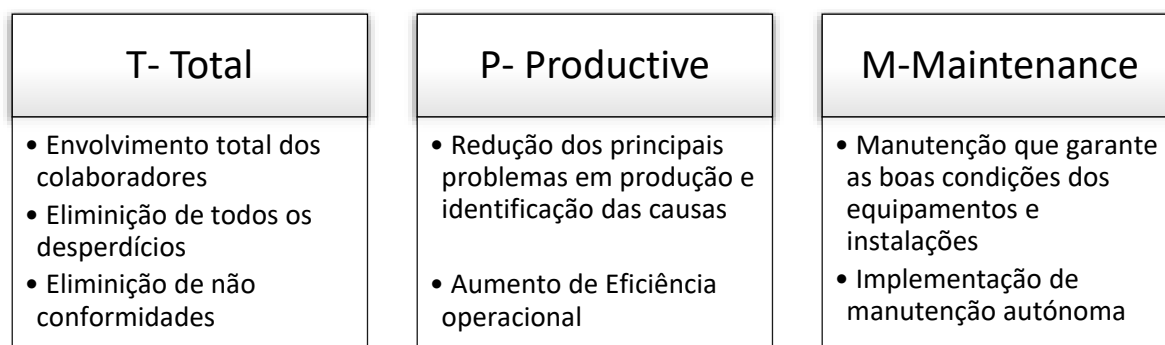


Figura 6- O significado de TPM adaptado (Pačaiová & Ižaríková, 2019)

A metodologia TPM foca-se no desempenho operacional do equipamento, mas baseia-se, essencialmente, no envolvimento de todos os funcionários e membros corporativos, desde a produção até à gestão de topo no processo de manutenção (Ribeiro *et al.*, 2019).

Este método utiliza as competências de todos os colaboradores e proporciona incentivo na realização das tarefas diárias (Rathi *et al.*, 2021). Este envolvimento contínuo dos colaboradores, traduz-se em melhorias da produção, na medida em que garante a Fiabilidade das instalações e a correta organização dos recursos, bem como, a geração de um ambiente motivacional, atingindo maior qualidade e produtividade a nível da concorrência (Mishra *et al.*, 2021; Pinto *et al.*, 2020).

A implementação deste método nas indústrias assenta no desenvolvimento de uma cultura que proporciona a integração da manutenção com a engenharia e gestão, de modo a garantir que os funcionários mantenham os equipamentos em boas condições, através da melhoria da qualidade, limpeza e harmonização da tecnologia avançada com os colaboradores (Arslankaya & Atay, 2015).

A métrica de desempenho que avalia o sucesso das atividades do TPM é o indicador OEE. Como já abordado anteriormente, este é um indicador que atua ao nível da eficiência global do equipamento, sendo o principal objetivo desta metodologia o aumento do seu valor. De acordo com Gupta & Vardhan (2016), a medição inicial do OEE no início da implementação do TPM é normalmente inferior a 40%. A implementação de um sistema TPM bem definido, gera, em média, valores de OEE para mais de 85% como um padrão de classe mundial.

2.4.2. Objetivos do TPM

Na fase de implementação do TPM deve-se ter em conta os objetivos estabelecidos pela organização, ou seja, existir uma coesão com a visão e a estratégia definida pela empresa.

O objetivo global da metodologia TPM assenta na melhoria da estrutura da empresa, quer a nível de equipamentos, ferramentas e instalações, como também, ao nível das pessoas, envolvendo conhecimento, habilidades e relações. A filosofia TPM tem como um dos seus principais objetivos providenciar uma relação cooperativa entre todas as funções organizacionais, mas em particular, entre a produção e a manutenção (Chan *et al.*, 2005), de forma a melhorar a qualidade do produto, a Disponibilidade do equipamento e o desempenho operacional.

O TPM propõe a obtenção do cenário produtivo ideal, em que englobe zero avarias, zero defeitos, zero anomalias, zero acidentes e zero perdas (Suryaprakash *et al.*, 2019).

Desta forma, os principais objetivos do TPM, tendo em conta os autores (Candra *et al.*, 2017; Pačaiová & Ižariková, 2019), resumem-se nos seguintes tópicos:

- Maximização da eficiência global do equipamento, através do aumento da métrica OEE;
- Estruturação de um sistema de Manutenção Preventiva de acordo com as necessidades da organização e foco na melhoria contínua;
- Eliminação das seis grandes perdas, que engloba as perdas por paragem, perdas por velocidade e de produtos não conformes;
- Aumento de Produtividade, pelo meio de técnicas de envolvimento e cooperação dos trabalhadores e satisfação de trabalho;
- Atribuição de responsabilidades equivalentes a todos os setores organizacionais;
- Envolvimento total dos colaboradores;
- Implementação de Manutenção Autônoma através de atividades diárias;
- Introdução de atividades 5S no local de trabalho para proporcionar melhores condições;
- Redução de custos de manutenção.

2.4.3. Oito pilares do TPM

O JIPM - *Japan Institute of Plant Maintenance* apresentou um modelo com oito pilares, conforme ilustrado na Figura 7. Este modelo é conhecido por “casa TPM” e representa toda a filosofia do TPM, na medida em que, cada pilar foi desenvolvido tendo em conta as principais ferramentas de melhoria dos processos de manutenção e dos conceitos base da metodologia TPM.

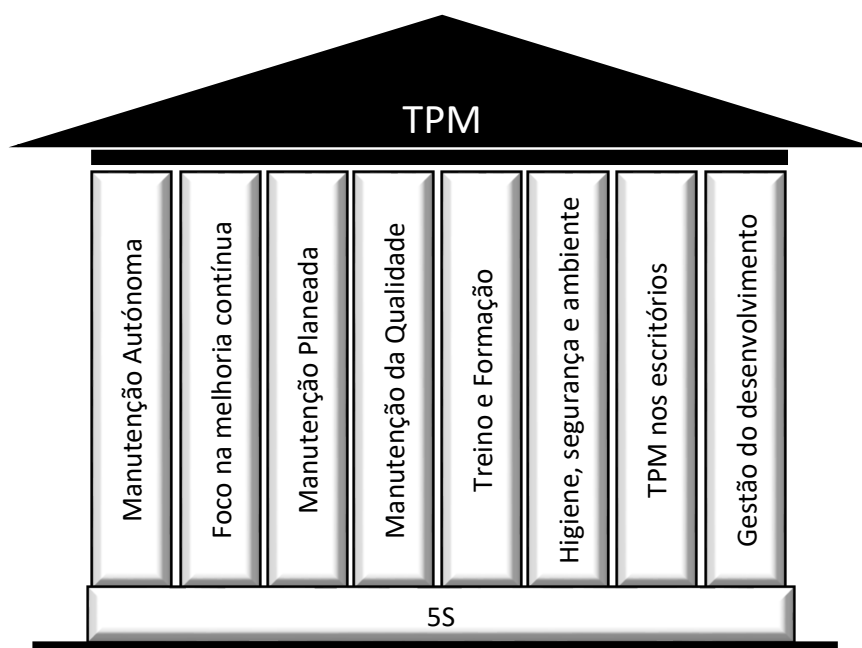


Figura 7- Oito pilares do TPM adaptado (Chintada & Umasankar, 2022)

A implementação do TPM numa indústria que pratica métodos e políticas tradicionais de manutenção, torna-se difícil a nível organizacional, pelo que, se deve orientar pelos oito pilares. Na base do TPM encontra-se a metodologia 5S, que é o fator chave para o início da sua implementação, bem como, os seus pilares, que garantem conceitos essenciais para uma eficaz e eficiente implementação: Manutenção Autónoma, foco na melhoria, manutenção planeada, manutenção da qualidade, Treino e formação, Higiene, segurança e ambiente, TPM nos escritórios e gestão do desenvolvimento. Na Tabela 10 apresenta-se uma sucinta abordagem a cada um destes pilares.

Tabela 10- Descrição dos pilares do TPM adaptado (Chintada & Umasankar, 2022; Méndez & Rodriguez, 2017)

Pilares	Tarefa
Manutenção Autónoma	Desenvolvimento de pequenas tarefas de manutenção como limpeza, lubrificação e inspeção, a cargo do operador do equipamento, conduzindo à redução das perdas associadas à inatividade e ao aumento de responsabilidade dos operários.
Manutenção Focada	Foco na eliminação de todas as perdas do sistema produtivo, através da utilização de ferramentas como FMEA e diagrama causa-efeito, a fim de alcançar valores da eficiência do sistema global próximos de 100%.
Manutenção Planeada	Definição de um nível de desempenho do equipamento ideal e realização de planos de Manutenção Preventiva e/ou preditiva para manter esse estado de boas condições. Implementação de folhas de verificação simples e eficazes.
Manutenção da Qualidade	Foco na obtenção de zero não conformidades. Ajuste gradual do sistema para gerar processos estáveis com qualidade adequada tendo em conta os padrões definidos pelo cliente.
Treino e Formação	Formação adequada aos técnicos de manutenção sobre os diversos equipamentos, no que diz respeito ao seu funcionamento e ao rigor das normas. Avaliação e atualização periódica das competências dos colaboradores.
Higiene, Segurança e Ambiente	Garantir um local de trabalho seguro, limpo e organizado, respeitando todas as medidas de segurança, de modo, a eliminar doenças, acidentes pessoais e ambientais.
TPM nos escritórios	Eliminar as diferenças entre os diversos setores da organização e aplicar o método 5S nas áreas de trabalho.
Gestão do desenvolvimento	Aplicação da aprendizagem da implementação do TPM em equipamentos anteriores, para minimizar os problemas, e aumentar a eficiência em novos equipamentos, atingindo uma maior disponibilidade e qualidade do produto.

2.4.4. 5S como base do TPM

A metodologia 5S é considerada a base para a implementação da filosofia TPM. O objetivo inicial do TPM reside na identificação dos principais problemas e perdas, pelo que, quando um local de trabalho é desorganizado, os colaboradores não visualizam corretamente os problemas, sendo necessário a organização e limpeza de todas as áreas de trabalho organizacionais (Chintada & Umasankar, 2022; Suryaprakash *et al.*, 2019).

Este método tem origem no Japão e resultou da cultura *kaizen*, em que representa toda a gestão envolvida no local de trabalho (Jiménez *et al.*, 2015), alcançando um ambiente de trabalho produtivo e a disciplina dos colaboradores na limpeza e organização do seu posto de trabalho.

A abordagem 5S requer uma nova filosofia e estruturação do trabalho, que pressupõe o cumprimento de cinco fases com a letra inicial “S” (Pascal *et al.*, 2019), conforme ilustra a Figura 8.



Figura 8- Etapas da metodologia 5S (Veres *et al.*, 2018)

Esta metodologia é uma ferramenta importante para implementar bons hábitos de organização no trabalho e gerar uma atitude de mudança dos colaboradores, de forma a providenciar técnicas futuras de melhoria (Marinho *et al.*, 2021). A sua designação 5S corresponde a um conjunto de cinco palavras de origem japonesa, que representam as cinco fases desta metodologia, assim, apresenta-se sucintamente, na Tabela 11, o significado e propósito de cada uma destas etapas.

Tabela 11- Significado de cada etapa da metodologia 5S adaptado (Costa *et al.*, 2018; Jiménez *et al.*, 2015; Veres *et al.*, 2018)

5S	Significado
Seiri (Uso)	Eliminar o que não é necessário no local de trabalho. Apenas ficar com o material necessário para a execução da atividade.
Seiton (Organização)	Organizar os elementos de trabalho de forma adequada para evitar tarefas de procura que não acrescentam valor.
Seiso (Limpeza)	Limpeza geral da área de trabalho para proporcionar boas condições de higiene e segurança no posto e para os seguintes utilizadores.
Seiktsu (Padronização)	Desenvolver padrões práticos e simples para que os colaboradores concretizem as três atividades anteriores da mesma forma.
Shitsuke (Disciplina)	Garantir o cumprimento das regras e procedimentos estabelecidos, integrando o método do 5S na política da organização.

A implementação desta técnica representa um conjunto de benefícios para a organização (Costa *et al.*, 2018), no que diz respeito à melhoria dos processos, qualidade dos produtos, limpeza geral dos locais de trabalho, maior segurança, redução de custos, aumento da eficiência dos processos e na eliminação dos desperdícios (Veres *et al.*, 2018). Além disto, este método reúne vantagens para os colaboradores, na medida em que, proporciona um ambiente de trabalho mais agradável e seguro, oferece oportunidades de desenvolvimento da sua criatividade e incute boas práticas e hábitos do trabalho em equipa (Arslankaya & Atay, 2015).

O estudo de Chintada & Umasankar (2022) aborda a ergonomia no trabalho como um elemento essencial para o aumento de produtividade. Este autor salienta que a metodologia 5S, representa um papel fundamental para reduzir a fadiga dos colaboradores, o stresse e os acidentes no trabalho. Assim, através desta técnica, os operadores são treinados para criar um ambiente sistematizado, reduzindo o esforço humano nas atividades operacionais e administrativas.

2.4.5. Manutenção Autônoma

Um dos pilares essenciais na implementação do TPM é a Manutenção Autônoma, como já abordado anteriormente. Este pilar baseia-se no incremento de atividades diárias de verificação, inspeção, lubrificação e limpeza, para reduzir o número de avarias dos equipamentos, eliminar o tempo de inatividade e controlar a vida útil do equipamento (Gajdzik, 2014; Pinto *et al.*, 2020).

Os responsáveis pelas atividades de MA (Manutenção Autônoma) são os trabalhadores das respectivas linhas de produção de cada equipamento, inculcando aos operadores a asseguarção das boas condições dos equipamentos, impedindo qualquer anomalia ou avaria (Gajdzik, 2014).

Estas atividades simples de manutenção criam responsabilidade aos operadores, tornando-os versáteis e capazes de eliminar pequenos defeitos. Desta forma, existe uma libertação dos técnicos qualificados de manutenção, conseguindo concentrarem-se, essencialmente, em atividades de valor acrescentado e reparações mais técnicas (Singh *et al.*, 2013).

No trabalho desenvolvido por Martins *et al.* (2020), aplicou-se a Manutenção Autônoma nos equipamentos de elevada criticidade do sistema, através de folhas de manutenção que englobam os procedimentos necessários, para os operadores realizarem as intervenções. Verificou-se que com a implementação da MA, atingiu-se uma redução significativa do número de falhas, existindo uma redução de 50% em dois dos equipamentos analisados.

O sucesso da implementação da Manutenção Autônoma nas organizações, pelo meio do trabalho dos operadores, requer que estes tenham as qualificações e competências necessárias. De acordo com Molenda (2016), deve-se dividir este processo por fases, de modo a organizar e explorar, adequadamente, os objetivos definidos para cada fase.

A recente pesquisa de Au-Yong *et al.* (2022), investigou os fatores-chave para promover a participação total dos funcionários nas atividades de manutenção de edifícios verdes. As tarefas básicas de manutenção realizadas pelos funcionários são o fator crítico do sucesso da implementação do TPM, tratando-se da variável em estudo. Através da formulação de um modelo de previsão, este estudo destacou que o conhecimento sobre TPM, a comunicação de problemas e consciencialização entre as partes interessadas dos edifícios verdes, são elementos fundamentais para aumentar a participação dos funcionários nas atividades de operação e manutenção.

Desta forma, a implementação da Manutenção Autônoma deve seguir determinadas etapas, conforme é ilustrado na Tabela 12.

Tabela 12- Fases de implementação da Manutenção Autônoma adaptado (Molenda, 2016)

Fase	Descrição	Características
1	Limpeza Inicial	Realizar a limpeza completa do equipamento.
2	Eliminação de fontes de poluição e locais de difícil acesso	Remover ou reduzir elementos de poluição e locais de difícil acesso, para facilitar a limpeza das máquinas e o acesso às diversas áreas do espaço de trabalho.
3	Normas de limpeza e inspeção	Introdução de normas visuais, de limpeza e organização, com base na metodologia 5S de forma a manter o local de trabalho limpo e ágil.
4	Inspeção geral do equipamento	Conhecimento essencial para a inspeção dos equipamentos. Realização de manuais base para a correta realização das intervenções.

Tabela 12- Fases de implementação da Manutenção Autônoma adaptado (Molenda, 2016) (cont.)

Fase	Descrição	Características
5	Inspeção geral do processo	Adoção de técnicas de gestão visual e de check-up, de modo, a agilizar a detecção de falhas e /ou problemas das máquinas por operadores e técnicos de manutenção.
6	Sistematização da MA	Prevenção de defeitos e falhas no processo através de ferramentas como Poka-Yoke. Implementação da autonomia operacional.
7	Gestão autónoma e melhoria	Melhoria contínua. Formação e treino constante das equipas, em função de melhores resultados.

2.4.6. Implementação do TPM

A implementação da metodologia TPM nas organizações não se trata de um processo de adaptação simples, pois engloba regras, disciplina e rigor abrangentes a todos os setores organizacionais. O estabelecimento da filosofia TPM numa indústria, envolve diversas preparações, desde questões financeiras e de recursos envolvidos, bem como competências e conhecimento.

A implementação do TPM engloba dificuldades e circunstâncias críticas, tanto na sua introdução, como ao longo da sua aplicação. Um dos fatores importantes é a aceitação e convicção do pessoal da produção, quanto ao âmbito da sua utilidade prática e benefício organizacional (Hardt *et al.*, 2021). Assim, é fundamental estabelecer formações de educação e treino para os colaboradores, de modo, a divulgar a importância desta metodologia na visão organizacional.

De facto, ao longo do tempo, a incorreta implementação do TPM nas indústrias é notória. Uma das causas mais frequentes trata-se dos colaboradores não compreenderem a essência do TPM. Desta forma, a gestão de topo deve explicitar devidamente os objetivos e os benefícios do TPM para a comunidade organizacional, pelo meio de equipas responsáveis e disciplinadas, para que os operadores estejam preparados para adotar o TPM no futuro (Zulkifly *et al.*, 2021).

Segundo Ng (2017), em muitas indústrias que implementaram a técnica do 5S, os operadores apenas realizavam as atividades, antes de auditorias ou quando os técnicos ordenavam. Isto indica que a metodologia 5S não irá ter sucesso, nem vantagens para a organização a longo prazo, devido aos funcionários não apresentarem a assimilação correta da metodologia 5S.

Deste modo, a implementação do TPM deve ser realizada em quatro fases, que se dividem em doze etapas, conforme é ilustrado na Tabela 13 , inclusive, as ações de cada uma delas.

Tabela 13- Fases e etapas da metodologia TPM adaptado (Teixeira *et al.*, 2018)

Fase	Etapas	Ações
Preparação	1- Direção comunica a intenção da introdução do TPM.	Reunião interna com os responsáveis de todos os departamentos.
	2- Divulgação das formações de treino e educação do TPM.	Planeamento de formações em equipas, de acordo com o cargo de cada colaborador.
	3- Definição da estrutura para a implementação do TPM.	Realização de grupos e / ou equipas de cada especialidade e nível hierárquico para promover o TPM.
	4- Estabelecimento dos objetivos e políticas do TPM.	Análise e definição de objetivos.

Tabela 13- Fases e etapas da metodologia TPM adaptado (Teixeira *et al.*, 2018) (cont.)

Fase	Etapas	Ações
Preparação	5- Elaboração de um plano para o desenvolvimento do TPM.	Preparação e realização de planos detalhados de cada atividade.
Lançamento	6- Lançamento e início do TPM.	Convite aos clientes, parceiros e fornecedores.
Implementação	7- Melhoria do desempenho operacional.	Seleção de equipamentos e formação de equipas de projeto.
	8- Estruturação de um programa de Manutenção Autónoma.	Estabelecimento de etapas de desenvolvimento e ferramentas de diagnóstico e aprovação.
	9- Desenvolvimento de um plano de manutenção programada para o departamento de manutenção.	Incluir manutenção periódica e preditiva, assim como a gestão de peças de sobra, ferramentas e planos de manutenção.
	10- Formação e treino para melhorar conhecimentos e habilidades operacionais.	Formação dos líderes em equipas, para que possam ensinar as informações necessárias aos restantes membros.
	11- Desenvolvimento de um programa de controlo inicial dos equipamentos.	Elaboração de Manutenção Preventiva para o controlo de fase inicial.
Consolidação	12- Implementação ideal do TPM.	Definição de objetivos desafiantes.

Estudos recentes de Mishra *et al.* (2021) e Rathi *et al.* (2021), destacam as barreiras e dificuldades da implementação do TPM nas indústrias indianas. Estas pesquisas têm como objetivo ajudar no sucesso da implementação do TPM nas indústrias e contribuir para o ganho de competitividade.

O trabalho de investigação de Mishra *et al.* (2021), desenvolveu um modelo hierárquico de barreiras do TPM através da análise integrada de ferramentas. Esta abordagem contribuiu para a identificação das barreiras do TPM e aplicar este conceito no seu sistema. O trabalho de Rathi *et al.* (2021), salienta que o TPM se trata de uma grande mudança para todas as organizações, sendo fundamental a sua correta implementação. Assim, o seu principal objetivo assenta na identificação das barreiras do sucesso do TPM, através de análise estatística e análise do índice de importância, conseguindo facilitar o processo de implementação do TPM nas indústrias indianas.

Deste modo, a implementação do TPM trata-se de um processo exigente para toda a organização, inclusive para a gestão de topo. Salientando ainda, que, as suas fases e etapas dependem do tipo de indústria e dos objetivos definidos para a gestão da manutenção.

2.5. Estado da arte do TPM

Neste capítulo, apresentam-se alguns casos de estudo recentes, que resultaram da implementação da filosofia TPM em diversas indústrias, conforme é apresentado na Tabela 14.

Tabela 14- Casos de estudo de implementação do TPM

Autor	Descrição do caso de estudo
(Mwanza & Mbohwa, 2015)	Este trabalho desenvolveu um modelo TPM para melhorar o sistema de manutenção numa empresa de produtos químicos na Zâmbia. Foram definidos os objetivos para avaliar o sistema de manutenção atual, para determinar a eficácia geral do equipamento, identificar os principais indicadores de desempenho e fatores de sucesso do TPM. Através dos dados recolhidos verificou-se que existiam várias lacunas no sistema de manutenção, como a presença de 67,6% de Manutenção Corretiva, 24,3% de Manutenção Preventiva e 8,1% não aplicável e, apenas 14% dos operadores estavam envolvidos nas tarefas de manutenção. O cálculo do OEE resultou em 37%, o que foi abaixo do padrão de classe mundial cerca de 50%. Desta forma, os autores implementaram um sistema TPM para melhorar o OEE, reduzir as perdas e promover o envolvimento total dos colaboradores.
(Méndez & Rodriguez, 2017)	Este estudo foi realizado numa indústria automóvel, que produz peças originais para diversas empresas. O seu objetivo consistiu na aplicação da filosofia TPM para evitar perdas e aumentar a produtividade na linha de Juntas Fixas, de forma a garantir a entrega atempada dos eixos de velocidade aos clientes. Através da análise dos indicadores de desempenho, identificou-se o equipamento crítico na linha de produção de juntas fixas, onde foram implementados os pilares do TPM. A Manutenção Preventiva e a formação das equipas de Manutenção Autónoma foram os pilares incidentes nesta implementação, para além da melhoria da técnica dos 5S, da gestão da qualidade, e do ambiente e segurança. Concluiu-se que o TPM permite o direcionamento eficiente dos recursos, tanto no tempo quanto na disponibilidade de peças de reposição. Neste trabalho, obteve-se uma redução das horas de Manutenção Corretiva e o seu impacto no número de paragens conduziu a uma melhoria de 10,7% em termos de capacidade de produtiva.
(Guariente <i>et al.</i> , 2017)	Este estudo foi desenvolvido numa empresa que produz tubos de ar condicionado para o setor automóvel, localizada na cidade do Porto, Portugal. Este trabalho aplicou a metodologia TPM com objetivo no aumento da disponibilidade dos equipamentos e na redução de intervenções de Manutenção Corretiva na linha AA3. Procedeu-se à aplicação de sete fases da Manutenção Autónoma. A aplicação destas fases conduziu a uma diminuição de intervenções na linha e um aumento de 10% na taxa mensal de disponibilidade, o que levou ao aumento de 8% do OEE, no mesmo período. Além disto, possibilitou aos operadores adquirirem responsabilidade, relativamente às ações de limpeza, organização e verificação diária dos pontos críticos do seu posto de trabalho, garantindo assim o bom funcionamento dos equipamentos. Constatou-se, ainda, um aumento do MTBF e uma redução do MTTR com a utilização de práticas de gestão visual. Este trabalho permitiu concluir que a utilização da metodologia TPM beneficia não só a organização, como os operadores e os técnicos de manutenção. A empresa em estudo, pretende implementar esta técnica de melhoria da filosofia TPM para outras linhas.

Tabela 14– Casos de estudo de implementação do TPM (cont.)

(Thorat <i>et al.</i> 2018)	Este trabalho foi realizado numa indústria de injeção de moldes de plástico de peças automóveis. O seu objetivo teve por base a implementação do TPM na empresa e verificação da sua utilidade prática. O equipamento em estudo foi a máquina MP 120T e foram observados os principais problemas associados à máquina. Com isto, identificou-se que a disponibilidade da máquina está a diminuir, devido aos tempos de paragem que a máquina sofre a cada mês. Desta forma, foi implementado um modelo TPM na empresa, pelo meio de equipas especializadas, que incrementaram a técnica dos 5S, ou seja, execução de limpeza e identificação de anomalias por parte dos operadores. Após esta implementação calculou-se os indicadores de desempenho MTBF, MTTR e OEE, e verificou-se que no mês de fevereiro, na máquina MP 120 T, ocorreu uma redução de 6% na inatividade do equipamento, o que conduz a um aumento de produtividade da máquina. Concluiu-se, que a implementação do TPM conduz ao aumento da eficácia e eficiência dos equipamentos.
(Ribeiro <i>et al.</i> , 2019)	Este trabalho foi realizado numa unidade industrial que produz cárteres de distribuição para a indústria automóvel. O seu objetivo consistiu na melhoria da disponibilidade de uma linha de produção, através da metodologia TPM suportada por ferramentas <i>Lean</i> . Realizou-se uma análise ao estado da linha através dos indicadores MTBF, MTTR, OEE e Disponibilidade, de forma a identificar os principais problemas. De seguida, estruturou-se um plano de ações para solucionar o elevado número de avarias da linha com recurso a ferramentas 5S, gestão visual e educação dos funcionários. Estas ações foram aplicadas numa seleção de máquinas críticas da linha. Verificou-se que a linha de produção ficou mais organizada e o valor do MTBF aumentou, o MTTR diminuiu e conseqüentemente a disponibilidade geral aumentou. Assim, a implementação do TPM gerou bons resultados no sistema e tem tendência a melhorar a um nível geral.
(Pinto <i>et al.</i> , 2020)	Este trabalho foi realizado numa empresa de embraiagens e comandos hidráulicos, e consistiu na implementação de um plano estratégico de manutenção, através da metodologia TPM em dois setores, nomeadamente, Tornos CNC e Centros de Maquinagem CNC. Realizou-se, em primeiro lugar, um diagnóstico para avaliar as condições atuais da manutenção da empresa. Procedeu-se à análise dos principais problemas nos equipamentos, de forma, a encontrar as respetivas ações preventivas. Além disto, foram desenvolvidos novos procedimentos de Manutenção Autônoma e planos de Manutenção Preventiva com periodicidades bem delineadas. Deste modo, conseguiu-se eliminar os principais problemas e aumentar os indicadores de desempenho. A nível quantitativo, obteve-se uma redução de 23% de paragens no setor de tornos CNC e de 38% no setor de Centros de Maquinagem CNC. A nível geral registou-se um aumento da disponibilidade dos ativos e do OEE cerca de 5%. Concluiu-se, assim, que o método de implementação focado apenas em alguns pilares do TPM, gerou resultados muito positivos para a empresa, motivando para melhorias futuras.
(Marinho <i>et al.</i> , 2021)	Este estudo foi realizado numa indústria corticeira e teve por objetivo o enquadramento de técnicas e ferramentas do processo de implementação de um sistema TPM. Foi realizado um levantamento de dados, para analisar o tempo de inatividade por avarias nos diferentes setores. Identificou-se o posto de trabalho com mais tempo perdido em intervenções, o DSL, que gastou 365,48 horas em manutenção. Para prevenir os problemas foram estabelecidas diversas ações preventivas. Através destas ações, atingiu-se uma redução significativa do tempo perdido, conseguindo uma diminuição de cerca de 34% nos dois meses seguintes da aplicação. Assim, concluiu-se que a aplicação parcial do TPM gera bons resultados, mesmo sem o devido conhecimento dos operadores. Salienta, ainda, a importância de formação.

3. MÉTODOS E APLICAÇÃO

Neste capítulo aborda-se todo o processo realizado em ambiente industrial. Em primeiro lugar, realiza-se uma breve apresentação da indústria e a estratégia de manutenção correntemente usada. Procede-se à análise do histórico dos equipamentos e dados atuais da empresa, de forma, a identificar os equipamentos críticos da produção. De seguida, apresentam-se os métodos e técnicas de melhoria implementadas nesses mesmos equipamentos para obter os resultados pretendidos.

3.1. Apresentação da empresa

A Entreferrós- Serralharia e Construções Metálicas é uma empresa portuguesa, com 21 anos, sediada em Lourosa, no concelho de Santa Maria da Feira. Atualmente, enquadra-se em diversas áreas de negócio da construção e edificação, no que diz respeito às estruturas metálicas, serralharias de ferro e aço inoxidável, e ainda revestimentos metálicos.

No ano de 2015 foi implementado um sistema de gestão da qualidade, segundo a norma 9001, de modo, a assegurar a sustentabilidade da qualidade, controlo e gestão dos serviços internos e externos, garantindo os requisitos de satisfação dos clientes. Destaca-se, ainda, a certificação da empresa segundo a norma EN1090 – Classe de Execução EXC3, no que diz respeito ao controlo da produção em fábrica de estruturas em aço e alumínio. Encontra-se na Figura 9 um dos seus produtos desenvolvidos (Projeto: *TITAN- O Renascer*).



Figura 9- Exemplo de produto desenvolvido

Atualmente, é constituída por duas unidades de produção equipadas com todo o tipo de equipamentos essenciais para a indústria metalomecânica. Desde a linha de corte e furação de perfis metálicos, plasma e oxicorte de chapa, guilhotinas, quinadeiras e postos de soldadura. Uma das unidades é responsável pela montagem de material e os processos de fabrico envolventes, enquanto a outra abrange o processo de soldadura e pré-montagens.

O seu crescimento tem sido notório, o que gera maiores necessidades produtivas, pelo que, a definição de uma estratégia de manutenção adaptada e flexível ao seu negócio, deve ser implementada para garantir maior eficiência operacional em determinados equipamentos.

3.2. Unidade de produção

A indústria metalomecânica trata-se de um setor muito abrangente, que produz bens metálicos e mecânicos através da utilização de tecnologias avançadas. A Entreferros está direcionada para a área da construção, no que engloba as estruturas metálicas e serralharias. O seu produto é variável consoante o tipo de projeto, logo não existe uma linha de processos de fabrico definida.

Os processos de fabrico podem ser manuais ou automatizados, dependendo da complexidade e do volume de produção de um dado produto. De modo a entender o tipo de equipamentos em estudo, ilustra-se na Tabela 15, os respetivos equipamentos e as operações de fabrico associadas.

Tabela 15- Processos de fabrico da unidade de produção e os seus equipamentos

Operação	Equipamento
Corte e furação	Máquina de corte e furação CNC
	Máquina de plasma e oxicorte CNC
	Prensa hidráulica
	Pantógrafo
Corte	Plasma manual
	Guilhotina
	Serrote de fita
	Fresadora
Furação	Engenho de furar de coluna
	Puncionadora
Dobragem	Máquina de curvar
	Calandra
Torneamento	Torno mecânico
Quinagem	Quinadeira
Soldadura	Máquina de soldadura por pontos
	Máquina de soldadura TIG
	Máquina de soldadura MIG/MAG
	Máquina de soldadura para pernos e/ ou conetores
	Carrinhos de soldadura
	Máquina de soldadura elétrodo revestido
	Máquina de elétrodo revestido e Arcair
Acabamento e limpeza	Lixadora calibradora
	Máquina de limpeza de cordões de soldadura
Movimentação de cargas	Rotador hidráulico
	Empilhador
	Ponte rolante

Para este estudo não foram analisados equipamentos como as pontes rolantes e os empilhadores. Como ainda, os aparelhos de soldadura por elétrodo revestido que são utilizados em contexto de obra e alguns equipamentos que se encontram sob consulta de reparação, como é o caso da fresadora, que se encontra inativa devido a uma avaria grave. Considerou-se, assim, para análise deste trabalho, os ativos que apresentam maior relevância para os produtos fabricados e que condicionam em parte o sistema produtivo.

3.3. Manutenção da empresa

A gestão da manutenção na empresa é conciliada entre duas pessoas, o engenheiro responsável pela ISO 9001 que averigua os parâmetros e controla os registos efetuados, e, pelo coordenador de manutenção, responsável por coordenar, efetuar as Ordens de trabalho (OT) de manutenção e os registos de todas as intervenções efetuadas, conforme se apresenta na Figura 10.

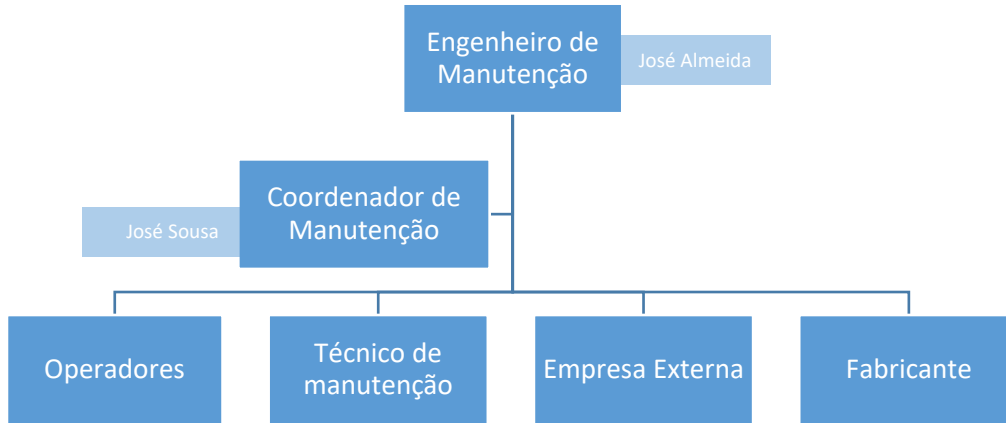


Figura 10- Organização interna da manutenção

As intervenções internas são realizadas, maioritariamente, por operadores da empresa e pelo técnico com a devida formação sobre os ativos. No que diz respeito a intervenções que requerem um determinado nível de conhecimento e equipamento, estas são executadas por subcontratação de uma empresa externa especializada ou até mesmo pelo próprio fabricante do equipamento.

3.3.1. Ferramentas de controlo e gestão

O controlo da manutenção é realizado através de uma ferramenta em *Microsoft Excel*, conforme está representado na Figura 11. Este método de gestão foi implementado no âmbito da norma da qualidade (ISO 9001), em que um dos seus requisitos é o respetivo registo de todas as intervenções de manutenção dos equipamentos da organização, garantindo o seu bom estado de condição.

REGISTO INVENTÁRIO E CONTROLO DOS EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO													
CÓDIGO	NOME DO EQUIPAMENTO	DATA AQUISIÇÃO	MARCA (Fabricação)	REF./MODELO	N.º SÉRIE / ANO FABRICO	DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO	DATA ENTRADA EM SERVIÇO	TEMPO EM SERVIÇO	PERÍODO DE MANUTENÇÃO	DATA ÚLTIMA MANUTENÇÃO	MANUTENÇÃO FEITA POR	DATA PRÓXIMA MANUTENÇÃO	CONTROLO ÚLT. MANUTENÇÃO
EQP01	Serrote de Fita Semi-Automático	2017/03/28	MAKIMAK	S2C800G	311012	Máquina de corte de fita semi-automático	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/13	Interna	2023/07/08	73 Dias
EQP02	Serrote de Fita Semi-Automático	2017/03/28	FAT	5032 SA DIS	503239035	Máquina de corte de fita semi-automático	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/14	Interna	2023/07/09	74 Dias
EQP03	Serrote de Fita Semi-Automático	2017/03/28	FAT	330 SA	5003100177	Máquina de corte de fita semi-automático	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/14	Interna	2023/07/09	74 Dias
EQP04	Serrote de Fita Manual	2017/03/28	FAT	270 MAN	F1304583	Máquina de corte de fita semi-automático	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/14	Interna	2023/07/09	74 Dias
EQP05	Corte e Furagem Automático CNC	2017/03/28	FICEP	Vanguard 1003	34838	Máquina de corte de fita e 3 eixos de furagem por brocas automáticas CNC	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/13	Interna	2023/07/08	73 Dias
EQP06	Plasma /Oscilote Automático CNC	2017/03/28	Messer / Hypertherm	COMCUT311 HPR260XP	103 282 10 / 078558	Máquina de corte térmico por plasma e oscilote CNC	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/28	Interna	2023/07/23	68 Dias
EQP07	Plasma manual	2017/03/28	JACKLE	110	34501007	Máquina de corte plasma manual	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/13	Interna	2023/07/08	73 Dias
EQP08	Quinadeira	2017/03/28	HACO	ATL 550	58791	Máquina de cortar chapas até 10mm de esp.	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/10/03	Interna	2023/09/28	155 Dias
EQP09	Máq. de Curvar Semi-Automática	2017/03/28	AMCB	MAH 1503 AC	7194	Máquina de curvar tubos perfil, com nível motorizado, com possibilidade de trabalho no vertical e no horizontal	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/06	Interna	2023/07/01	66 Dias
EQP10	Calandra	2017/03/28	ADIRA	CT0825	273955	Máquina de calandar por rolos	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/07	Interna	2023/07/02	67 Dias
EQP11	Máq. de Curvar Manual	2017/03/28	AMCB	MAN	1019	Máquina de curvar tubos perfil, com dois rolos motorizados, com possibilidade de trabalho no vertical e no horizontal	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/06	Interna	2023/07/01	66 Dias
EQP12	Guilhotina	2017/03/28	HACO	TSX 3012	63011	Máquina de corte, guilhotina de chapas até 30mm de esp.	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/10/03	Interna	2023/09/28	155 Dias
EQP13	Guilhotina	2017/03/28	ADIRA	GHDE 0630	23266621	Máquina de corte, guilhotina de chapas até 30mm de esp.	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/10/03	Interna	2023/09/28	155 Dias
EQP14	Quinadeira	2017/03/28	RICO	PR-CN 30-135	1513	Máquina de cortar chapas até 30mm de esp.	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/10/03	Interna	2023/09/28	155 Dias
EQP15	Pressa Hidráulica	2017/03/28	ADIRA	PHD-250	003-2136	Pressa Hidráulica 250TON - 450mm de curso	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/10/03	Interna	2023/09/28	155 Dias
EQP16	Funcionadora	2017/03/28	DURMAZLAR	IV 55B TD	66210518	Máquina hidráulica peneiradora	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/10/03	Interna	2023/09/28	155 Dias
EQP17	Compressor de parafusos	2017/03/28	BOGE	C15LDR-270	5096569	Compressor de ar comprimido de parafusos de 9 BAR	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/09/08	Externa	2023/09/03	130 Dias
EQP18	Compressor de pistões	2017/03/28	CIATA	T3000	31005	Compressor de ar comprimido de parafusos de 6 BAR	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/05/10	Interna	2023/05/05	9 Dias
EQP19	Compressor de pistões	2017/03/28	CIATA	T3000	31006	Compressor de ar comprimido de parafusos de 6 BAR	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/05/10	Interna	2023/05/05	9 Dias
EQP20	Charnaladora de pastilhas	2017/03/28	ASSFALG	ASO 760	10670	Máquina de charnar por pastilhas	2017/03/28	6,1 anos	12 meses	2022/07/19	Interna	2023/07/14	78 Dias

Figura 11- Ferramenta de controlo e gestão da manutenção

Atualmente, esta ferramenta apenas realiza a gestão e controlo das intervenções de Manutenção Preventiva para uma periodicidade anual, que se baseiam em limpezas e verificações gerais do seu estado. Este método torna-se insuficiente para alguns equipamentos da produção, gerando avarias que conduzem a longas paragens dos equipamentos e custos associados elevados. Para além disto, esta ferramenta engloba os respetivos planos de Manutenção Preventiva existentes dos ativos, que se apresentam bastante redutores, e, ainda, não são cumpridos, nem planeados pela produção.

De um modo geral, tendo em conta a dimensão da empresa, esta ferramenta de gestão em *Microsoft Excel* satisfaz todas as necessidades da produção e dos equipamentos. Porém, esta ferramenta deve ser melhorada, para possibilitar um planeamento eficaz das intervenções de Manutenção Preventiva. Como ainda, deve ser feita uma revisão aos planos de Manutenção Preventiva dos equipamentos e criar uma *checklist* como ficha de OT de manutenção, para facilitar a sua execução e o seu devido registo.

3.3.2. Tipos de manutenção

Os tipos de manutenção presentes na empresa são a Manutenção Preventiva e Corretiva. No que diz respeito à Manutenção Preventiva, como já verificamos anteriormente, esta apenas resume-se na realização anual de limpezas e verificações gerais do estado do equipamento.

Para alguns equipamentos esse tipo de manutenção é suficiente, devido à sua pouca utilização ou desgaste mínimo, mas para outros incorre numa grande frequência de avarias, e, consequentemente, custos inesperados que poderiam ser evitados.

Através de uma análise ao ano 2022 verificamos um total de horas em Manutenção Corretiva de 78%, enquanto de Manutenção Preventiva foram gastas apenas 22% das horas disponíveis, conforme ilustra o gráfico da Figura 12. Com isto, evidencia-se a necessidade de organizar uma manutenção planeada e estruturada.



Figura 12- Horas de manutenção em 2022

Relativamente à Manutenção Autónoma, os operadores não apresentam qualquer tipo de responsabilidade sobre os equipamentos que utilizam diariamente, isto, devido ao facto da inexistência de estratégias para a promoção da Manutenção Autónoma nos postos de trabalho.

Deste modo, é importante implementar e desenvolver técnicas de Manutenção Autônoma, para incutir aos operadores esse dever como uma mais-valia para o seu rendimento operacional. E, conseqüentemente, aumentar a disponibilidade operacional dos ativos, reduzindo assim, a necessidade de paragens para executar intervenções de Manutenção Preventiva.

Conclui-se, assim, que a Manutenção Corretiva é predominante e tem gerado elevados custos, não só de reparações, como também, produtivos, devido às paragens prolongadas das máquinas mais importantes para o sistema produtivo. Este é um fator elementar neste trabalho, priorizar a realização de intervenções de carácter preventivo e autónomo para evitar paragens não planeadas, atrasos em entregas e custos desnecessários.

3.4. Identificação dos problemas

No âmbito da aplicação da metodologia *Action Research*, o primeiro passo para o desenvolvimento deste trabalho, baseou-se na identificação e análise dos principais problemas da organização.

Em primeiro lugar, foram recolhidos os dados sobre os equipamentos, nomeadamente, as suas principais avarias, manuais técnicos e os seus planos de Manutenção Preventiva. De seguida, analisou-se a estrutura interna da manutenção, e verificou-se a inexistência do planeamento de tarefas do plano de Manutenção Preventiva, como ainda, bastantes lacunas nos seus registos de intervenções de Manutenção Corretiva.

Deste modo, a organização não possui uma estratégia de manutenção definida para o seu sistema produtivo, sendo necessário corrigir os problemas identificados, para obter uma estrutura da manutenção organizada e sustentada com base nas práticas da metodologia TPM.

Com isto, os principais problemas detetados resumem-se nos seguintes:

1. Falha no registo de intervenções de Manutenção Corretiva efetuadas internamente;
2. Planos de Manutenção Preventiva desajustados;
3. Ausência do cumprimento dos planos de Manutenção Preventiva;
4. Ausência de Manutenção Autônoma;
5. Baixo controlo e planeamento da manutenção.

Deste modo, para um melhor entendimento das melhorias a ser implementadas neste trabalho, explicita-se na Tabela 16, o que será colocado em prática para cada problema descrito acima.

Tabela 16- Estratégias para problemas detetados

Problema 1	Realização de uma <i>checklist</i> para os postos de trabalho, de modo, a registar a ocorrência de uma avaria e a sua posterior intervenção.
Problema 2	Ajustar e rever planos de manutenção de acordo com as principais avarias de cada equipamento e as suas necessidades.
Problema 3	Realização de <i>checklist</i> como uma OT de manutenção para o registo das intervenções de Manutenção Preventiva executadas.
Problema 4	Promoção da Manutenção Autônoma pelo meio da criação de planos de manutenção com tarefas simples e básicas para os operadores.
Problema 5	Melhoria da ferramenta em <i>Microsoft Excel</i> de controlo e gestão, permitindo gerir as intervenções de manutenção para cada periodicidade e realizar o seu correto planeamento em produção.

3.4.1. Diagrama de *Ishikawa*

No seguimento da identificação dos principais problemas da manutenção na organização, procedeu-se à realização de uma ferramenta da qualidade, capaz de identificar as principais causas associadas aos problemas existentes, nomeadamente, o diagrama de *Ishikawa*.

Assim, em comunicação com os dois responsáveis pela manutenção, identificaram-se as principais causas que geram inatividade dos ativos, através da ocorrência de paragens não programadas dos equipamentos, como é possível observar na Figura 13.

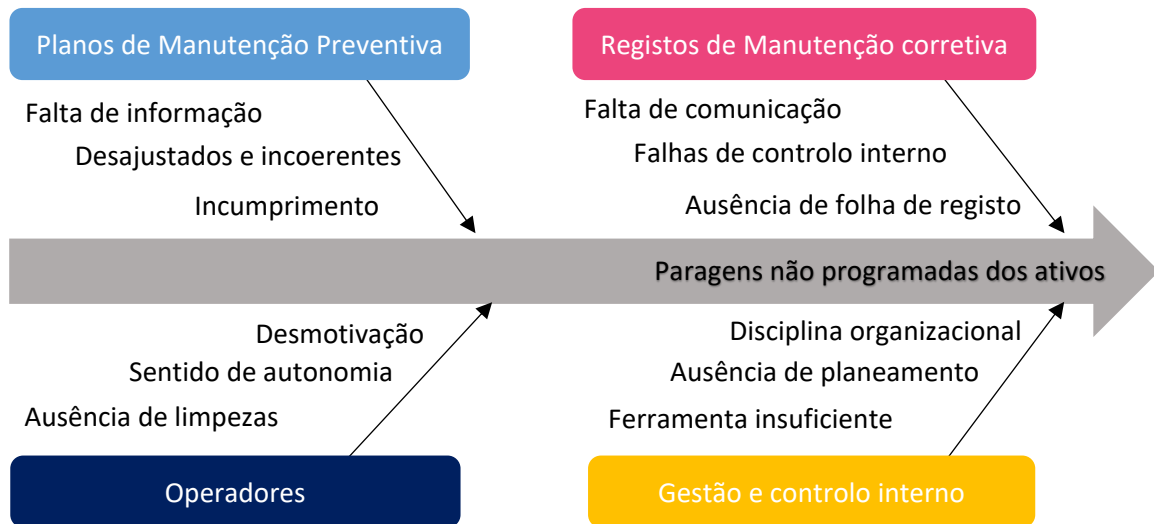


Figura 13- Diagrama de *Ishikawa*

3.4.2. Análise SWOT

Procedeu-se à análise integral dos pontos positivos e negativos da unidade de produção, através da realização de uma análise SWOT, de modo, a traduzir as principais ameaças e oportunidades do sistema produtivo do caso de estudo prático, conforme ilustra a Figura 14.



Figura 14- Análise SWOT da manutenção na unidade produtiva

3.5. Metodologia do trabalho

A segunda fase da metodologia *Action Research* assenta na definição de novas ações face aos problemas identificados e às estratégias de melhoria perspectivadas. Deste modo, delineou-se as etapas a aplicar neste trabalho, conforme se apresenta na Figura 15.

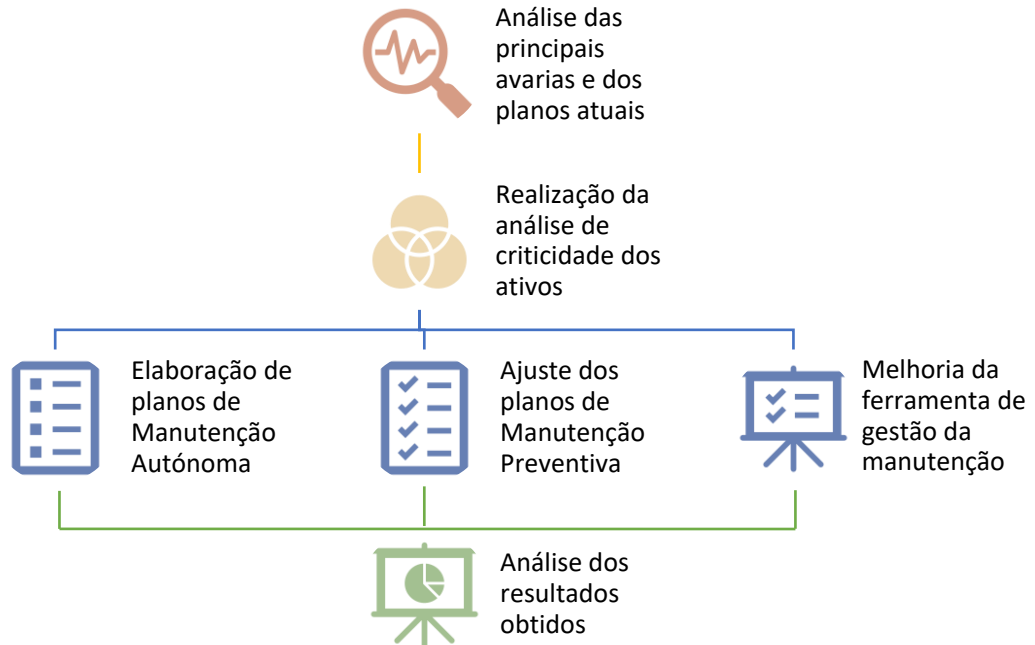


Figura 15- Metodologia de trabalho com base no método *Action Research*

3.5.1. Análise do histórico dos equipamentos

O histórico dos ativos é essencial para consultas, controlo de custos e para o estudo do seu comportamento ao longo do ciclo de vida útil. Este registo representa uma grande relevância para a análise cuidada das principais avarias que ocorrem nos ativos, para a decisão mais assertiva de novas aquisições, e ainda, para a obtenção de indicadores de desempenho de manutenção.

No seguimento da aplicação da metodologia *Action Research*, além de se identificar os pontos críticos presentes na empresa, conforme foi apresentado no ponto 3.4, é ainda necessário definir o local de intervenção. Assim, procedeu-se à observação do histórico das intervenções de Manutenção Corretiva dos ativos, com o objetivo de identificar quais os equipamentos que mais prejudicam o sistema produtivo da empresa em termos de rentabilidade e disponibilidade.

A consulta às diversas intervenções de Manutenção Corretiva dos ativos da produção, resultaram da observação do período de 1 de janeiro de 2020 até 1 de janeiro de 2023.

Tendo em conta que a empresa até ao ano 2021 utilizava uma folha técnica manual para os registos de intervenções de manutenção dos seus equipamentos, conforme ilustra a Figura 16, foram então consultados os arquivos referentes aos anos 2020 e 2021.

Plano de Manutenção de Máquinas e Equipamentos						
Ficha de registo das manutenções Corretivas e Preventivas				Equipamento		
Data	Consumíveis e Acessórios Utilizados	Intervenção Realizada	Tipo (X)		Ref./No.	EQP
			Cor/	Pre/	Responsável pela Intervenção	Responsável da Entrefeitos

Figura 16- Folha de registo das intervenções de manutenção

Relativamente ao ano 2022, foi utilizada a ferramenta em *Microsoft Excel* para os registos de manutenção, onde são descritos os trabalhos efetuados, a tipologia da intervenção, os materiais substituídos e a sua duração. A consulta a estes registos em formato digital tornou-se bem mais simples, conforme ilustra a Figura 17, a respetiva ficha de registo atualmente utilizada.

Registo de Manutenção (Corretiva)				Ref./No. Registo: RM006
Tipo de Equipamento: Plasma / Oxicorte Automático CNC				Data Registo Equipamento : 2022/10/25
Equipamento Marca: Messer / Hipertherm				Ref./No. Equipamento: EQP06
Ref./Modelo Equip.: COMCUT31 / HPR260XP				Nº Série ou Ano de Fabrico: 109.262.10 / 078558
				Página: 1 de 1
DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO				
Máquina de corte térmico por plasma e oxicorte CNC				
DADOS DO REGISTO DE MANUTENÇÃO				
DATA DE EXECUÇÃO:	TIPO DE EXECUÇÃO [INT/EXT]:	MANUTENÇÃO EXECUTADA POR:	TEMPO EQUIP. PARADO [DIAS]:	
25/10/2022	Externa	Fabricante- MESSER	10	
DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS REALIZADOS				
Substituição do disco duro para máquina com número de comisió 109265. Inclusive ajuste e reparação do software. Testes de análise e verificação do bom funcionamento do ativo.				
MATERIAIS/COMPONENTES SUBSTITUIDOS				
Disco Duro e placas eletrónicas				
Notas:				
Realizar manutenções periódicas neste equipamento de forma a controlar alguma anomalia.				
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001		Emitido por via informática.	Editado por:	Beatriz Silva

Figura 17- Folha de registo das intervenções de Manutenção Corretiva

Ao observar o histórico é notória a falha nos registos das intervenções de Manutenção Corretiva. Em comunicação com o coordenador, em muitas das vezes, sendo reparações sem intervenção externa, os operadores não comunicam e não registam a intervenção realizada, pelo que, o registo não é realizado devidamente, induzindo em erro a quantidade de avarias ocorrentes. Este ponto será refletido através do cálculo dos indicadores de desempenho da manutenção.

Através de uma análise ao número de intervenções efetuadas ao longo do período de observação, realizou-se uma compilação da quantidade de avarias anuais dos equipamentos, por cada setor da produção, com o objetivo de identificar os potenciais setores a estudar neste trabalho.

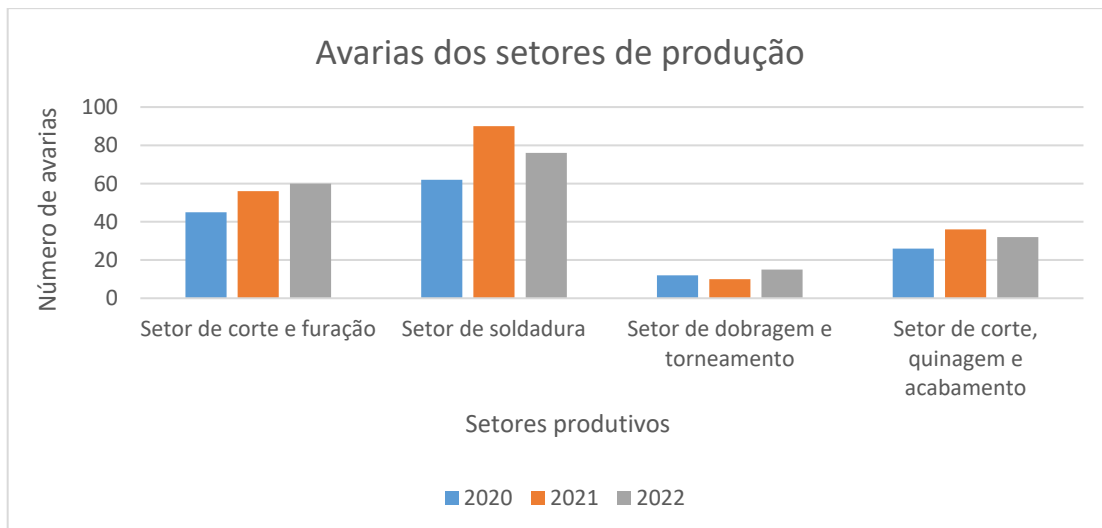


Figura 18- Quantidade de avarias observadas por setor produtivo

Através do gráfico da Figura 18, tendo em conta a quantidade de avarias, podemos verificar que os ativos alvo de implementações da metodologia TPM serão os do setor do corte e furação e do setor de soldadura. De facto, estes setores são os que constituem o maior número de avarias e paragens da produção, como também, são os mais relevantes para os produtos fabricados na empresa, colocando em causa os fundos lucrativos dos projetos.

Contudo, será realizada uma análise mais criteriosa, tendo em vista outros aspetos de carácter qualitativo que transpõem as necessidades do sistema de produção em análise, conduzindo à identificação do local de intervenção de forma mais rigorosa.

3.5.2. Análise de criticidade dos ativos

Após a observação das principais avarias e do estudo superficial sobre os equipamentos, procedemos à análise de criticidade de ativos. Esta técnica permite identificar os equipamentos mais impactantes no sistema produtivo, aqueles que necessitam de maior atenção e controlo quanto à sua manutenção, para atingir a sua máxima disponibilidade e rentabilidade operacional.

Para a avaliação da criticidade dos ativos, utilizou-se a técnica da matriz de criticidade de ativos com base numa classificação ABC. Este método já mencionado no ponto 2.3.1 da revisão bibliográfica, consiste na divisão dos equipamentos em três classes A, B e C, que correspondem, respetivamente, ao nível de criticidade alto, médio e baixo.

Em primeira instância, definiu-se os fatores mais adequados para a respetiva avaliação de criticidade, tendo em conta o processo produtivo da organização:

- Qualidade;
- Segurança e impacto ambiental;
- Condição de entrega;
- Tempo de operação;
- Fiabilidade;
- Manutibilidade.

Este método engloba, em primeiro lugar, a definição de uma matriz com os fatores de avaliação e os seus critérios para cada classe de criticidade. Esta matriz baseia-se na Tabela 5, apresentada na revisão de literatura, adaptando somente os parâmetros à unidade produtiva em estudo. A Tabela 17 apresenta a matriz de fatores de avaliação aplicada aos ativos do sistema produtivo analisado.

Tabela 17- Matriz de fatores de avaliação

Fatores	Fatores de avaliação	Classificação de criticidade de equipamento		
		A	B	C
S	Segurança e ambiente	Alto potencial de causa de acidentes e impacto ambiental	Médio potencial de causa de acidentes e impacto ambiental	Baixo potencial de causa de acidentes e impacto ambiental
Q	Qualidade	Peças com defeitos, gerando reclamações de clientes	Pode afetar a qualidade do produto, mas sem reclamações de clientes	Não afeta a qualidade da peça, não gerando reclamações do cliente
E	Condição de entrega	Paragens críticas da produção, afetam a entrega	Paragem do processo, sendo recuperável	Paragens que não afetam a produção
O	Condição de operação	Tempo de utilização acima de 90% ao mês	Tempo de utilização acima de 50% a 90% ao mês	Tempo de utilização abaixo de 50% ao mês
R	Fiabilidade	MTBF abaixo de 500 horas	MTBF acima de 500 horas até 1000 horas	MTBF acima de 1000 horas
M	Manutibilidade	MTTR acima de 50 horas	MTTR entre 30 e 50 horas	MTTR abaixo de 30 horas

Os fatores R (Fiabilidade) e M (Manutibilidade) representam fatores quantitativos, obtidos pelo cálculo dos indicadores de desempenho MTBF e MTTR. Enquanto, os restantes fatores são de carácter qualitativo, em que dependem diretamente do sistema produtivo em análise.

O MTBF é comumente usado para avaliar a fiabilidade de um ativo físico e quanto maior for o seu valor, maior é a fiabilidade do equipamento. Este indicador foi calculado através da Equação (3) do ponto 2.2 da Revisão Bibliográfica e foi necessário conhecer o tempo total de observação. Neste caso, o período de observação foi de 1 de janeiro de 2020 até 1 de janeiro de 2023, no que resulta num total de 756 dias úteis. Retirando o período de encerramento de férias de verão da empresa, nomeadamente, 15 dias no mês de agosto, resulta num total de 711 dias úteis. Tendo em conta que a empresa labora num único turno de oito horas diárias, temos um período total de 5688 horas.

O MTTR é uma métrica importante para avaliar a Disponibilidade de um ativo físico, e o seu cálculo resultou da simples aplicação da Equação (2) do ponto 2.2 da Revisão Bibliográfica, que tem como principal objetivo a redução do seu valor.

Deste modo, através da recolha das intervenções de Manutenção Corretiva, calculou-se os respetivos indicadores de desempenho da manutenção para os equipamentos de cada setor de produção.

No setor de soldadura, verifica-se pelos valores dos índices de desempenho, apresentados na Tabela 18, que os equipamentos que se destacam ao nível da sua criticidade são os de soldadura MIG/MAG, conseqüentemente, pelo seu maior número de avarias e dos seus tempos prolongados de reparação, que, geralmente, são realizadas por uma empresa externa. Tendo em conta o elevado número de ativos da mesma marca, optou-se por calcular o valor médio para estes casos, nomeadamente, para as máquinas MIG/MAG FRONIUS e LINCOLN. Este valor médio também será útil para perceber qual a marca que apresenta melhores condições em termos de Disponibilidade.

Tabela 18- Índices de desempenho dos ativos do setor de soldadura

Marca	Quantidade	Nome do ativo	MTBF (h)	MTTR (h)
ELECTREX	1	Máquina de soldadura por pontos	533	36
FRONIUS	1	Máquina elétrodo revestido e Arcair	1114	24
FRONIUS	1	Máquina de limpeza de cordões	1394	28
FRONIUS	1	Máquina de soldadura TIG	767	46
FRONIUS	10	Máquina de soldadura MIG/MAG	412*	49*
LINCOLN	2	Máquina de soldadura MIG/MAG	313*	54*
SCHOELER	1	Máquina soldadura pernos/conectores	684	28
EWM	1	Máquina de soldadura TIG	668	44
FRONIUS	2	Carrinho de soldadura	5688*	0*
KOIKE	1	Carrinho de soldadura e corte	5688	0
FASTROTATOR	4	Rotador Hidráulico	5688*	0*

* valor médio por ativo

Os processos de soldadura TIG, de soldadura por pontos e de soldadura de pernos, também apresentam valores de MTBF com impacto ao nível do sistema produtivo, isto, como resultado da necessidade ocasional das suas operações. Quanto ao MTTR, a máquina de soldadura de pernos é a que apresenta menor tempo, isto, deve-se, à fácil reparação das avarias correntes. Quanto às máquinas de limpeza de cordões e de elétrodo revestido e Arcair, observa-se valores altos de MTBF e baixos valores de MTTR, devido ao seu direcionamento para projetos específicos. Verificou-se ainda, que os rotadores hidráulicos e os carrinhos de soldadura não apresentaram qualquer avaria no período observado, resultando num MTBF máximo de 5688 horas e num MTTR de 0 horas.

Quanto aos rotadores hidráulicos, estes valores são duvidosos, dado que, são equipamentos usados diariamente para o manuseamento de peças. Com isto, realça-se a falha no registo de intervenções de Manutenção Corretiva. Quanto aos carrinhos de soldadura a probabilidade de não ter ocorrido nenhuma avaria é bastante provável, porque são ativos muito pouco usados pela produção.

No setor de corte e furação, observou-se pelo valor dos índices de desempenho, apresentados na Tabela 19, que as linhas automatizadas (CNC) de perfis e chapa, representam o maior problema do setor em termos de número de avarias e de tempo de reparação, resultante da sua elevada carga de atividade diária e da necessidade de manutenção externa especializada, respetivamente.

Dos restantes equipamentos, os serrotes de fita, os engenhos de furar e a puncionadora são os que apresentam mais avarias. Porém, as suas avarias de intervenção interna não são devidamente registadas, pois verificou-se apenas registos de intervenções de manutenção externa. Desta forma, os seus valores de MTBF e MTTR podem não representar o valor real.

O plasma manual e o pantógrafo apresentam tempos de reparação muito prolongados, 40 horas e 52 horas, respetivamente. Estes tempos de reparação elevados, devem-se ao facto de as suas

operações poderem ser substituídas por outros equipamentos, não gerando preocupação por parte do coordenador na sua imediata reparação. Relativamente à Prensa hidráulica, verificaram-se avarias pontuais no período de observação, em consequência do seu uso regular e espontâneo.

Tabela 19- Índices de desempenho dos ativos do setor de corte e furação

Marca	Quantidade	Nome do ativo	MTBF (h)	MTTR (h)
MAKIMAK	1	Serrote de Fita	541	28
FAT	3	Serrote de Fita	451*	32*
FICEP	1	Máquina de Corte e Furação CNC	282	53
MESSER	1	Máquina de Plasma e Oxicorte CNC	229	56
JACKLE	1	Plasma manual	671	40
ADIRA	1	Prensa Hidráulica	784	28
DURMAZLAR	1	Puncionadora	533	36
ROMAR	1	Engenho de furar de coluna	606	26
IBARMIA	1	Engenho de furar de coluna	523	46
INFRATINEA	1	Engenho de furar de coluna	541	28
ZINGER	1	Pantógrafo	896	52

* valor médio por ativo

O setor de dobragem e torneamento é aquele que apresenta o menor número de avarias, como é possível verificar pelos valores dos índices de desempenho apresentados na Tabela 20. Isto, possivelmente, deve-se ao baixo volume de trabalho incidente sobre estas operações. Através dos valores dos índices obtidos, verificamos que são ativos classificados com pouco impacto no sistema produtivo. Contudo, também se verificou neste setor, que as intervenções de manutenção não são registadas devido à pouca frequência do setor pelos operadores. Realçando, assim, que os valores de MTBF e MTTR dos ativos deste setor, podem não traduzir o seu resultado real.

Tabela 20- Índices de desempenho dos ativos do setor de dobragem e torneamento

Marca	Quantidade	Nome do ativo	MTBF (h)	MTTR (h)
AMOB	2	Máquina de Curvar Semiautomática	1012*	31*
ADIRA	1	Calandra	1853	43
SATURNO	1	Torno mecânico	1877	19
YUNNAN	1	Torno mecânico	1118	19

* valor médio por ativo

O setor de corte, quinagem e acabamento é bastante relevante para a produção, devido à exclusividade das suas operações. Calculou-se os índices de desempenho MTBF e MTTR para cada um dos ativos, conforme se apresenta na Tabela 21.

Tabela 21- Índices de desempenho dos ativos do setor de corte, quinagem e acabamento

Marca	Quantidade	Nome do ativo	MTBF (h)	MTTR (h)
HACO	1	Quinadeira	531	38
HACO	1	Guilhotina	664	48
ADIRA	1	Guilhotina	525	44
RICO	1	Quinadeira	519	50
BOLAS	1	Lixadora calibradora	528	41
SCANTOOL	1	Lixadora calibradora	773	40

Em primeiro lugar, verificou-se que a quinadeira RICO apresenta piores valores dos seus índices, comparativamente à quinadeira da marca HACO. Isto pode ser justificado, pelo facto da quinadeira RICO sofrer um maior esforço e desgaste em termos de atividade, devido à sua capacidade de quinar espessuras mais elevadas. O mesmo acontece com as guilhotinas de marcas distintas, existindo uma ligeira diferença entre os seus índices de desempenho, o que poderá ter a ver com o esforço de atividade ou até mesmo da própria marca da máquina.

Quanto às lixadoras, estas diferem pelo tipo de material de trabalho, e constata-se, por meio dos seus valores de MTBF e MTTR, que a lixadora de aço inoxidável é aquela com mais avarias e com reparações de maior duração. Realça-se ainda, que as intervenções de manutenção registadas são de carácter externo, o que parece bastante improvável em máquinas que requerem um cuidado especial no seu sistema hidráulico. Assim, conclui-se que existe a omissão de intervenções de manutenção realizadas internamente nos registos deste setor.

Em suma, tendo em conta o estado atual da manutenção da empresa, verificou-se que os índices MTBF e MTTR calculados não traduzem, na sua maioria, a realidade do sistema produtivo.

Os valores de MTBF, em geral, são muito elevados, para uma organização que não realiza Manutenção Preventiva periodicamente, daqui, constata-se, a omissão de avarias ocorridas ao longo do período observado. Quanto ao MTTR, os tempos de reparação não evidenciam concretamente o tempo da reparação, pois, concluiu-se com os responsáveis da manutenção que as avarias do histórico são maioritariamente de intervenção externa, levando a tempos de espera longos, provocando, muitas das vezes, a inatividade prolongada da máquina.

De seguida, calculou-se o valor da Disponibilidade de cada ativo, para verificar quais os equipamentos que necessitam de uma maior atenção nas tarefas de Manutenção Preventiva e Manutenção Autónoma, de modo, a garantir o seu máximo rendimento para o sistema produtivo.

Nos postos de soldadura, os equipamentos que se destacam com valores de Disponibilidade mais baixos são os equipamentos de soldadura MIG/MAG da marca FRONIUS e LINCOLN, com uma disponibilidade média de 90% e 87%, respetivamente, conforme ilustra a Figura 19.

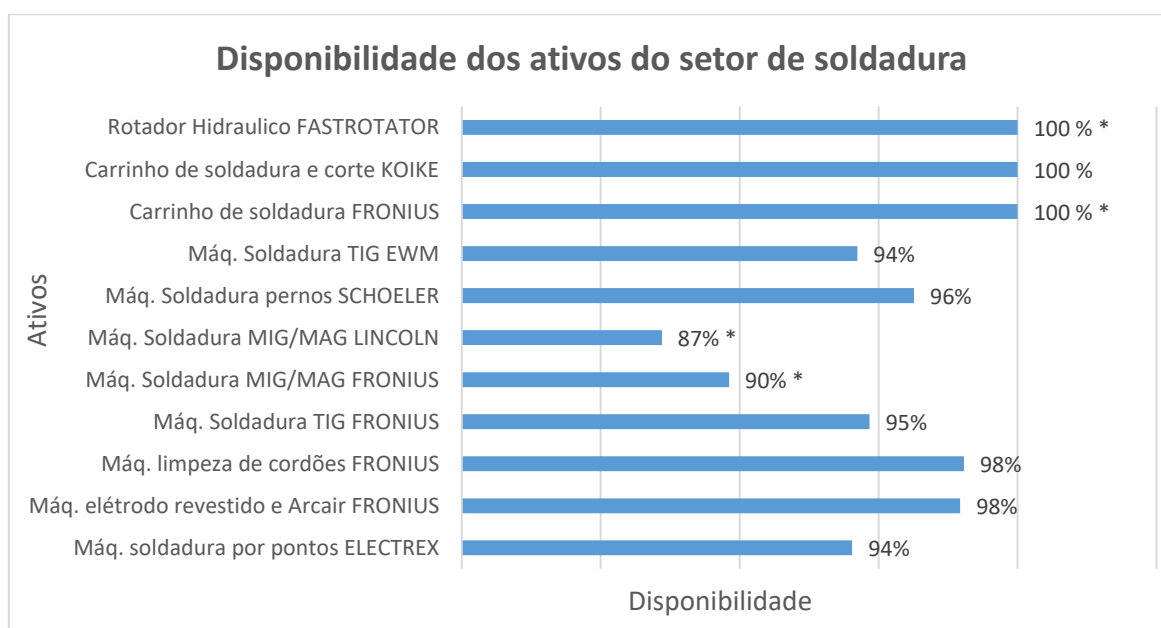


Figura 19- Valor da Disponibilidade dos ativos do setor de soldadura (* valor médio por ativo)

Os ativos mais impactantes resultaram das máquinas de soldadura MIG/MAG, devido à maior carga de trabalho da empresa em aço carbono, contribuindo para uma elevada utilização diária dos mesmos. Os equipamentos da marca LINCOLN são apenas dois e são dos equipamentos mais antigos deste setor, enquanto os equipamentos da FRONIUS existem em maior número e são mais recentes, daí apresentarem um melhor desempenho.

Os equipamentos TIG, soldadura por pontos e soldadura de pernos são utilizados com menor frequência, daí o seu valor de Disponibilidade ser cerca de 94%, pois não sofrem tanto desgaste. Os restantes equipamentos de elétrodo Arcair e limpeza de cordões são dedicados a operações muito específicas e não envolvem grandes avarias, resultando de um valor de Disponibilidade de 98%.

No que diz respeito aos rotadores hidráulicos, como já foi referido anteriormente, existiu claramente falha no registo destes equipamentos, justificando-se, assim, a sua Disponibilidade de 100%. Os carrinhos de soldadura são utilizados em casos excecionais, logo é muito provável que não tenham apresentado nenhuma avaria, encontrando-se 100% disponíveis para o período observado.

No setor de corte e furação, os equipamentos mais impactantes ao nível da Disponibilidade são as máquinas CNC da marca FICEP e CNC da marca MESSER, conforme se verifica pela Figura 20, com valores de Disponibilidade de 86% e 84%, respetivamente. De facto, estes ativos geram avarias que conduzem a inatividades prolongadas, condicionando o sistema de produção e tendo de recorrer a serviços subcontratados, que interferem diretamente nos lucros finais dos seus projetos.

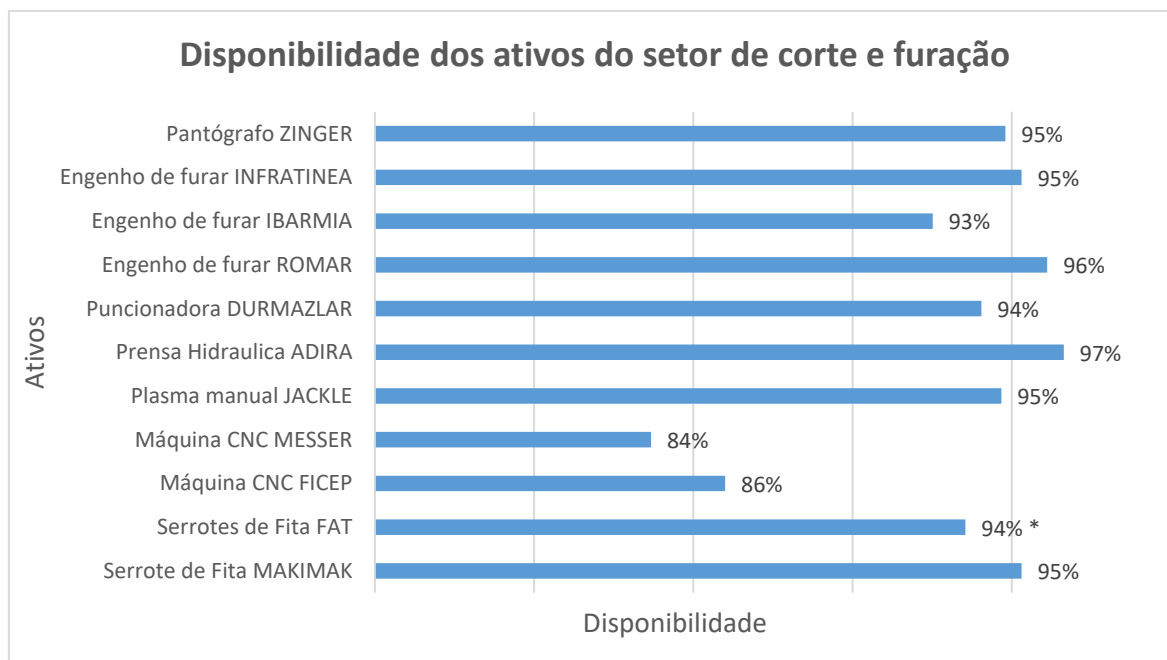


Figura 20- Valor da Disponibilidade dos ativos do setor de corte e furação (* valor médio por ativo)

Os restantes equipamentos apresentam em média 95% de Disponibilidade. Contudo, as suas avarias são reparadas, maioritariamente, pelos operadores, o que conduz em grande parte, a falhas de comunicação das intervenções de manutenção realizadas. Existindo, assim, falta de registos de manutenção para o estudo e avaliação do valor real da Disponibilidade destes ativos.

Destacando ainda, que o valor de Disponibilidade dos serrotes de fita FAT resultou do valor médio dos três equipamentos da mesma marca.

O setor de dobragem e torneamento engloba os equipamentos com menos utilização na empresa, daí o valor das suas Disponibilidades de 97% a 99% para o período observado. Os valores de disponibilidade dos ativos deste setor apresentam-se na Figura 21. As operações deste setor representam uma baixa percentagem do volume de trabalho, deste modo, estes equipamentos apresentam um baixo desgaste e utilização.

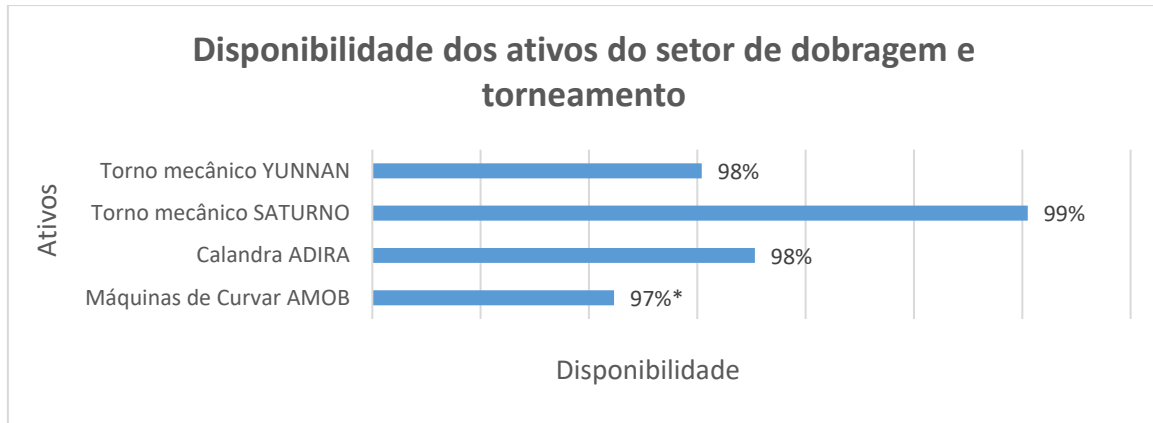


Figura 21- Valor da Disponibilidade dos ativos do setor de dobragem e torneamento (* valor médio por ativo)

Para além disto, confirmou-se com o coordenador de manutenção, que as eventuais avarias dos ativos deste setor não lhe são comunicadas, apenas aquelas que resultam de um pedido de intervenção de manutenção externa. Deste modo, este setor é alvo de falha nos seus registos de manutenção, falseando os valores de Disponibilidade dos ativos.

O setor de corte, quinagem e acabamento trata-se de uma zona frequentada por três operadores semanalmente. Verificou-se uma Disponibilidade média de 94% neste setor, conforme se verifica na Figura 22, o que é aparentemente funcional.

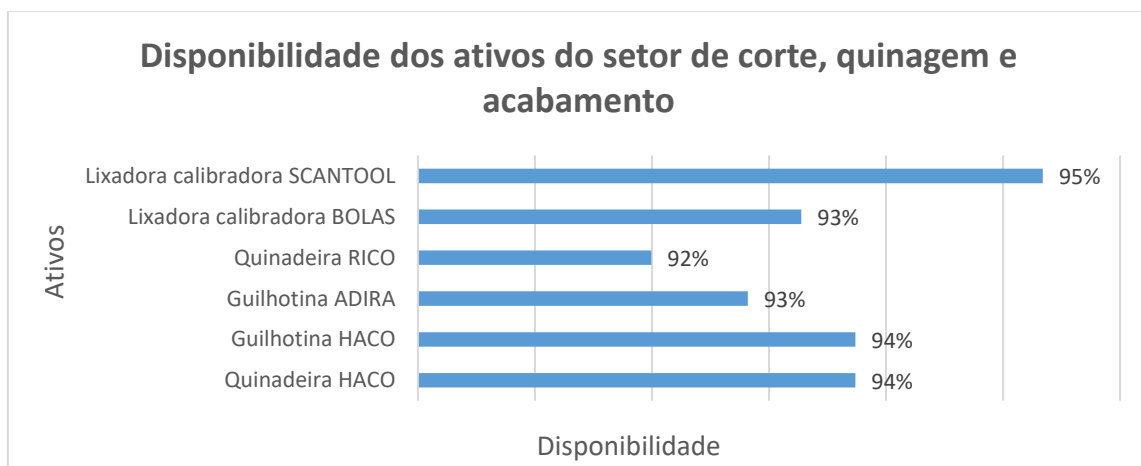


Figura 22- Valor da Disponibilidade dos ativos do setor de corte, quinagem e acabamento

As intervenções de manutenção observadas no histórico, para o período de observação, são na sua maioria de carácter externo. Em caso de reparação de uma avaria corrente da máquina, realizada pelo próprio operador, o coordenador muitas das vezes não tem conhecimento, somente, no caso de uma eventual substituição de um componente que se encontre em armazém, e o seu registo é realizado. Destacando assim, também neste setor, a possível falha nos registos de manutenção, conduzindo a valores de Disponibilidade que não traduzem o estado de condição dos ativos.

Com isto, através destes valores de Disponibilidade e duma organização sem o cumprimento de uma Manutenção Preventiva, confirmou-se a falha nos registos de intervenções de manutenção dos ativos. Após reunião com alguns dos operadores de cada setor, com o coordenador e o engenheiro da manutenção, concluiu-se, que isto acontecia por esquecimento dos operadores em comunicar a intervenção de manutenção. Deste modo, é essencial implementar um método para o controlo e registo das intervenções de Manutenção Corretiva, para não coexistir o erro humano.

De seguida, procede-se à avaliação dos restantes fatores de carácter qualitativo para os ativos de cada setor. Esta avaliação foi realizada com base no sistema produtivo e as suas necessidades. A Tabela 22 apresenta a avaliação qualitativa dos ativos do setor de soldadura.

Tabela 22- Avaliação qualitativa dos ativos do setor de soldadura

Equipamento	S	Q	E	O	R	M
Máquina de soldadura por pontos ELECTREX	A	A	A	C	B	B
Máquina elétrodo revestido e Arcair FRONIUS	A	B	A	C	C	C
Máquina de limpeza de cordões FRONIUS	B	A	B	C	C	C
Máquina de soldadura TIG FRONIUS	A	B	A	B	B	B
Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	A	B	B	A	A	A
Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	A	B	B	A	A	A
Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	A	B	B	A	A	B
Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	A	B	B	A	A	A
Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	A	B	B	A	A	A
Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	A	B	B	A	B	A
Máquina de soldadura pernos SCHOELER	A	A	A	B	B	C
Máquina de soldadura MIG/MAG LINCOLN	A	B	B	A	A	A
Máquina de soldadura MIG/MAG LINCOLN	A	B	B	A	A	A
Máquina de soldadura TIG EWM	A	B	A	B	B	B
Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	A	B	B	A	B	B
Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	A	B	B	A	B	B
Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	A	B	B	A	B	B
Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	A	B	B	A	B	B
Carrinho de soldadura FRONIUS	C	A	B	C	C	C
Carrinho de soldadura FRONIUS	C	A	B	C	C	C
Carrinho de soldadura e corte KOIKE	C	A	B	C	C	C
Rotador Hidráulico FASTROTATOR	B	C	B	A	C	C
Rotador Hidráulico FASTROTATOR	B	C	B	A	C	C
Rotador Hidráulico FASTROTATOR	B	C	B	A	C	C
Rotador Hidráulico FASTROTATOR	B	C	B	A	C	C

A Tabela 23 apresenta a avaliação qualitativa dos ativos do setor de corte e furação.

Tabela 23- Avaliação qualitativa dos ativos do setor de corte e furação

Equipamento	S	Q	E	O	R	M
Serrote de Fita MAKIMAK	B	B	B	C	B	C
Serrote de Fita FAT	B	B	B	C	B	C
Serrote de Fita FAT	B	B	B	A	A	B

Tabela 23- Avaliação qualitativa dos ativos do setor de corte e furação (cont.)

Equipamento	S	Q	E	O	R	M
Serrote de Fita FAT	B	B	B	B	A	C
Máquina de Corte e Furação CNC FICEP	B	A	A	A	A	A
Máquina de Plasma e Oxicorte CNC MESSER	A	A	A	A	A	A
Plasma manual JACKLE	B	C	C	C	B	B
Prensa hidráulica ADIRA	B	C	A	B	B	C
Puncionadora DURMAZLAR	A	B	A	B	B	B
Engenho de furar de coluna ROMAR	B	C	C	B	B	C
Engenho de furar de coluna IBARMIA	B	C	C	A	B	B
Engenho de furar de coluna INFRATINEA	B	C	C	B	B	C
Pantógrafo ZINGER	C	A	A	C	B	A

Na Tabela 24 é possível visualizar a avaliação qualitativa dos ativos do setor dobragem e torneamento.

Tabela 24- Avaliação qualitativa dos ativos do setor de dobragem e torneamento

Equipamento	S	Q	E	O	R	M
Máquina de Curvar AMOB	B	C	A	B	C	B
Calandra ADIRA	B	C	A	B	C	B
Máquina de Curvar AMOB	B	C	B	C	B	B
Torno mecânico SATURNO	B	B	B	C	C	C
Torno mecânico YUNNAN	B	B	B	B	C	C

Já a Tabela 25 apresenta a avaliação qualitativa dos ativos do setor de corte, quinagem e acabamento.

Tabela 25- Avaliação qualitativa dos ativos do setor de corte, quinagem e acabamento

Equipamento	S	Q	E	O	R	M
Quinadeira HACO	A	A	B	B	B	B
Guilhotina HACO	A	A	B	B	B	B
Guilhotina ADIRA	A	A	B	B	B	B
Quinadeira RICO	A	A	B	A	B	B
Lixadora calibradora BOLAS	A	A	B	B	B	B
Lixadora calibradora SCANTOOL	A	A	A	B	B	B

De forma a ser possível uma melhor compreensão de cada avaliação realizada, segue-se uma breve explicação das decisões tomadas em prol do funcionamento da unidade de produção e das suas características.

- **Segurança e meio ambiente**

Neste critério considerou-se a probabilidade de risco que o equipamento apresenta para o operador e o seu impacto ambiental. A maioria dos equipamentos foi classificada como classe B, apresentando um risco médio potencial de acidentes e impactos ambientais moderados. Na classe de ativos A, foram englobados os equipamentos que apresentam um elevado risco de exposição ao perigo e um forte impacto ambiental. A nível de risco accidental da operação temos a guilhotina,

quinadeira e puncionadora. No que diz respeito ao ambiente, temos o corte de plasma e oxicorte e as máquinas de soldadura, devido à liberação abundante de gases, e, ainda, as lixadoras que promovem resíduos na sua operação de difícil reciclagem. Destacam-se como equipamentos de classe C, neste fator, o pantógrafo e os carrinhos de soldadura, visto que não apresentam qualquer impacto ambiental nem exposição de risco para o operador.

- **Qualidade de produto**

A qualidade do produto trata-se da conformidade das peças fabricadas. Assim, classificou-se como equipamentos de classe A, os ativos que envolvem operações de acabamento e limpeza. Este é o caso das lixadoras, das máquinas CNC, quinadeiras e guilhotinas, que podem criar defeitos na peça final e gerar desperdício de material, não tendo reparação. Os ativos de classe B, são aqueles que podem eventualmente gerar não conformidades, mas que são visíveis e reparáveis, de modo a não levar a posteriores reclamações, como exemplo, temos a operação de soldadura. Contudo, em específico, os carrinhos de soldadura e a máquina de soldar pernos são uma exceção, dado que, visualmente o material parece efetivamente soldado, mas pode estar apenas colado, sendo classificados como classe A. Por fim, os equipamentos que não conduzem a qualquer tipo de defeito, dizem respeito aos ativos que não interferem nos processos de fabrico da unidade de produção, como é o caso dos rotadores hidráulicos e de todos os equipamentos que apenas afetam a qualidade final de uma peça pelo meio de erro operacional humano.

- **Condição de entrega**

No que diz respeito à entrega, tomou-se em consideração a importância do equipamento para o cumprimento dos prazos de entrega. Desta forma, as máquinas que são únicas para realizar uma determinada operação são classificadas como classe A, como também, equipamentos importantes para a produção em reduzida quantidade. No que diz respeito a ativos que existem em abundância, como é o caso das máquinas de soldadura MIG/MAG, são classificados como classe B. Quanto aos equipamentos de classe C, estes realizam uma operação que pode ser efetuada num outro equipamento, tal como os engenhos de furar e o plasma manual.

- **Condição de operação**

Este critério baseia-se no tempo de utilização do equipamento por mês, ou seja, quais os equipamentos usados com mais frequência na produção. Deste modo, destaca-se como classe A, as máquinas CNC que são essenciais para os produtos fabricados, os postos de soldadura MIG/MAG, operações de corte, furação, quinagem convencional e a movimentação das peças soldadas (rotadores hidráulicos). Os restantes equipamentos classificam-se com uma utilização moderada que está diretamente relacionada com o tipo de produtos que se produzem mensalmente. No que diz respeito aos ativos de baixa utilização, estes têm como fim realizar operações muito específicas ou com características muito limitadas.

Por fim, apresentamos a criticidade de ativos para cada setor observado, através das análises obtidas anteriormente e com as informações fornecidas pelos colaboradores.

No setor de soldadura, os ativos críticos resultaram dos equipamentos de soldadura MIG-MAG, sendo quatro da marca FRONIUS e dois da LINCOLN, conforme se apresenta na Figura 23. De facto, estes foram os ativos que se destacaram ao nível de todos os fatores de avaliação de criticidade, não só, no que diz respeito ao seu estado de manutenção, mas sim no âmbito do seu impacto no sistema produtivo.

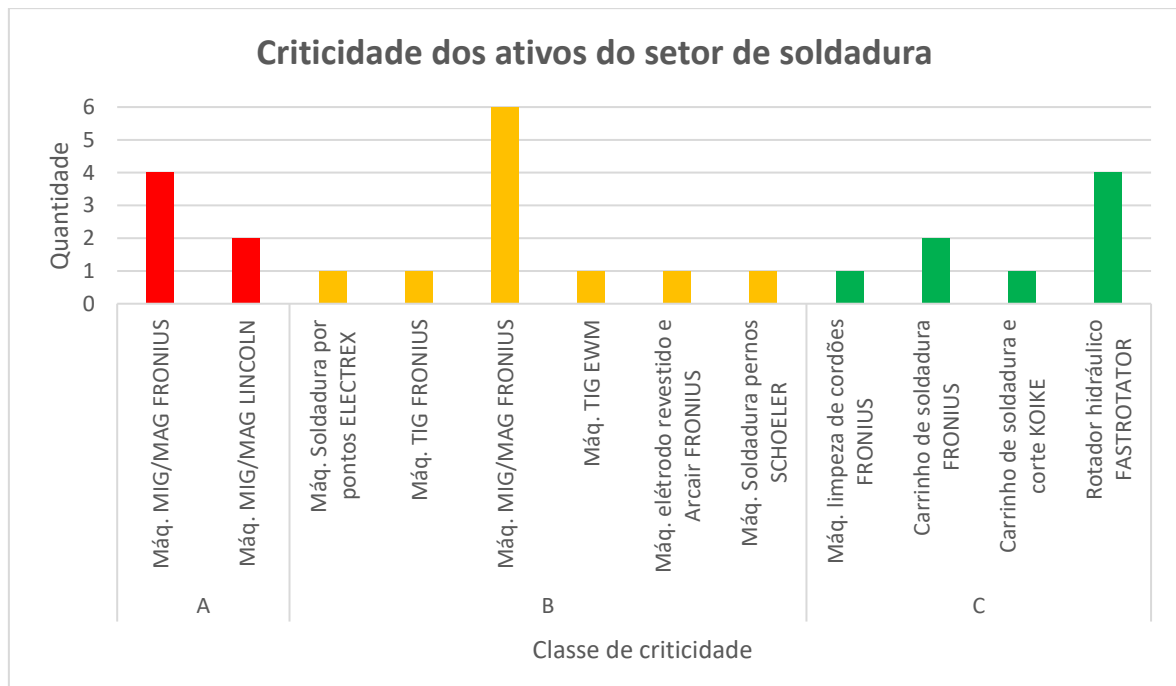


Figura 23- Criticidade dos ativos do setor de soldadura

No setor de corte e furação, os ativos críticos são as máquinas CNC do setor, nomeadamente, a CNC FICEP e a CNC MESSER, conforme se ilustra na Figura 24. Estes ativos carecem de uma atenção elevada quanto ao seu bom estado de condição e funcionamento, pois, apresentam um grande impacto nos prazos de entrega e nos custos produtivos.

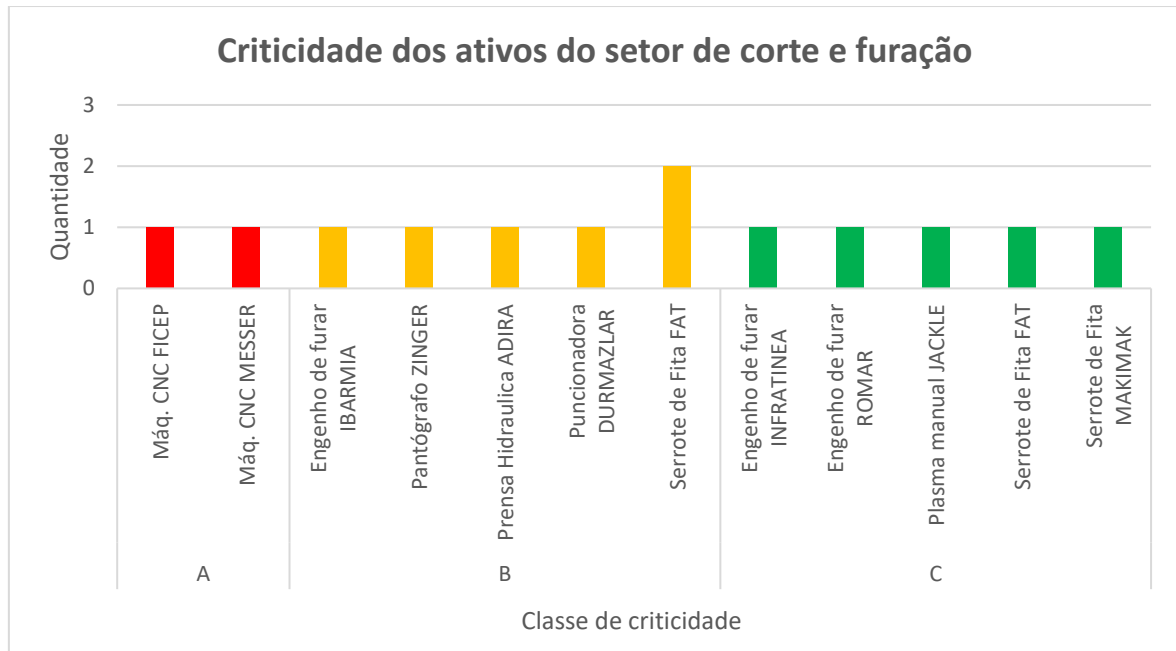


Figura 24- Criticidade dos ativos do setor de corte e furação

No setor de dobragem e torneamento, de acordo com a Figura 25, não foram identificados ativos de criticidade A (Críticos), dada a sua baixa relevância para a produção e pouca utilização. Contudo, também é verdade, que os valores de MTBF e MTTTR obtidos anteriormente, não traduzem em concreto a realidade deste setor, influenciando a classe de criticidade de cada ativo.

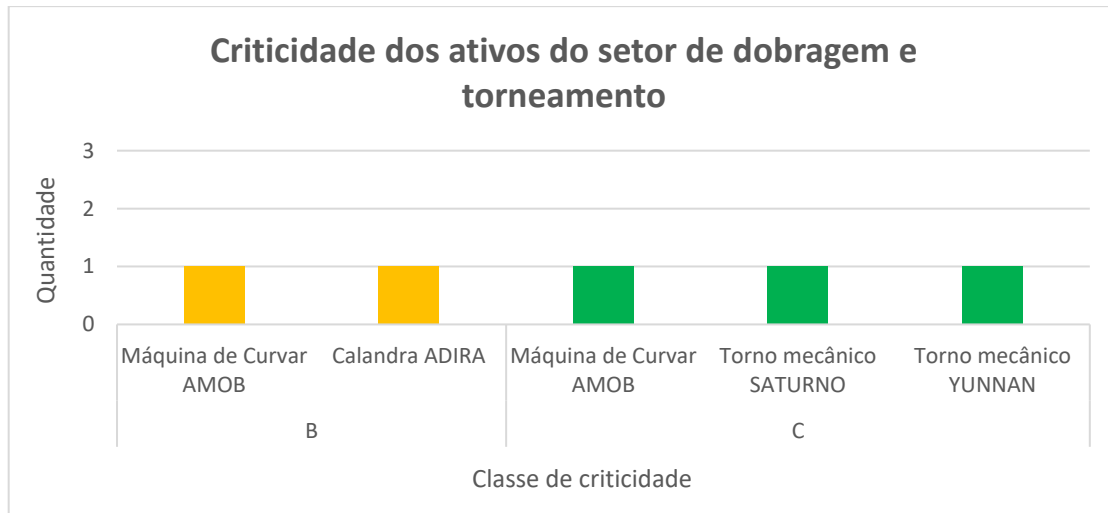


Figura 25- Criticidade dos ativos do setor de dobragem e torneamento

Quanto ao setor de corte, quinagem e acabamento, os ativos foram classificados na sua generalidade como classe B, conforme se pode verificar pela Figura 26. Porém, detetou-se falhas no registo de intervenções de Manutenção Corretiva, conduzindo a valores de Fiabilidade e Manutibilidade que não traduzem a realidade em alguns ativos, nomeadamente, as quinadeiras.

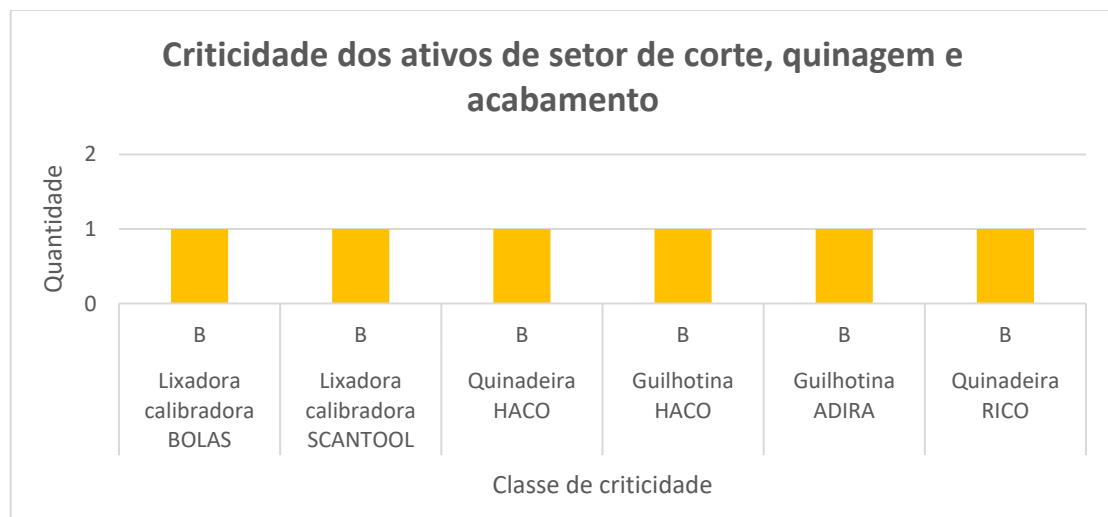


Figura 26- Criticidade dos ativos do setor de corte, quinagem e acabamento

Assim, os ativos críticos da produção resumem-se nos equipamentos apresentados na Tabela 26, devidamente identificados com o seu código interno e ainda o valor obtido da sua Disponibilidade.

Tabela 26- Ativos críticos do sistema produtivo

Código interno do ativo	Nome do ativo	Disponibilidade
EQP05	Máquina de corte e furação CNC FICEP	86,0 %
EQP06	Máquina de corte plasma e oxicorte CNC MESSER	83,7 %
EQP51	Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	86,6 %
EQP52	Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	87,4 %
EQP54	Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	87,0 %
EQP55	Máquina de soldadura MIG/MAG FRONIUS	86,7 %
EQP58	Máquina de soldadura MIG/MAG LINCOLN	86,9 %
EQP59	Máquina de soldadura MIG/MAG LINCOLN	87,5 %

3.6. Equipamentos críticos

Os equipamentos para o estudo desta dissertação são os ativos críticos da produção, será sobre estes que nos vamos debruçar e aplicar as técnicas e ferramentas da metodologia TPM. Desta forma, apresenta-se uma breve descrição de cada equipamento para entender qual a sua função e a sua importância para o sistema produtivo.

1. Máquina de corte e furação CNC *FICEP*

O EQP05 representa a linha de corte e furação de perfis metálicos, constituído por 3 *electrospindles*, cada um equipado para acoplar seis ferramentas. Apresenta uma estrutura modular, compacta e de alta tecnologia, equipada com troca automática de ferramenta. Nesta linha, está ainda, acoplado um serrote de fita, robusto e veloz. Este ativo é fundamental para o sistema de produção devido à sua otimização e rentabilidade operacional. Através da Figura 27, verificámos a sua estrutura e localização em chão de fábrica.



Figura 27- Máquina CNC de corte e furação

2. Máquina de plasma e Oxicorte CNC *MESSER*

O EQP06 é responsável pela operação de corte térmico por plasma e oxicorte de chapa metálica até uma espessura de 40 mm. Trata-se de um ativo fundamental para a produção, pois a sua falha condiciona todo o sistema produtivo e envolve a subcontratação do seu serviço, o que gera atrasos na entrega e custos não programados. Apresenta-se na Figura 28 uma representação geral do ativo.



Figura 28- Máquina CNC plasma e/ ou oxicorte

3. Máquinas de Soldadura MIG/MAG

O processo de soldadura MIG/MAG é o tipo de soldadura predominante na empresa, tendo em conta a elevada carga de trabalho em aço carbono. Existe uma unidade de produção destinada somente aos postos de soldadura, responsáveis pela soldadura dos conjuntos assemblados da unidade de fabrico. Estes ativos são utilizados a 100% no sistema produtivo, representando uma grande importância para o fluxo de produção. Apresenta-se na Figura 29 uma das máquinas de soldadura MIG/MAG.



Figura 29- Máquina de soldadura MIG/MAG

3.6.1. Principais paragens não programadas

Procedeu-se à análise das principais paragens não programadas de cada ativo, para entender os principais problemas associados a cada ativo em estudo. Assim, juntamente com o operador de cada máquina e com o coordenador de manutenção, foram selecionadas as paragens mais frequentes ao longo do seu período de trabalho. De salientar, que esta análise tem por objetivo a estruturação adequada das tarefas dos planos de Manutenção Preventiva e Manutenção Autônoma, para obter as melhores condições de Disponibilidade dos ativos.

Na máquina da linha de corte e furação de perfis metálicos, verificou-se que as suas avarias se baseiam, principalmente, no desgaste mecânico e falhas eletrônicas. Em comunicação com o operador deste equipamento, compilou-se algumas das principais paragens não programadas deste ativo ao longo da sua operacionalidade, conforme se apresenta na Tabela 27.

Tabela 27- Principais paragens não programadas do EQP05

EQP05- Máquina de Corte e Furação de perfis CNC	
1. Falhas de hardware	2. Falta de lubrificação
3. Erros de leitura nos sensores	4. Limpeza dos depósitos de limalha
5. Quebra da serra	6. Substituição de suportes hidráulicos
7. Falha na ferramenta de corte	8. Desgaste e sujidade de peças móveis

Após análise integral do equipamento e apoio do coordenador, procedeu-se à devida localização de cada paragem identificada no equipamento, conforme ilustra a Figura 30 e a Figura 31.



Figura 30- Identificação das principais paragens não programadas na CNC FICEP (Parte 1)

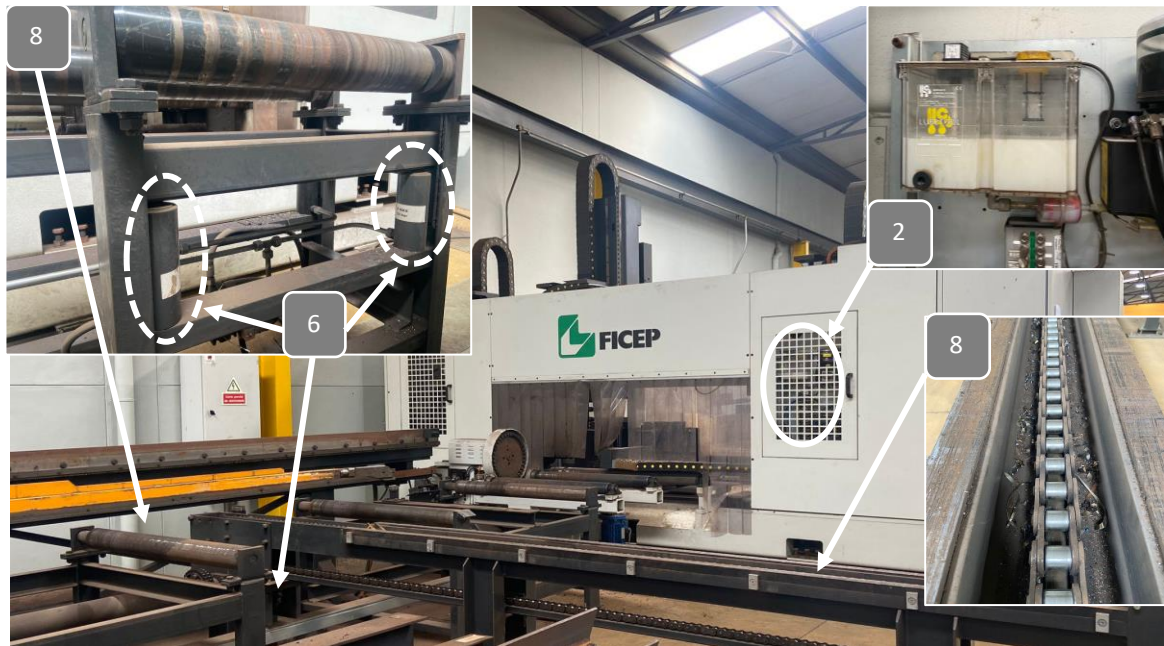


Figura 31- Identificação das principais paragens não programadas na CNC FICEP (Parte 2)

O equipamento da linha de corte por plasma e oxicorte de chapa trata-se de uma máquina crucial para a produção, pois a sua falha condiciona muito as entregas dos respetivos produtos. Verificou-se para o período de observação, que algumas das avarias deste ativo tinham durações de dois e três meses, visto que, as avarias de componentes apresentavam prazos de entrega do fornecedor bastante elevados, ficando assim, muitas das vezes, parada esse período de espera.

Foram identificadas, na Tabela 28, algumas das situações que geram paragens da máquina e que causam avarias de inatividade significativa do ativo. A maioria das paragens observadas resultam da falta de atenção e manutenção por parte do operador.

Tabela 28- Principais paragens não programadas do EQP06

EQP06- Máquina de Corte Plasma e Oxicorte CNC	
1. Desgaste de consumíveis da Tocha	2. Curto-circuito na tocha (Vedação)
3. Falta de lubrificação das guias	4. Falhas de hardware
5. Substituição de rolamentos	6. Sujidade dos carris e guias
7. Falhas na linha de oxigénio	8. Falha do sensor de altura
9. Limpeza do depósito de escória	10. Falta de Lubrificante
11. Desgaste de peças expostas	12. Limpeza do depósito de chapa

As principais paragens associadas ao EQP06 foram recolhidas através do conhecimento do coordenador, sendo o responsável pelo gerenciamento dos pedidos de intervenção de manutenção, e da experiência diária do operador com a operacionalidade do ativo. Desta forma, estas paragens mais frequentes, foram identificadas no equipamento, em termos da sua localização, conforme se ilustra na Figura 32 e Figura 33.

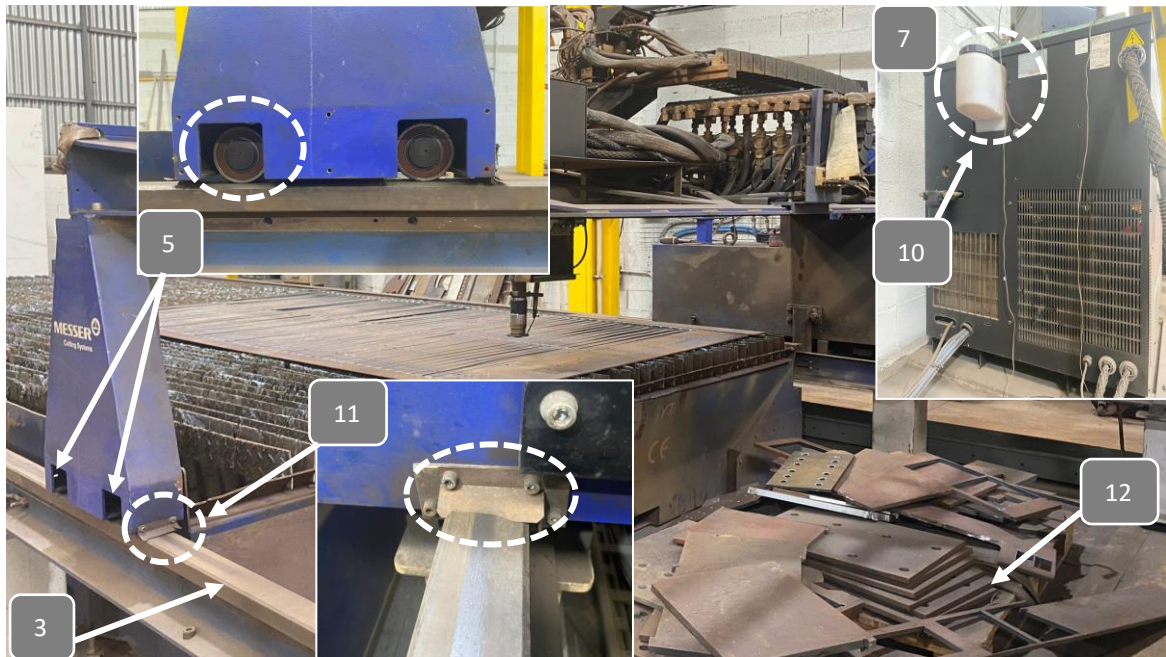


Figura 32- Identificação das principais paragens não programadas na CNC MESSER (Parte 1)



Figura 33- Identificação das principais paragens não programadas na CNC MESSER (Parte 2)

As máquinas de soldadura MIG/MAG são os equipamentos que não devem falhar, devido à existência de postos de soldadura destinados somente a essa operação, sendo importante manter a disponibilidade máxima destes ativos. Desta forma, reúnem-se na Tabela 29, algumas das avarias e paragens não programadas mais frequentes deste ativo.

Tabela 29- Principais paragens não programadas das máquinas de soldadura MIG/MAG

Máquinas de soldadura MIG/MAG	
1. Sujidade por pó metálico	2. Desgaste de cabos de massa e tocha
3. Mau contacto dos cabos	4. Avarias no circuito de água e gás
5. Fugas de gás	6. Falta de líquido refrigerante
7. Avaria dos conetores de ligação	8. Placas eletrónicas electromagnetizadas
9. Sujidade dos filtros de ar e água	10. Falha nos debitómetros

Deste modo, na Figura 34, identificámos em termos da sua localização, as avarias mais frequentes nas máquinas de Soldadura MIG/MAG.



Figura 34- Identificação das principais paragens não programadas nas máquinas de soldadura MIG MAG

3.7. Implementação da metodologia TPM

O principal objetivo desta dissertação residiu na implementação de uma metodologia TPM adaptada às necessidades da empresa em estudo, com especial foco na implementação da Manutenção Autónoma e manutenção planeada. Deste modo, apresentam-se na Figura 35, os pilares que vão ser implementados na unidade produtiva e uma sucinta explicação da ação tomada e das técnicas envolvidas para cada pilar definido.

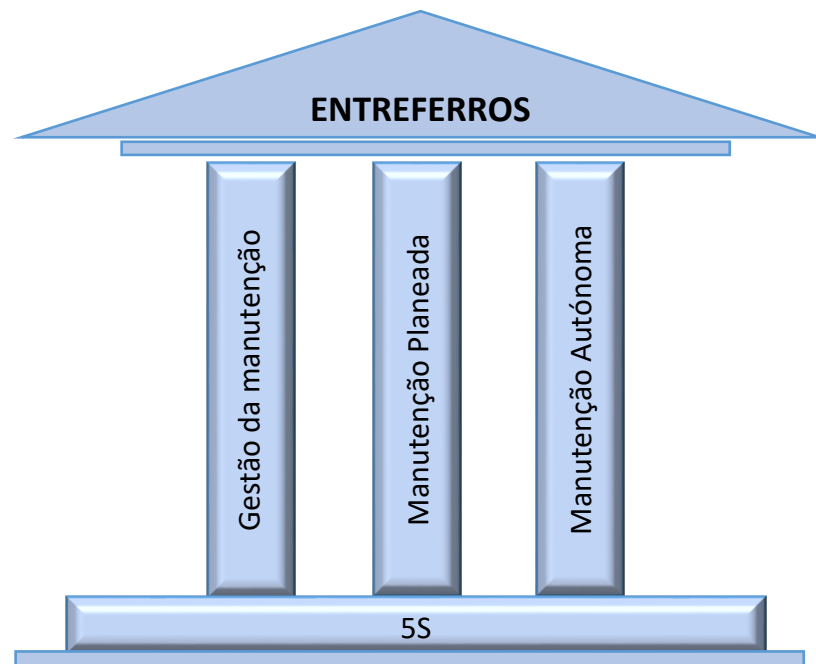


Figura 35- Pilares implementados na ENTREFERROS

- **Gestão da manutenção:** Melhoria da ferramenta de gestão da manutenção para permitir um correto controlo da manutenção. Desenvolvimento de *checklist* para o registo de avarias detetadas, com objetivo na diminuição da falha do número de intervenções de Manutenção Corretiva realizadas internamente;
- **Manutenção planeada:** Baseia-se no reajuste dos planos de Manutenção Preventiva dos equipamentos, com base nas avarias mais frequentes dos últimos anos, com o objetivo de manter o equipamento nas condições ideais de funcionamento e evitar paragens inesperadas. Desenvolvimento de um método para o planeamento das tarefas dos planos de Manutenção Preventiva, através de uma ferramenta em *Microsoft Excel*, capaz de agilizar a programação e execução das OT'S de Manutenção Preventiva;
- **Manutenção Autónoma:** Formulação de planos de Manutenção Autónoma com tarefas básicas de limpeza, inspeção e lubrificação a realizar pelos operadores diariamente e semanalmente. Criação de *checklist* para o registo da execução das tarefas do PMA;
- **5S:** A metodologia dos 5S será aplicada no armazém de peças, onde estão inseridas todas as ferramentas e acessórios. Tendo em conta a sua elevada frequência pelos operadores durante o período laboral, a organização e a limpeza deste espaço, diminui as perdas por inatividade operacional e agiliza mais tempo para tarefas de valor acrescentado.

3.8. Implementação da Manutenção Autónoma






Nos dias de hoje, a implementação da Manutenção Autónoma trata-se de um pilar muito importante para as organizações. As tarefas básicas como limpezas, verificações e ajustes realizados pelo operador da máquina, conduzem a uma maior prevenção de substituições e avarias recorrentes, como também, possibilita melhores condições de operacionalidade.

Neste preciso caso, a organização não apresenta qualquer estrutura de Manutenção Autónoma para os seus ativos. Assim, foram criados planos de Manutenção Autónoma para as máquinas críticas da produção e estratégias de controlo da sua correta implementação.

A implementação deste pilar da metodologia TPM requer o sentido de responsabilidade dos operadores, o que por vezes, falha em muitas das organizações. Com isto, foram agendadas duas reuniões internas com os operadores das máquinas incidentes da implementação, para os informar e sensibilizar do cumprimento das tarefas de Manutenção Autónoma como um bem organizacional.

Os planos de Manutenção Autónoma devem ser práticos e agradáveis visualmente para quem o vai utilizar. Deste modo, optou-se por inserir símbolos visuais para cada tarefa, conforme está representado na Tabela 30, e, ainda, a sua respetiva duração, com o objetivo de agilizar a execução da tarefa e motivar o operador a cumprir o requisitado.

Tabela 30- Simbologia das ações das tarefas de Manutenção Autónoma

Ação	Significado	Exemplos práticos
	Tarefas de limpeza do equipamento, componentes e áreas afins	Limpeza de guias, peças móveis expostas, filtros e área de trabalho envolvente
	Inspeção e verificação visual	Verificar níveis de óleo, líquido refrigerante e água. Inspeção do desgaste de componentes
	Deteção de anomalias auditivamente	Ouvir e detetar sons não comuns no decorrer da operação efetuada
	Lubrificação do equipamento ou dos seus componentes	Lubrificar peças móveis, guias e abastecer depósitos
	Controlo e ajuste manual	Efetuar testes, ajustes e reparações básicas para garantir as boas condições

Os cinco tipos de ação indicados na Tabela 30, representam as ações mais frequentes que o operador deve realizar para o cumprimento de uma eficaz manutenção diária e semanal. De seguida, explicita-se todo o processo de estruturação e criação dos planos de Manutenção Autónoma para cada equipamento em estudo.

3.8.1. Planos de Manutenção Autónoma

Para a estruturação das tarefas dos planos de Manutenção Autónoma, reuniu-se com os operadores de cada máquina CNC, os soldadores, com o coordenador e o engenheiro de manutenção. Pelo meio da experiência adquirida de cada operador e com o conhecimento das principais intervenções efetuadas pelo coordenador, obteve-se aquelas que são as principais necessidades diárias das máquinas em estudo. Procedeu-se ainda à comunicação com as empresas externas que efetuam as reparações e inspeções destes ativos, para perceber quais os cuidados essenciais a ter diariamente.

A Figura 36 ilustra o plano de Manutenção Autónoma para a máquina de corte e furação CNC *FICEP*. Os planos de Manutenção Autónoma realizados para os restantes equipamentos críticos da produção, encontram-se ilustrados no APÊNDICE A.













Ficha de Manutenção Autónoma		Ref./No. Equipamento: EQP05
Tipo de Equipamento: Corte e Furação Automático CNC		Data aquisição: 2017/03/28
Equipamento Marca: FICEP		Tempo serviço: 6,1 anos
Ref./Modelo Equip.: Vanguard 1003		Nº Série ou Ano de Fabrico: 34898
		Página: 1 de 1
 Limpeza	 Inspeção	 Lubrificação
 Audição	 Controlo manual	
LEGENDA		
PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA DO EQUIPAMENTO		
MANUTENÇÃO <u>DIÁRIA</u>		
Ação	Descrição da Tarefa	Duração (min)
	Verificar o funcionamento do sistema de ar	0,5
	Teste inicial de diagnóstico da máquina	1,5
	Deteção de sons não comuns	1
	Verificar o aperto e o estado das ferramentas de corte	1
	Verificar o estado dos suportes hidráulicos dos apoios	3
	Verificar o estado das guias e dos patins	2
	Limpeza do monitor de trabalho e área envolvente	3
MANUTENÇÃO <u>SEMANAL</u> (Sexta-feira)		
Ação	Descrição da Tarefa	Duração (min)
	Limpeza dos depósitos de limalha	5
	Limpeza de peças móveis expostas	5
	Limpeza da zona do posto de trabalho	3
	Verificar o nível de lubrificante das ferramentas de corte e da serra	1
	Verificar o nível de lubrificante do equipamento	1
	Verificação do estado dos rolamentos	2
	Reparação ou substituição de componentes desgastados	5
Em caso de anomalia detetada registar em checklist de avarias ou efetuar pedido de intervenção		
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001	Emitido por via informática.	Editado por: Beatriz Silva

Figura 36- Plano de Manutenção Autónoma do EQP05

Os planos de Manutenção Autónoma encontram-se afixados em cada um dos postos de trabalho, como é possível visualizar nas Figuras abaixo, para possibilitar aos operadores a sua leitura e observação do tempo previsto para a realização de cada tarefa imposta.

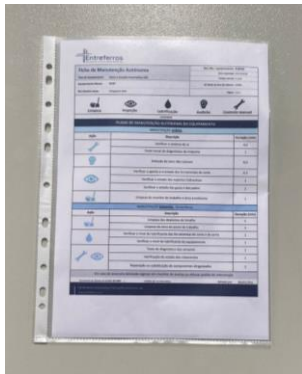


Figura 37- PMA da CNC FICEP

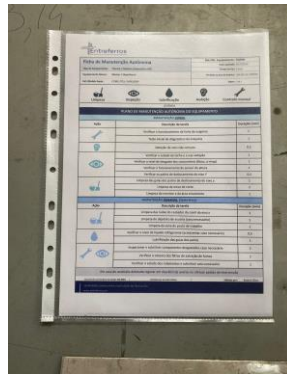


Figura 38- PMA da CNC MESSER



Figura 39- PMA dos postos de soldadura

3.8.2. Controlo de Manutenção Autónoma

O cumprimento da Manutenção Autónoma pelos operadores deve ser garantido, pelo que, foram colocadas *checklist* com as tarefas do plano de Manutenção Autónoma em cada posto. Ilustra-se na Figura 40, a *checklist* de Manutenção Autónoma para a máquina de corte e furação CNC FICEP. As *checklist* dos restantes equipamentos encontram-se no APÊNDICE B.

Equipamento		CNC FICEP	Operador/ Utilizador			
Seccção		Corte e furação de perfis				
Tarefas						
Diário	1	Verificar o sistema de ar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2	Teste inicial de diagnóstico da máquina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3	Deteção de sons não comuns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4	Verificar o aperto das ferramentas de corte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5	Verificar o estado dos suportes hidráulicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6	Verificar o estado das guias e dos patins	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7	Limpeza do monitor de trabalho e área envolvente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semanal (6ª feira)	8	Limpeza dos depósitos de limalha				<input type="checkbox"/>
	9	Limpeza de peça móveis expostas				<input type="checkbox"/>
	10	Limpeza da zona do posto de trabalho				<input type="checkbox"/>
	11	Verificar o nível de lubrificante das ferramentas de corte e da serra				<input type="checkbox"/>
	12	Verificar o nível de lubrificante da máquina				<input type="checkbox"/>
	13	Verificar o estado dos rolamentos				<input type="checkbox"/>
	14	Reparar ou substituir cabos ou componentes danificados				<input type="checkbox"/>

Documento informático editor por: Beatriz Silva O Coordenador/

Figura 40- Checklist de Manutenção Autónoma do EQP05

Este controlo inicial teve como principal objetivo verificar o cumprimento do plano de MA em cada ativo e perceber as melhorias obtidas através da implementação desta técnica, como também, analisar a futura necessidade de treino e formação dos operadores.

3.9. Melhoria dos planos de Manutenção Preventiva

Os planos de Manutenção Preventiva que a empresa apresenta estão inseridos na ferramenta de gestão em *Microsoft Excel*. Através da sua análise, verificou-se que apresentavam pouca informação e baseavam-se numa generalidade das tarefas para cada periodicidade. Os planos não são ajustados a cada tipologia de equipamento, nem às necessidades de cada máquina. Através da Figura 41, ilustra-se um excerto do plano de Manutenção Preventiva atual do EQP05, encontrando-se com clareza os planos atuais dos ativos em estudo no ANEXO A.

Ficha de Manutenção Preventiva de Equipamento		Ref./No. Equipamento:	EQP05
Tipo de Equipamento: Corte e Furação Automático CNC		Data aquisição	2017/03/28
Equipamento Marca: FICEP		Tempo serviço	6,1 anos
Ref./Modelo Equip.: Vanguard 1003		Nº Série ou Ano de Fabrico:	34898
		Página:	1 de 1
DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO			
Máquina de corte de fita e 3 eixos de furação por broca automática CNC			
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO EQUIPAMENTO			
MANUTENÇÃO DIÁRIA OU 8 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza da zona de trabalho; Operacionalidade do equipamento (eixos, estado das lâminas de corte, comando, circuito ar comprimido, circuito hidráulico, eléctrico, nível do óleo de refrigeração)		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO SEMANAL OU 30 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento + "Manutenção Diária"		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO QUINZENAL OU 60 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento + "Manutenção Diária"		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO MENSAL OU 120 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Lubrificação das peças móveis expostas; Limpeza dos filtros de poeiras nas entradas de ar do comando; Verificação do estado geral das cablagens exteriores + "Manutenção Semanal"		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			

Figura 41- Excerto do plano de Manutenção Preventiva atual do EQP05

Desde já, verifica-se o número excessivo de periodicidades dos planos para a dimensão e capacidade operacional da unidade de produção. O estabelecimento de periodicidades deve ser realizado com base na quantidade de recursos da organização disponíveis e das necessidades dos equipamentos. A generalização das tarefas é um dos outros pontos que deve ser alterado, pois verificamos que as tarefas do plano não estão adequadas ao equipamento, nem discriminadas com o devido rigor para a sua execução.

Com isto, os planos de Manutenção Preventiva existentes dos equipamentos críticos, foram analisados juntamente com as intervenções de manutenção mais frequentes de cada máquina e conhecimentos transmitidos pelos operadores. Assim, definiu-se tarefas adequadas a cada periodicidade, para estabelecer um plano capaz de prevenir avarias frequentes e paragens prolongadas, associadas a custos elevados de manutenção. No que diz respeito às periodicidades, optou-se por uma manutenção mensal, semestral e anual, tendo em conta a baixa quantidade de recursos de manutenção e as necessidades da produção. Além disto, temos a presença da Manutenção Autónoma, que se insere diariamente e semanalmente, sendo da inteira responsabilidade do operador, não sendo registada, nem planeada pelo coordenador.

Através da Tabela 31, verificamos algumas das tarefas a realizar em cada periodicidade dos planos de Manutenção Preventiva e o respetivo responsável pela execução das mesmas.

Tabela 31- Periodicidades dos planos de Manutenção Preventiva

Periodicidade	Tipo de tarefas	Responsável
Mensal	Verificações gerais; Limpezas do equipamento e componentes; Substituições simples.	Operador
Semestral	Limpeza de componentes internos; Substituição de peças, cabos e filtros; Inspeção; Testes de controlo.	Técnico de Manutenção
Anual	Revisão geral do equipamento; Substituição de óleos e massas lubrificantes; Controlo e ajuste dos parâmetros; Testes de diagnóstico de anomalias.	Empresa Externa/ fabricante/ Engenheiro de manutenção

Desta forma, apresenta-se na Figura 42, o excerto do plano do EQP05 melhorado e ajustado, tendo em conta as condições necessárias para garantir a sua máxima Disponibilidade. No APÊNDICE C encontram-se os planos completos de Manutenção Preventiva dos equipamentos estudados.

Ficha de Manutenção Preventiva de Equipamento		Ref./No. Equipamento: EQP05	
Tipo de Equipamento: Corte e Furação Automático CNC		Data aquisição	2017/03/28
Equipamento Marca: FICEP		Tempo serviço	6,1 anos
Ref./Modelo Equip.: Vanguard 1003		Nº Série ou Ano de Fabrico:	34898
		Página:	1 de 1
 Limpeza	 Inspeção	 Lubrificação	 Audição
 Controlo manual			
LEGENDA			
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO EQUIPAMENTO			
Ação	MANUTENÇÃO DIÁRIA	Duração (min)	RESPONSÁVEL
 	Tarefas do PMA Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.	12	Operador/Utilizador
Ação	MANUTENÇÃO SEMANAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL
 	Tarefas do PMA Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.	22	Operador/Utilizador
Ação	MANUTENÇÃO MENSAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL
	Limpeza dos depósitos de limalha e de sucata	15	Operador/Utilizador
	Limpeza geral da máquina	10	
	Verificação do estado do serrote e das ferramentas de corte	5	
	Verificação do estado geral das cablagens exteriores	5	
	Verificação dos níveis de líquido lubrificante da serra e das ferramentas	1	
	Verificação do funcionamento dos sensores de segurança	5	
	Verificação do sistema hidraulico	5	

Figura 42- Melhoria do plano de Manutenção Preventiva do EQP05

3.10. Gestão da manutenção

O planeamento, controlo e registo das intervenções realizadas nos equipamentos permitem estabelecer a eficácia da manutenção de um sistema produtivo. O planeamento promove o sucesso da execução de tarefas e o cumprimento dos planos de Manutenção Preventiva. O registo das intervenções permite conhecer os principais problemas associados aos ativos, os custos de manutenção que o ativo engloba e os comportamentos mais frequentes do seu ciclo de vida útil.

Tendo em conta que a empresa não realizava nenhum tipo de planeamento da sua Manutenção Preventiva, e, apenas, controlava uma manutenção planeada para uma periodicidade anual, implementou-se uma melhoria na sua ferramenta de trabalho.

Para além disto, constatou-se pela observação dos dados históricos, cálculo dos índices de desempenho e em comunicação com os responsáveis pela manutenção, que a falha no registo de intervenções de Manutenção Corretiva era muito frequente. Sendo assim, implementou-se uma técnica prática e simples para solucionar este problema na empresa.

3.10.1. Melhoria da ferramenta de gestão da manutenção

Em comunicação com o engenheiro da manutenção e com o coordenador, o pretendido seria direccionar o funcionamento da ferramenta de trabalho para o respetivo controlo e planeamento das intervenções de Manutenção Preventiva, de forma ágil e eficaz para o seu dia a dia. A obtenção de uma ferramenta capaz de possibilitar a gestão e o planeamento da manutenção era de grande importância para o sistema organizacional ao nível da função manutenção.

Em primeiro lugar, juntamente com o coordenador foram estabelecidas periodicidades para cada tipologia de equipamento. Através da criticidade de ativos realizada neste trabalho, decidiu-se que os equipamentos de classe A, nomeadamente, as máquinas CNC e as máquinas de soldadura MIG/MAG, necessitariam de uma manutenção mensal, de forma a prevenir as suas correntes avarias e paragens não programadas. Relativamente aos restantes equipamentos aplicou-se uma periodicidade semestral e anual, com exceção de alguns equipamentos, como os carrinhos de soldadura que apenas necessitam de uma Manutenção Preventiva anual, devido à baixa utilização.

Até ao momento, a empresa apenas registava e controlava as intervenções de manutenção de carácter preventivo para uma periodicidade anual, conforme observamos na Figura 43.

PERÍODO DE MANUTENÇÃO	DATA ÚLTIMA MANUTENÇÃO	MANUTENÇÃO FEITA POR	DATA PRÓXIMA MANUTENÇÃO	CONTROLO (PRÓX. MANUTENÇÃO)
12 meses	2022/07/13	Interna	2023/07/08	● 67 Dias
12 meses	2022/07/14	Interna	2023/07/09	● 68 Dias
12 meses	2022/07/14	Interna	2023/07/09	● 68 Dias
12 meses	2022/07/14	Interna	2023/07/09	● 68 Dias
12 meses	2022/07/13	Interna	2023/07/08	● 67 Dias
12 meses	2022/07/28	Interna	2023/07/23	● 82 Dias

Figura 43- Controlo das tarefas de Manutenção Preventiva anuais

Deste modo, a primeira melhoria efetuada foi possibilitar o controlo da Manutenção Preventiva para as três periodicidades estabelecidas. Assim, complementou-se na sua ferramenta, este controlo de manutenção mensal, semestral e anual, conforme se representa na Figura 44.

DATA ÚLTIMA MANUTENÇÃO MENSAL	DATA ÚLTIMA MANUTENÇÃO SEMESTRAL	DATA ÚLTIMA MANUTENÇÃO ANUAL	DATA PRÓXIMA MANUTENÇÃO MENSAL	DATA PRÓXIMA MANUTENÇÃO SEMESTRAL	DATA PRÓXIMA MANUTENÇÃO ANUAL	CONTROLO (PRÓX. MANUTENÇÃO MENSAL)	CONTROLO (PRÓX. MANUTENÇÃO SEMESTRAL)	CONTROLO (PRÓX. MANUTENÇÃO ANUAL)
	2023/02/23	2022/07/14		2023/08/22	2023/07/09		● 112 Dias	● 68 Dias
	2023/02/23	2022/07/14		2023/08/22	2023/07/09		● 112 Dias	● 68 Dias
	2023/02/23	2022/07/14		2023/08/22	2023/07/09		● 112 Dias	● 68 Dias
	2023/02/24	2022/07/15		2023/08/23	2023/07/10		● 113 Dias	● 69 Dias
2023/04/12	2023/05/17	2022/07/13	2023/05/12	2023/11/13	2023/07/08	● 10 Dias	● 195 Dias	● 67 Dias
2023/04/26	2023/05/24	2022/07/28	2023/05/26	2023/11/20	2023/07/23	● 24 Dias	● 202 Dias	● 82 Dias
	2023/06/21	2022/07/13		2023/12/18	2023/07/08		● 230 Dias	● 67 Dias

Figura 44- Melhoria do controlo de Manutenção Preventiva

Após conseguir possibilitar o controlo para todas as intervenções de manutenção preventiva dos equipamentos, será necessário permitir a gestão e o planeamento das tarefas de cada intervenção.

Foi criada uma página inicial nesta ferramenta em que gerência quais as intervenções de manutenção que tem de ser efetuadas num dado período (mensal, semestral ou anual). Esta página foi desenvolvida tendo em conta a simplicidade e facilidade que os responsáveis pela manutenção apelaram, como se pode verificar através da Figura 45. Assim, o coordenador ou o engenheiro da manutenção, através deste acesso, conseguem visualizar quais as intervenções de manutenção que tem de realizar no preciso mês de trabalho ou até mesmo verificar o que ficou em falta efetuar.

Gestão e Planeamento da Manutenção		Periodicidade	1 Mês
Programação de OT'S		Página: 1 de 1	
IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO			
	EQP41		EQP73
	EQP51		EQP77
	EQP52		EQP79
	EQP53		EQP80
	EQP54		EQP82
	EQP55		EQP83
	EQP56		EQP85
	EQP58		EQP86
	EQP59		EQP87
	EQP64		EQP89
	EQP66		EQP91
	EQP67		EQP92
	EQP68		
Notas:			
- Os dados desta ficha são recolhidos automaticamente da tabela de Planos de Manutenção dos Equipamentos de Produção.			
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001	Emitido por via informática.	Editado por:	Beatriz Silva (Eng.ª)

Figura 45- Melhoria do planeamento de Manutenção Preventiva

No que diz respeito ao planeamento das ordens de trabalho da manutenção, criou-se uma *checklist* com as tarefas a realizar para a respetiva intervenção de manutenção, conforme está representada na Figura 46. Esta solução torna-se prática, na medida em que, através da página apresentada anteriormente, visualiza-se quais as intervenções a serem realizadas no preciso mês, e, de seguida, gera-se a ficha com a respetiva ordem de trabalho (OT), selecionando apenas o código do ativo e a periodicidade das tarefas a realizar, programando, assim, uma OT de Manutenção Preventiva.

Manutenção- OT'S (Ordem de Trabalho)		Ref./No. Equipamento: EQP54	
Tipo de Equipamento: Máq. de soldar MIG/MAG		Data aquisição	2017/03/28
Equipamento Marca: FRONIUS		Tempo serviço	6,1 anos
Ref./Modelo Equip.: VARIOSYNERGIC 5000		Nº Série ou Ano de Fabrico	23214382
		Página	1 de 1
DESCRIPÇÃO DO EQUIPAMENTO			
Aparelho de soldar MIG/MAG			
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO EQUIPAMENTO			1 Mês
Tarefas a Realizar			Feito
Limpeza interna do equipamento para evitar poeiras metálicas			<input type="checkbox"/>
Teste de pulverização dos debitómetros (prevenção de fugas de gás)			<input type="checkbox"/>
Verificar o correto funcionamento do circuito de água			<input type="checkbox"/>
Limpeza do filtro do refrigerador			<input type="checkbox"/>
Limpeza do filtro de ar			<input type="checkbox"/>
Verificação do estado da tocha (substituir caso necessário)			<input type="checkbox"/>
Manutenção Feita por:			
Notas:			
- Os dados desta ficha são recolhidos automaticamente da tabela de Planos de Manutenção dos Equipamentos de Produção.			
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001	Emitido por via informática.	Editado por:	Beatriz Silva (Eng.ª)

Figura 46- Ficha de OT'S de Manutenção Preventiva

3.10.2. Registo e controlo de avarias

Na fase de consulta e análise das intervenções de cada equipamento, foi detetado um baixo número de avarias durante o período de observação (1 de janeiro de 2020 até 1 de janeiro de 2023). Em consequência disto, foi realizada uma reunião interna com os responsáveis pela manutenção, e, constatou-se, que apenas em casos de avarias graves dos equipamentos é que os operadores comunicavam ao coordenador. Quanto às intervenções realizadas pelos próprios operadores, estas não eram devidamente comunicadas, conduzindo assim, à omissão de várias intervenções de Manutenção Corretiva.

Desta forma, foi criada para os postos de trabalho, uma ficha para o registo de qualquer anomalia que seja detetada pelo operador. Primeiramente, reuniram-se as avarias mais frequentes nos ativos de cada setor de produção, com o auxílio do coordenador e dos operadores de cada equipamento, elaborando, assim, uma compilação de diversas avarias dos equipamentos.

Apresenta-se na Figura 47 um excerto desta tabela de avarias dos ativos de cada setor da produção.

EQP	Nº série	Nome	Marca	Modelo	Anomalia/Avaria			
EQP01	911012	Serrote de Fita Semi-Automático	MAKIMAK	SZC800G	Comandos	Circuito eléctrico	Circuito hidráulico	Circuito de arrefecimento e de lubrificação
EQP02	503299035	Serrote de Fita Semi-Automático	FAT	5032 SA D/S	Comandos	Circuito eléctrico	Circuito hidráulico	Circuito de arrefecimento e de lubrificação
EQP03	5003100177	Serrote de Fita Semi-Automático	FAT	330 SA	Comandos	Circuito eléctrico	Circuito hidráulico	Circuito de arrefecimento e de lubrificação
EQP04	F1304583	Serrote de Fita Manual	FAT	270 MAN	Comandos	Circuito eléctrico	Circuito hidráulico	Circuito de arrefecimento e de lubrificação
EQP05	34898	Corte e Furação Automático CNC	FICEP	Vanguard 1003	Hardware	Falha sensores	Quebra da serra	Circuito de ar
EQP06	109.262.10 / 078558	Plasma / Oxicorte Automático CNC	Messer / Hipertherm	COMCUT31 / HPR260XP	Hardware	Falha sensores	Falha da tocha	Circuito de gás

Figura 47- Folha das avarias dos ativos de cada setor

De seguida, numa outra folha do *Microsoft Excel*, gerou-se a ficha de registo de eventuais avarias, conforme ilustra a Figura 48, e apenas é necessário indicar o número interno do ativo e a transposição das avarias daquele ativo é realizada automaticamente.

Com isto, este método torna-se bastante prático e soluciona a falha no registo de intervenções de Manutenção Corretiva, principalmente, para aquelas que são realizadas internamente pelo operador, que resultam, em grande parte, da sua omissão ao responsável.

Controlo e registo de manutenção corretiva						
Ref./No. Equipamento:	P1120401534		Operador: _____ Nº ____			
Tipo de Equipamento:	Máq. de soldar MIG/MAG	EQP58				
Equipamento Marca:	Lincoln	Data da ocorrência/avaria				
Ref./Modelo Equip.:	505 S POWERTEC	___/___/___				
Deteção de avarias						
Anomalia/Avaria	Hora	Reparado (S/N)	Ação corretiva	Duração	Pedido	
Seletores de parâmetros	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Circuito eléctrico externo	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Circuito eléctrico interno	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Conexões de tensão	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Fugas de gás	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Debitómetros de gás	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Avaria na tocha	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Circuito de arrefecimento	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Conexões de arrefecimento	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Fugas de água	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Cabos de massa	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Outras Avarias:	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001			Editado por: Beatriz Silva			

Figura 48- Ficha de registo e deteção de avarias

3.11. 5S no armazém de peças

A técnica dos 5S trata-se da base da implementação da metodologia TPM, o seu conceito procura divulgar que o sucesso de um sistema de produção, passa pela obtenção de espaços organizados, limpos e normalizados para combater as perdas associadas aos seus processos e proporcionar uma maior qualidade nas áreas de trabalho da produção.

A aplicação desta técnica foi realizada no armazém que engloba as peças e consumíveis para as reparações de manutenção. Ainda como, alguns dos equipamentos, ferramentas e acessórios do stock interno da empresa.

Primeiramente, verificou-se todos os pontos que constituem o método dos 5S e implementou-se as respetivas melhorias na área de intervenção, conforme se apresenta na Tabela 32.

Tabela 32- Implementação da técnica do 5S no armazém de peças



5S	Problema	Implementação/ melhoria
<p>Seiri (Uso)</p> 	<p>Materiais e peças sem utilidade prática a ocupar espaço no armazém</p>	
<p>Seiton (Organização)</p> 	<p>Falta de arrumação e organização do local de reparações e estantes dos materiais</p>	
<p>Seiktsu (Padronização)</p> 	<p>Identificação de equipamentos armazenados com etiqueta interna da empresa</p>	

Tabela 32- Implementação da técnica do 5S no armazém de peças (cont.)

5S	Problema	Implementação/ melhoria
Seiktsu (Padronização) 	Identificação das categorias dos materiais e ferramentas	
Seiso (Limpeza) 	Local com falta de limpeza e sujidade de pó metálico nas superfícies	
Shitsuke (Disciplina) 	Ausência de promoção e divulgação dos colaboradores para as boas práticas	

Com a aplicação destas melhorias no armazém de peças, conseguimos obter um espaço limpo e organizado, de forma a eliminar possíveis perdas que não sejam identificadas. De facto, um dos elementos base da metodologia TPM é a eliminação dos principais problemas, que, por vezes, não são identificados devido à desorganização dos espaços e da falta de disciplina dos operadores.

Primeiramente, foi criado um espaço para empilhar artigos sem uso, que apenas são armazenados para eventuais substituições ou reparações de manutenção, como por exemplo, os cabos de massa das máquinas de soldadura, que podem ser reutilizados em algumas das reparações futuras.

Além disto, realizou-se a identificação das diferentes secções dos materiais do armazém, para agilizar o tempo de procura da peça e/ ou material necessário pelos operadores. A redução de tempo na procura, possibilitará uma maior disponibilidade dos colaboradores em tarefas que gerem valor acrescentado. Foram ainda, identificados alguns equipamentos com a devida etiqueta de identificação interna, conseguindo uniformizar a identificação dos ativos na organização.

No âmbito do valor disciplina da técnica dos 5S, promoveu-se visualmente a metodologia TPM no armazém de peças, pelo meio de folhas visuais que apelam ao cumprimento de tarefas chave, para alcançar um ambiente de trabalho produtivo, como também, desenvolver ações de disciplina dos colaboradores perante a limpeza e organização dos espaços do sistema de produção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo representa a análise dos resultados obtidos, através da implementação dos pilares da metodologia TPM anteriormente abordados. Deste modo, foram observados os resultados da aplicação da Manutenção Autónoma nos ativos críticos da produção e da implementação da manutenção planeada, pelo meio do ajuste dos planos de Manutenção Preventiva e das melhorias na sua gestão da manutenção.

Quanto às metas quantitativas atingidas, recolheu-se os dados obtidos durante os meses de implementação para o cálculo dos índices de desempenho de manutenção, obtidos em função das melhorias implementadas. Assim como, realizou-se uma análise estimativa de custos de manutenção para avaliar a viabilidade das implementações efetuadas no sistema de produção.

Por fim, apresenta-se uma breve discussão e comparação de resultados, com alguns dos autores que abordaram as mesmas medidas e técnicas da metodologia TPM em ambiente industrial.

4.1. Resultados da Manutenção Autónoma

A Manutenção Autónoma obteve bons resultados durante o seu período de aplicação de 6 de março a 9 de junho. Os operadores dos ativos demonstraram ao longo da implementação, cooperação e motivação para realizar as tarefas básicas de limpeza e verificação.

No início da implementação da Manutenção Autónoma verificaram-se algumas dificuldades por parte dos operadores em algumas das tarefas propostas. Dado que, foram disponibilizadas algumas horas pelo coordenador, para treinar e orientar os colaboradores dos ativos envolvidos.

Desta forma, apresenta-se o antes (a) e o depois (b) nas imagens abaixo, de alguns dos procedimentos de Manutenção Autónoma executados nos equipamentos críticos da produção.



Figura 49- Antes da implementação da Manutenção Autónoma no EQP05 (a)



Figura 50- Depois da implementação da Manutenção Autónoma no EQP05 (b)



Figura 52- Limpeza do filtro de água (FRONIUS)



Figura 51- Limpeza da zona de trabalho

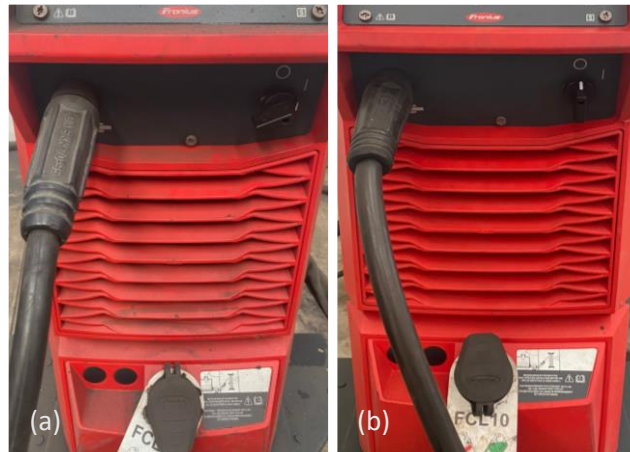


Figura 53- Limpeza do equipamento e conexões (FRONIUS)

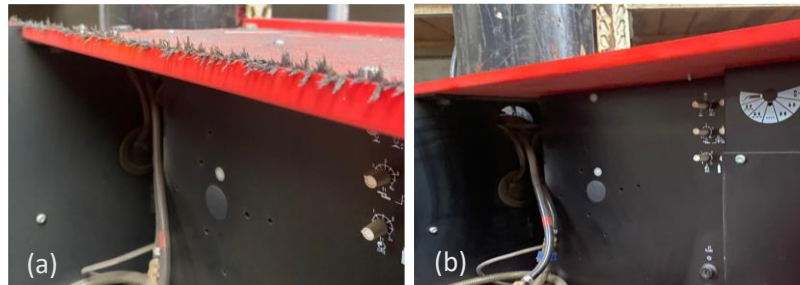


Figura 54- Limpeza de poeiras metálicas depositadas (LINCOLN)

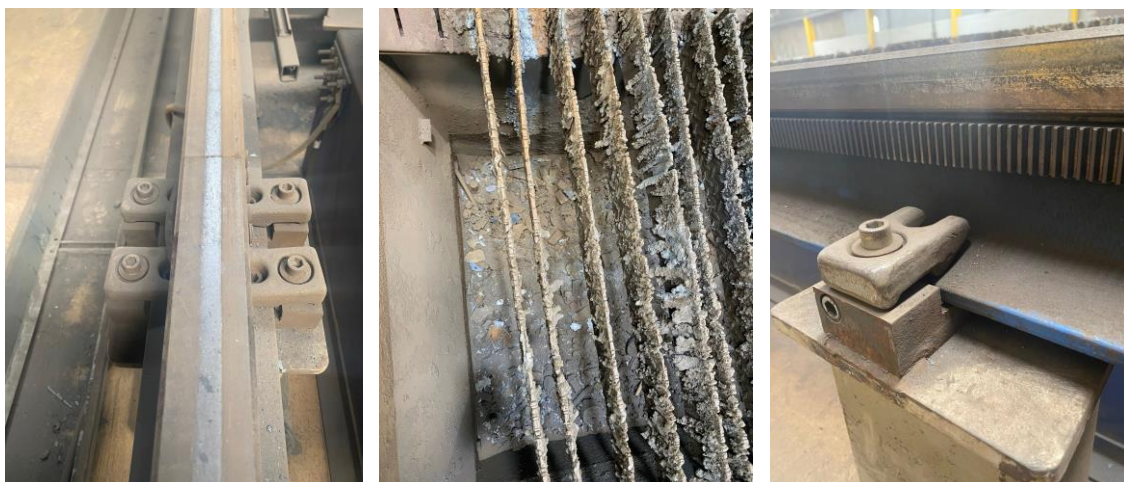


Figura 55- Antes da implementação da Manutenção Autônoma no EQP06 (a)



Figura 56- Depois da implementação da Manutenção Autónoma no EQP06 (b)

Em comunicação com os responsáveis pela manutenção, foi verificada uma grande adesão e disponibilidade por parte dos operadores para o cumprimento das tarefas. Contudo, no segundo mês de aplicação, notou-se menor empenho e atenção, sendo necessário um maior controlo por parte do coordenador de manutenção. Realçando com isto, que é bastante importante a motivação e apoio dos operadores para conduzir ao sucesso da Manutenção Autónoma.

A nível quantitativo, como resultado da execução das tarefas de Manutenção Autónoma, verificou-se uma ligeira redução no tempo gasto nas tarefas mensais de Manutenção Preventiva, conforme se apresenta na Figura 57. No terceiro mês de implementação (maio), os operadores repararam que ao manter o equipamento limpo e em boas condições diárias, conseguiam agilizar as tarefas mensais de forma mais rápida, diminuindo o tempo de inatividade dos equipamentos para efetuar as ordens de trabalho de Manutenção Preventiva, como ainda, folgar o coordenador no auxílio à execução de algumas destas tarefas.

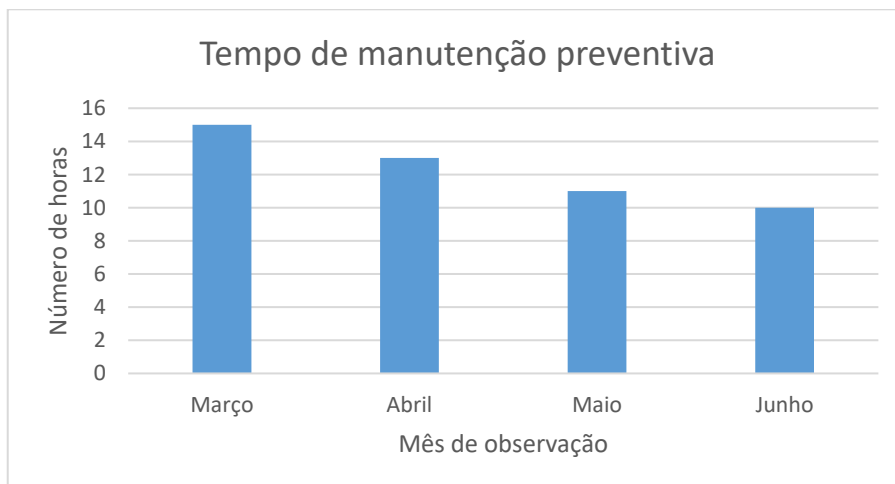


Figura 57- Tempo gasto nas tarefas mensais de Manutenção Preventiva

Além disto, analisou-se a futura necessidade de remover algumas das tarefas dos planos de manutenção mensal, visto que, são tarefas executadas semanalmente. Realçando, mais uma vez, a redução do tempo de paragem dos ativos para efetuar tarefas de Manutenção Preventiva, em prol da prática da Manutenção Autónoma de forma consistente.

Por fim, realizou-se uma breve avaliação qualitativa, quanto às vantagens da Manutenção Autónoma para os operadores durante esta implementação, tanto a nível operacional, como

interpessoal. Desta maneira, realizou-se um questionário com diversos objetivos foca da Manutenção Autónoma, para compreender a opinião dos operadores quanto ao contributo desta técnica, e ainda, verificar quais os pontos que devem ser melhorados futuramente.

Assim, verificou-se, através do gráfico da Figura 58, que a redução de paragens foi realmente notória por partes dos colaboradores, com uma votação de 92%. De seguida, destaca-se o aumento do seu sentido de responsabilidade, perante o bom estado do equipamento e a melhoria da segurança no seu dia a dia. No que diz respeito, aos pontos a ser melhorados, temos, em primeiro lugar, a realização de formações e treino das tarefas autónomas, visto que, 52% dos operadores sentiu esta necessidade, e, por fim, aumentar o envolvimento total dos colaboradores.

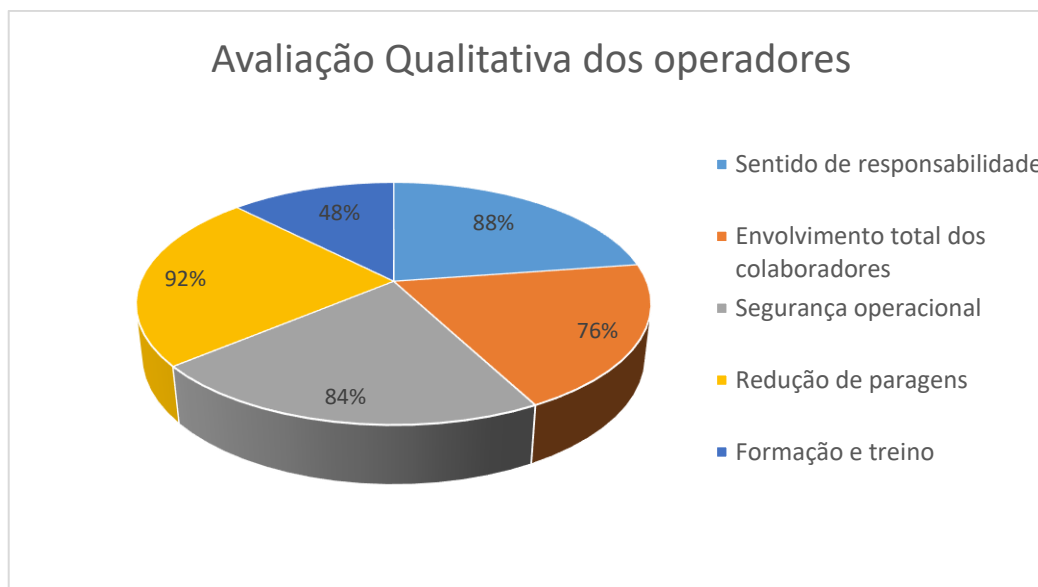


Figura 58- Questionário de avaliação da Manutenção Autónoma

4.2. Resultados da manutenção planeada

O desenvolvimento de uma estratégia de manutenção planeada e estruturada, teve por base a melhoria da ferramenta de gestão da manutenção e o planeamento de OT's de manutenção, de modo, a promover a execução de tarefas de carácter preventivo na produção.

Com isto, a organização passou a conseguir planear e gerenciar as intervenções de Manutenção Preventiva com maior eficácia. Assim, para avaliar quantitativamente este impacto, recolheu-se o número de horas gastas para os dois tipos de manutenção presentes na empresa, durante o período de implementação da metodologia TPM, conforme ilustra a Tabela 33. Através desta melhoria, obteve-se um aumento significativo de Manutenção Preventiva e uma diminuição de Manutenção Corretiva, comparativamente ao cenário inicialmente observado.

Tabela 33- Análise quantitativa dos tipos de manutenção efetuadas de março a junho

Tipos de trabalho	Total OT'S	Total Horas	% (Horas/Total)
Manutenção Corretiva	36	62	43 %
Manutenção Preventiva	42	83	57 %

Tendo em conta, que a Manutenção Preventiva não era planeada, nem executada com as devidas periodicidades dos planos, analisou-se a taxa de cumprimento destas tarefas durante os meses de implementação da manutenção planeada, conforme ilustra o gráfico da Figura 59.

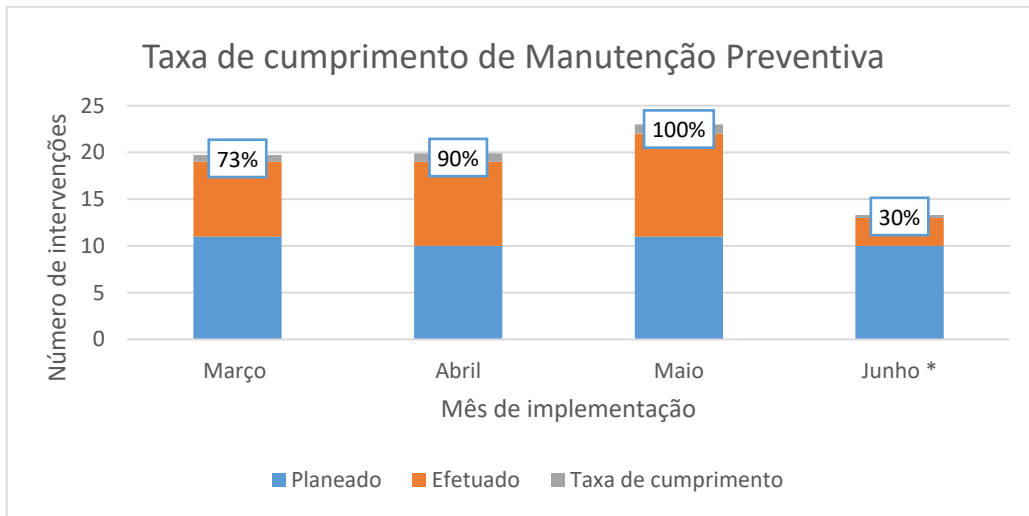


Figura 59- Cumprimento das tarefas de Manutenção Preventiva (* mês com apenas 7 dias observados)

Deste modo, verificou-se que no início da implementação, não foram realizadas todas as intervenções de Manutenção Preventiva planeadas, pois, a organização ainda não estava capacitada a nível de planeamento e disciplina corporativa.

Para além disto, através do uso da ficha de registo de avarias, conforme a Figura 48, como solução para a falha nos registos de intervenções de Manutenção Corretiva, evidenciou bons resultados, pelo que foram identificadas avarias que não se encontravam no histórico inicialmente observado.

Através do gráfico da Figura 60, verificamos as principais avarias identificadas pelos operadores, nos ativos dos setores em estudo durante os meses de aplicação deste método.

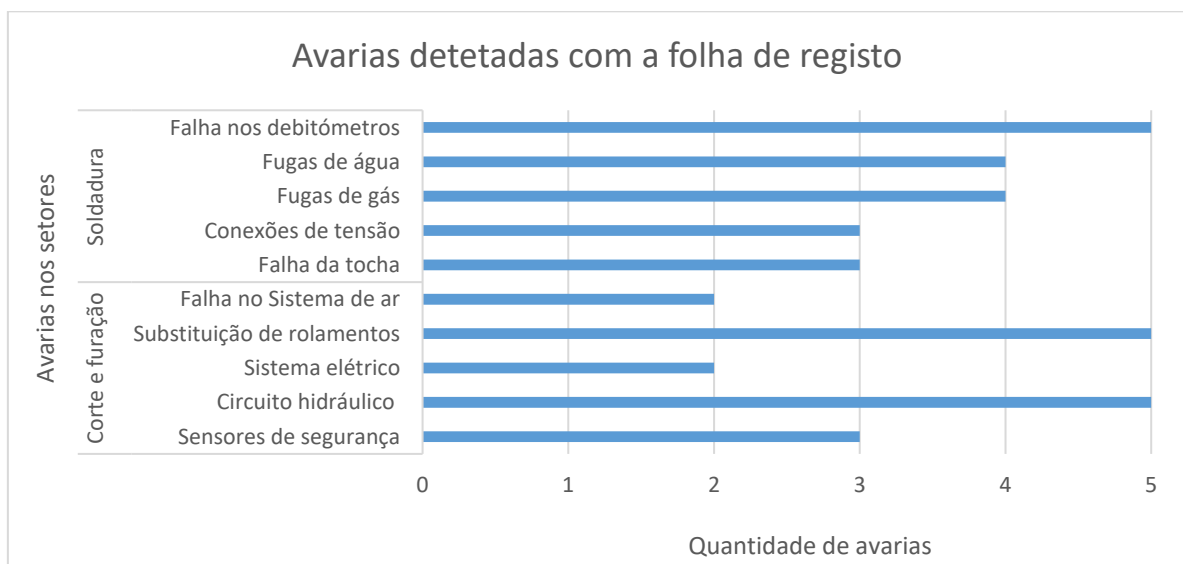


Figura 60- Quantidade de avarias detetadas com a folha de registo de anomalias

Assim, através desta técnica, conseguiu-se melhorar o controlo dos registos de intervenções de Manutenção Corretiva, permitindo obter dados históricos concretos e valores de indicadores de desempenho fiáveis, que transmitem a realidade do estado da manutenção dos equipamentos.

4.3. Análise dos indicadores de desempenho

Este capítulo explora os valores dos indicadores de desempenho MTBF, MTTR e Disponibilidade obtidos durante os meses de implementação da metodologia TPM. Foram analisados os impactos obtidos através da aplicação das práticas de Manutenção Autónoma e manutenção planeada nos ativos críticos da produção.

Importante salientar que no mês de junho foram apenas observados sete dias, não existindo uma base consistente para os seus resultados. Deste modo, os seus valores resultaram de uma previsão com base nos impactos obtidos nos meses anteriores.

4.3.1. Máquinas de corte e furação CNC

No seguimento da análise aos resultados obtidos através das técnicas anteriormente abordadas, realizou-se uma observação quanto ao seu impacto nos índices de desempenho da manutenção dos centros CNC do setor de corte e furação, nomeadamente, o EQP05 e o EQP06, conforme se apresenta nas Figura 61 e Figura 62, respetivamente.

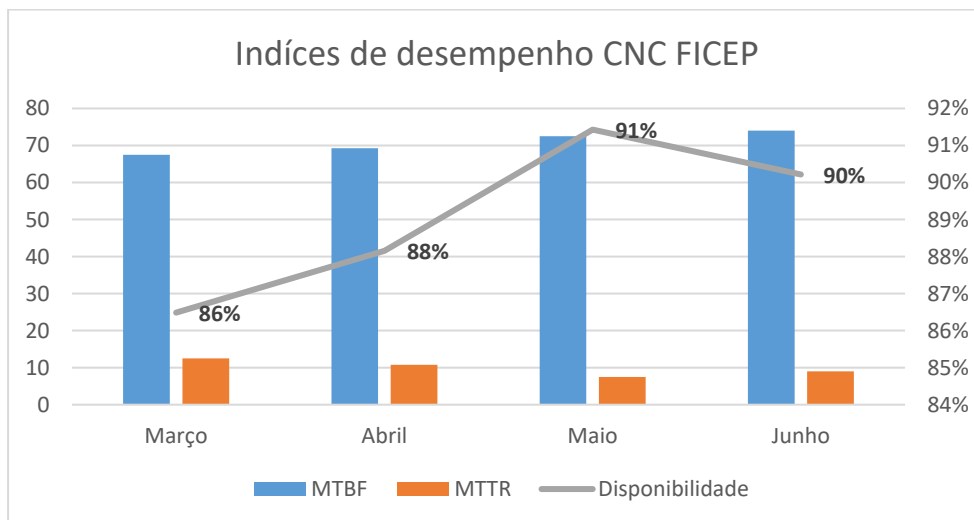


Figura 61- Índices de desempenho da manutenção do EQP05

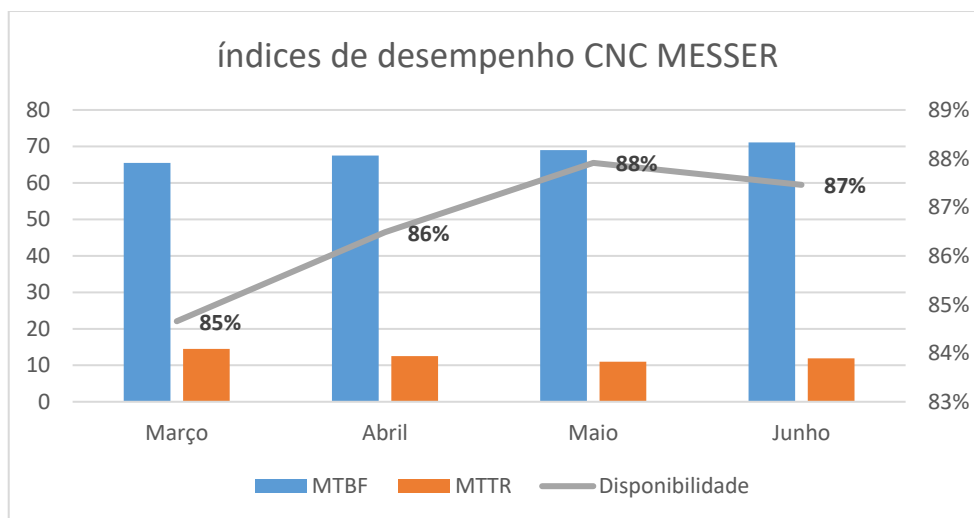


Figura 62- Índices de desempenho da manutenção do EQP06

Conforme ilustrado nos respetivos gráficos da Figura 61 e Figura 62, durante o período de implementações, verifica-se um aumento do MTBF e uma diminuição do valor do MTTR. Isto significa, que as avarias foram diminuindo ao longo dos meses de aplicação, e, ainda, se conseguiu baixar o tempo das reparações de manutenção, diminuindo o tempo de inatividade dos ativos por paragens provocadas por avarias. Com isto, conseguiu-se obter uma redução de 31% em intervenções de manutenção não planeadas nas máquinas CNC do setor de corte e furação.

Ao nível do índice mais significativo para este trabalho de dissertação, nomeadamente, a Disponibilidade do equipamento, verificou-se, em geral, um aumento do seu valor. Salienta-se, que em ambas as máquinas do setor de corte e furação, o pico máximo da sua Disponibilidade foi atingido no mês de maio, sendo de 88% para o EQP06 e de 91% para o EQP05.

Desta forma, atingiu-se um impacto de melhoria em 3% no valor da Disponibilidade em ambas as máquinas CNC do setor de corte e furação.

4.3.2. Máquinas de soldadura MIG/MAG

As máquinas de soldadura MIG/MAG desde o início que possuíam valores muito similares em termos de índices de desempenho de manutenção. Visto que, inicialmente, os valores dos índices de desempenho foram abordados por valor médio consoante a marca, foi, assim, realizada uma análise crítica dos resultados obtidos neste setor, por cada marca de equipamento, nomeadamente, FRONIUS e LINCOLN.

Esta avaliação geral por cada marca, permite retirar comparações relevantes quanto à Fiabilidade das diferentes marcas presentes na empresa, quanto às máquinas de soldadura MIG/MAG.

Deste modo, apresenta-se na Figura 63 e Figura 64, os impactos quantitativos obtidos para um dos equipamentos FRONIUS e LINCOLN, respetivamente, que foram observados ao longo do período de implementação da Manutenção Autónoma e das tarefas de Manutenção Preventiva.

Os gráficos dos resultados obtidos dos restantes equipamentos encontram-se no APÊNDICE D.

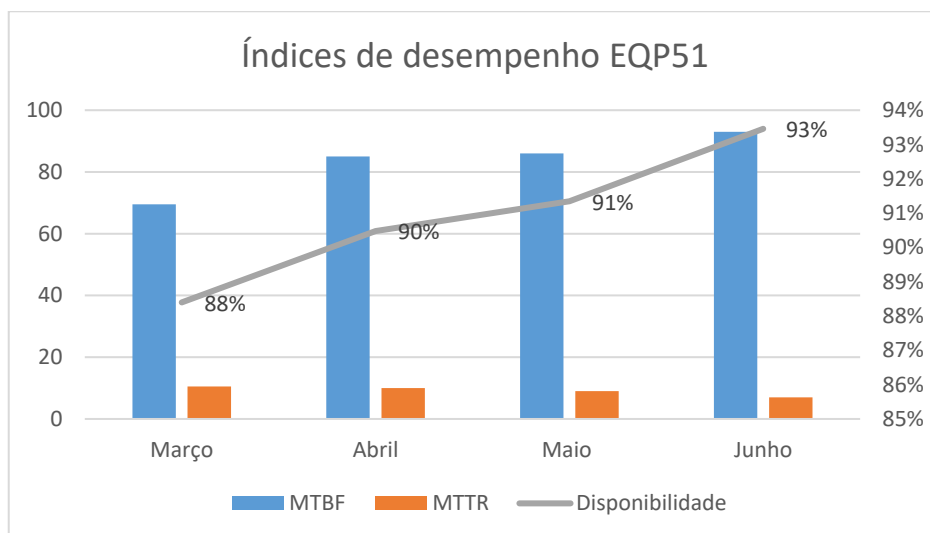


Figura 63- Índices de desempenho da manutenção do EQP51

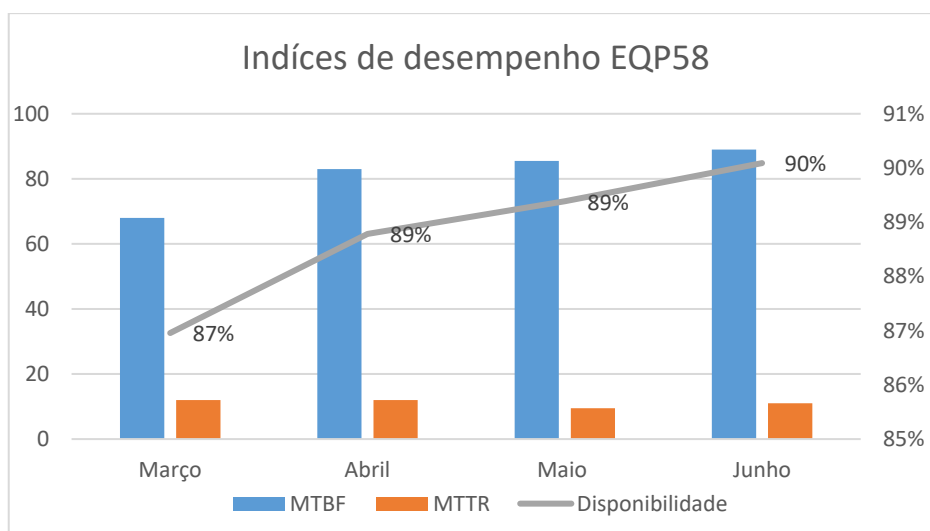


Figura 64- Índices de desempenho da manutenção do EQP58

Foi expectável nos equipamentos de ambas as marcas, o aumento do MTBF e a diminuição do MTTR ao longo do período de implementação. Isto, como consequência, da redução das avarias nos equipamentos de soldadura ao longo dos meses observados. De facto, neste setor, foi possível atingir uma melhoria de 44 % na redução de paragens não programadas, o que significa, que maior parte das suas paragens se devem à ausência de limpezas e verificações diárias.

Quanto aos índices de desempenho da manutenção, os equipamentos da marca FRONIUS atingiram valores bem superiores a 90% de Disponibilidade, destacando o EQP54 e o EQP55, que obtiveram valores de Disponibilidade máxima de 94% e 95%, respetivamente. Nos ativos LINCOLN, isso não foi observado, pois obtiveram-se valores de Disponibilidade máxima de 90%. Através da Tabela 34, reúnem-se os impactos obtidos no valor de Disponibilidade de cada ativo do setor de soldadura.

Tabela 34- Impactos na Disponibilidade dos ativos de soldadura MIG/MAG

Ativo	Disponibilidade antes do TPM	Impacto percentual após o TPM
EQP51	87%	+ 4%
EQP52	87%	+ 4%
EQP54	87%	+ 5%
EQP55	87%	+ 6%
EQP58	87%	+ 2%
EQP59	88%	+ 2%

Um outro índice que se destacou, foi a redução do tempo de reparação das avarias das máquinas, contudo, os equipamentos de soldadura FRONIUS observados, conseguiram obter tempos de reparação menos prolongados do que os equipamentos da marca LINCOLN, em quase 50%.

Assim, constatamos que os equipamentos LINCOLN obtiveram valores da sua Disponibilidade inferiores aos equipamentos FRONIUS. Isto, possivelmente, por serem os ativos de soldadura mais antigos na produção e com maior carga diária de trabalho. Além disto, os tempos de reparação das máquinas de soldadura LINCOLN são mais elevados, devido às características do equipamento requererem mais conhecimento e tempo disponibilizado para efetuar uma reparação. Conclui-se, com isto, que será importante analisar com cuidado as novas aquisições deste tipo de equipamento de soldadura MIG/MAG, com base na monitorização dos índices de manutenção coletados.

4.4. Análise económica

Em função da obtenção de uma maior Disponibilidade dos ativos, podemos assumir que a organização obterá também uma redução de custos em intervenções de manutenção.

Desta forma, foi feita uma análise económica que envolve dois tipos de custo:

- Custo de recursos (Custo de manutenção interna)
- Custo de serviços (Reparações externas e subcontratação)

Em primeiro lugar, visto que a empresa não apresentava detalhado o custo anual em recursos de manutenção, definiu-se o custo dos recursos para os setores dos ativos em estudo, pelo acesso aos custos da empresa com estes processos, conforme se apresenta na Tabela 35.

Tabela 35- Custo dos recursos de manutenção

Tipo de recurso	Custo/h
Operador CNC	10 €
Soldador	8 €
Coordenador e Técnico de Manutenção	12 €
Engenheiro de manutenção	18€

De seguida, apresenta-se na Figura 65, a estimativa da redução de custos, em prol das melhorias realizadas e da prática de tarefas de carácter autónomo por parte dos operadores. De facto, observa-se um aumento no custo de recursos, visto que, a empresa não realizava na sua integra as intervenções de Manutenção Preventiva. Em contrapartida, o cumprimento das tarefas dos planos de Manutenção Preventiva, conduzem à redução de avarias que providenciem a subcontratação de serviços de manutenção. Deste modo, os custos envolvidos com intervenções de manutenção externa, que se revelavam os de maior impacto, serão minimizados ao longo do tempo.

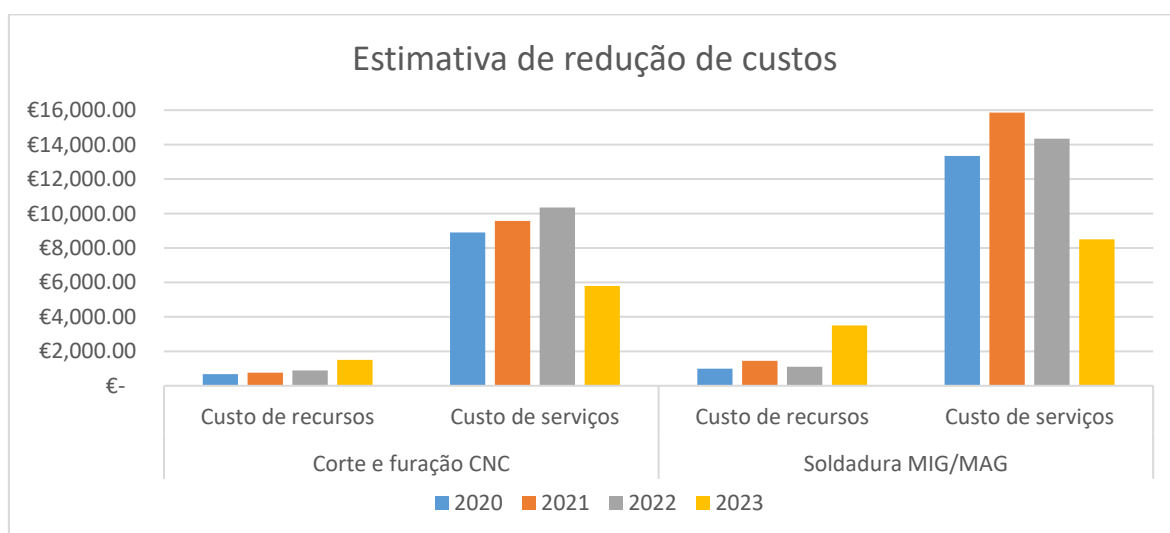


Figura 65- Redução dos custos de manutenção

Assim, com a redução do número de avarias e da asseguração do bom estado de condição dos ativos, os custos com os recursos internos e a subcontratação de serviços de manutenção apresentam uma relação ótima de custo e rendimento operacional. Com isto, concluímos que as melhorias efetuadas transpuseram viabilidade financeira para a organização.

4.5. Discussão de resultados

Este capítulo apresenta uma pequena comparação dos resultados atingidos neste trabalho de dissertação com os resultados de alguns dos autores referenciados no capítulo 2.5 do estado da arte. Apesar das técnicas da metodologia TPM serem as mesmas, a implementação e os resultados obtidos, diferem em prol do funcionamento e características da empresa em análise.

Em primeiro lugar, um dos grandes impactos nos resultados obtidos, pelo meio da aplicação de técnicas da metodologia TPM, foi a diminuição da prática de Manutenção Corretiva nos ativos críticos do sistema e a redução de paragens não programadas em 31% no setor de corte e furação e de 44% no setor de soldadura. No trabalho de Pinto *et al.* (2020), realizado no âmbito da metodologia TPM, atingiu-se a nível quantitativo, uma redução de 23% de paragens no setor de tornos CNC e de 38% no setor de Centros de Maquinagem CNC. Bem como, o estudo de Méndez & Rodriguez (2017), verificou um cenário idêntico, pois obteve uma redução das horas de Manutenção Corretiva e o impacto no número de paragens conduziu a uma melhoria de 10,7%.

Um ponto significativo neste trabalho foi a melhoria dos PMP, em que possibilitou o cumprimento das tarefas de MP. No trabalho de Pinto *et al.* (2020), os planos de MP foram ajustados com periodicidades bem delineadas. Esta melhoria dos planos permitiu que a eficácia das intervenções de Manutenção Preventiva conduziu a uma maior Disponibilidade dos equipamentos.

Através da implementação da Manutenção Autónoma, verificou-se o aumento do sentido de responsabilidade dos operadores perante as condições dos ativos. Tal como, o autor Guariente *et al.* (2017), que verificou que os operadores adquiriram responsabilidade, relativamente às ações de limpeza e verificação diária, garantindo assim o bom funcionamento dos equipamentos. No que diz respeito aos índices de desempenho da manutenção, nos estudos de Ribeiro *et al.* (2019) e Guariente *et al.* (2017), também se verificou um aumento do MTBF e uma diminuição do MTTR, e, conseqüentemente, um aumento de Disponibilidade geral dos ativos analisados.

O trabalho de Marinho *et al.* (2021) foi realizado numa indústria corticeira, e constatou, que a implementação de um sistema TPM, mesmo sem o devido conhecimento e treino dos operadores, gera bons resultados ao nível da eficiência dos equipamentos. No presente trabalho, conclui-se a mesma perspetiva, visto que, a técnica de MA do TPM foi implementada sem o devido auxílio de formação e treino aos operadores dos ativos estudados, e, mesmo assim, atingiu-se resultados impactantes ao nível da Disponibilidade. Em contrapartida, destaca-se também neste trabalho, a importância na formação e treino para o sucesso do TPM na organização.

Quanto ao pilar base do TPM, os 5S, apesar da melhoria significativa obtida na organização e limpeza do armazém de peças, a sua aplicação destacou-se na redução do tempo de procura de materiais no armazém pelos operadores, conseguindo reduzir a perda associada ao local. O mesmo se verificou no trabalho de Ribeiro *et al.* (2019), num armário com diversas peças de desgaste, que conduzia a elevadas perdas de tempo na sua procura pelos funcionários. Através da identificação das peças, conseguiu-se poupar este tempo de inatividade para tarefas de valor acrescentado.

Assim, concluiu-se, com a mesma perspetiva de Pinto *et al.* (2020), que as implementações da metodologia TPM, direcionadas em apenas alguns pilares do TPM, geram resultados impactantes para a empresa. Salienta-se ainda, que mesmo em indústrias distintas, de dimensões e características diferentes, a aplicação das diversas técnicas do TPM, atingem metas de sucesso ao nível da eficácia dos processos e garantem uma organização focada nos mesmos valores.

5. CONCLUSÃO

No decorrer do presente trabalho de dissertação foram referenciadas as diversas conclusões ao longo do seu desenvolvimento. Neste capítulo são apresentadas as considerações finais do trabalho realizado, tendo em conta as metas e objetivos definidos inicialmente.

Por fim, apresentam-se algumas das dificuldades encontradas ao longo do trabalho, e, ainda, as propostas de melhoria a desenvolver em trabalhos futuros, como perspectiva de continuidade da metodologia TPM e de melhoria da função manutenção na empresa.

5.1. Conclusões finais

Este trabalho de dissertação assentou, essencialmente, na aplicação dos pilares Manutenção Autónoma e manutenção planeada da metodologia TPM. O seu principal propósito foi priorizar a realização de intervenções de carácter autónomo e preventivo, para evitar paragens não programadas, aumentar a Disponibilidade dos ativos e reduzir os custos de manutenção.

Esta implementação resultou em dois setores da indústria, nomeadamente, o setor de corte e furação e o setor de soldadura, pelo que, são os que apresentam uma maior relevância para o sistema a nível de intervenções de manutenção, assim como, custos associados às mesmas.

A aplicação da metodologia TPM teve como intenção estruturar uma manutenção mais organizada e adaptada às necessidades da empresa. Isto passou, em primeiro lugar, pela divulgação das técnicas do TPM a serem implementadas e a sua importância para o bom funcionamento da manutenção. Ao longo de todo o processo de implementação, verificou-se, em geral, que a adoção de um sistema de manutenção baseado nos pilares do TPM, conduz a ótimos resultados, não só no âmbito da obtenção de maior eficiência dos processos produtivos e redução de custos, mas também, ao nível do envolvimento total da organização pela melhoria do sistema produtivo.

Deste modo, reuniram-se na Tabela 36, as metas alcançadas relativamente aos objetivos inicialmente propostos para este trabalho. Consta-se, assim, que estes objetivos foram cumpridos com sucesso e conduziram a melhorias no sistema de produção.

Tabela 36- Resultados atingidos no trabalho

Objetivo	Resultados obtidos
Estudo dos equipamentos de cada setor	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação das principais avarias dos ativos. • Dados sobre o estado de condição dos ativos do sistema produtivo.
Criticidade de ativos	<ul style="list-style-type: none"> • Realização de uma classificação ABC nos ativos do sistema de produção.
Ajuste e melhoria dos Planos de Manutenção Preventiva	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de Manutenção Preventiva. • Diminuição de Manutenção Corretiva. • Cumprimento dos planos de Manutenção Preventiva definidos. • Redução de pedidos de intervenção de manutenção externa. • Maior eficiência dos ativos.

Tabela 36- Resultados atingidos no trabalho (cont.)

Objetivo	Resultados obtidos
Manutenção Autónoma	<ul style="list-style-type: none"> • Sentido de responsabilidade dos operadores. • Redução de 31% das paragens não programadas no setor de corte e furação. • Redução de 44% das paragens não programadas no setor de soldadura. • Aumento da Disponibilidade dos ativos. • Redução no tempo de execução das tarefas de Manutenção Preventiva. • Envolvimento total dos colaboradores. • Redução dos custos de subcontratação.
Melhoria da ferramenta de gestão da manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil acesso aos dados de manutenção. • Maior controlo da manutenção. • Planeamento eficaz da manutenção. • Dados históricos concretos. • Redução da falha nos registos de Manutenção Corretiva.
Índices de desempenho da manutenção (KPI)	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorização do estado de condição dos ativos. • Avaliação da função manutenção na empresa. • Estudo e análise dos equipamentos.

Neste trabalho de aplicação da metodologia TPM, verificou-se uma melhoria no âmbito da redução de avarias e aumento de Disponibilidade dos ativos. Isto, como resultado da execução das tarefas de Manutenção Autónoma pelo meio de *Checklist* diárias e do cumprimento das OT'S de manutenção geradas pelos responsáveis, com as devidas tarefas dos planos de Manutenção Preventiva ajustados às necessidades dos ativos. De facto, a melhoria na ferramenta de gestão da manutenção, permitiu um planeamento de OT'S eficaz e acessível ao seu dia a dia, que conduziu a uma maior motivação dos colaboradores na participação das atividades de manutenção.

Quanto ao desenvolvimento da ficha de registo de avarias, colocadas em todos os postos de trabalho, esta permitiu diminuir a maior parte das falhas nos registos de Manutenção Corretiva, contribuindo para um histórico de avarias concreto e valores de índices de desempenho fiáveis.

Salienta-se ainda, apesar de menor importância para este trabalho, a implementação do pilar base do TPM, nomeadamente, os 5S. Esta técnica foi aplicada no armazém de peças, e possibilitou uma maior organização do espaço, redução de tempo de procura dos materiais e/ou peças, e a normalização dos processos de identificação de materiais e equipamentos do armazém.

Conclui-se, assim, que a metodologia TPM melhora o desempenho das unidades de produção através do aumento da eficiência dos seus ativos, como resultado da redução de avarias nos equipamentos. Os colaboradores adquirem responsabilidade pelo bom estado de condição dos ativos, o que gera uma maior produtividade e aumenta o ciclo de vida útil dos equipamentos.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação, foram encontradas algumas barreiras para alcançar os resultados pretendidos. Assim, compilaram-se algumas destas limitações, como segue:

- Ausência de tempo por parte dos operadores em algumas semanas, devido à elevada carga de trabalho;
- Compreensão inicial dos operadores para a execução das tarefas de Manutenção Autónoma;
- Disponibilidade dos responsáveis pela manutenção para o cumprimento das novas medidas, como o planeamento de OT's e o seu posterior controlo;
- Visão da gestão de topo quanto às atividades de manutenção;

No que diz respeito a trabalhos futuros, ao longo da realização do trabalho, foram identificadas algumas sugestões de melhoria para diversas áreas do sistema de manutenção da empresa. Estas melhorias perspetivam a evolução da empresa no seu setor industrial, como também, o acréscimo de valor à função manutenção dentro da organização. A constante procura pela melhoria, gera bons resultados para a produtividade da empresa, obtendo vantagens competitivas no seu mercado.

Com isto, apresenta-se na Tabela 37, as respetivas propostas para trabalhos futuros de continuidade do presente trabalho de dissertação, com especial foco no sucesso dos pilares da metodologia TPM e na garantia de um sistema de manutenção estruturado e organizado.

Tabela 37- Proposta para trabalhos futuros de melhoria

Tema	Proposta de trabalho e / ou melhoria
Desenvolvimento da metodologia TPM	Aplicação dos restantes pilares da metodologia TPM, para garantir na íntegra o seu total funcionamento na organização.
Implementação da Manutenção Autónoma nos restantes equipamentos	Implementar a manutenção autónoma nos restantes equipamentos dos setores estudados.
Planos de Manutenção Preventiva	Efetuar a melhoria e ajuste dos planos de Manutenção Preventiva dos restantes ativos, promovendo na totalidade o planeamento eficaz de todos os equipamentos do sistema produtivo.
Gestão da Manutenção	Implementação de um software integrado de manutenção no seu sistema ERP, garantindo a melhoria do processo de gestão da manutenção, planeamento e controlo do estado dos ativos.
Formação e treino dos colaboradores	Realização de ações de formação na área da manutenção, para melhorar o conhecimento, métodos e técnicas dos operadores quanto aos ativos do sistema de produção.
Aplicação dos 5S nos postos de trabalho	Implementação da técnica 5S nos postos de trabalho do setor de corte e furação e do setor de soldadura. Obtenção de postos de trabalho limpos e organizados, com uma perspetiva nula de perdas.
Análise do ciclo de vida útil dos equipamentos do setor de soldadura e estudo de fornecedores	Estudo do comportamento dos ativos: monitorização e suas principais avarias. Desenvolver uma análise à marca dos ativos que oferece melhores condições de Fiabilidade e Manutibilidade para futuras aquisições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antosz, K., Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Waszkowski, R., & Machado, J. (2022). Application of Lean Six Sigma for sustainable maintenance: case study. *IFAC-PapersOnLine*, 55(19), 181–186. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.204>
- Arslankaya, S., & Atay, H. (2015). Maintenance Management and Lean Manufacturing Practices in a Firm Which Produces Dairy Products. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 207, 214–224. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.090>
- Au-Yong, C. P., Azmi, N. F., & Myeda, N. E. (2022). Promoting employee participation in operation and maintenance of green office building by adopting the total productive maintenance (TPM) concept. *Journal of Cleaner Production*, 352. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131608>
- Braga, I. C., Brandão, F. da S., Ribeiro, F. R. C., & Diógenes, A. G. (2019). Application of GUT Matrix in the assessment of pathological manifestations in heritage constructions. *Revista ALCONPAT*, 9(3), 320–335. <https://doi.org/10.21041/ra.v9i3.400>
- British Standards Institution. (2007). Maintenance - Maintenance Key Performance Indicators: BS EN 15341:2007. 3, 32.
- Cabral, J. S. (2006). *Organização e gestão da manutenção: dos conceitos à prática...*
- Candra, N. E., Susilawati, A., Herisiswanto, & Setiady, W. (2017). Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) to Improve Sheeter Machine Performance. *MATEC Web of Conferences*, 135. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713500028>
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>
- Chintada, A., & Umasankar, V. (2022). Improvement of productivity by implementing occupational ergonomics. *Journal of industrial and Production Engineering*, 39(1), 59–72. <https://doi.org/10.1080/21681015.2021.1958936>
- de São José, D., Faria, P., Silva, C., & Vale, Z. (2020). Key performance indicators to support the participation in demand response programs: A testing framework for end users. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 12602–12607. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.1826>
- Eddarhri, M., Adib, J., Hain, M., & Marzak, A. (2022). Towards predictive maintenance: the case of the aeronautical industry. *Procedia Computer Science*, 203, 769–774. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.115>
- Farinha, J. M. T. (1997). *Manutenção das instalações e equipamentos hospitalares: uma abordagem terológica.*
- Ferreira, S., Martins, L., Silva, F. J. G., Casais, R. B., Campilho, R. D. S. G., & Sá, J. C. (2020). A novel approach to improve maintenance operations. *Procedia Manufacturing*, 51, 1531–1537. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.213>
- Ferreira, S., Silva, F. J. G., Casais, R. B., Pereira, M. T., & Ferreira, L. P. (2019). KPI development and obsolescence management in industrial maintenance. *Procedia Manufacturing*, 38, 1427–1435. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.145>
- Gajdzik, B. (2014). Autonomous and professional maintenance in metallurgical enterprise as activities within total productive maintenance. *Metalurgija*, 53(2), 269–272.
- Gong, J., Luo, Y., Qiu, Z., & Wang, X. (2022). Determination of key components in automobile braking systems based on ABC classification and FMECA. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 9(1), 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.01.008>
- Gonzalez, E., Nanos, E. M., Seyr, H., Valldecabres, L., Yürüşen, N. Y., Smolka, U., Muskulus, M., & Melero, J. J. (2017). Key Performance Indicators for Wind Farm Operation and Maintenance. *Energy Procedia*, 137, 559–570. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.385>













- Gopalakrishnan, M., & Skoogh, A. (2018). Machine criticality based maintenance prioritization: Identifying productivity improvement potential. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(4), 654–672. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-07-2017-0168>
- Guariente, P., Antonioli, I., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, 13, 1128–1134. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174>
- Gupta, P., & Vardhan, S. (2016). Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: A case study. *International Journal of Production Research*, 54(10), 2976–2988. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1145817>
- Hardt, F., Kotyrba, M., Volna, E., & Jarusek, R. (2021). Innovative approach to preventive maintenance of production equipment based on a modified tpm methodology for industry 4.0. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(15). <https://doi.org/10.3390/app11156953>
- Higgins, L. R., Mobley, K., & Smith, R. (2002). *Maintenance Engineering Handbook*. McGraw-hill. <https://books.google.pt/books?id=mwhUAAAAMAAJ>
- Jasiulewicz-kaczmarek, M., Antosz, K., Żywica, P., Mazurkiewicz, D., Sun, B., & Ren, Y. (2021). Framework of machine criticality assessment with criteria interactions. *Eksploatacja i Niezawodność*, 23(2), 207–220. <https://doi.org/10.17531/ein.2021.2.1>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. del M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Kalathas, I., & Papoutsidakis, M. (2021). Predictive maintenance using machine learning and data mining: A pioneer method implemented to greek railways. *Designs*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/designs5010005>
- Kechaou, F., Addouche, S. A., & Zolghadri, M. (2022). A comparative study of overall equipment effectiveness measurement systems. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2037166>
- Li, C., Chen, C., & Li, B. (2017). A predictive maintenance method of series-parallel system based on condition monitoring. *Proceedings of 2016 IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference, IMCEC 2016*, 358–361. <https://doi.org/10.1109/IMCEC.2016.7867233>
- Lopes, I. S., Figueiredo, M. C., & Sá, V. (2020). Criticality evaluation to support maintenance management of manufacturing systems. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(1), 3–18. <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2020-1-248>
- Mansur, A., Rayendra, R., & Mastur, M. (2016). Performance Acceleration on Production Machines Using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) Approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 105(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/105/1/012019>
- Marinho, P., Pimentel, D., Casais, R., Silva, F. J. G., Sá, J. C., & Ferreira, L. P. (2021). 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*, 12(4), 286–298. <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2021-4-295>
- Márquez, A. C. (2007). *The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance*. Springer Science & Business Media.
- Martins, L., Silva, F. J. G., Pimentel, C., Casais, R. B., & Campilho, R. D. S. G. (2020). Improving preventive maintenance management in an energy solutions company. *Procedia Manufacturing*, 51, 1551–1558. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.216>
- Mendes, N., Coutinho, F., & Torres Farinha, J. (2019). *Maintenance of Electromedicine Equipment: A Case Study Based on Outsourcing; Maintenance of Electromedicine Equipment: A Case Study Based on Outsourcing*.
- Mishra, R. P., Gupta, G., & Sharma, A. (2021). Development of a Model for Total Productive Maintenance Barriers to Enhance the Life Cycle of Productive Equipment. *Procedia CIRP*, 98, 241–246. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.037>














- Molenda, M. (2016). The autonomous maintenance implementation directory as a step toward the intelligent quality management system. *Management Systems in Production Engineering*.
- Montero Jimenez, J. J., Schwartz, S., Vingerhoeds, R., Grabot, B., & Salaün, M. (2020). Towards multi-model approaches to predictive maintenance: A systematic literature survey on diagnostics and prognostics. In *Journal of Manufacturing Systems* (Vol. 56, pp. 539–557). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.07.008>
- Morales Méndez, J. D., & Rodriguez, R. S. (2017). Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(1–4), 1013–1026. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0052-4>
- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>
- Mwanza, B. G., & Mbohwa, C. (2015). Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company. *Procedia Manufacturing*, 4, 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.063>
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: total productive maintenance. (Translation). *Productivity Press, Inc., 1988*, 129.
- Nasrward, F., Mohammadi, M., & Rastegar, M. (2022). Probabilistic optimization of preventive maintenance inspection rates by considering correlations among maintenance costs, duration, and states transition probabilities. *Computers and Industrial Engineering*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108619>
- Ng, et al. (2017). A review on lean maintenance through various implementations of total productive maintenance models. *International Journal of ADVANCED AND APPLIED SCIENCES*, 4(9), 174–179. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2017.09.025>
- Nguyen, K. D. (2017). Action Research about Students' Significant Learning in Higher Education: one of the Valuable Tools for Pedagogical Professional Development. *VNU Journal of Science: Education Research*, 33(2). <https://doi.org/10.25073/2588-1159/vnuer.4077>
- Novaski, V., Freitas, J. L., & Billig, O. A. (2020). Aplicação de matriz gut e gráfico de pareto para priorização de perdas no processo produtivo de uma panificadora. *International Journal of Development Research*, 10(11), 42203–42207.
- NP EN 13306. (2021). Terminologia da Manutenção.
- Oliveira, M., Lopes, I., & Rodrigues, C. (2016). Use of Maintenance Performance Indicators by Companies of the Industrial Hub of Manaus. *Procedia CIRP*, 52, 157–160. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.071>
- Pačaiová, H., & Ižariková, G. (2019). Base principles and practices for implementation of total productive maintenance in automotive industry. *Quality Innovation Prosperity*, 23(1), 45–59. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I1.1203>
- Pascal, V., Toufik, A., Manuel, A., Florent, D., & Frédéric, K. (2019). Improvement indicators for Total Productive Maintenance policy. *Control Engineering Practice*, 82, 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.09.019>
- Pereira, C., Carvalho, D., Pereira De Carvalho, C., & Ferreira De Castro, C. (2020). Application of a tool based on the GUT matrix for the improvement of quality Indicators in the automotive industry. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 2020(01), 37–043. <https://doi.org/10.30574/wjaets>
- Pestana, M. D., Veras, G. P., Ferreira, M. T., & SILVA, A. M. (2016). Aplicação integrada da matriz GUT e da matriz da qualidade em uma empresa de consultoria ambiental. *Um Estudo de Caso Para Elaboração de Propostas de Melhorias*.
- Pinto, G. F. L., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Casais, R. B., Fernandes, A. J., & Baptista, A. (2019). Continuous improvement in maintenance: A case study in the automotive industry

- involving Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 38, 1582–1591. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.127>
- Pinto, G., Silva, F. J. G., Baptista, A., Fernandes, N. O., Casais, R., & Carvalho, C. (2020). TPM implementation and maintenance strategic plan - A case study. *Procedia Manufacturing*, 51, 1423–1430. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>
- Pinto, G., Silva, F. J. G., Fernandes, N. O., Casais, R., Baptista, A., & Carvalho, C. (2020). Implementing a maintenance strategic plan using TPM methodology. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(3), 192–204. <https://doi.org/10.24867/IJEM-2020-3-264>
- Pinto, J. P. (2013). Manutenção Lean. In *Lisboa: Lidel, Edições técnicas*.
- Pires, C., Justo, D. A. F., dos Santos, J. A., Góes, M. R., Gonçalves, P. C., Júnior, R. A., Donato, T., & Coutinho, O. P. Í. (2018). Importância da criticidade de equipamentos na gestão da manutenção. *Cent. Univ. Belo Horiz*, 1–8.
- Rathi, R., Singh, M., Sabique, M., al Amin, M., Saha, S., & Krishnaa, M. H. (2021). Identification of total productive maintenance barriers in Indian manufacturing industries. *Materials Today: Proceedings*, 50, 736–742. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.222>
- Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38, 1574–1581. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>
- Santos, M. J. M. F. dos. (2009). *Gestão de manutenção do equipamento*.
- Santos, T., Silva, F. J. G., Ramos, S. F., Campilho, R. D. S. G., & Ferreira, L. P. (2019a). Asset priority setting for maintenance management in the food industry. *Procedia Manufacturing*, 38, 1623–1633. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.122>
- Santos, T., Silva, F. J. G., Ramos, S. F., Campilho, R. D. S. G., & Ferreira, L. P. (2019b). Asset priority setting for maintenance management in the food industry. *Procedia Manufacturing*, 38, 1623–1633. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.122>
- Shaw, R. N., Walde, P., Galgotias University, Institute of Electrical and Electronics Engineers, & IEEE Industry Applications Society. (2019). *2019 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON) : Galgotias University, Greater Noida, UP, India, Sep 27-28, 2019*.
- Shohet, I. M., & Nobili, L. (2017). Application of key performance indicators for maintenance management of clinics facilities. *International Journal of Strategic Property Management*, 21(1), 58–71. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2016.1245684>
- Sonmez, V., Testik, M. C., & Testik, O. M. (2018). Overall equipment effectiveness when production speeds and stoppage durations are uncertain. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 95(1–4), 121–130. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1170-8>
- Stratoudakis, Y., Azevedo, M., Farias, I., Macedo, C., Moura, T., Pólvora, M. J., Rosa, C., & Figueiredo, I. (2015). Benchmarking for data-limited fishery systems to support collaborative focus on solutions. *Fisheries Research*, 171, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.10.001>
- Suryaprakash, M., Gomathi Prabha, M., Yuvaraja, M., & Rishi Revanth, R. v. (2019). Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm. *Materials Today: Proceedings*, 46, 9348–9353. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.820>
- Teixeira, F., Mauricio, J., & Loos, J. (2018). *Análise da metodologia da Manutenção Produtiva Total (TPM): Estudo de caso Analysis of the methodology of Total Productive Maintenance (TPM): Case study* (Vol. 39, Issue 03).
- Thorat, R., & T, M. G. (2018). *Improvement in productivity through TPM Implementation*. www.sciencedirect.com
- Tripp, D. (2005). Action research: a methodological introduction. *Educação e Pesquisa*, 31, 443–466.
- Trojan, F., Francisco, R., Marçal, M., & Baran, L. R. (2013). *TiposManut_ElectreTRI_correcoes*.


- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>
- Wang, J., & Miao, Y. (2021). Optimal preventive maintenance policy of the balanced system under the semi-Markov model. *Reliability Engineering and System Safety*, 213.
<https://doi.org/10.1016/j.res.2021.107690>
- Zulkifly, U. K. Z., Zakaria, N., & Mohd-Danuri, M. S. (2021). The adoption of total productive maintenance (Tpm) concept for maintenance procurement of green buildings in Malaysia. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 12(1), 40–55.
<https://doi.org/10.30880/ijscet.2021.12.01.005>


APÊNDICE A – PLANOS DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

Ficha de Manutenção Autónoma		Ref./No. Equipamento: EQP06		
		Tipo de Equipamento: Plasma / Oxicorte Automático CNC		Data aquisição: 2017/03/28
Equipamento Marca: Messer / Hiptherm		Tempo serviço: 6,2 anos		
Ref./Modelo Equip.: COMCUT31 / HPR260XP		Nº Série ou Ano de Fabrico: 109.262.10 / 078558		
		Página: 1 de 1		
 Limpeza	 Inspeção	 Lubrificação	 Audição	 Controlo manual
LEGENDA				
PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA DO EQUIPAMENTO				
MANUTENÇÃO <u>DIÁRIA</u>				
Ação	Descrição da tarefa			Duração (min)
	Verificar o funcionamento da linha de oxigénio			0,5
	Teste inicial de diagnóstico da máquina			1
	Deteção de sons não comuns			1
	Verificar o estado da tocha e a sua vedação			1
	Verificar o nível de desgaste dos consumíveis (Bicos, o-rings)			1
	Verificar o funcionamento do sensor de altura			1
	Limpeza das guias de deslocamento do eixo y			2
	Limpeza geral da mesa de corte			2,5
	Limpeza do monitor e da área envolvente			3
MANUTENÇÃO <u>SEMANAL</u> (Sexta-feira)				
Ação	Descrição da tarefa			Duração (min)
	Limpeza das rodas do carril			1
	Limpeza do depósito de escória			5
	Limpeza da escória da mesa de corte			8
	Verificar o nível de líquido refrigerante			1
	Lubrificação das guias de deslocamento do eixo y			2
	Verificar o sistema dos filtros de extração de gases			2
	Verificar o estado dos rolamentos			4
	Reparação ou substituição de componentes desgastados			2
Em caso de anomalia detetada registar em checklist de avarias ou efetuar pedido de intervenção				
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001		Emitido por via informática.		Editado por: Beatriz Silva




















Ficha de Manutenção Autónoma		Ref./No. Equipamento: EQP54		
		Data aquisição	2017/03/28	
Tipo de Equipamento: Máq. de soldar MIG/MAG		Tempo serviço		6,2 anos
Equipamento Marca: FRONIUS		Nº Série ou Ano de Fabrico:		23214382
Ref./Modelo Equip.: VARIOSYNERGIC 5000		Página:		1 de 1
				
Limpeza	Inspeção	Lubrificação	Audição	Controlo manual
LEGENDA				
PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA DO EQUIPAMENTO				
MANUTENÇÃO <u>DIÁRIA</u>				
Ação	Descrição da tarefa			Duração (min)
	Deteção de fugas de gás			1
	Verificar se o espaço em redor do aparelho perfaz 0,5 m, para que o ar de refrigeração possa afluir e sair livremente			0,5
	Verificar se há danos na ficha e no cabo de rede, no jogo de mangueiras de ligação e na ligação à terra			1
	Verificar o nível da água			0,5
	Verificar o aperto do alicate de massa e dos conetores de ligação			1
	Verificar o funcionamento do circuito de água			2
	Verificar o nível do líquido de refrigeração e realizar o seu enchimento se necessário			1
	Limpeza geral da área do posto de trabalho			3
MANUTENÇÃO <u>SEMANAL</u> (Sexta-feira)				
Ação	Descrição da tarefa			Duração (min)
	Limpeza da máquina com ar comprimido para evitar acumulação de poeiras metálicas			3
	Limpeza do filtro de água			3
	Verificar o estado dos cabos e componentes do aparelho			1
	Reparação ou substituição de cabos ou componentes danificados			15
Atenção!				
<p>Verificar as ligações de água apenas quando o líquido de refrigeração estiver frio.</p> <p>Colocar o interruptor de rede na posição - O</p> <p>Desligar o aparelho da rede</p> <p>Auxílio de aparelho de medição adequado, certificar-se de que os componentes com carga elétrica estão descarregados.</p>				
Em caso de anomalia detetada registar em checklist de avarias ou efetuar pedido de intervenção				
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001		Emitido por via informática.		Editado por: Beatriz Silva




















APÊNDICE B – CHECKLIST DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA



















 Checklist de Manutenção Autónoma		EQP06					
Equipamento	CNC MESSER	Operador/ Utilizador					
Secção	Corte e furação de chapa						
Tarefas		___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	
Diário	1	Verificar o funcionamento da linha de oxigénio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2	Realizar teste de diagnóstico da máquina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3	Deteção de sons não comuns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4	Verificar o estado da tocha e a sua vedação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5	Verificar o nível de desgaste dos consumíveis (Bicos, o-rings)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6	Verificar o funcionamento do sensor de altura da tocha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7	Limpeza das guias de deslocamento do eixo y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8	Limpeza da mesa de corte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9	Limpeza do monitor e da área envolvente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semanal (6ª Feira)	10	Verificar o nível de líquido refrigerante					<input type="checkbox"/>
	11	Verificar o sistema dos filtros de extração de gases					<input type="checkbox"/>
	12	Verificar o estado dos rolamentos					<input type="checkbox"/>
	13	Lubrificação das guias de deslocamento do eixo y					<input type="checkbox"/>
	14	Reparar ou substituir componentes desgastados					<input type="checkbox"/>
	15	Limpeza das rodas do carril					<input type="checkbox"/>
	16	Limpeza do depósito de escória					<input type="checkbox"/>
	17	Limpeza da escória da mesa de corte					<input type="checkbox"/>
Documento informático editor por: Beatriz Silva		O Coordenador/					

 Checklist de Manutenção Autónoma		EQP54					
Equipamento	Máquinas de Soldadura MIG-MAG	Operador/ Utilizador					
Secção	Postos de soldadura MIG MAG						
Tarefas		___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	
Diário	1	Deteção de fugas de gás	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2	Verificar se o espaço em redor perfaz 0,5 m	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3	Verificar se há danos no cabo de rede, no jogo de magueiras e na ligação à terra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4	Verificar o aperto dos conetores de ligação e do alicate de massa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5	Verificar o nível da água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6	Verificar o funcionamento do circuito de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7	Verificar o nível do líquido de refrigeração e realizar o seu enchimento se necessário	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8	Limpeza geral da área do posto de trabalho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semanal (6ªfeira)	9	Limpeza do filtro de água					<input type="checkbox"/>
	10	Limpeza da máquina com ar comprimido para evitar acumulação de pó metálico					<input type="checkbox"/>
	11	Verificar o estado dos cabos e componentes do aparelho					<input type="checkbox"/>
	12	Reparar ou substituir cabos e/ ou componentes danificados					<input type="checkbox"/>
Documento informático editor por: Beatriz Silva		O Coordenador/					

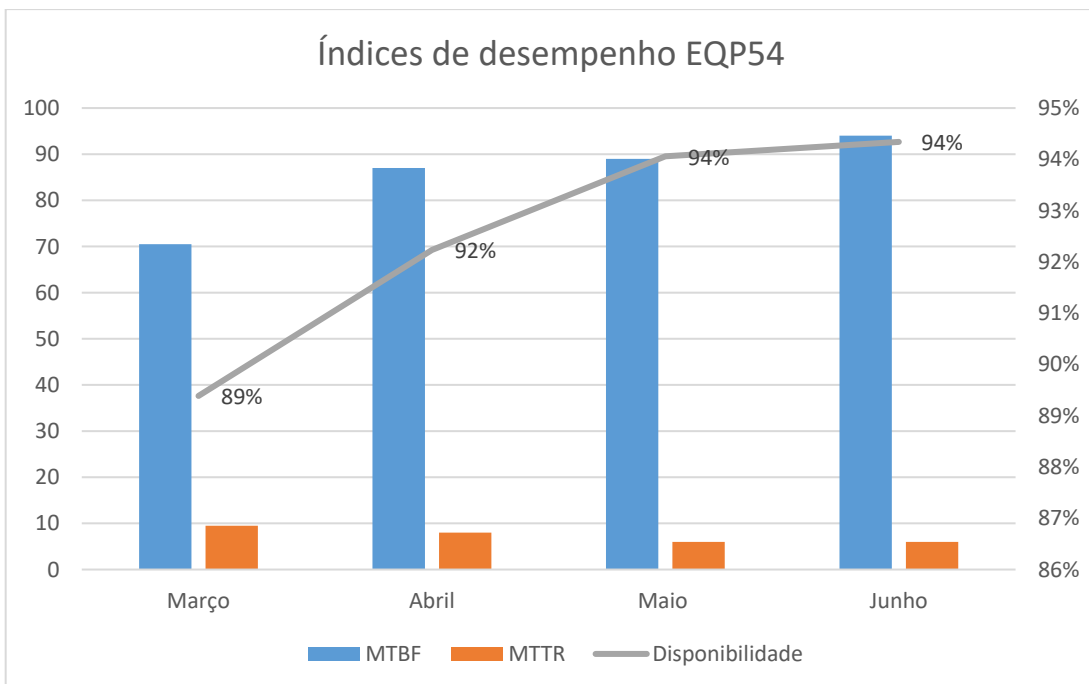
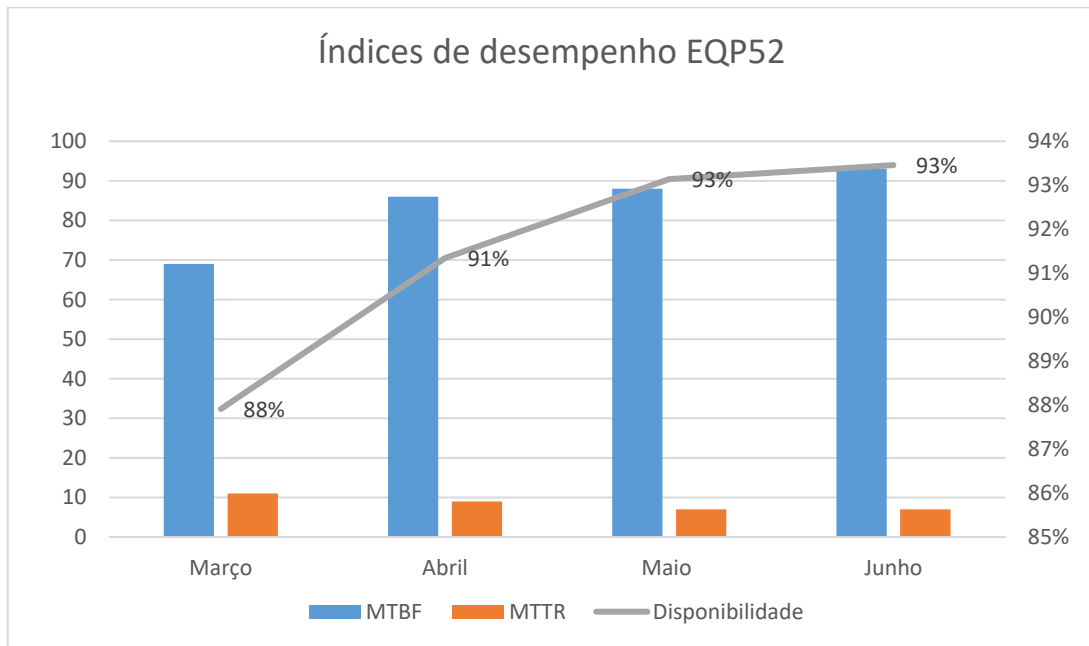
APÊNDICE C – NOVOS PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

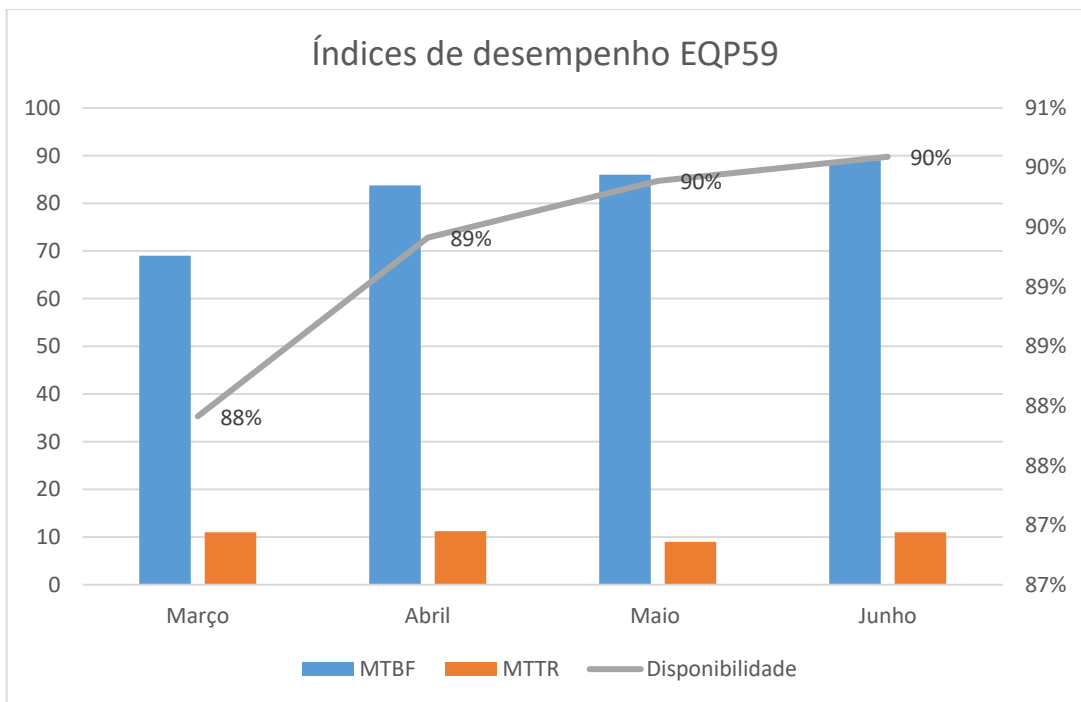
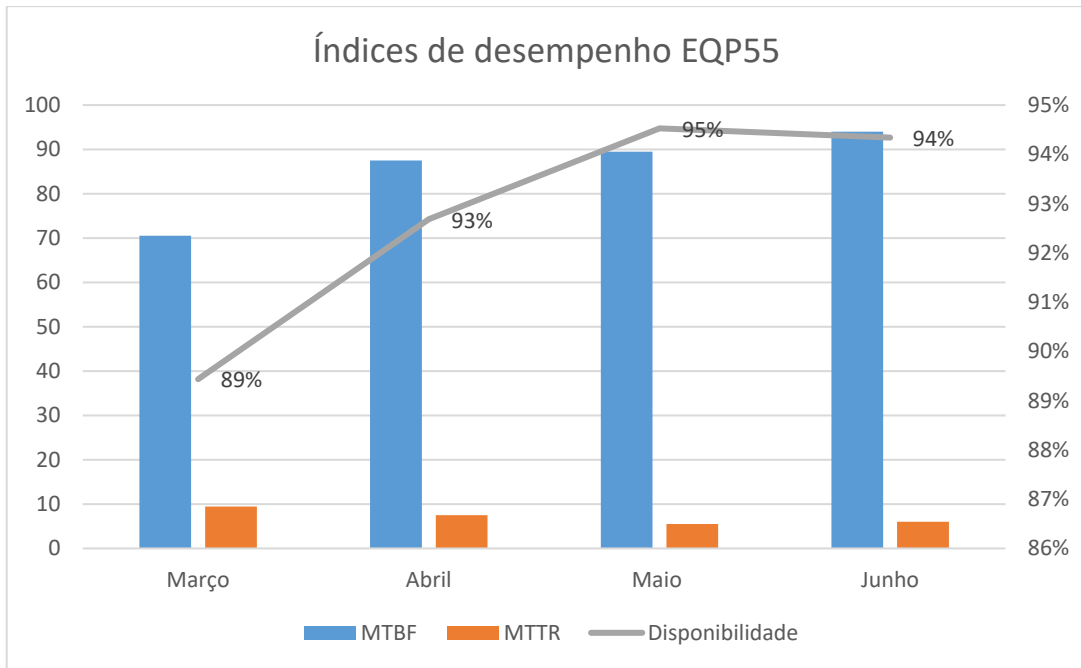
Ficha de Manutenção Preventiva de Equipamento		Ref./No. Equipamento:	EQP05	
Tipo de Equipamento: Corte e Furação Automático CNC		Data aquisição:	2017/03/28	
Equipamento Marca: FICEP		Tempo serviço:	6,2 anos	
Ref./Modelo Equip.: Vanguard 1003		Nº Série ou Ano de Fabrico:	34898	
		Página:	1 de 1	
				
Limpeza	Inspeção	Lubrificação	Audição	Controlo manual
LEGENDA				
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO EQUIPAMENTO				
Ação	MANUTENÇÃO DIÁRIA	Duração (min)	RESPONSÁVEL	
 	Tarefas do PMA Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.	12	Operador/Utilizador	
Ação	MANUTENÇÃO SEMANAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL	
 	Tarefas do PMA Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.	22	Operador/Utilizador	
Ação	MANUTENÇÃO MENSAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL	
	Limpeza dos depósitos de limalha e de sucata	15	Operador/Utilizador	
	Limpeza geral da máquina	10		
	Verificação do estado do serrote e das ferramentas de corte	5		
	Verificação do estado geral das cablagens exteriores	5		
	Verificação dos níveis de líquido lubrificante da serra e das ferramentas	1		
	Verificação do funcionamento dos sensores de segurança	5		
	Verificação do sistema hidraulico	5		
Ação	MANUTENÇÃO SEMESTRAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL	
	Limpeza de peças expostas da máquina (Limalhas e pó metálico)	20	Técnico de manutenção	
	Limpeza dos filtros do circuito de arrefecimento	10		
	Limpeza das ferramentas de corte e suportes	5		
	Inspeção do estado dos apoios hidraulicos, correias e rolos de transporte	10		
	Substituição de componentes desgastados ou em mau estado	15		
	Testes de segurança da máquina	10		
	Lubrificação de peças móveis expostas	10		
Ação	MANUTENÇÃO ANUAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL	
	Revisão geral do equipamento e testes de diagnóstico	90-120	Fabricante ou empresa especializada	
	Testes de verificação e atualização do software	60-120		
	Substituição de massas lubrificantes	15	Engenheiro de Manutenção	
 	Verificação do funcionamento do circuito hidraulico e de arrefecimento	15		
	Inspeção e controlo da conformidade dos componentes elétricos e mecânicos	30-45		
Notas:				
- Os dados desta ficha são recolhidos automaticamente da tabela de Planos de Manutenção dos Equipamentos de Produção.				
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001	Emitido por via informática.	Editado por:	Beatriz Silva	

Ficha de Manutenção Preventiva de Equipamento		Ref./No. Equipamento: EQP06	
Tipo de Equipamento: Plasma / Oxicorte Automático CNC		Data aquisição	2017/03/28
Equipamento Marca: Messer / Hipertherm		Tempo serviço	6,2 anos
Ref./Modelo Equip.: COMCUT31 / HPR260XP		Nº Série ou Ano de Fabrico:	109.262.10 / 078558
		Página:	1 de 1
 Limpeza	 Inspeção	 Lubrificação	 Audição
 Controlo manual			
LEGENDA			
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO EQUIPAMENTO			
Ação	MANUTENÇÃO DIÁRIA	Duração (min)	RESPONSÁVEL
 	Tarefas do PMA Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.	13	Operador/Utilizador
Ação	MANUTENÇÃO SEMANAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL
 	Tarefas do PMA Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.	25	Operador/Utilizador
Ação	MANUTENÇÃO MENSAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL
	Limpeza geral da máquina	10	Operador/Utilizador
	Limpeza completa do depósito de escória	15	
	Limpeza dos filtros do sistema de extração de gases	10	
	Verificação do estado das guias e do carril	3	
	Verificação do estado dos rolamentos	3	
	Verificação do nível do líquido de refrigeração	1	
	Substituição das chapas da mesa de corte	15	
Ação	MANUTENÇÃO SEMESTRAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL
	Inspeção das condições da mesa (degradação)	5	Técnico de manutenção
	Inspeção da vedação da Tocha de plasma	5	
	Limpeza cuidada da mesa (eliminar escória e partículas ferrosas)	20	
	Limpeza das superfícies expostas, cabos e rodas	10	
	Substituição de peças e consumíveis	15	
	Substituição de rolamentos	5	
	Testes de segurança da máquina	10	
	Lubrificação de peças móveis expostas	10	
Ação	MANUTENÇÃO ANUAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL
	Revisão geral do equipamento e testes de diagnóstico	90-120	Fabricante ou empresa especializada
	Testes de verificação e atualização do software	60-120	
	Testes de conformidade do sistema de extração de gases	30	
 	Verificação do funcionamento do sistema de gás e de ar	15	Engenheiro de Manutenção
	Inspeção e controlo da conformidade dos componentes elétricos e mecânicos	30-45	
Notas:			
- Os dados desta ficha são recolhidos automaticamente da tabela de Planos de Manutenção dos Equipamentos de Produção.			
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001	Emitido por via informática.	Editado por:	Beatriz Silva

Ficha de Manutenção Preventiva de Equipamento		Ref./No. Equipamento: EQP54		
Tipo de Equipamento: Máq. de soldar MIG/MAG		Data aquisição	2017/03/28	
Equipamento Marca: FRONIUS		Tempo serviço	6,2 anos	
Ref./Modelo Equip.: VARIOSYNERGIC 5000		Nº Série ou Ano de Fabrico:	23214382	
		Página:	1 de 1	
 Limpeza	 Inspeção	 Lubrificação	 Audição	 Controlo manual
LEGENDA				
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO EQUIPAMENTO				
Ação	MANUTENÇÃO DIÁRIA	Duração (min)	RESPONSÁVEL	
 	Tarefas do PMA Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.	10	Operador/Utilizador	
Ação	MANUTENÇÃO SEMANAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL	
 	Tarefas do PMA Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.	22	Operador/Utilizador	
Ação	MANUTENÇÃO MENSAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL	
	Limpeza interna do equipamento	15	Operador/Utilizador	
	Limpeza do filtro de ar	5		
	Limpeza do filtro do refrigerador	5		
	Verificar o estado da tocha	3		
	Verificar e testar o funcionamento do circuito de água (Fugas de água)	5		
	Teste de pulverização dos debitómetros (Fugas de gás)	10		
Ação	MANUTENÇÃO SEMESTRAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL	
	Limpeza interior do equipamento com ar comprimido seco em baixa pressão	20	Técnico de manutenção	
	Limpeza dos tubos do circuito de água	5		
	Limpeza dos canais de ar de refrigeração	5		
	Substituição de cabos de massa desgastados	15		
	Ajuste e controlo de parâmetros da máquina	15		
	Verificar eventuais fugas de gás e de água	10		
	Verificar se as conexões das mangueiras estão conformes e vedadas	5		
Ação	MANUTENÇÃO ANUAL	Duração (min)	RESPONSÁVEL	
	Revisão geral do equipamento e testes de diagnóstico	60-90	Fabricante ou empresa especializada	
	Limpeza geral do equipamento	30-45		
	Confirmação de parâmetros (Tensão e Intensidade). »» Critério de aceitação: +/- 10%, conforme EN ISO 17662:2005	30	Engenheiro de Manutenção	
Notas:				
- Os dados desta ficha são recolhidos automaticamente da tabela de Planos de Manutenção dos Equipamentos de Produção.				
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001	Emitido por via informática.	Editado por:	Beatriz Silva	

APÊNDICE D – ÍNDICES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO





ANEXO A – PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Ficha de Manutenção Preventiva de Equipamento		Ref./No. Equipamento:	EQP05
		Data aquisição	2017/03/28
Tipo de Equipamento: Corte e Furação Automático CNC		Tempo serviço	6,1 a nos
Equipamento Marca: FICEP		Nº Série ou Ano de Fabrico:	34898
Ref./Modelo Equip.: Vanguard 1003		Página:	1 de 1
DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO			
Máquina de corte de fita e 3 eixos de furação por broca automática CNC			
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO EQUIPAMENTO			
MANUTENÇÃO <u>DIÁRIA</u> OU 8 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza da zona de trabalho; Operacionalidade do equipamento (eixos, estado das lâminas de corte, comando, circuito ar comprimido, circuito hidráulico, eléctrico, nível do óleo de refrigeração)		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO <u>SEMANAL</u> OU 30 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento + "Manutenção Diária"		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO <u>QUINZENAL</u> OU 60 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento + "Manutenção Diária"		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO <u>MENSAL</u> OU 120 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Lubrificação das peças móveis expostas; Limpeza dos filtros de poeiras nas entradas de ar do comando; Verificação do estado geral das cablagens exteriores + "Manutenção Semanal"		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO <u>TRIMESTRAL</u> OU 360 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento; Verificação do estado geral dos cabos; Verificação do estado e funcionamento dos visores;		Operador/Utilizador	
MANUTENÇÃO <u>SEMESTRAL</u> OU 720 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento (Interna/Externa) + "Manutenção Mensal"		Produção / Manutenção	
MANUTENÇÃO <u>ANUAL</u> OU 1440 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Revisão geral ao equipamento; Inspecção do estado de condição do equipamento; Verificação do desgastes de componentes.		Produção / Manutenção	
MANUTENÇÃO <u>PLURIANUAL</u> OU ATÉ 3000 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Revisão geral ao equipamento; Substituição do óleo hidráulico; Verificação/Substituição dos filtros do sistema hidráulico.		Representante do equipamento	
Nota: Periodicidade - 2 anos ou 2000 horas de trabalho efectivo			
Notas:			
- Os dados desta ficha são recolhidos automaticamente da tabela de Planos de Manutenção dos Equipamentos de Produção.			
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001	Emitido por via informática.	Editado por:	

Ficha de Manutenção Preventiva de Equipamento		Ref./No. Equipamento:	EQP06
		Data aquisição	2017/03/28
Tipo de Equipamento: Plasma / Oxicorte Automático CNC		Tempo serviço	6,1 anos
Equipamento Marca:	Messer / Hipertherm	Nº Série ou Ano de Fabrico:	109.262.10 / 078558
Ref./Modelo Equip.:	COMCUT31 / HPR260XP	Página:	1 de 1
DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO			
Máquina de corte térmico por plasma e oxicorte CNC			
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO EQUIPAMENTO			
MANUTENÇÃO DIÁRIA OU 8 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza da zona de trabalho; Operacionalidade do equipamento (eixos, estado das lâminas de corte, comando, circuito ar comprimido, circuito hidráulico, eléctrico, nível do óleo de refrigeração)		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO SEMANAL OU 30 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento + "Manutenção Diária"		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO QUINZENAL OU 60 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento + "Manutenção Diária"		Operador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO MENSAL OU 120 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Lubrificação das peças móveis expostas; Limpeza dos filtros de poeiras nas entradas de ar do comando; Verificação do estado geral das cablagens exteriores + "Manutenção Semanal"		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO TRIMESTRAL OU 360 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento; Verificação do estado geral dos cabos; Verificação do estado geral da tocha; Verificação do estado e funcionamento dos visores;		Operador/Utilizador	
MANUTENÇÃO SEMESTRAL OU 720 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza do redutor (conforme instruções do fabricante); Controlar o nível do óleo no redutor de engrenagens (Abastecer se necessário).		Produção / Manutenção	
MANUTENÇÃO ANUAL OU 1440 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Revisão geral ao equipamento; Inpeção do estado de condição do equipamento; Verificação do desgastes de componentes.		Produção / Manutenção	
MANUTENÇÃO PLURIANUAL OU ATÉ 3000 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Revisão geral ao equipamento; Substituição do óleo hidráulico; Verificação/Substituição dos filtros do sistema hidráulico.		Representante do equipamento	
Nota: Periodicidade - 2 anos ou 2000 horas de trabalho efectivo			
Notas:			
- Os dados desta ficha são recolhidos automaticamente da tabela de Planos de Manutenção dos Equipamentos de Produção.			
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001	Emitido por via informática.	Editado por:	

Ficha de Manutenção Preventiva de Equipamento		Ref./No. Equipamento: EQP54	
		Tipo de Equipamento: Máq. de soldar MIG/MAG	
Equipamento Marca: FRONIUS		Nº Série ou Ano de Fabrico: 23214382	
Ref./Modelo Equip.: VARIOSYNERGIC 5000		Página: 1 de 1	
DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO			
Aparelho de soldar MIG/MAG			
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO EQUIPAMENTO			
MANUTENÇÃO DIÁRIA OU 8 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Verificação do estado geral dos cabos; Verificação dos seletores de parâmetros (Tensão e Intensidade); Verificação estado da tocha, em particular dos acessórios do bico.		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO SEMANAL OU 30 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento + "Manutenção Diária"		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada			
MANUTENÇÃO QUINZENAL OU 60 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento + "Manutenção Diária"		Operador/Utilizador	
MANUTENÇÃO MENSAL OU 120 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza dos filtros de poeiras nas entradas de ar; Verificação do nível do água; Verificação do estado geral das cablagens exteriores + "Manutenção Semanal"		Operador/Utilizador	
Nota: Manutenção não registada, excepto se detectadas situações passíveis de acompanhamento técnico mais cuidado.			
MANUTENÇÃO TRIMESTRAL OU 360 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento; Verificação do estado geral dos cabos; Verificação do estado geral da tocha; Verificação do estado e funcionamento dos visores; Verificar a sujidade dos filtros.		Operador/Utilizador	
MANUTENÇÃO SEMESTRAL OU 720 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Limpeza geral do equipamento; Verificação do estado geral dos cabos; Verificação do estado do alicate de massa; Verificação do estado geral da tocha; Verificação do funcionamento de "Feeder" e alimentação de gás; Verificação do estado e funcionamento dos potenciômetros seletores de parâmetros (em particular da Tensão e Corrente).		Produção / Manutenção	
MANUTENÇÃO ANUAL OU 1440 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Confirmação de parâmetros (Tensão e Intensidade). »» Critério de aceitação: +/- 10%, conforme EN ISO 17662:2005		Produção / Manutenção	
MANUTENÇÃO PLURIANUAL OU ATÉ 3000 HORAS DE TRABALHO		RESPONSÁVEL	
Teste de diagnóstico do equipamento; Limpeza interna do equipamento;		Representante do equipamento	
Notas:			
- Os dados desta ficha são recolhidos automaticamente da tabela de Planos de Manutenção dos Equipamentos de Produção.			
Documento do Sistema de Gestão ISO 9001	Emitido por via informática.	Editado por:	