



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Milânie Lima do Nascimento

**Desenvolvimento de um Modelo de
Manutenção Preventiva Autónoma para
Implementação na Secção de Maquinagem
da WEG Portugal**

Junho de 2025.



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Milânie Lima do Nascimento

**Desenvolvimento de um Modelo de
Manutenção Preventiva Autónoma para
Implementação na Secção de
Maquinagem da WEG Portugal**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Mecânica

Área de especialização em Manufatura Avançada.

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Hélder Puga

Junho de 2025.

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho

NOTA: A licença pode ser diferente! Ver despacho!



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha família, em especial ao meu marido David Rocha, pela paciência, compreensão e todo apoio durante todo o meu percurso acadêmico, obrigado por mostra-se sempre interessado e por me incentivar a fazer o melhor trabalho possível, trocando ideias comigo e me auxiliando sempre.

Ao longo desses meses, muitas pessoas me ensinaram, incentivaram e apoiaram para a concretização deste projeto. Expresso, portanto, minha profunda gratidão a todas elas.

À WEG, pela oportunidade de desenvolver este projeto e ao meu orientador Ricardo Moreira, pela disponibilidade para esclarecer as dúvidas e pela integração na equipa. Agradeço também a toda a equipa de Engenharia Industrial, pela disponibilidade e ajuda prestada durante todo o estágio. Aos meus colegas de estágio, por todas as ideias trocadas, apoio ao longo do trabalho e companhia.

Aos operadores da fábrica e técnicos da manutenção, que tiveram paciência para esclarecer todas as questões que lhes fazia, sempre de boa vontade e que me fizeram rir todos os dias. Obrigado, também, ao chefe da Maquinagem, Antônio Oliveira, pela disponibilidade e por ouvir todos os pedidos e questões que tinha a fazer.

Ao meu orientador da universidade, o Professor Doutor Hélder Puga, pelo acompanhamento, disponibilidade e conhecimentos partilhados que permitiram a concretização deste trabalho.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero e reconhecido agradecimento.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

A presente dissertação tem como objetivo principal o desenvolvimento e a implementação de um modelo de Manutenção Preventiva Autónoma, fundamentado na filosofia da Manutenção Produtiva Total (TPM), aplicado à secção de maquinagem da WEG Portugal. O projeto foi motivado pela necessidade de reduzir as falhas operacionais, melhorar a disponibilidade dos equipamentos e aumentar a eficiência dos processos produtivos, em uma realidade industrial caracterizada pela elevada variabilidade e complexidade dos produtos fabricados.

Inicialmente, foi realizada uma revisão aprofundada da literatura sobre as principais técnicas de manutenção, conceitos associados à falha e disponibilidade, e os pilares da TPM, com especial ênfase na Manutenção Autónoma. Com base em critérios como custo de manutenção, criticidade e histórico de intervenções, foram selecionados dois equipamentos para aplicação da metodologia, o torno vertical Hwacheon e o centro de maquinagem Doosan VTR.

A metodologia adotada incluiu etapas como diagnóstico do estado inicial, formação de operadores, elaboração de Planos de Atividades Autónomas, implementação de ferramentas *Lean*, identificação e eliminação de fontes de contaminação e padronização das rotinas de inspeção e limpeza. Foram ainda definidos e monitorados indicadores de desempenho, com apoio dos sistemas WSFM e SAP.

Os resultados demonstraram melhorias significativas nos indicadores de desempenho dos equipamentos, especialmente no torno Hwacheon, que apresentou aumento superior a 10% no índice de disponibilidade e redução de mais de 90% no impacto das horas de máquina parada por avaria no custo da Produção. O equipamento VTR apresentou ganhos moderados, limitados por uma avaria grave durante o período de análise, mas ainda assim superou a meta de eficiência estipulada.

Este projeto comprova a eficácia da Manutenção Autónoma como estratégia integrada de melhoria contínua, com benefícios tangíveis em performance produtiva, envolvimento dos operadores e sustentabilidade operacional. Os resultados alcançados validam a aplicabilidade do modelo e apontam caminhos claros para sua replicação e evolução, inclusive com a incorporação de tecnologias digitais e preditivas no contexto da Indústria 4.0.

PALAVRAS-CHAVE

Eficiência, Equipamentos, Indicadores de Desempenho, Industriais, Manutenção Autónoma, TPM.

ABSTRACT

The main objective of this dissertation is to develop and implement an Autonomous Preventive Maintenance model, based on the philosophy of Total Productive Maintenance (TPM), applied to the machining section of WEG Portugal. The project was motivated by the need to reduce operational failures, improve equipment availability and increase the efficiency of production processes, in an industrial reality characterized by high variability and complexity of manufactured products. Initially, an in-depth review of the literature on the main maintenance techniques, concepts associated with failure and availability, and the pillars of TPM, with special emphasis on Autonomous Maintenance. Based on criteria such as maintenance cost, criticality and history of interventions, two equipment were selected for application of the methodology, the Hwacheon vertical lathe and the Doosan VTR machining center. The adopted methodology included steps such as diagnosis of the initial condition, operator training, preparation of Autonomous Activity Plans, implementation of Lean tools, identification and elimination of sources of contamination and standardization of inspection and cleaning routines. Performance indicators were also defined and monitored, with the support of the WSFM and SAP systems.

The results demonstrated significant improvements in the equipment performance indicators, especially in the Hwacheon lathe, which showed an increase of over 10% in the availability and a reduction of over 90% in the impact of machine downtime due to breakdown on production costs. The VTR equipment showed moderate gains, limited by a serious failure during the analysis period, but still exceeded the stipulated efficiency target.

This project proves the effectiveness of Autonomous Maintenance as an integrated strategy for continuous improvement, with tangible benefits in production performance, operator engagement and operational sustainability. The results achieved validate the applicability of the model and point to clear paths for its replication and evolution, including the incorporation of digital and predictive technologies in the context of Industry 4.0.

KEYWORDS

Efficiency, Equipment, Performance Indicators, Industrial, Autonomous Maintenance, TPM.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xv
1.1 Enquadramento	1
1.2 Justificação.....	2
1.3 Objetivos e motivação	2
1.4 Metodologia.....	3
1.5 Estrutura do documento.....	5
2 Revisão literária	7
2.1 Manutenção industrial e sua evolução	7
2.1.1 Técnicas de manutenção	9
2.1.2 Conceitos fundamentais de falha, avaria e disponibilidade	12
2.2 Total Productive Maintenance (TPM)	14
2.3 Manutenção Autónoma	16
2.3.1 As 7 etapas da manutenção autónoma	17
2.3.2 Os cinco níveis da Manutenção	19
2.4 Ferramentas de Apoio à TPM e à Manutenção Autónoma	20
2.4.1 5 Sensores	21
2.4.2 Gestão visual	22
2.4.3 Kaizen	23
2.4.4 Análise ABC.....	24
2.5 Indicadores de Performance para a Manutenção Autónoma.....	25
2.5.1 HMP (Hora de Máquina Parada)	26

2.5.2	MTBF (Mean Time Between Failures)	26
2.5.3	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	27
3	Caso de estudo.....	30
3.1	Apresentação da empresa.....	30
3.1.1	WEG em Portugal	31
3.1.2	Gama de motores Santo Tirso II.....	33
3.2	Análise dos equipamentos	35
3.2.1	Layout da secção.....	35
3.2.2	Equipamentos	35
3.3	Seleção dos equipamentos.....	38
4	Implementação da metodologia da manutenção autónoma.....	39
4.1	Atividades preliminares	40
4.1.1	Matriz C (Manutenção).....	40
4.1.2	Análise da criticidade das máquinas.....	41
4.1.3	Definição dos equipamentos	42
4.1.4	Definição da equipa	48
4.1.5	Compra do material necessário.....	48
4.1.6	Definição das metas	49
4.1.7	Capacitação da equipa de implementação	50
4.2	Passo 1 - Limpeza inicial e inspeção	50
4.2.1	Inspeção geral e etiquetagem	50
4.2.2	Elaboração do plano de ação	52
4.2.3	Programação da paragem do equipamento	52
4.2.4	Limpeza técnica e Manutenção 5S.....	52
4.3	Eliminação das fontes de contaminação	53
4.3.1	Identificação das fontes de contaminação e locais de difícil acesso.....	53
4.3.2	Elaboração do mapa.....	53
4.3.3	Combate às fontes de contaminação.....	54
4.4	Realização dos padrões iniciais de Manutenção Autónoma	55

4.4.1	Levantamentos de informações dos indicadores	55
4.4.2	Alimentação do quadro da Manutenção autónoma	56
4.4.3	Elaboração e execução do Plano de Atividades Autónomas (PAA)	56
5	Análise dos resultados	61
5.1	Aumento do índice de disponibilidade (ID)	61
5.1.1	Índice de disponibilidade – Hwacheon	61
5.1.2	Índice de disponibilidade – VTR.....	63
5.2	Aumento do índice de eficiência (IE).....	65
5.2.1	Índice de eficiência – Hwacheon	65
5.2.2	Índice de eficiência - VTR	66
5.3	Paragem dos equipamentos - Avarias.....	67
5.3.1	Paragem do equipamento Hwacheon - Avarias	67
5.3.2	Paragem do equipamento VTR - Avarias	69
6	Conclusão	71
6.1	Considerações finais	71
6.2	Trabalhos futuros.....	72
	Referências Bibliográficas	74
	Apêndices/Anexos.....	77
	APÊNDICE A – Definição criticidade dos equipamentos – Secção Maquinagem	78
	APÊNDICE B – Eventos WSFM – Análise ABC	81
	APÊNDICE C – Cronograma de implementação Manutenção Autónoma	85
	APÊNDICE D – Plano de ação de implementação Manutenção Autónoma	86
	APÊNDICE E - Evidencias e auditoria inicial, metodologia 5S, Hwacheon	87
	APÊNDICE F – Evidencias e auditoria inicial, metodologia 5S, VTR	88
	APÊNDICE G – <i>Dashboard</i> gerencial Manutenção Autónoma.....	92
	APÊNDICE H – Plano de atividades autónomas – Hwacheon.....	94
	APÊNDICE I – Plano de atividades autónomas – VTR	95
	ANEXO A – Layout secção – Maquinagem Pesada	96
	ANEXO B – Layout secção – Maquinagem Leve	97
	ANEXO C – Formulários de acompanhamento do plano de atividades autónomas	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – The ‘research onion’	4
Figura 2 - Resumo das quatro gerações da manutenção.....	9
Figura 3 - Diagrama dos tipos de manutenção	10
Figura 4 - Casa da metodologia TPM.....	14
Figura 5 - Sete passos da Manutenção Autónoma	17
Figura 6 - Fluxos de etapas do 5s adaptado da empresa em estudo	21
Figura 7 - Ciclo PDCA	24
Figura 8 - Visualização dos resultados num gráfico de Pareto	25
Figura 9 - Relação das "Seis Grandes Perdas" e fatores do OEE	27
Figura 10 - Fatores de cálculo do OEE	28
Figura 11 - Representação WEG mundo	30
Figura 12 - Empresas associadas ao Grupo WEG	31
Figura 13 - Gama de produtos fabricados.....	31
Figura 14 - Polo industrial da WEG Portugal	32
Figura 15 - Layout da secção da Maquinagem	35
Figura 16 – diagrama de Implementação da Manutenção Autónoma.....	39
Figura 17 - Gráfico de percentagem horas máquina parada.....	43
Figura 18 - Gráfico com as tipologias de avaria do conjunto de máquinas	44
Figura 19 – Gráfico da disponibilidade do torno vertical Hwacheon.....	45
Figura 20 - Gráfico com as tipologias de avarias do torno vertical Hwacheon	45
Figura 21 - Gráfico da disponibilidade do Centro de Maquinagem Doosan VTR	46
Figura 22 - Gráfico com as tipologias de avaria do Centro de Maquinagem Doosan VT	46
Figura 23 - Funções de cada membro da equipa "Pilar AM WEG"	48
Figura 24 - Exemplo de etiqueta de anomalias	49
Figura 25 - Preenchimento da etiqueta.....	50
Figura 26 - Problema na porta e no contentor de limalha do Hwacheon.....	51
Figura 27 - Problemas na pistola de ar comprimido e no vidro do VTR.....	51
Figura 28 - Excerto do plano de ação	52
Figura 29 - Antes e depois da limpeza e pintura efetuada	53

Figura 30 - Mapa de fontes de contaminação - Hwacheon	53
Figura 31 - Mapa de fontes de contaminação - VTR	54
Figura 32 - Resolução do ponto 3 do mapa de fontes de contaminação – Hwacheon	54
Figura 33 - Resolução do ponto 3 do mapa de fontes de contaminação – VTR	55
Figura 34 - Dashboard dos indicadores MA	56
Figura 35 - Quadro da Manutenção Autônoma	56
Figura 36 - Evolução do mapa de contaminações do Hwacheon	57
Figura 37 - Detalhe do PAA do Hwacheon onde as tarefas estão definidas	57
Figura 38 - Formação sobre implementação do PAA	58
Figura 39 - Formação sobre implementação do PAA	58
Figura 40 - Formação sobre implementação do PAA	59
Figura 41 - Formação sobre implementação do PAA	59
Figura 42 - Detalhe do formulário das etiquetas azuis do equipamento VTR	60
Figura 43 - Histórico do índice de disponibilidade antes da implementação da MA	61
Figura 44 - Histórico do índice de disponibilidade após a implementação da MA	62
Figura 45 - Histórico do índice de disponibilidade antes da implementação da MA	63
Figura 46 - Histórico do índice de disponibilidade após a implementação da MA	64
Figura 47 - Histórico do índice de eficiência antes da implementação da MA	65
Figura 48 - Histórico do índice de eficiência após a implementação da MA	66
Figura 49 - Histórico do índice de eficiência antes da implementação da MA	66
Figura 50 - Histórico do índice de eficiência após a implementação da MA	67
Figura 51 - Impacto das manutenções corretivas na produção no período pré-implementação MA – Hwacheon	68
Figura 52 - Impacto das manutenções corretivas na produção no período pós-implementação MA – Hwacheon	69
Figura 53 - Impacto das manutenções corretivas na produção no período pré-implementação MA – VTR	70
Figura 54 - Impacto das manutenções corretivas na produção no período pós-implementação MA – VTR	70
Figura 55 - Auditoria inicial 5S - Hwacheon	87
Figura 56 - Auditoria inicial 5S - VTR	88
Figura 57 - Folha de cadastro máquina	92

Figura 58 - Indicadores de OEE.....	92
Figura 59 - Indicador de rotas de MA	93
Figura 60 - Indicador de hora de máquina parada	93
Figura 61 - Indicador de Kaizen	93
Figura 62 - Layout da secção - Maquinagem pesada	96
Figura 63 - Layout da secção - Maquinagem leve	97

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de Manutenção	20
Tabela 2 - Categorização das diferentes classes da análise ABC	25
Tabela 3 - Gama de motores produzidos em Santo Tirso II	33
Tabela 4 - Máquinas presentes na secção – Maquiagem pesada	36
Tabela 5 - Máquinas presentes na secção – Maquiagem Leve	37
Tabela 6 - Custos de manutenção por Equipamentos (anos 2021/2022)	40
Tabela 7 - Criticidade dos equipamentos presentes na secção.....	41
Tabela 8 - Critério de avarias	42
Tabela 9 - Definição de equipamentos.....	44
Tabela 10 - Metas propostas para o projeto.....	49
Tabela 11 - Principais paragens que impactam no ID do equipamento – Antes da Implementação da MA	62
Tabela 12 - Principais paragens que impactam no ID do equipamento – Após a Implementação da MA	63
Tabela 13 - Principais paragens que impactam no ID do equipamento – Antes da Implementação da MA	64
Tabela 14 - Principais paragens que impactam no ID do equipamento – Após a Implementação da MA	64
Tabela 15 - Produção realizada no Hwacheon – Pré-Implementação MA.....	68
Tabela 16 - Produção realizada no Hwacheon – Pós-Implementação MA	68
Tabela 17 - Produção realizada no VTR – Pré-Implementação MA.....	69
Tabela 18 - Produção realizada no VTR – Pós-Implementação MA	70
Tabela 19 - Base utilizada para calculo de criticidade de equipamentos – Produção e Qualidade	78
Tabela 20 - Base utilizada para calculo de criticidade de equipamentos – Manutenção	79
Tabela 21 - Definição de criticidade de equipamentos	79
Tabela 22 - Valor de criticidade por equipamento - Secção Maquinagem	80
Tabela 23 - Níveis A B C análise de dados	81
Tabela 24 - Classificação de eventos WSFM - Secção da Maquinagem.....	81
Tabela 25 - Continuação - Classificação de eventos WSFM - Secção da Maquinagem.....	82
Tabela 26 - Classificação de eventos WSFM - Hwacheon	83

Tabela 27 - Classificação de eventos WSFM - VTR	84
Tabela 28 - Cronograma de implementação da Manutenção Autônoma	85
Tabela 29 - Plano de ação implementação da Manutenção Autônoma	86
Tabela 30 - Melhorias do posto de trabalho aplicando a metodologia do 5'S	87
Tabela 31 - Melhorias do posto de trabalho aplicando a metodologia do 5'S	88
Tabela 32 - Requisitos e critérios de aceitação 5S	89
Tabela 33 - Requisitos e critérios de aceitação 5S	90
Tabela 34 - Requisitos e critérios de aceitação 5S	91
Tabela 35 - Plano de atividades autônomas - Hwacheon.....	94
Tabela 36 - Plano de atividades autônomas - VTR.....	95
Tabela 37 - Formulário de acompanhamento - Etiquetas azuis	98
Tabela 38 - Formulário de acompanhamento - Etiquetas vermelhas.....	99

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ATEX – Atmosfera Explosiva (Explosive atmosphere)

CNC – Controlo numérico computadorizado (Computer Numeric Control)

HMP – Hora de máquina Parada (Machine downtime)

ID -Índice de Disponibilidade (Indication of Availability)

IE – Índice de Eficiência (Indication of Efficiency)

IM – Intervalo de Manutenção (Maintenance interval)

ISO – Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization)

JIPM – Instituto Japonês de Manutenção de Instalações (Japan Institute of Plant Maintenance)

KPI – Indicador chave de desempenho (Key Performance Indicator)

MA – Manutenção Autónoma (Autonomous maintenance)

MPS – Manutenção Preventiva Sistemática (Systematic Preventive Maintenance)

MTBF – Tempo médio entre avarias (Mean Time Between Failures)

MTBM – Tempo médio entre ações de manutenção (Mean Time Between Maintenance)

MTTR – Tempo médio de reparação (Mean Time To Repair)

OEE – Eficiência global dos equipamentos (Overall Equipment Effectiveness)

PAA – Plano de Atividades Autónomas (Autonomous Activities Plan)

PDCA – Planear, fazer, verificar e agir (Plan-Do-Check-Act)

SAP – Desenvolvimento de programas para análise de sistema (Systems Applications and Products)

TPM – Manutenção produtiva total (Total Productive Maintenance)

WMS – WEG Manufacturing System

WSFM – WEG Shop Floor Management

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica - Especialização em Manufatura da Escola de Engenharia, da Universidade do Minho através de um estágio curricular numa empresa do setor de fabrico de motores elétricos na zona de Santo Tirso. Este capítulo dedica-se ao enquadramento geral do projeto, referindo-se aos objetivos do mesmo. Posteriormente, é apresentada a estrutura da dissertação e feita uma breve descrição dos capítulos que a compõe.

1.1 Enquadramento

No cenário atual da indústria global, têm-se verificado transformações profundas impulsionadas pela crescente exigência por qualidade, eficiência e competitividade. A satisfação e fidelização dos clientes tornaram-se fatores cruciais para o sucesso empresarial. Em particular, a indústria metalomecânica enfrenta uma competitividade crescente, o que exige a implementação contínua de melhorias que visem aumentar a rentabilidade e reduzir desperdícios ao longo dos processos produtivos.

Neste contexto, a metodologia TPM (*Total Productive Maintenance* - Manutenção Produtiva Total) emerge como uma estratégia essencial para eliminar perdas, reduzir interrupções e otimizar custos, alinhando-se à evolução industrial. Comumente adotada por diversas indústrias, essa abordagem se concentra em planos de manutenção bem definidos para alcançar resultados consistentes.

A empresa onde se irá desenvolver o estudo da implementação da Manutenção Autónoma é uma empresa multinacional que pertence a um grupo que conta com mais de 44 mil colaboradores e que atua em vários ramos de produtos no mercado mundial. A planta industrial escolhida para a aplicação deste estudo foi a filial de Santo Tirso II, Portugal, cuja produção é voltada para motores de média e alta tensão.

Uma das particularidades desta filial da WEG Brasil em Portugal é o facto de produzir motores sob encomenda, o que implica um baixo nível de repetibilidade nos processos, dificultando a padronização e a produção contínua, ao contrário do que se observa na unidade de Santo Tirso I.

Na realidade da WEG Portugal, a prioridade é otimizar a operacionalidade dos equipamentos, reduzindo falhas e paragens não programadas. Esta iniciativa pretende não só aumentar a produtividade, mas também fomentar uma cultura de responsabilidade coletiva relativamente ao manuseamento adequado dos equipamentos, contribuindo para a sua longevidade e para a melhoria da qualidade dos produtos.

Trata-se, assim, de uma abordagem orientada para a criação de um ambiente produtivo mais eficiente e eficaz.

1.2 Justificação

Num cenário industrial cada vez mais competitivo e orientado para a excelência operacional, as empresas procuram constantemente formas de aumentar a eficiência, reduzir perdas e melhorar a fiabilidade dos seus processos produtivos. Neste contexto, a Manutenção Produtiva Total (TPM) destaca-se como uma estratégia fundamental para alcançar esses objetivos, promovendo a integração entre manutenção e produção, bem como o envolvimento ativo dos operadores na preservação dos equipamentos.

De acordo com (Nakajima, 1988a), um dos principais teóricos da TPM, a Manutenção Autónoma é um pilar essencial dessa metodologia, permitindo que os próprios colaboradores realizem atividades básicas de manutenção, como limpeza, inspeção e lubrificação, o que contribui significativamente para a redução de avarias e aumento da disponibilidade dos equipamentos. Além disso, autores como (Mobley, 2002) reforçam a importância da manutenção preventiva e autónoma como elementos-chave para minimizar custos operacionais, melhorar a segurança e prolongar a vida útil dos ativos industriais. Estes autores demonstram que empresas que adotam práticas sistematizadas de manutenção conseguem obter ganhos consideráveis em produtividade, qualidade e competitividade.

No caso particular da empresa em estudo, a implementação da Manutenção Autónoma surge como uma resposta estratégica à necessidade de reduzir falhas e paragens não programadas nos equipamentos da secção de Maquinagem, promovendo, simultaneamente, uma mudança cultural que valoriza o compromisso coletivo com a fiabilidade operacional.

A relevância deste estudo justifica-se, portanto, não apenas pela necessidade de melhoria contínua dos processos industriais, mas também pela oportunidade de adaptação de uma metodologia consagrada (TPM) ao contexto específico da WEG Portugal, contribuindo para a construção de um modelo sustentável e replicável de Manutenção Autónoma.

1.3 Objetivos e motivação

O presente estudo tem como principal objetivo desenvolver e implementar um modelo de Manutenção Autónoma nos equipamentos da secção de Maquinagem da empresa WEG Portugal, com base na metodologia da Manutenção Produtiva Total (TPM). Este modelo é sustentado pelos seguintes objetivos:

- Reduzir o número de avarias e paragens dos equipamentos;
- Aumentar o tempo de disponibilidade;

- Melhorar a sua eficiência operacional;

De maneira a alcançar estes objetivos, propõe-se:

- Desenvolver planos de Manutenção Autônoma específicos para cada um dos equipamentos-piloto selecionados;
- Realizar a análise dos equipamentos mais críticos da área de Maquinagem, com o intuito de implementar um projeto-piloto viável;
- Estabelecer rotinas de inspeção, limpeza e lubrificação a serem realizadas pelos próprios colaboradores, de modo a prevenir falhas e melhorar o desempenho;
- Envolver os colaboradores e líderes da secção na identificação de melhorias essenciais, considerando as suas opiniões e sugestões;
- Efetuar, com a equipa técnica do projeto, uma análise das informações recolhidas, com vista à definição de metas específicas relacionadas com desempenho, manutenção, segurança, limpeza e custos.

As metas definidas no âmbito deste projeto são as seguintes:

- Reduzir o número de avarias dos equipamentos Hwacheon e VTR, aumentando o seu Índice de Disponibilidade (ID) de 53% para 56%;
- Alcançar zero avarias por AM (ausência de condições básicas);
- Aumentar a eficiência do centro de maquinagem VTR de 72% para 75%;
- Aumentar a eficiência do torno vertical Hwacheon de 88% para 90%;
- Reduzir o número de horas de máquina parada em 20%.

A motivação para as atividades desenvolvidas durante o estágio decorre da necessidade da empresa em efetivar um conjunto alargado de ferramentas, já implementados na WEG Brasil, de onde a empresa se baseou para iniciar este movimento e do qual pretende alcançar o mesmo grau de sucesso. Deve-se salientar que apesar da metodologia já existir, a implementação das ferramentas em cada máquina é única.

1.4 Metodologia

Após a definição do tópico de investigação, o projeto começou com uma revisão da literatura, utilizando livros, artigos científicos e dissertações. Dessa maneira, foi possível reunir as informações relevantes e necessárias para o estudo, permitindo um aprofundamento no conhecimento sobre temas importantes para o desenvolvimento do projeto.

No desenvolvimento deste capítulo, foi utilizado como base teórica a *research* onion Figura 1. Este documento foi desenvolvido num espaço temporal transversal de aproximadamente seis meses, seguindo uma abordagem abdutiva, combinando assim deduções com base no histórico de manutenção, cálculo estatístico, induções com base em documentos internos e *feedback* de colaboradores. Inserido nesta abordagem, a estratégia utilizada foi de multi-método quantitativo de forma a selecionar os equipamentos mais críticos dentro do sistema produtivo, considerando fatores e indicadores cruciais na manutenção industrial tais como HMP (máquina hora parada), MTBF (*Mean Time Between Failures*) e quantidade de intervenções (Mobley, 2002).

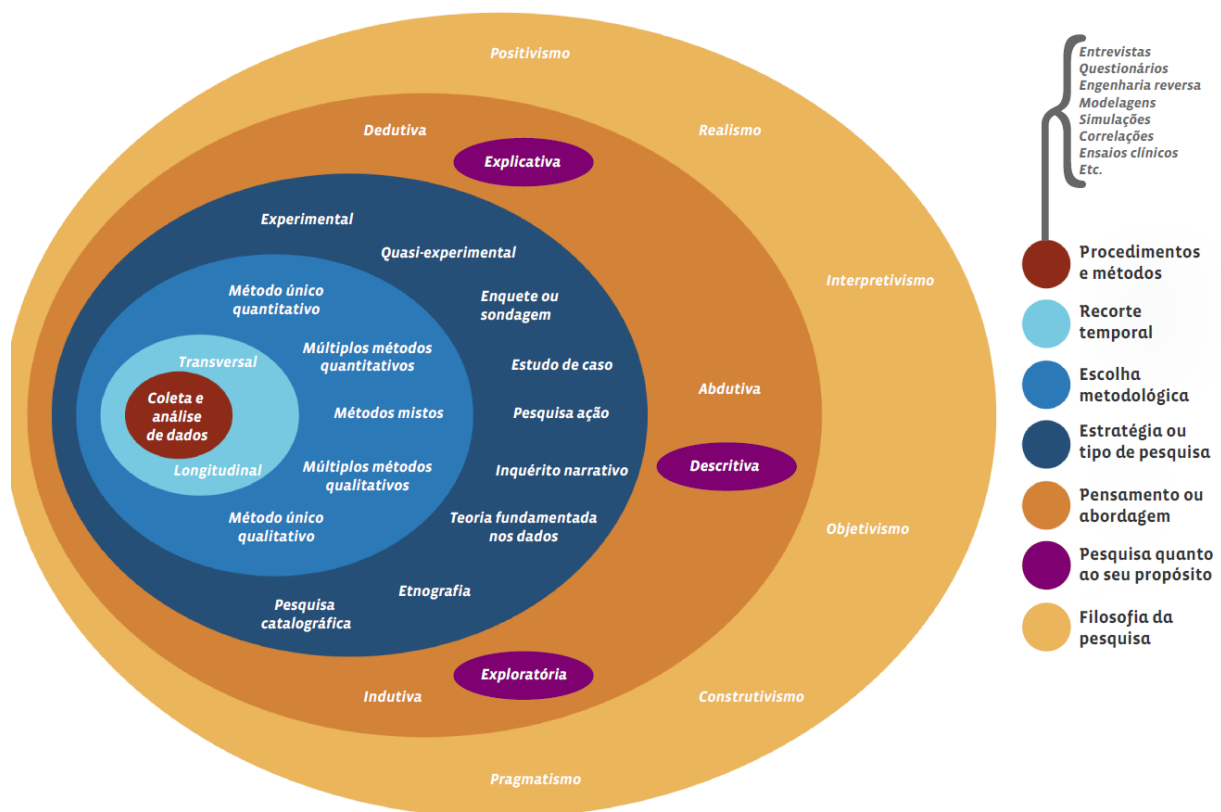


Figura 1 – The ‘research onion’

As principais estratégias metodológicas empregadas para alcançar os objetivos do estudo incluíram pesquisa documental (*archival research*), estudos de caso e investigação-ação, (Ben-Daya et al., 2009; Shannon et al., 2023).

A partir da metodologia TPM, foram implementadas ferramentas fundamentais como a estabilidade básica, o 5S e a gestão visual, que constituem os primeiros passos para a otimização dos processos produtivos e redução de desperdícios (Institute Kaizen, 2006; Nakajima, 1988a). Posteriormente, procedeu-se à análise detalhada dos equipamentos, identificando problemas e falhas existentes. Com

base nessa análise, foram definidas ações de Manutenção Autônoma a serem executadas pelos colaboradores, com o propósito de reduzir falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos.

A formação dos colaboradores revelou-se um fator muito importante para garantir uma correta execução do plano de Manutenção Autônoma, promovendo uma cultura organizacional na qual a responsabilidade pela manutenção é partilhada e integrada às rotinas diárias da Produção (Liker, 2003).

Por fim, a avaliação dos indicadores de desempenho foi realizada com o auxílio dos sistemas de gestão disponibilizados pela empresa, como o WSFM e o SAP, permitindo o acompanhamento da evolução dos resultados ao longo do processo de implementação das ações.

1.5 Estrutura do documento

A presente dissertação encontra-se organizada em seis capítulos principais, abrangendo desde a fundamentação teórica até a análise dos resultados obtidos com a implementação da metodologia de Manutenção Autônoma. A estrutura adotada visa assegurar um desenvolvimento lógico e sistemático da investigação, proporcionando uma abordagem coerente e articulada entre os diferentes tópicos explorados.

O Capítulo 1 estabelece o enquadramento do estudo, justificando a sua relevância no contexto industrial e delineando os objetivos específicos da investigação. É aqui que são expostos os desafios enfrentados pela empresa em termos de manutenção e otimização dos processos produtivos, bem como a motivação para a adoção da metodologia de Manutenção Autônoma no setor de Maquinagem da WEG Portugal.

No Capítulo 2, apresenta-se a base teórica que sustenta o presente trabalho, incluindo uma análise aprofundada sobre a evolução da manutenção industrial e os seus diferentes paradigmas, sendo discutidos os princípios fundamentais da Manutenção Produtiva Total (TPM), com especial ênfase na Manutenção Autônoma, bem como nas ferramentas complementares que viabilizam a sua implementação.

O Capítulo 3 tem como propósito apresentar uma descrição detalhada da WEG Portugal e da estrutura produtiva da unidade de Santo Tirso II. São caracterizados os equipamentos analisados e definidos os critérios de seleção, tendo por base fatores como custos de manutenção, criticidade operacional e histórico de intervenções.

No Capítulo 4 desenvolveu-se a Implementação da Metodologia da Manutenção Autônoma, sendo descritas as etapas do processo de aplicação da metodologia TPM, com particular atenção às estratégias e ferramentas utilizadas para promover a participação ativa dos colaboradores na preservação dos

equipamentos. É neste capítulo que se efetuam todas as melhorias com o intuito de conseguir atingir as metas propostas.

No Capítulo 5 realiza-se a Análise dos Resultados examinando os impactos da Manutenção Autônoma nos indicadores de desempenho dos equipamentos selecionados, proporcionando uma comparação entre os índices de disponibilidade e eficiência antes e depois da implementação da metodologia.

Por fim, no Capítulo 6, são sintetizadas as principais conclusões da investigação, destacando-se as contribuições do estudo para a melhoria dos processos industriais. São igualmente abordadas as limitações do trabalho e propostas direções para futuras pesquisas e aperfeiçoamentos na aplicação da Manutenção Autônoma.

2 REVISÃO LITERÁRIA

Neste capítulo, serão apresentados os fundamentos teóricos que sustentam a elaboração deste projeto. A base teórica inclui publicações científicas, artigos académicos, normas técnicas e obras literárias, com o objetivo de estabelecer um referencial para a consulta dos temas abordados. Pretende-se, assim, proporcionar uma compreensão aprofundada dos principais conceitos e metodologias relevantes, permitindo contextualizar e fundamentar as decisões e estratégias adotadas ao longo do trabalho.

2.1 Manutenção industrial e sua evolução

A manutenção não possui uma definição universalmente consensual entre todos os autores. De maneira geral, é entendida como o conjunto de ações voltadas para a restauração ou preservação de uma máquina, visando mantê-la em um estado que permita o pleno desempenho de suas funções.

Em processos industriais, é crucial estabelecer medidas para mudar a operação de maneira eficiente dos equipamentos para minimizar falhas e interrupções não planeadas na produção. Essas interrupções são desfavoráveis para o crescimento económico da empresa, acarretando perdas produtivas. Desde tempos remotos, a manutenção faz parte do dia a dia, começando com a manipulação de ferramentas para tarefas essenciais como busca por alimentos e outras atividades humanas.

De acordo com a Norma Europeia (*NP EN 13306:2017 - Manutenção - Terminologia*, 2017) a manutenção define-se como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, que durante o ciclo de vida de um determinado componente, se destinam a mantê-lo ou a restaurá-lo para um estado onde possa executar a função desejada.

Segundo (J. P. Pinto, 2013) o conceito de Manutenção foi assim evoluindo ao longo do tempo, passando por três grandes períodos. Na primeira geração, que precedeu a Segunda Guerra Mundial, a indústria era rudimentar e pouco mecanizada. Os equipamentos eram simples e excessivamente dimensionados. Nessa época, adotava-se a abordagem "reparar quando parte", significando que a manutenção era realizada apenas em caso de danos ou falhas nos equipamentos. O processo envolvia reparos simples conduzidos pelos próprios operários de produção, carecendo de um procedimento sistemático. Foi durante essa fase que se originou o conceito de manutenção.

A segunda geração, iniciada durante a Segunda Guerra Mundial, foi marcada pelo aumento da demanda por diversos produtos devido às pressões do período, enquanto simultaneamente ocorria uma significativa redução na mão-de-obra industrial. Esse contexto impulsionou a mecanização e complexidade das instalações industriais, evidenciando a necessidade crítica de maior disponibilidade

na indústria, onde sua eficiência estava intrinsecamente ligada ao funcionamento adequado das máquinas. Surgiu, então, a ideia fundamental de prevenir falhas nos equipamentos, dando origem ao conceito de manutenção preventiva. Nessa geração, os objetivos da área foram claramente definidos, visando à longa vida dos equipamentos e à redução de custos operacionais.

A terceira geração da evolução da gestão de manutenção teve início na década de 60. Nesse período, o avanço da automação e mecanização desempenhou um papel fundamental, impulsionando a importância da confiabilidade e disponibilidade em setores diversos, como saúde, processamento de dados e telecomunicações. Nessa geração, consolidou-se o conceito de manutenção preditiva, destacando-se pela busca incessante por alta disponibilidade, confiabilidade, segurança elevada, aprimoramento da qualidade dos produtos, longa vida útil dos equipamentos, eficiência no investimento e, crucialmente, sem causar impactos ambientais adversos.

Atualmente, com a Indústria 4.0, surge a quarta geração da manutenção, também denominada de manutenção baseada em dados. Essa metodologia emprega tecnologias de ponta como Internet das Coisas (*IoT*), *Big Data*, *Machine Learning* e sistemas ciberfísicos para converter dados operacionais em conhecimento estratégico em tempo real. Assim, podemos prever falhas com maior exatidão, otimizar a utilização dos recursos e tomar decisões mais eficientes e bem fundamentadas (Ben-Daya et al., 2009; Trombeta, 2016).

Na quarta geração, os sistemas são capazes de aprender padrões de funcionamento e falha por meio de algoritmos de aprendizagem automática, promovendo uma manutenção proativa e preditiva. Esta transformação digital permite o aumento da eficiência global (OEE), reduzindo custos e melhorando a disponibilidade dos equipamentos (Higgins, 2001). Além disso, possibilita uma conexão completa entre a linha de produção e os sistemas de gestão, estabelecendo uma perspectiva holística e focada em dados, crucial para a sustentabilidade e competitividade das empresas do setor industrial. Na Figura 2 é apresentado um breve resumo das gerações explicadas anteriormente.

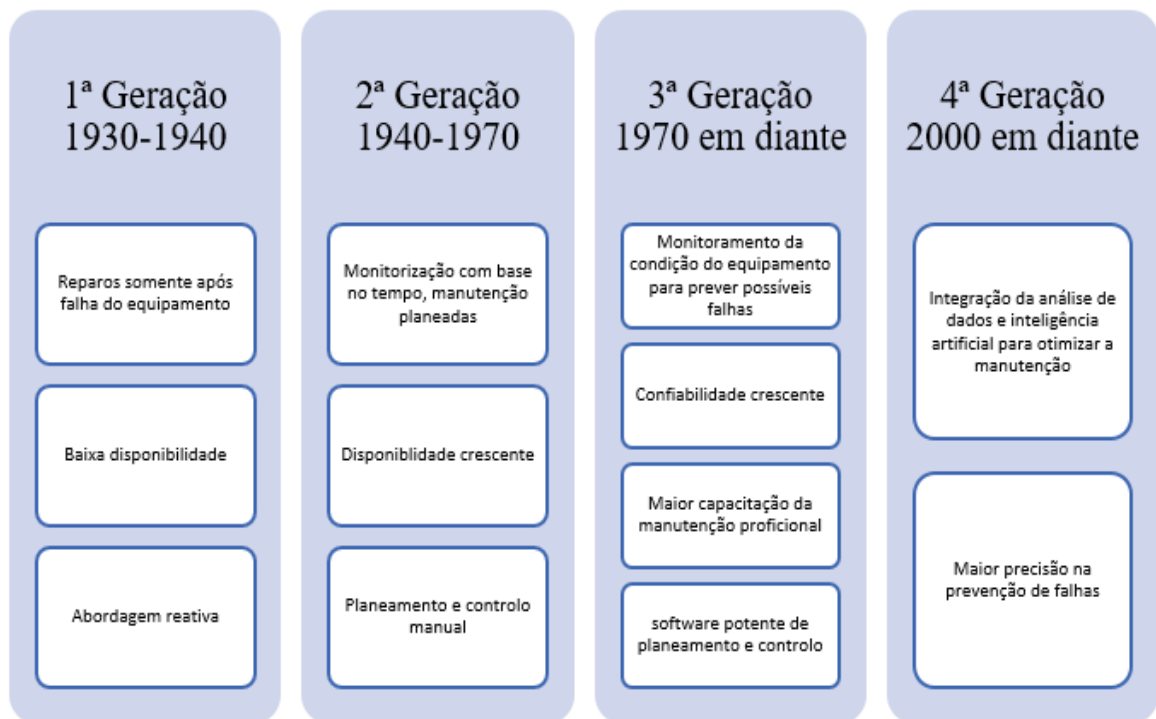


*Figura 2 - Resumo das quatro gerações da manutenção
(adaptado de (Ben-Daya et al., 2009; Moubray, 1997))*

2.1.1 Técnicas de manutenção

As técnicas de manutenção estão divididas em duas tipologias macro, as manutenções planeadas ou as não planeadas. De acordo com (Cabral, 2006) a manutenção planeada ou preventiva pressupõe a programação atempada das intervenções de forma a não impactar ou minimizar o impacto na linha de produção. Já a manutenção não planeada ou corretiva significa a manutenção que é realizada somente após a deteção de uma falha, com o objetivo de restaurar o equipamento a uma condição que lhe permita voltar a desempenhar a função pretendida.

Esmiuçando estas duas tipologias de manutenção, elas subdividem-se em técnicas mais específicas, ou seja, no caso das manutenções preventivas podemos aplicar as sistemáticas ou as condicionais, enquanto nas manutenções corretivas temos a imprevistas ou as programadas, conforme podemos observar no diagrama da Figura 3 (Cabral, 2006; J. P. Pinto, 2013).



Figura 3 - Diagrama dos tipos de manutenção

Adaptado da (NP EN 13306:2017 - Manutenção - Terminologia, 2017)

Manutenção corretiva:

Essa abordagem é identificada como uma reparação realizada somente após a detecção de uma avaria. Seu objetivo é restaurar um equipamento ou componentes para um estado no qual possam desempenhar a função necessária com o performance desejado, conforme definido pela norma (NP EN 13306:2017 - Manutenção - Terminologia, 2017), sendo que a mesma se divide em dois subgrupos, a manutenção corretiva imprevista e a corretiva programada

Manutenção corretiva imprevista:

Trata-se de uma intervenção de manutenção sem programação prévia, ocorrendo devido a uma quebra inesperada no equipamento, resultando na interrupção da função no processo produtivo. A implementação dessa ação envolve uma análise de causas, permitindo verificar se a degradação foi forçada ou natural, contribuindo para a restauração eficaz da operacionalidade da máquina.

Manutenção corretiva programada:

Refere-se a uma intervenção de manutenção realizada a partir do diagnóstico de falha no equipamento, antecipando-se à sua quebra e sem causar interrupção na função do processo produtivo. Uma característica essencial dessa prática é a sua natureza programada, com a devida preparação dos recursos necessários para a execução. Isso se aplica tanto a paragens regulares do calendário quanto a paragens extraordinárias. Exemplificando, uma inspeção termográfica identificou um ponto quente em uma conexão, resultando na programação e execução da reparação durante a paragem mensal agendada.

Manutenção Preventiva:

De acordo com o modelo mencionado anteriormente, a Manutenção Preventiva divide-se em dois tipos principais: Manutenção Preventiva Sistemática e Manutenção Condicionada. Conforme destacado por (Mobley, 2004) o propósito da Manutenção Preventiva é evitar paradas não programadas e danos nos equipamentos, prevenindo assim a necessidade de ações corretivas.

Segundo (J. P. Pinto, 2013), esse tipo de manutenção é especialmente indicado para equipamentos com comportamento regular, possibilitando uma estimativa precisa dos modos de falha e das necessidades de manutenção associadas. A abordagem preventiva visa, portanto, otimizar a operação e prolongar a vida útil dos equipamentos.

Manutenção Preventiva Sistemática:

Conforme estabelecido pela (NP EN 13306:2017 - *Manutenção - Terminologia*, 2017), a Manutenção Preventiva Sistemática (MPS) consiste em realizar intervenções programadas em intervalos predefinidos, sem a necessidade de avaliação prévia do estado do componente.

Seguindo a abordagem de (J. P. Pinto, 2013), esse modelo de manutenção fundamenta-se na análise da confiabilidade, envolvendo a avaliação da probabilidade de falhas devido ao desgaste natural dos componentes. Esse processo utiliza registos históricos, planeando ações de forma sistemática e com uma periodicidade fixa.

De acordo com as contribuições de (Cabral, 2006) para a MPS, a mesma divide-se em inspeção sensitiva e inspeção instrumentada, onde são englobados diversos tipos de atividades.

Manutenção Preventiva Condicionada:

De acordo com a norma (NP EN 13306:2017 - *Manutenção - Terminologia*, 2017), a manutenção condicionada baseia-se na monitorização contínua ou periódica dos equipamentos e dos parâmetros críticos do seu funcionamento. O objetivo desta vigilância é identificar sinais precoces de mau funcionamento, permitindo a intervenção no componente específico no momento mais apropriado, de modo a evitar falhas funcionais.

Nesse contexto, (J. P. Pinto, 2013) salienta que a previsão de falhas nesta modalidade de manutenção ocorre por meio da análise de tendências e da comparação com padrões operacionais predefinidos. Uma das principais vantagens da manutenção condicionada reside na possibilidade de sua aplicação durante o funcionamento normal do sistema, sem necessidade de paragens. Entre os parâmetros mais frequentemente monitorizados destacam-se: vibrações, ruídos, temperatura, pressão, rotação de veios, condições dos óleos lubrificantes, gases de combustão e características dos circuitos elétricos.

Complementarmente, (Mobley, 2004) descreve a manutenção condicionada como uma filosofia orientada para a otimização das operações com base no estado atual do equipamento, promovendo ganhos significativos em produtividade, qualidade e eficácia global dos sistemas produtivos.

Ainda segundo Cabral (2006), esta abordagem deve ser preferencialmente aplicada em situações nas quais exista a possibilidade de detecção antecipada de falhas, possibilitando o planejamento adequado das ações corretivas antes da ocorrência de interrupções funcionais.

Manutenção Preditiva:

De acordo com a norma (*NP EN 13306:2017 - Manutenção - Terminologia*, 2017), a Manutenção Preditiva é uma forma de manutenção condicionada, realizada com base em previsões retiradas da análise de parâmetros de degradação do equipamento, indicando a necessidade de intervenção. Essa estratégia envolve o acompanhamento contínuo e monitorização da condição do equipamento. Diversos parâmetros, como vibração, temperatura, pressão e lubrificação, são considerados e avaliados na implementação da política de manutenção preditiva. Técnicas como termografia, análise de vibrações, óleos lubrificantes e ultrassom são utilizadas para controlar esses parâmetros.

Segundo (J. P. Pinto, 2013) a manutenção preditiva tem como desvantagem o elevado investimento inicial nas técnicas de análise da condição atual. No entanto, oferece vantagens consideráveis, como a redução significativa de custos, a capacidade de antecipar problemas, evitando intervenções desnecessárias, e o aumento da vida útil dos equipamentos.

(Mobley, 2004) destaca que a manutenção preditiva não é apenas uma estratégia, mas uma filosofia que utiliza a condição dos equipamentos para otimizar toda a operação em uma organização, resultando em maior produtividade e redução de custos.

De salientar que esta tipologia de Manutenção é a combinação da Manutenção Corretiva Programada e da Preventiva Condicionada, conforme apresentado no diagrama da Figura 3.

2.1.2 Conceitos fundamentais de falha, avaria e disponibilidade

Para uma compreensão mais abrangente das estratégias de manutenção industrial, é fundamental o domínio de conceitos técnicos que estruturam a confiabilidade e a eficiência operacional dos ativos. Termos como falha, avaria e disponibilidade são pilares essenciais dentro da gestão da manutenção, sendo abordados de forma padronizada pela norma europeia (*NP EN 13306:2017 - Manutenção - Terminologia*, 2017) e discutidos de maneira aprofundada por autores como (Kardec et al., 2018; Monchy, 1989).

Segundo (NP EN 13306:2017 - *Manutenção - Terminologia*, 2017), falha é definida como a cessação da capacidade de um item desempenhar uma função requerida. Em outras palavras, uma falha ocorre quando um sistema ou equipamento deixa de operar dentro dos parâmetros esperados, parcial ou totalmente. As falhas podem se manifestar de forma súbita ou gradual, sendo classificadas em funcionais (quando há perda de desempenho) ou totais (quando o equipamento deixa de operar) (Faina, 2014). Além disso, são subdivididas conforme sua natureza, podendo ser aleatórias ou sistemáticas, o que permite uma análise mais precisa para fins de manutenção corretiva ou preventiva.

Embora o termo avaria não esteja formalmente normatizado na (NP EN 13306:2017 - *Manutenção - Terminologia*, 2017), ele é amplamente utilizado na literatura técnica. Conforme argumenta (Monchy, 1989), a avaria é a expressão física e visível de uma falha, geralmente associada à interrupção abrupta da operação de um equipamento. A distinção entre falha e avaria é, portanto, funcional: enquanto a falha representa a perda de funcionalidade em si, a avaria representa os sintomas ou consequências dessa falha no contexto operacional.

Por outro lado, a norma define disponibilidade como a habilidade de um item em cumprir uma função desejada, em um determinado momento ou período, sob condições estabelecidas. A disponibilidade operacional é um parâmetro fundamental para a tomada de decisões no setor de manutenção, sendo calculada pela relação entre o período em que o equipamento está efetivamente disponível e o período total que deveria estar em funcionamento. A regulamentação também divide esse conceito em:

- Disponibilidade intrínseca: considera apenas os tempos médios de falha (MTBF) e de reparo (MTTR);
- Disponibilidade operacional: inclui atrasos logísticos e de recursos;
- Disponibilidade logística: foca nas condições externas à manutenção em si, como suporte técnico e peças de reposição.

De acordo com (Monchy, 1989) o entendimento e a gestão eficaz desses conceitos são cruciais para aumentar a competitividade industrial. A correta identificação de falhas, a mitigação das avarias e o monitoramento sistemático da disponibilidade permitem maior controle sobre o desempenho dos ativos, possibilitando decisões baseadas em dados confiáveis e contribuindo diretamente para a produtividade e a redução de custos operacionais.

2.2 Total Productive Maintenance (TPM)

A Manutenção Produtiva Total (TPM) é uma filosofia originada no Japão na década de 1970, conforme destacado por (Nakajima, 1988). Sua concepção resulta da fusão do conceito de Manutenção Produtiva com um conjunto de atividades menores. Em conformidade com a definição do TPM, cada letra possui um significado específico:

T - TOTAL: Refere-se à eficiência global, abrangendo o ciclo completo de vida do sistema de produção, envolvendo todos os departamentos e promovendo a participação.

P - PRODUCTIVE: Indica a busca pela eficiência máxima no sistema de produção, visando alcançar "zero acidentes, zero defeitos e zero falhas". Isso implica na eliminação de todas as formas de perda até atingir o nível zero.

M - MAINTENANCE: Significa manutenção em seu sentido mais abrangente, envolvendo o ciclo total de vida do sistema de produção. Especifica a manutenção que aborda o sistema de produção como um todo, incluindo a fábrica e o sistema de vendas.

De acordo com (J. P. Pinto, 2013), a TPM é definida como uma estratégia visando alcançar zero defeitos, zero paradas e zero acidentes. Seu propósito central é maximizar a eficiência dos equipamentos, promovendo o total envolvimento dos colaboradores nas tarefas de manutenção.

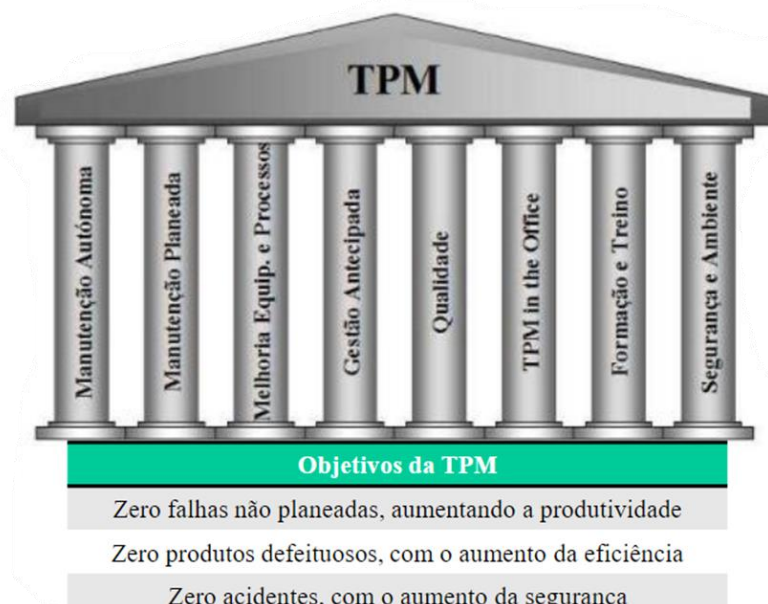


Figura 4 - Casa da metodologia TPM

(J. P. Pinto, 2013)

Instituto JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) propõe um plano de implementação fundamentado em 8 pilares ou princípios, conforme ilustrado na Figura 4:

- Manutenção Autônoma: Os operadores assumem responsabilidades na manutenção, promovendo competências e autonomia, liberando os técnicos para outras atividades (Singh et al., 2013);
- Manutenção Planeada: Efetuar o planejamento eficaz de manutenções preventivas e preditivas para minimizar custos, com registo adequado das intervenções realizadas (Ben-Daya et al., 2009);
- Manutenção para a Qualidade: Desenvolver um sistema de produção que entregue produtos de melhor qualidade, eliminando defeitos após a identificação dos parâmetros que afetam a qualidade (Ben-Daya et al., 2009);
- Melhoria Específica: Objetivo reduzir as perdas no local de trabalho que impactam a eficiência (Singh et al., 2013);
- Gestão Inicial do Equipamento: Introduzir iniciativas de melhoria na manutenção para minimizar problemas e realizar atividades no momento certo durante a construção de novos equipamentos (Ben-Daya et al., 2009);
- Formação e Treino: Promover a constante evolução dos colaboradores, adquirindo novas competências e conhecimentos (Singh et al., 2013);
- Segurança, Saúde e Ambiente: Assegurar um ambiente de trabalho seguro, eliminando incidentes e acidentes, e estabelecer procedimentos padrão para melhorar a performance de trabalho (Ben-Daya et al., 2009);
- TPM na Administração: Aprimorar a produtividade e eficiência das funções administrativas, abordando desafios como perdas de custos e falhas na comunicação por falta de canais. Sugere soluções, como a criação de sinergias entre as várias funções do negócio (Ben-Daya et al., 2009).

Segundo (G. Pinto et al., 2020) existem quatro pilares essenciais para o avanço da TPM. O primeiro pilar concentra-se na resolução dos principais problemas, isto é, na análise e identificação, onde analisa-se suas causas para, finalmente, minimizar os problemas ou até mesmo eliminá-los. O segundo pilar diz respeito à manutenção autônoma, onde os próprios trabalhadores realizam a manutenção assumindo a responsabilidade ampliada nas rotinas de manutenção. O terceiro pilar refere-se à manutenção planejada, isto é, os operários ou técnicos de manutenção executam essas tarefas visando manter o equipamento em funcionamento e, assim, prevenir paradas imprevistas. Por fim, o quarto pilar destaca

a relevância da capacitação e educação dos trabalhadores, para que possam resolver qualquer problema de maneira mais ágil e intuitiva, especialmente em situações de paragens imprevistas.

2.3 Manutenção Autônoma

A manutenção autônoma representa um dos pilares do TPM, sendo o patamar mais elevado nesta metodologia de gestão de manutenção. O seu propósito é envolver todos os operadores nas tarefas fundamentais de manutenção, libertando a equipa de manutenção para responsabilidades mais importantes. Segundo (J. P. Pinto, 2013) a participação dos operadores na manutenção autônoma é voluntária e se desenvolve progressivamente à medida que adquirem mais conhecimentos do equipamento.

Esta metodologia visa prevenir paradas e problemas decorrentes da falta de cuidado básico com os equipamentos, realizando atividades como limpeza, inspeção, lubrificação e ajustes. Não sendo uma tarefa especializada, requer formação e aplicação por todos os operadores que interagem com as máquinas. Essas atividades baseiam-se nas habilidades dos operadores, usando os sentidos e ferramentas simples, como pincéis para limpeza e coberturas de plástico para proteção.

Suas operações típicas envolvem limpeza, lubrificação, menores, inspeções e monitoramento de temperatura, ruídos e vibrações. Uma abordagem sistemática busca autonomia na gestão do sistema, permitindo que os operadores inspecionem, controlem e restaurem as condições das máquinas, eliminando causas de sujeira através de padrões rigorosos e sua melhoria contínua.

Segundo (Nakajima, 1988a), a Manutenção Autônoma (MA) oferece diversas vantagens cruciais:

- Integração Produção-Manutenção: Aproxima produção e manutenção para alcançar objetivos comuns, preservando as condições ideais dos equipamentos e impedindo sua degradação acelerada;
- Capacitação dos Operadores: Após treinamento, colaboradores da produção desempenham tarefas essenciais, como limpeza, inspeções visuais, lubrificações, verificações, substituições de componentes e reparações;
- Aumento do Conhecimento Operacional: Permite aos operadores compreender o funcionamento técnico de seus equipamentos, tipos de problemas, suas causas e formas de prevenção;
- Participação Ativa dos Operadores: Envolve os operadores ativamente no aumento da confiabilidade dos equipamentos, inclusive no projeto e especificação de novos equipamentos;

- Inculcação de Responsabilidade: Desenvolve responsabilidade e senso de pertencimento nos operadores em relação aos equipamentos que utilizam.

Além dessas vantagens, a manutenção autônoma possibilita que os técnicos de manutenção se concentrem em tarefas mais complexas. Isso faz com que os operadores não apenas contribuam para a criação de valor e geração de lucro, mas também atuem como a primeira linha de defesa contra falhas nos equipamentos.

É crucial destacar que a manutenção autônoma não substitui a manutenção profissional, pois cada uma possui suas rotinas, especificidades, padrões e metas definidas por equipes distintas a desenvolver.

2.3.1 As 7 etapas da manutenção autônoma

A manutenção autônoma é um ramo muito abrangente e com muitas possibilidades de aplicações e métodos, optou-se por, no decorrer deste estudo, adotar a metodologia sugerida pela Manutenção Produtiva Total (TPM), seguindo as sete etapas apresentadas na Figura 5 divididos em ações reativas, preventivas e proativas.

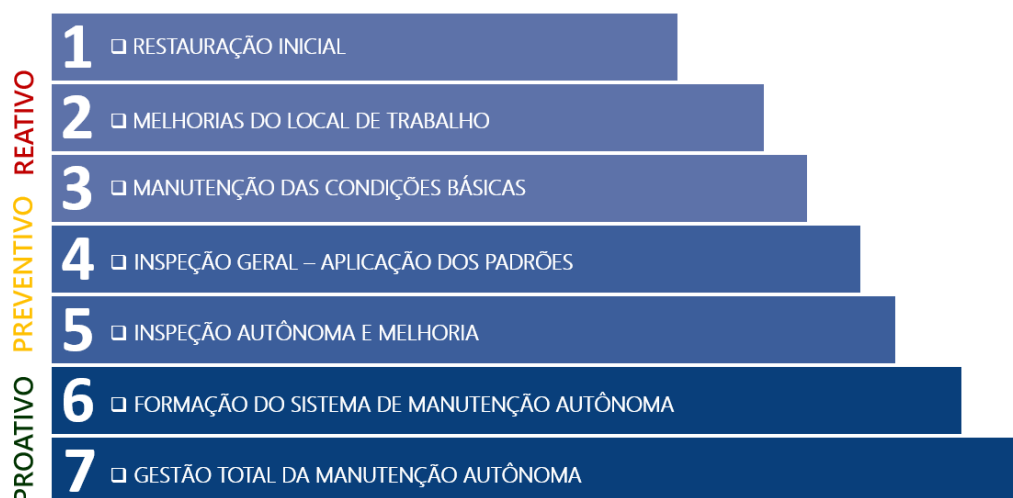


*Figura 5 - Sete passos da Manutenção Autônoma
adaptada (Nakajima, 1988b; Singh et al., 2013)*

A primeira fase da implementação consiste nas ações reativas, onde o principal propósito é restabelecer as condições básicas de funcionamento do equipamento e do posto de trabalho, sendo dividida nos três passos seguintes:

Passo 1 - Restauração Inicial:

Na primeira etapa do processo, os colaboradores da Produção devem realizar uma limpeza completa do equipamento, possibilitando uma melhor inspeção visual com o foco de identificar anomalias como

vazamentos de óleo ou danos estruturais. Esta etapa é também muito importante para se familiarizarem mais com o equipamento e assim ficarem mais consciencializados para possíveis defeitos.

É fundamental que o colaborador conheça todos os detalhes básicos dos componentes e quais são as suas funções, sendo para isso aconselhado receber formação e estudar o manual do equipamento.

Passo 2 – Melhorias do local de trabalho:

Após a identificação dos problemas, o segundo passo visa a eliminação das causas que podem levar a uma deterioração precoce do equipamento ou a um número de falhas elevada. Este passo, para além de implementar as melhorias necessárias no equipamento com o intuito de resolver os problemas detetados e aumentar a sua fiabilidade, é o passo que normalmente mais cativa o colaborador, visto ser nesta etapa onde se verificam as maiores mudanças no método de trabalhar.

Passo 3 – Manutenção das condições básicas:

Sendo este o último passo da fase reativa, é aqui que, por meio de documentação (como relatórios de inspeção) é possível acompanhar o cronograma de limpeza e verificação de cada equipamento, garantindo assim uma correta manutenção do seu bom estado de funcionamento. É também nesta etapa que se devem criar normas para redução do tempo de limpeza, padrões para serem seguidos durante a manutenção e definição da frequência com que devem ser realizadas, sendo assim mais fácil assegurar que toda a equipa está seguindo os mesmos critérios na realização das manutenções.

Passando agora para a segunda fase da implementação da Manutenção Autónoma, entramos na fase preventiva, onde o propósito é realizar ações que evitem falhas e prolonguem a vida útil do equipamento. Esta fase é constituída pelos passos 4 e 5.

Passo 4 – Inspeção geral – Aplicação de padrões:

A inspeção geral do equipamento é indicada para a identificação e reparação de possíveis futuras falhas mais profundas no equipamento, sendo realizada normalmente por uma equipa mais especializada em manutenção. É nesta etapa que se deve avaliar o desempenho do equipamento e uma monitorização constante do mesmo.

Passo 5 – Inspeção autónoma e melhoria:

Ao contrário da inspeção geral, este passo é desenvolvido e gerido pelo colaborador responsável pelo equipamento, sendo o seu principal objetivo a definição de um cronograma de manutenção para

identificação e correção de falhas pontuais, aumentando a confiabilidade e inerente disponibilidade dos equipamentos. Neste passo também é normal surgirem sugestões de medidas corretivas.

Por fim, na fase final da implementação da manutenção autónoma, entramos nas etapas proativas, onde o principal propósito é antecipar os problemas e evitar que os equipamentos parem por avarias. Esta fase corresponde aos passos 6 e 7.

Passo 6 – Formação do sistema de manutenção autónoma:

A sistematização da manutenção autónoma incide na organização e documentação de procedimentos operacionais padrão e a sua partilha com a equipa. Este passo representa uma evolução em relação aos anteriores, visto que após adquirido um bom conhecimento do equipamento, os colaboradores receberão informações essenciais, como procedimentos de inspeção e manuais de trabalho, para realização de verificações periódicas e ajustes. À medida que adquirem proficiência nesse domínio, os colaboradores têm a capacidade de validar e ajustar as necessidades de inspeção. É neste ponto que se espera que o colaborador se sinta capaz de distinguir se o equipamento está a operar corretamente e tomar ações imediatas diante de qualquer anomalia identificada (J. P. Pinto, 2013).

Passo 7 – Gestão total da manutenção autónoma:

Para a conclusão efetiva da implementação da manutenção autónoma, é muito importante que todos os processos sejam revistos de forma a garantir que atendem às necessidades dos equipamentos, envolvendo etapas como um controlo sistemático da equipa da manutenção, a utilização de softwares de auxílio e ter em stock materiais e ferramentas necessárias. Os colaboradores devem ser responsáveis por manter a organização, limpeza, segurança e a gestão do equipamento, promovendo a melhoria continua.

Seguindo os sete passos apresentados é possível implementar a manutenção autónoma com sucesso e garantir os seus benefícios para a empresa.

2.3.2 Os cinco níveis da Manutenção

Segundo a (Association Française de Normalisation (AFNOR), 2016) as atividades de manutenção são categorizadas em cinco níveis, sendo que cada um pode ser executado por diferentes responsáveis. A Tabela 1 detalha esses níveis, oferecendo uma breve descrição e indicando quem deveria ser o responsável por executá-los.

Tabela 1 - Níveis de Manutenção
((Association Française de Normalisation (AFNOR), 2016))

Nível	Ações	Responsabilidade
Nível 1	- Ajustes simples indicados pelo fabricante.	Operador
Nível 2	- Reparações baseadas em operações simples de manutenção preventiva, como lubrificação e controle do funcionamento.	Técnico de qualificação média ou operador
Nível 3	- Substituição de peças através de diagnósticos e localização de avarias; - Reparações mecânicas simples e operações padrão de manutenção preventiva.	Técnico especializado
Nível 4	- Realização de todos os serviços de manutenção corretiva e preventiva, excluindo renovações e reconstruções; - Calibração de instrumentos de medição e controle.	Técnico especializado
Nível 5	- Reparações significativas, podendo envolver a renovação completa de um equipamento.	Técnicos altamente especializados ou fabricante do equipamento.

Conforme pode-se constatar a complexidade das operações e serem realizadas aumenta em proporção com o nível onde se encontra, sendo necessário recorrer a técnicos especializados da Manutenção ou até mesmo ao fabricante do equipamento para a sua execução. Seguindo as premissas da Manutenção Autônoma, apenas iremos aplicar os dois primeiros níveis durante o decorrer deste projeto, visto serem estes os níveis referentes aos colaboradores dos equipamentos.

2.4 Ferramentas de Apoio à TPM e à Manutenção Autônoma

Neste capítulo serão abordados os fundamentos das principais ferramentas auxiliares para uma correta implementação da Manutenção Autônoma

2.4.1 5 Sensos

O 5S representa uma filosofia originada no Japão por Kaoru Ishikawa, que se propõe a empregar, por meio de um conjunto de atividades, uma abordagem filosófica visando a eliminação de desperdícios dentro da organização. O principal objetivo é reduzir a incidência de erros nos processos, minimizar perdas de tempo na produção e diminuir defeitos nas peças fabricadas.

A implementação do **5S** segue a sequência de cinco palavras japonesas, cada uma representando um senso, como referido na Figura 6. A aplicação integral desses sentidos é crucial para garantir (Institute Kaizen, 2006).



Figura 6 - Fluxos de etapas do 5s adaptado da empresa em estudo

Estes cinco pontos correspondem aos cinco processos de transformação capazes de elevar a eficiência de uma fábrica ao nível de primeira classe (Cagliume et al., 2008).

Seiri (Separar) – Manter apenas o material essencial para a execução das tarefas e remover o desnecessário;

Seiton (Organizar) – Após a separação, organizar os artigos restantes em locais apropriados. Cada material deve ter um local definido e identificado;

Seiso (Limpeza) – Realizar a limpeza do local de trabalho, removendo poeira, limalhas, óleos e outros resíduos. Isso contribui para a redução de paragens de máquinas e prevenção de acidentes;

Seiketsu (Normalizar) – Devem ser normalizados procedimentos, tais como, a limpeza para que qualquer novo interveniente se enquadre facilmente;

Shitsuke (Autodisciplina) – Na ideologia original eram apenas considerados 4 sentidos, visto que no Japão a Autodisciplina já nasce com a pessoa, porém no mundo ocidental este é o senso com maior dificuldade

de ser cumprido (Exemplo das multas de trânsito para obrigar os condutores a respeitar as regras). O objetivo é aplicar os quatro primeiros sentidos, promover a autodisciplina e incorporar o **5S** no dia a dia de todos os colaboradores.

Na implementação dessa melhoria, o foco estratégico repousa no quinto **S**. Para efetivar os aprimoramentos, é essencial direcionar esforços para essas ações. Sendo este sentido o mais desafiador e crucial, ele serve como a base propulsora das etapas subsequentes do processo. Reconhecido como o sentido mais difícil de ser implementado, o quinto **S** desempenha um papel crucial na realização bem-sucedida das melhorias. Sua execução eficiente é vital para o progresso contínuo nas etapas seguintes. Para concretizar essa implementação, é imperativo instigar uma transformação abrangente na empresa. Essa mudança deve ir além do processo produtivo, alcançando a liderança de alto nível da organização (Liker, 2003).

Portanto, observa-se que para operar a ferramenta TPM eficientemente dentro da organização, é essencial que sua fundação, o **5S**, seja incorporada em seu desenvolvimento. Assim, torna-se imperativo para a implementação da Manutenção Autônoma (**MA**) estabelecer uma correlação entre seu desenvolvimento e a filosofia **5S**. Conforme (Xenos, 2014), a interligação entre a **MA** e o **5S** ocorre devido às ações do sentido de limpeza, que não apenas asseguram a limpeza constante dos equipamentos, mas também são utilizadas para identificar possíveis problemas, garantindo que os equipamentos permaneçam sempre limpos, com peças lubrificadas e em perfeito estado de operação. Dessa forma, percebe-se que as atividades da **MA**, em sua maioria, contribuem para as práticas da manutenção preventiva.

2.4.2 Gestão visual

(Cagliume et al., 2008) definem a gestão visual como uma ferramenta de transmissão de conhecimento que deve comunicar a informação de maneira clara e visual, eliminando qualquer ambiguidade. Para facilitar a transmissão da mensagem, a gestão visual deve seguir alguns princípios:

- A informação a ser divulgada deve ser simplificada ao máximo;
- O conteúdo deve ser apresentado em uma única página;
- As instruções devem ser claras e acompanhadas de desenhos, imagens e cores;
- A aplicação da gestão visual deve estar o mais próximo possível do ponto relevante.

Segundo (L. F. R. Pinto, 2003), a gestão visual tem como objetivo transformar o ambiente de trabalho, facilitando as ações realizadas por meio da implementação de sinalizações visuais que auxiliam essas atividades e aumentam a rapidez das execuções. Dessa forma, a gestão visual, assim como outras ferramentas, é uma melhoria derivada da filosofia *Lean*, que busca implementar informações de forma visual, permitindo a detecção rápida durante a operação e promovendo a padronização do processo (Tjell & Bosch-Sijtsema, 2015).

Portanto, para seguir o caminho da implementação da Manutenção Autônoma **(MA)**, é essencial utilizar ferramentas de auxílio visual. Essas ferramentas devem ser aplicadas conforme os princípios mencionados, de modo a auxiliar os operadores na análise das máquinas e equipamentos, facilitando a detecção de avarias em seus sistemas (Mapokgole & Mbohwa, 2013).

2.4.3 Kaizen

Kaizen significa aprimoramentos que envolvem indivíduos de todas os níveis da organização, desde gestores, administrativos até operadores, sem a exigência de grandes investimentos. A filosofia Kaizen postula que o modo como vivemos, seja no ambiente de trabalho, social ou doméstico, deve estar em harmonia permanente, sendo está a filosofia japonesa de aperfeiçoamento contínuo. O Kaizen deve ser incorporado nas tarefas cotidianas e seu principal propósito é eliminar desperdícios, estabelecer normas e manter um ambiente de trabalho ordenado e limpo. As melhorias implementadas muitas vezes, são pequenas e discretas, mas trazem grandes resultados. sobretudo a longo prazo (Olivar, 2006). Normalmente, essas melhorias estão ligadas com a diminuição dos gastos operacionais, melhoria da eficiência, melhor atendimento ao cliente, aprimoramento da qualidade dos produtos, serviços oferecidos e das condições de trabalho.

Conforme (Imai, 1986) a implementação desta filosofia se torna uma tática crucial nas organizações, pois refere-se à melhoria constante e também contribui para que as organizações se tornem mais eficazes e consideravelmente mais competitivas no mercado de trabalho.

Uma das técnicas que apoia esta abordagem é o ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir). Este ciclo criado por *Shewhart* e posteriormente aprimorado por *Deming*, consiste em quatro etapas (Miyake & Busso, 2013):

- Plan (Planejar): Esta fase do ciclo envolve a detecção do problema, através da observação do mesmo. Também envolve a análise do processo para identificar as origens da questão e estabelecer um plano de ação para resolvê-la;

- Do (Executar): Nesta etapa, avança-se para o plano de ação com o objetivo de bloquear as dificuldades encontradas que impedem a empresa ou organização de os atingir;
- Check (Verificar): Neste momento, realiza-se uma verificação, isto é, se o plano de ação está em conformidade com o esperado;
- Act (Agir): Na etapa final, realiza-se uma revisão dos planos de ação e se aperfeiçoa o plano. Elabora-se um plano fundamentado nas lições aprendidas, passando posteriormente para as medidas corretivas. Também é imprescindível manter uma comunicação constante com toda a equipe, garantindo que todos estejam em sintonia.

O ciclo PDCA, representado na Figura 7, é aplicado repetidamente para ajustar e aprimorar continuamente os processos e procedimentos da entidade. Por meio desta repetição, a empresa estará em constante melhoria da eficiência e eficácia das suas operações (Imai, 1986).

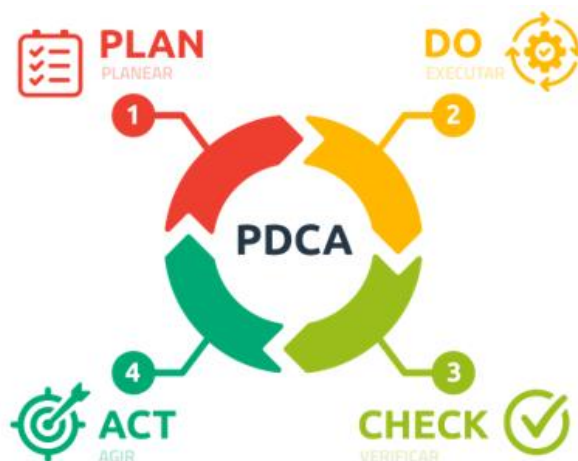


Figura 7 - Ciclo PDCA

2.4.4 Análise ABC

O método ABC, também conhecido como regra 80/20, é fundamentado no princípio de Pareto, formulado pelo professor e economista Vilfredo Pareto, no século XIX, que conduziu uma pesquisa sobre a conexão entre a riqueza, a renda e a população (Paes et al., 2019). Ao examinar a distribuição de renda na Itália, Pareto notou que 80% do patrimônio estava concentrado em 20% da população. Depois, outros aspetos.

Pesquisas comprovaram a aplicabilidade desta regra em diversos outros aspetos, garantindo que aproximadamente 80% dos efeitos são causados por 20% das causas (Tykocki & Jordan, 2014).

A análise ABC identifica e dá prioridade às causas que originam o problema, agrupando-as de acordo com sua função. Esta divisão ocorre em três categorias, A, B e C, mencionadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Categorização das diferentes classes da análise ABC

Classe dos itens	% de Itens	% de gasto anual	Ações	Valor de Consumo
Classe A	20%	80%	Controlo diário	Elevado
Classe B	30%	15%	Controlo periódico	Médio
Classe C	50%	5%	Controlo não habitual	Baixo

A partir dessa categorização, torna-se possível estabelecer prioridades e direccionar intervenções eficazes nas causas do problema. Uma ferramenta útil para representar os resultados de maneira objetiva e eficiente é o gráfico de Pareto, que ilustra a curva ABC ou o princípio 80-20, conforme demonstrado na Figura 8 (Paes et al., 2019).

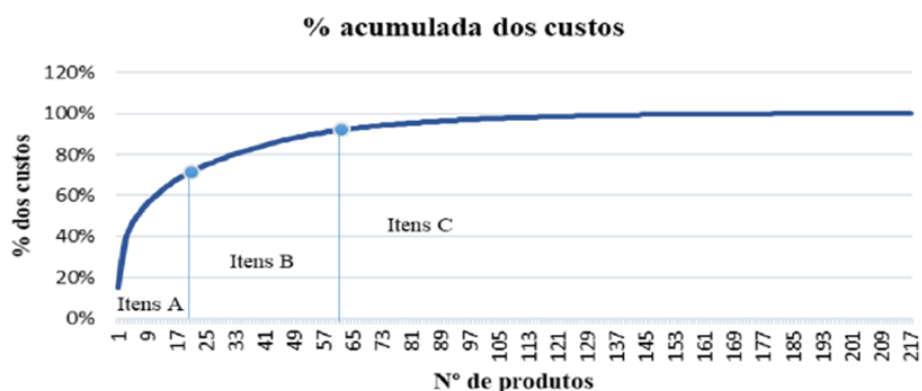


Figura 8 - Visualização dos resultados num gráfico de Pareto
(Retirado (Paes et al., 2019))

2.5 Indicadores de Performance para a Manutenção Autónoma

Para uma gestão empresarial eficaz e eficiente exige o uso de indicadores bem definidos que representem o desempenho da fábrica e das operações de forma abrangente, permitindo otimizar a disponibilidade, a eficiência e a qualidade dos equipamentos (Silva, 2013). Essa prática deve ser continuamente incorporada à atuação dos gestores de operações em ambientes industriais, assim como em qualquer organização cuja performance dependa diretamente do bom funcionamento dos ativos produtivos. Os indicadores-chave de desempenho (KPI's) são amplamente utilizados para identificar

perdas de performance e apoiar a tomada de decisões em diferentes níveis organizacionais.(Corrales et al., 2020; Kardec et al., 2018).

2.5.1 HMP (Hora de Máquina Parada)

As Horas Máquina Parada (HMP) referem-se ao tempo total em que um equipamento permanece inoperacional devido a falhas, intervenções de manutenção ou outras causas. Segundo a norma (*NP EN 13306:2017 - Manutenção - Terminologia*, 2017), a fiabilidade de um equipamento está relacionada à probabilidade de cumprir sua função durante um determinado período, sendo a disponibilidade diretamente impactada pelo tempo de paragem.

O indicador que apresenta o número de horas de máquina parada é um dos mais relevantes na avaliação do sucesso da implementação da Manutenção Autônoma, visto que indica se as ações estão a cumprir com o propósito, que é aumentar a fiabilidade do equipamento.

Para (Ferreira, 2015), o HMP é um indicador prático que permite às organizações:

- Quantificar o impacto das paradas no processo produtivo;
- Identificar as principais causas de indisponibilidade;
- Avaliar os resultados das estratégias de manutenção, incluindo a manutenção autónoma;
- Subsidiar a tomada de decisão para otimização da operação e redução de custos.

Ele enfatiza que, ao monitorar o HMP regularmente, as equipes de manutenção podem focar esforços em ações que realmente aumentem a disponibilidade dos equipamentos, contribuindo para a melhoria contínua da produtividade.

Portanto, a monitorização das Horas Máquina Parada constitui um importante instrumento de desempenho na gestão da manutenção, especialmente no contexto da manutenção autónoma, contribuindo para a melhoria da produtividade e competitividade das organizações.

2.5.2 MTBF (Mean Time Between Failures)

De acordo com a (*NP EN 13306:2017 - Manutenção - Terminologia*, 2017) a fiabilidade de um equipamento é calculada para avaliar a probabilidade de ele cumprir sua missão em um determinado período. Podemos então definir fiabilidade como "a habilidade de um bem em desempenhar uma função requerida, sob condições específicas, durante um período de tempo específico".

Este conceito está intrinsecamente ligado ao de qualidade, pois a qualidade é definida como a aderência de um produto às suas especificações ao sair da fábrica, enquanto a fiabilidade é a habilidade de manter essa conformidade durante um período específico. A conclusão lógica é que a fiabilidade é uma extensão da qualidade inicial ao longo do tempo, pois a manutenção possibilita a recuperação da qualidade

perdida, estendendo a durabilidade e o desempenho dos equipamentos (Souza, 2011). O principal indicador associado a fiabilidade é conhecida como MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), calculado com base na equação a seguir.

$$MTBF = \frac{\Sigma \text{Tempo de operação}}{N^{\circ} \text{ de avarias}} \quad (1)$$

Ligado ao MTBF o conceito de taxa de falha (λ), indica a frequência de falhas num equipamento por unidade de tempo. Esta taxa é determinada como o oposto do MTBF.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (2)$$

2.5.3 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

O OEE é um indicador de desempenho proposto por (Nakajima, 1988a). Esta medida foi criada como parte do TPM para avaliar a eficiência dos equipamentos em uma empresa ou entidade. De maneira resumida, o OEE representa a diferença entre o que efetivamente foi produzido e o que poderia ter sido produzido num cenário perfeito (Corrales et al., 2020). Este indicador avalia o rendimento de uma maneira tridimensional, considerando o tempo útil do equipamento a funcionar/produzir, a eficácia evidenciada durante a operação e a excelência do produto alcançado.

Conforme demonstrado na Figura 9, o cálculo do OEE é realizado através da identificação de seis tipos de perdas, que são classificadas em três categorias estabelecidas por (Nakajima, 1988a), que incluem:

As características de disponibilidade, eficácia e qualidade (Busso & Miyake, 2013).

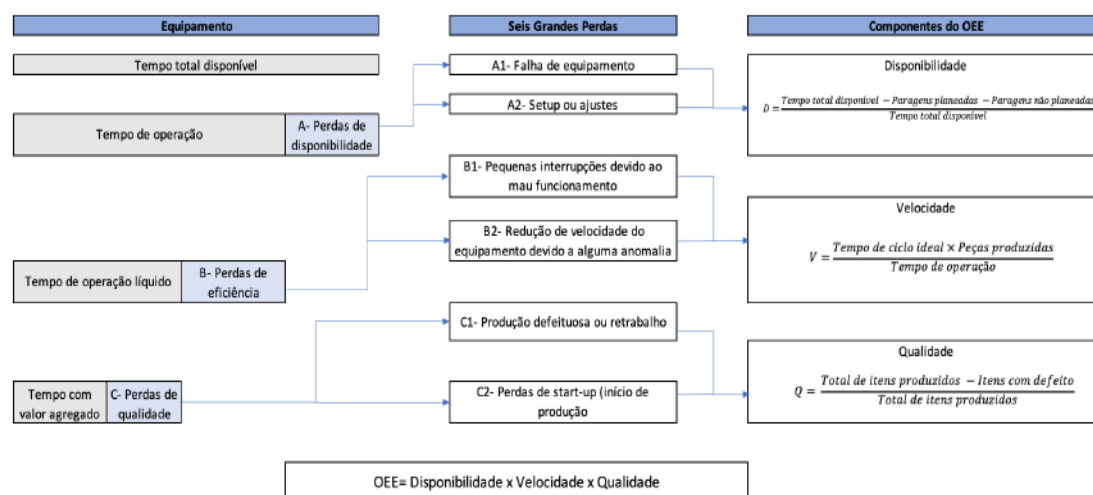


Figura 9 - Relação das "Seis Grandes Perdas" e fatores do OEE

(Adaptado de (Busso & Miyake, 2013))

Segundo (Nakajima, 1988a) as ações de aperfeiçoamento devem ser analisadas por meio de uma avaliação do impacto. O indicador OEE, é calculado com base nos fatores apresentados na Figura 10, utilizando ferramentas como o diagrama de Pareto e o diagrama de causa-efeito. O primeiro instrumento auxilia na identificação e priorização as perdas de maior impacto, enquanto o segundo auxilia na identificação das causas raízes auxiliando na sua eliminação (Busso & Miyake, 2013).

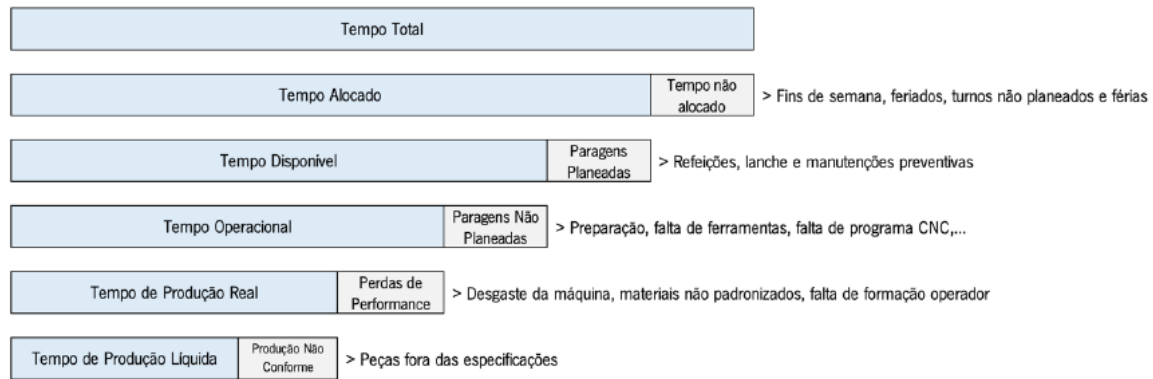


Figura 10 - Fatores de cálculo do OEE

Portanto é possível calcular o OEE com base em três fatores, conforme representados na equação a seguir.

$$OEE = Disponibilidade \times Eficiência \times Qualidade \quad (3)$$

A disponibilidade representa o tempo útil que o equipamento está disponível para operar nas condições normais, ou seja, é a relação entre o tempo de operação real e o tempo de operação previsto.

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de operação}}{\text{Tempo disponível}} \quad (4)$$

Abordando agora a eficiência, podemos observar que a mesma se refere à relação entre o tempo real de operação pelo tempo teórico de operação, sendo que quanto mais próximo do valor de 1 melhor será a sua eficiência.

$$Eficiência = \frac{\text{Tempo de ciclo real}}{\text{Tempo de ciclo teórico}} \quad (5)$$

Por fim, o fator de qualidade, é a relação entre o número de produtos produzidos com qualidade e o número total de produtos produzidos, como visível na equação a seguir.

$$Qualidade = \frac{\text{Total de peças produzidas} - \text{Total de peças com defeito}}{\text{Tempo de operação}} \quad (6)$$

Em síntese, organizações que alcançam um valor de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) igual ou superior a 85% são reconhecidas como operando em nível de classe mundial. Para atingir esse patamar, os indicadores componentes do OEE devem atender aos seguintes critérios: índice de disponibilidade igual ou superior a 90%, índice de desempenho (eficiência) de pelo menos 95% e índice de qualidade não inferior a 99% (Nakajima, 1988). Contudo, observa-se que poucas empresas conseguem atingir tais padrões. Estudos globais indicam que a média do OEE na indústria gira em torno de 60%, evidenciando um desvio significativo em relação ao desempenho de excelência.

3 CASO DE ESTUDO

Neste capítulo, será apresentada, inicialmente uma visão geral da empresa, abordando sucintamente a sua história, os setores em que atua, o parque fabril em Portugal e os produtos fabricados. Em seguida, conheceremos de maneira mais detalhada a secção da Maquinagem, focando principalmente nos equipamentos disponíveis e no seu layout produtivo.

3.1 Apresentação da empresa

A história da WEG começa em setembro de 1961, quando foi fundada em Jaraguá do Sul, Brasil, por Werner Ricardo Voigt, Eggon João da Silva e Geraldo Werninghaus, com foco na fabricação de motores elétricos de baixa tensão (WEG S.A., 2024a). Após aproximadamente uma década, a empresa iniciou suas exportações para países da América Latina, expandiu-se para novos mercados ao longo do tempo como visível na Figura 11. Ao longo do tempo diversificou as suas operações, incluindo a produção de transformadores de energia, automação industrial, vernizes isolantes e tintas. Atualmente, a WEG atende mais de 90 países, operando 45 fábricas em 12 deles, e empregando mais de 47 mil colaboradores, entre esses mais de 4700 engenheiros (WEG S.A., 2024b).



Figura 11 - Representação WEG mundo

A ideologia da empresa é crescer de maneira rápida e sustentável, mantendo uma estrutura de negócios simples e flexível, com o propósito de se tornar a principal vendedora de motores elétricos de baixa, média e alta tensão a nível global. Em um mercado agressivo como o atual, para se conseguir crescer tem que se apostar na diversificação de produtos oferecidos, na qualidade de fabricação com recurso à tecnologia mais recente e apostando cada vez mais na eficiência energética com recurso a energias

renováveis (100% da energia consumida nas instalações da WEG em Portugal são com recurso a energias renováveis).

Nos últimos anos a WEG tem procedido à aquisição de diversas empresas, conforme visível na Figura 12, conseguindo com isso um crescimento rápido, adaptável e conquistando assim mercados que de outra maneira seriam de difícil acesso (por exemplo mercado asiático e árabe).



Figura 12 - Empresas associadas ao Grupo WEG

A empresa atualmente está dividida em cinco áreas de negócios distintas, que incluem motores elétricos e redutores, tecnologia de automação, transmissão e distribuição de energia, geração de energia, tintas e vernizes, conforme ilustrado na Figura 13 (WEG S.A., 2025c).



Figura 13 - Gama de produtos fabricados

3.1.1 WEG em Portugal

A escolha de Portugal como local para a primeira fábrica Europeia da WEG foi baseada em diversas razões estratégicas, tais como a proximidade oferecida aos clientes europeus, que possibilita prazos de entrega mais curtos, uma maior flexibilidade operacional focada nas normas e certificados Europeus, tornando os produtos da empresa mais atraentes para mercados como o Russo e Ucrainiano (gás/minas e cereais respetivamente). Essa flexibilidade permite estabelecer novas parcerias e oferecer um apoio mais ativo aos clientes.

Outro fator importante é a semelhança linguística com a WEG Brasil, facilitando a comunicação, a integração entre as operações e o uso de documentação (tanto para produto como para processos produtivos).

O início da atividade produtiva em Portugal ocorreu com a aquisição da unidade da Efacec Motors, na Maia, em 2002. Com o crescimento da empresa, as instalações da Maia tornaram-se insuficientes e obsoletas, levando à construção de um polo industrial em Santo Tirso, que contempla uma fábrica de motores de baixa tensão construída em 2017 e uma fábrica de motores de média e alta tensão construída em 2023, possibilitando assim um aumento significativo no número de colaboradores, de 156 para mais de 800, ao longo de 23 anos de operação. Ambas as fábricas estão representadas na Figura 14.



Figura 14 - Polo industrial da WEG Portugal

A unidade fabril onde o estudo foi realizado (Santo Tirso II) tem como foco principal a produção de motores personalizados e de grande porte, com altura de eixo variando entre 315 e 900 milímetros, abrangendo tanto média quanto alta tensão trifásicos (até 16 000 kW). Para além do fabrico de motores, também dispõe de áreas de Soluções de Automação e Quadros Elétricos (SAQE) e assistência técnica, conhecida como “*High Voltage Service*” (HVS). Por outro lado, na outra unidade fabril do parque fabril (Santo Tirso I), concentra-se a motores elétricos padronizados de catálogo, com alturas de eixo variando de 225 e 450 milímetros, de baixa tensão trifásicos (até 1 100kW). Como resultado das diferenças produtivas, a unidade de Santo Tirso 1 fabrica em média 250 motores elétricos semanalmente, enquanto a de Santo Tirso 2 apenas fabrica cerca de 18 motores por semana (WEG S.A., 2025a).

Os produtos da WEG são reconhecidos pela qualidade, alto desempenho e capacidade de personalização. A empresa investe em pesquisa e desenvolvimento para atender às necessidades específicas dos clientes, seja em relação à matéria-prima dos componentes, à cor ou a outras especificações. Isso permite adaptar projetos de motores de acordo com as exigências individuais de milhares de clientes.

Além disso, a empresa em Portugal detém as certificações ISO 9001, ISO 12944 e ISO 14001, destacando o seu compromisso com a qualidade, segurança e meio ambiente.

3.1.2 Gama de motores Santo Tirso II

Os motores de indução trifásicos de média e alta tensão, fabricados na nova fábrica de Santo Tirso II, oferecem um conjunto abrangente de opções e possibilidades que permitem a sua utilização numa diversa gama de operações. Como principais utilizações temos as minas, refinarias e gás e indústrias de cereais, onde o requisito ATEX é obrigatório (WEG S.A., 2025b).

A Tabela 3 apresenta as principais gamas de motores fabricados na WEGeuro, destacando suas características e aplicações típicas.

Tabela 3 - Gama de motores produzidos em Santo Tirso II

Motor	Características	Aplicações comuns
W22Xdb 	<u>Potência</u> : 90 até 1600 kW <u>Polos</u> : 2 a 8 <u>Frequência</u> : 50 ou 60 Hz <u>Altura de eixo</u> : 315 a 560mm <u>Sistemas de refrigeração</u> : Sistema fechado com recurso a ventiladores	Principais aplicações: • Minas; • Fábricas de Farinha; • Petroquímicas.
 W22XdbT	<u>Potência</u> : 500 até 2000 kW <u>Polos</u> : 2 a 20 <u>Frequência</u> : 50 ou 60 Hz Altura de eixo: 560 a 900 mm <u>Sistemas de refrigeração</u> : Circuitos internos e externos com troca ar - ar incorporados na carcaça	
W50 	<u>Potência</u> : 75 até 1100 kW <u>Polos</u> : 2 a 12 <u>Frequência</u> : 50 ou 60 Hz <u>Altura de eixo</u> : 315 a 450mm <u>Sistemas de refrigeração</u> : Ventilador interno e externo	Principais aplicações: • Indústria têxtil; • Papel; • Pedreiras.

Motor	Características	Aplicações comuns
HGF 	<u>Potência:</u> 75 até 2800 kW <u>Polos:</u> 2 a 12 <u>Frequência:</u> 50 Hz <u>Altura de eixo:</u> 315 a 630mm <u>Sistemas de refrigeração:</u> Ventilador interno e externo.	Principais aplicações: • Siderúrgicas; • Açúcar e etanol; • Papel; • Mineiras; • Saneamento;
W60 	<u>Potência:</u> 500 até 16000 kW <u>Polos:</u> 2 a 16 <u>Frequência:</u> 50 ou 60 Hz <u>Altura de eixo:</u> 355 a 1000mm <u>Sistemas de refrigeração:</u> Aberto, ar e ar-água	Principais aplicações: • Siderúrgicas; • Navios.
W60 Vertical 	<u>Potência:</u> 1000 até 7500 kW <u>Polos:</u> 10 a 18 <u>Frequência:</u> 50 ou 60 Hz <u>Altura de eixo:</u> 630 a 900mm <u>Sistemas de refrigeração:</u> ar-ar, ar-água e auto-ventilado	Principais aplicações: • Geração de energia; • Saneamento; • Óleo e gás; • Mineração.
W51Xdb 	<u>Potência:</u> 132 até 1.400 kW <u>Polos:</u> 2 a 12 <u>Frequência:</u> 50 ou 60 Hz <u>Altura de eixo:</u> 315 até 450mm <u>Sistemas de refrigeração:</u> Ventilador interno e externo	Principais aplicações: • Mineração; • Óleo & Gás; • Química; • Naval.
 Linha Master	<u>Potência:</u> até 50.000 kW <u>Polos:</u> 2 a 16 <u>Frequência:</u> 50 ou 60 Hz <u>Altura de eixo:</u> 280 a 1800mm <u>Sistemas de refrigeração:</u> ar-ar, ar-água e auto-ventilado	Principais aplicações: • Saneamento; • Petróleo & Gás; • Siderurgia; • Açúcar & Etanol.

3.2 Análise dos equipamentos

Como referido anteriormente neste relatório, a secção escolhida para a realização deste estudo foi a Maquinagem, visto ser a secção com maior quantidade de equipamentos onde a aplicação da manutenção autónoma é essencial. Numa fase inicial, é crucial conhecer e compreender a estrutura da secção, sendo que para isso é importante analisar o layout produtivo e as diferentes categorias de máquinas disponíveis.

3.2.1 Layout da secção

Na Figura 15 apresenta-se o layout fabril da secção da Maquinagem, onde se consegue perceber que existem duas áreas com características diferentes, sendo que à esquerda encontram-se as máquinas de menores dimensões e à direita as máquinas de maiores dimensões. Devido ao crescimento da empresa e ao aumento previsto de número de motores a fabricar, o layout poderá sofrer alterações para acomodar mais máquinas novas. No ANEXO A – Layout secção – Maquinagem Pesada e no ANEXO B – Layout secção – Maquinagem Leve, encontram-se vistas de detalhe do layout.

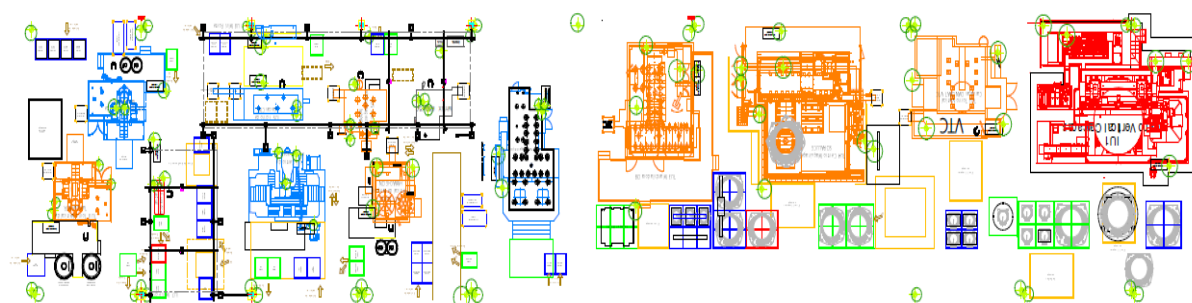


Figura 15 - Layout da secção da Maquinagem

Equipamentos antigos (laranja), de grande porte (vermelho) e novos (azul)

De referir que os equipamentos que foram transferidos da fábrica antiga (Instalações da Maia), estão representados a laranja, sendo estes, pela sua antiguidade as máquinas que necessitam de maior atenção por parte da equipa da Manutenção. As expostas a vermelho (de maiores dimensões) e a azul (de menores dimensões) são as máquinas novas instaladas na transferência fabril para substituição das obsoletas.

3.2.2 Equipamentos

Devido à tipologia de componentes de um motor elétrico apresentar uma grande diversidade, torna-se necessário ter um parque de máquinas versátil e distinto. Para ter um melhor fluxo produtivo e uma

melhor organização do trabalho a realizar, a secção divide-se em dois grupos, Maquinagem pesada e Maquinagem leve. Nas Tabela 4 e Tabela 5 estão descritas as máquinas existentes.

Tabela 4 - Máquinas presentes na secção – Maquiagem pesada

Maquinagem pesada		
Máquina	Modelo	Operações
	Torno vertical CNC VTL	Torneamento de carcaças (Maiores dimensões)
	Torno vertical CNC DANOBAT VTC-2500	Torneamento de carcaças (Menores dimensões)
	Mandrilladora DOOSAN DB 130CX	Mandrillagem e furações em carcaças e veios (menores dimensões)
	Centro de maquinagem SORALUCE Carneiro	Mandrillagem e furações em carcaças e veios (Maiores dimensões)
	Centro de maquinagem HM 1000	Mandrillagem e furações em Caixas/ Suportes, caixas de ligação, placas de obstrução e componentes menores

Maquinagem pesada		
Máquina	Modelo	Operações
	Torno vertical Hwacheon	Torneamento e furação de tampas, bases intermediarias (diâmetros menores de 450mm)
	Doosan VTR	Torneamento, fresagem e furação de tampas, bases intermediarias (diâmetros maiores de 450mm)

Tabela 5 - Máquinas presentes na secção – Maquiagem Leve

Maquinagem Leve		
Máquina	Modelo	Gama de trabalho
	Torno Heynumat 15 U / 2200	Torneamento de anéis de rotor, tampas de caixas e pratos de aperto (peças de pequenas dimensões com maior rigor dimensional)
	Torno convencional Sinus	Torneamento de anéis de rotor, tampas de caixas e pratos de aperto (peças de pequenas dimensões com menor rigor dimensional)
	Furadora radial Knut	Realização de furações em tampas e placas de fecho (operações com menor rigor dimensional)

Maquinagem Leve		
Máquina	Modelo	Gama de trabalho
	Centro maquinagem CNC Doosan VM1260	Mandrilagem e furações em barras de cobre, anéis de fixação e escatéis (maiores dimensões)
	Centro maquinagem CNC Doosan Mynx 7500	Mandrilagem e furações em barras de cobre, anéis de fixação e escatéis (menores dimensões)

3.3 Seleção dos equipamentos

No subcapítulo anterior foram abordados todos os equipamentos presentes na secção da Maquinagem, porém devido ao tempo limitado para realização do projeto e ao detalhe que se pretende abordar, serão selecionados apenas dois equipamentos. No próximo capítulo, de maneira a escolher os equipamentos com maior criticidade e relevância, foram levadas em consideração os seguintes critérios:

- Custos de manutenção;
- Criticidade (via método ABC);
- Histórico de intervenções de manutenção.

O período de análise considerado para recolha dos dados foi considerado de janeiro de 2022 até abril de 2024.

4 IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

No capítulo anterior foram apresentados os equipamentos da secção da Maquinagem, e conforme referido, devido ao tempo limitado para realização do projeto, apenas serão definidos os dois equipamentos mais críticos para implementação da Manutenção autónoma.

Conhecidas as premissas teóricas abordadas no capítulo 2.3, começaram-se a aplicar os conceitos aos equipamentos da secção da Maquinagem, conforme etapas presentes no diagrama da Figura 16.

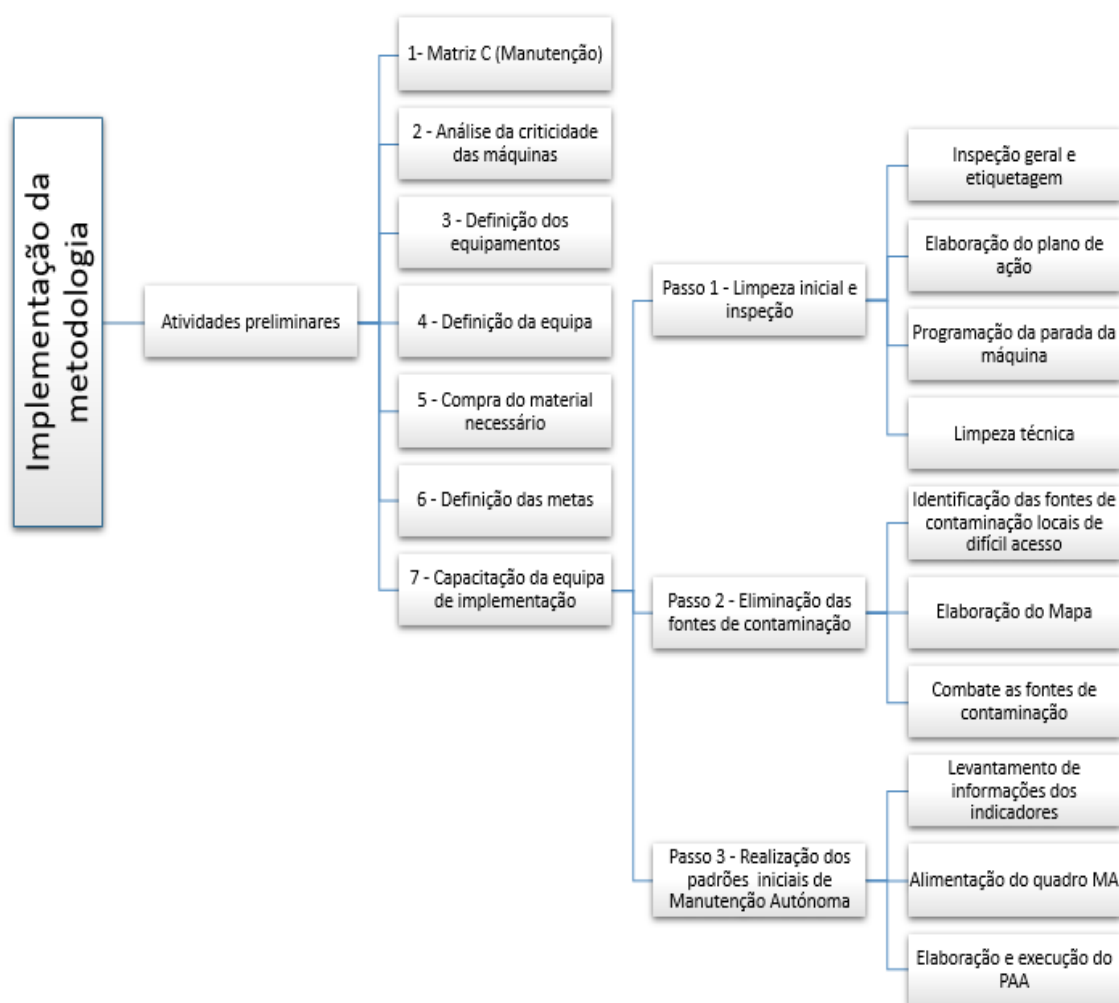


Figura 16 – diagrama de Implementação da Manutenção Autónoma

Assim sendo, podemos assumir que para uma correta implementação da manutenção autónoma devem ser seguidas 4 grandes etapas, ou seja, as atividades preliminares e o passo 1 (limpeza inicial e inspeção), passos 2 (eliminação das fontes de contaminação) e o passo 3 (Realização dos padrões iniciais de manutenção autónoma).

4.1 Atividades preliminares

Como demonstrado na Figura 16, na etapa inicial da implementação surgem as atividades preliminares, sendo estas necessárias para a correta definição e implementação da manutenção autónoma.

4.1.1 Matriz C (Manutenção)

Segundo (Wireman, 2004), análise histórica de custos e falhas dos equipamentos é essencial para garantir uma implementação eficaz da TPM, especialmente no pilar da Manutenção Autónoma.

O objetivo desta atividade é elaborar uma lista dos equipamentos que possuem maiores custos relacionados à manutenção.

Com recurso aos dados presentes na *Cost Deployment*, ferramenta da metodologia WMS, onde anualmente se compilam detalhadamente todas as perdas e custos da empresa, são realizados os levantamentos dos custos de manutenção do pilar da Manutenção Profissional, apresentados em seguida na Tabela 6

Importante salientar que os equipamentos contemplados são apenas os que transitaram da anterior fábrica. Os novos equipamentos instalados na fábrica de Santo Tirso II ainda não apresentam histórico de manutenção.

Tabela 6 - Custos de manutenção por Equipamentos (anos 2021/2022)

Secção	Máquinas	Custos (€)
Maquinagem Pesada	Torno vertical CNC DANOBAT VTC-2500	13.288,11
	Mandriladora DOOSAN DB 130CX	16.405,21
	Centro de maquinagem Soraluze Carneiro	4.604,05
	Torno vertical Hwacheon	46.481,80
	Centro de maquinagem Doosan VTR	3.837,65
Maquinagem Leve	Torno Heynumat 15 U / 2200	461,36
	Centro maquinagem CNC Doosan VM1260	3.677,33
	Centro maquinagem CNC Doosan Mynx 7500	2.741,04

4.1.2 Análise da criticidade das máquinas

A ferramenta utilizada pela equipa da Manutenção para definição dos níveis de criticidade dos equipamentos é o método ABC. Este método deve ser realizado anualmente, incluindo assim os novos equipamentos e alterando o estado dos já existentes caso se justifique.

Esta ferramenta utiliza 3 níveis de criticidade, onde em cada uma delas devem ser realizadas as seguintes tipologias de manutenção:

Criticidade A

- Manutenções Preventivas Periódicas;
- Manutenções Preditivas (condicionadas);
- Manutenções Corretivas.

Criticidade B

- Manutenções Preventivas Periódicas;
- Manutenções Corretivas.

Criticidade C

- Manutenções Corretivas.

Esta ferramenta leva em consideração três variáveis, a Área (Produção, Qualidade e Manutenção), os critérios de análise e os parâmetros, obtendo assim uma pontuação por cada equipamento, que ditará a sua criticidade. Na Tabela 19, Tabela 20 e na Tabela 21 do APÊNDICE A – Definição criticidade dos equipamentos – Secção Maquinagem estão detalhados todos os pontos para definição de criticidade de equipamentos. Focando nas três áreas analisadas, a Produção (leva em consideração o impacto de ter uma máquina parada, as alternativas internas na empresa e a facilidade de encontrar fornecedor para recorrer a subcontratação), a Qualidade (risco de obter produtos com não conformidades, causando custos e atrasos) e a Manutenção (custos de manutenção considerando o valor e a idade dos equipamentos), apresentam-se na Tabela 7 os resultados de criticidade por equipamento analisados.

Tabela 7 - Criticidade dos equipamentos presentes na secção

Equipamentos	Criticidade
Torno vertical CNC VTL	A
Torno vertical CNC DANOBAT VTC-2500	B
Mandriladora DOOSAN DB 130CX	B

Equipamentos	Criticidade
Centro de Maquinagem SORALUCE Carneiro	B
Centro de maquiagem HM 1000	B
Torno vertical HWACHEON	A
Centro de maquinagem Doosan VTR	B
Torno Heynumat 15 U / 2200	B
Torno Convencional SINUS	B
Furadora radial KNUT	B
Centro maquinagem CNC Doosan VM1260	A
Centro maquinagem CNC Doosan Mynx 7500	A

Como principal observação dos dados de criticidade temos que 1/3 dos equipamentos presentes são de criticidade A, número bastante elevado que aumenta ainda mais a importância na realização de corretas manutenções.

4.1.3 Definição dos equipamentos

De modo a entender quais máquinas apresentam uma menor fiabilidade foi realizada uma análise ao histórico de manutenção das máquinas presentes na secção, obtendo assim dados importantes como o número de paragens para manutenção, as horas de paragem, o intervalo de manutenção e o tempo médio entre falhas. Na Tabela 8 podemos observar os valores obtidos da análise realizada.

Tabela 8 - Critério de avarias

Equipamentos	Número de intervenções	HMP (horas)	IM	MTBF (horas)
VTC	11	131,00	0,39	602,18
DB	19	506,37	0,68	348,63
SORALUCE	22	175,50	0,79	301,09
HWACHEON	38	637,07	1,36	174,31
VTR	34	32,07	1,21	194,82
HEYNUMAT 15	8	14,30	0,29	828
VM	12	537,15	0,43	552
MYNX	15	51,00	0,54	441,6

Para calcular o intervalo de manutenção (IM) foi utilizado a fórmula apresentada a seguir:

$$IM = \frac{\text{Número de intervenções realizadas}}{\text{Números de meses}} \quad (7)$$

É de salientar que os meses estão compreendidos entre os anos 2022 e abril de 2024 (28 meses) e que quanto maior for o valor apresentado de IM, mais paragens o equipamento apresentou.

Em relação ao cálculo do tempo médio entre falhas (MTBF), divide-se o tempo total de operação pelo número de falhas ocorridas, conforme a fórmula apresentada na página 27.

Ao contrário do IM, quanto maior for o valor apresentado, menos paragens o equipamento apresentou. Dos dados obtidos na Tabela 8, os equipamentos Hwacheon e VTR apresentam os valores mais preocupantes, com um número elevado de paragens, provocando um IM superior a 1 e um MTBF muito baixo. O número de horas de máquina parada, no caso do VTR, é relativamente baixo em comparação com outras máquinas, denotando uma rápida atuação na resolução dos problemas.

Reforçando a análise efetuada, no gráfico da Figura 17, podemos observar que 30,6% das horas de máquina parada totais são referentes ao equipamento Hwacheon. Com valores elevados temos também a VM1260 e a DB, inflacionados por avarias graves com tempos de reparação demorados.



Figura 17 - Gráfico de percentagem horas máquina parada

Abordando agora os motivos de paragem dos equipamentos, conforme diagrama de Pareto visível na Figura 18, é possível concluir que 80% das paragens ocorrem devido a 6 tipologias de falhas. Destas falhas, os casos de falhas em sensores, problemas em filtros e fugas de óleo poderiam ser minimizados ou detetados prematuramente caso fossem realizadas manutenções autónomas nos equipamentos.

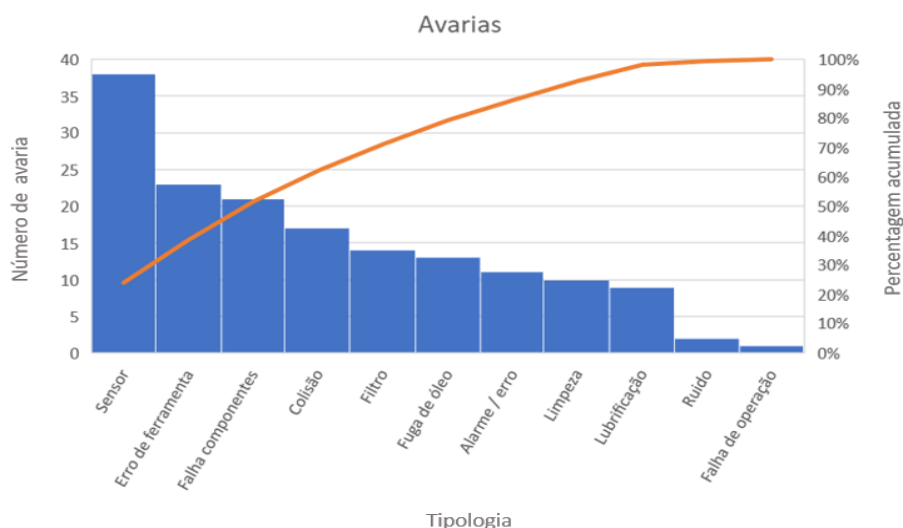


Figura 18 - Gráfico com as tipologias de avaria do conjunto de máquinas

Com base nos critérios estabelecidos neste capítulo, os equipamentos onde se justifica uma maior necessidade de implementação de atividades de manutenção autónoma são o Torno vertical HWACHEON e o Centro de maquinagem Doosan VTR, conforme mostra o resumo da Tabela 9.

Tabela 9 - Definição de equipamentos

Equipamento	Criticidade	Número de intervenções	IM	MTBF (horas)
Torno vertical HWACHEON	A	38	1,36	174,31
Centro de maquinagem Doosan VTR	B	34	1,21	194,82

Com base no subcapítulo anterior, os equipamentos definidos para implementação da manutenção autónoma são o Torno vertical HWACHEON e o Centro de maquinagem Doosan VTR. De seguida são apresentados com maior detalhe os problemas ocorridos.

Torno vertical Hwacheon:

Através do gráfico da Figura 19 podemos constatar que o número de horas de máquina parada do equipamento Hwacheon corresponde a 8,26% do tempo total de disponibilidade, um valor muito elevado, que provoca um impacto negativo diretamente na Produção.

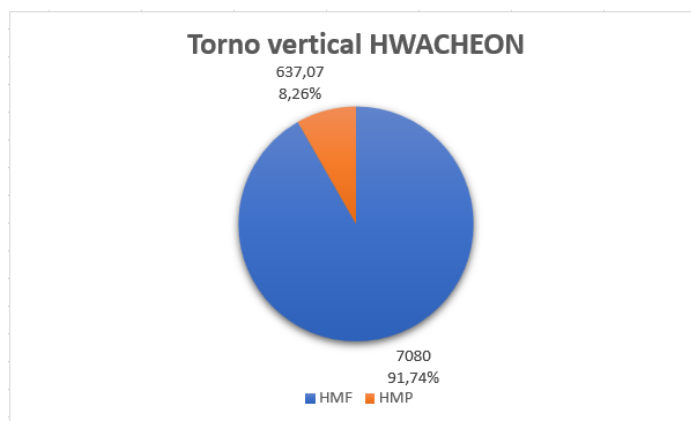


Figura 19 – Gráfico da disponibilidade do torno vertical Hwacheon

Especificando agora os motivos de paragem que originaram os 8,26% de hora de máquina parada, podemos observar pelo diagrama de Pareto na Figura 20 que, tal como nos valores globais, os problemas em sensores são a principal causa. Esta estratificação de causas é o primeiro passo para se compreenderem melhor os pontos chave que se devem minimizar com recurso à Manutenção Autónoma, como os casos relacionados com a falta de lubrificação e limpeza.

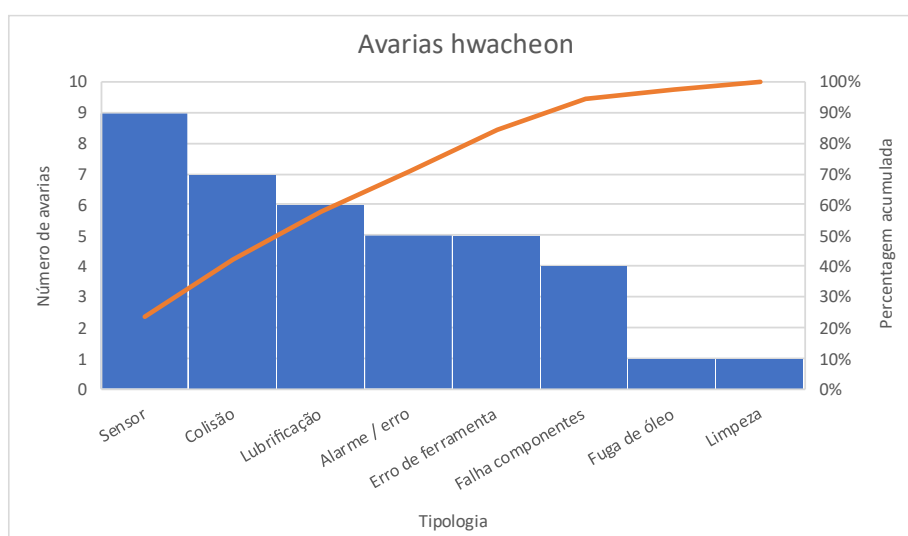


Figura 20 - Gráfico com as tipologias de avarias do torno vertical Hwacheon

Centro de Maquinagem Doosan VTR:

Com base no gráfico da Figura 21, podemos constatar que o número de horas de máquina parada do equipamento Centro de Maquinagem Doosan VTR corresponde a 0,42% do tempo total de disponibilidade, um valor relativamente baixo, porém se olharmos ao elevado número de paragens e a

ser uma máquina crítica onde não existe alternativa interna, este valor provoca um elevado impacto negativo diretamente na Produção.

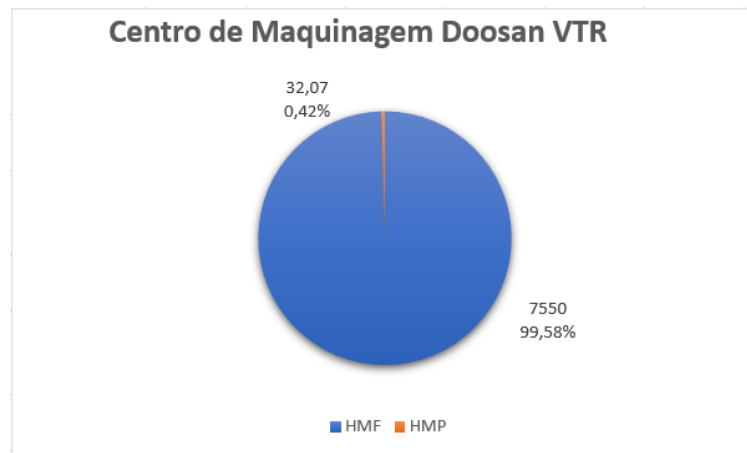


Figura 21 - Gráfico da disponibilidade do Centro de Maquinagem Doosan VTR

Analisando as os motivos de paragem que originaram os 0,42% de horas de máquina parada, identificamos que 15 dessas interrupções estão associadas a problemas em sensores, evidenciando as complicações geradas por essas questões. Novamente, as ferramentas e abordagens da Manutenção Autônoma poderiam ser empregues para mitigar essas paradas, uma vez que verificações periódicas do estado dos sensores e a realização de limpezas podem reduzir significativamente essas incidências.

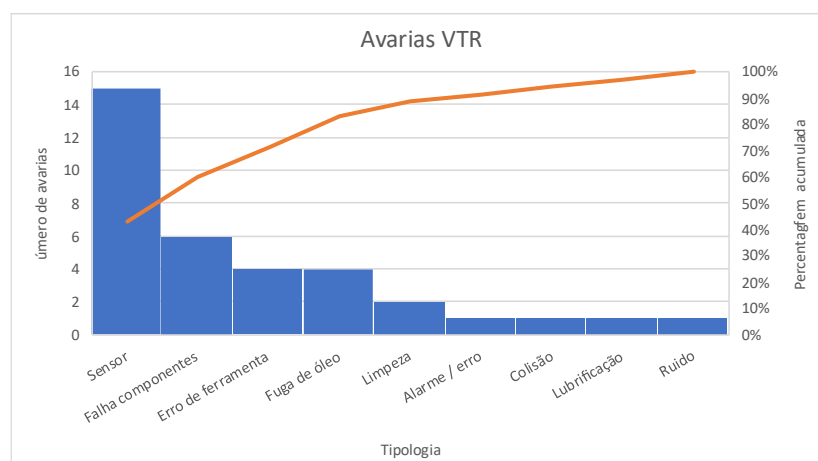


Figura 22 - Gráfico com as tipologias de avaria do Centro de Maquinagem Doosan VT

Após a definição dos equipamentos onde os problemas de manutenção apresentam um maior impacto e conhecidas as principais causas das avarias, aprofundou-se, de maneira mais detalhada, a análise a todas as paragens não planeadas dos dois equipamentos, com o intuito de aumentar a eficiência das ações a implementar posteriormente.

Para a realização dessa análise, recorreu-se aos dados armazenados através do WEG *Shop Floor Management* (WSFM).

WEG Shop Floor Management:

Sendo a WEG uma empresa que procura a melhoria contínua do processo diariamente, implementou um sistema MES (*Manufacturing Execution System*), denominado WSFM, que permite a recolha de dados da produção em formato digital e em tempo real, possibilitando que as equipas de gestão e análise da Produção possam monitorar o estado atual das ordens de produção e dos equipamentos onde estão instalados.

Esta tecnologia avalia três índices, conforme apresentados em seguida:

- Índice de disponibilidade: Refere-se ao tempo total real em que o equipamento esteve em operação sobre o tempo total teórico;
- Índice de eficiência: Refere-se ao tempo total real para fabrico de uma ordem de produção sobre o tempo previsto para realização da mesma;
- Índice de qualidade: Refere-se ao número de produtos com problemas de qualidade sobre o total de produtos fabricados.

Com a relação dos três índices apresentados, o WSFM é capaz de calcular o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), permitindo avaliar a produtividade do equipamento.

Com este recurso, apresentam-se na Tabela 26 e na Tabela 27 do APÊNDICE B – Eventos WSFM – Análise os apontamentos totais do Torno vertical HWACHEON e do Centro de maquinagem Doosan VTR, onde se salientam os seguintes valores:

- No Torno vertical HWACHEON, 4% do tempo de apontamentos corresponde a limpeza do posto de trabalho, 2,54% corresponde a aguardar manutenção e 4% a paragens não justificadas;
- No Centro de maquinagem Doosan VTR, 6,2% do tempo de apontamentos corresponde a limpeza do posto de trabalho, 3,17% a aguardar manutenção e 16% a paragens não justificadas.

De referir que paragens não justificadas ocorrem quando a máquina não está operando, os sinais eletrónicos se desligam e o sistema regista automaticamente este evento.

Analisando estes dados, é facilmente perceptível que é importante tomar ações para reduzir estes valores, quer seja de implementação de estabilidade básica no posto de trabalho, como na realização de limpezas e manutenções autónomas mais assertivas.

O uso desta ferramenta pode também ser utilizado para monitorar melhorias realizadas, servindo como método comparativo do antes e do depois.

4.1.4 Definição da equipa

Após definição dos equipamentos, é essencial definir qual será a equipa de trabalho. Na aplicação da metodologia é necessária uma equipa multidisciplinar com a participação da Produção, da Engenharia Industrial, do Controle de Qualidade, da Segurança e da Manutenção, conforme apresentado na Figura 23.



Figura 23 - Funções de cada membro da equipa "Pilar AM WEG"

Neste projeto, devido a ser um estudo acadêmico, não foi criada uma equipa específica conforme indicado, porém membros de todas as áreas iam auxiliando sempre que solicitados.

4.1.5 Compra do material necessário

Para a implementação eficaz do projeto, é necessário adquirir materiais específicos, como etiquetas para identificação de anomalias Figura 24 e cadernos para registrar as anomalias. As etiquetas facilitam a identificação e rastreamento dos equipamentos, enquanto o *dashboard* e cadernos de anomalias são ferramentas essenciais para documentar e analisar eventos de manutenção, permitindo um acompanhamento detalhado e sistemático.

Frente	Verso
  AM MANUTENÇÃO AUTÔNOMA 0001 ANOMALIA DETECTADA Equipamento: _____ Detectada por: _____ Data: ____/____/____ DESCRIÇÃO DA ANOMALIA O que: _____ Local: _____ SUGESTÃO DA SOLUÇÃO 1ª VIA: COLE NO CADETINO 2ª VIA: COLOQUE NO LOCAL DA ANOMALIA WFS-34830 - Rev. 1.0 - 25/02/2018	Check Kaitzen: ☐ Sim, ID: _____ ☐ Não Nº da ordem de serviço: _____ CONTRAMEDIDAS APLICADAS Aplicada por: _____ Data: ____/____/____ DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO WFS-34830 - Rev. 1.0 - 25/02/2018

Figura 24 - Exemplo de etiqueta de anomalias

4.1.6 Definição das metas

A definição de metas claras e mensuráveis é um passo crucial no processo. Essas metas devem estar alinhadas com os objetivos estratégicos da organização e focadas em melhorar a eficiência, reduzir custos e aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Estabelecer indicadores de desempenho, como o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), ajuda a monitorar o progresso e validar a eficácia das ações implementadas. Na Tabela 10 estão presentes as metas propostas para este projeto, considerando que os valores apresentados no “Estado atual” se referem a um período compreendido entre 01/2022 e 04/2024.

Tabela 10 - Metas propostas para o projeto

Indicador	Significado	Equipamento	Estado atual	Meta
Disponibilidade	Tempo na qual o equipamento esteve disponível para produção	VTR	53%	56%
		Hwacheon		
Eficiência	Tempo de execução real em relação ao tempo de execução previsto	VTR	72%	75%
		Hwacheon	88%	90%
Equipamento parado	Tempo que o equipamento está parado por avarias	VTR	32,07	-20%
		Hwacheon	637,07	-20%

4.1.7 Capacitação da equipa de implementação

Por fim, nas atividades preliminares, a capacitação inicial da equipa é muito importante para assegurar que todos os membros compreendam as metodologias, ferramentas e objetivos do projeto de manutenção autónoma. Essa formação deve abranger desde o uso de ferramentas específicas até a aplicação de princípios de melhoria contínua e gestão visual. Uma equipa bem treinada e envolvida é capaz de identificar e solucionar problemas de forma proativa, contribuindo significativamente para o sucesso do projeto.

4.2 Passo 1 - Limpeza inicial e inspeção

Após a realização das atividades preliminares, já estão reunidas as condições para o início das ações de implementação, ou seja, os 3 passos da manutenção autónoma. Neste momento são conhecidos os equipamentos críticos, as equipas de atuação e as metas, sendo então mais assertivas as ações a definir.

4.2.1 Inspeção geral e etiquetagem

Esta etapa é uma das mais importantes numa fase inicial da implementação, visto que irá identificar um elevado número de anomalias dos equipamentos. É importante que durante esta etapa o equipamento esteja disponível para que a equipa consigo fazer a análise no próprio local. Para o registo das anomalias devem ser utilizadas duas tipologias de etiquetas, sendo as etiquetas azuis as de responsabilidade da manutenção autónoma e as etiquetas vermelhas da responsabilidade da manutenção profissional, sendo que neste projeto apenas será implementado as etiquetas azuis.

Os preenchimentos destas etiquetas devem seguir as seguintes regras:

- 1ª via: Deve ser preenchida, conforme Figura 25, pelo colaborador que identificou a anomalia e posteriormente colocada no caderno de anomalias;

O formulário é uma etiqueta vertical com o cabeçalho 'WMS' e 'WEG'. O título principal é 'AM MANUTENÇÃO AUTÓNOMA' e o subtítulo é 'ETIQUETA DE ANOMALIA'. O formulário contém os seguintes campos e legendas:

- ANOMALIA DETECTADA**: Campo para o nome do equipamento.
- Equipamento:** Campo para o nome de quem detectou a anomalia.
- Detectada por:** Campo para o nome de quem detectou a anomalia.
- Data:** Campo para a data da detecção.
- DESCRIÇÃO DA ANOMALIA**: Campo para a descrição do que é a anomalia.
- o que:** Campo para a descrição do que é a anomalia.
- Local:** Campo para o local específico do equipamento onde se encontra a anomalia.
- SUGESTÃO DA SOLUÇÃO**: Campo para a sugestão de como solucionar o problema.

Na base do formulário, há duas linhas de instruções:

- 1ª VIA: COLE NO CADERNO
- 2ª VIA: COLOQUE NO LOCAL DA ANOMALIA

Figura 25 - Preenchimento da etiqueta

- 2ª via: A cópia da 1ª via deve ser colocada no local mais próximo da anomalia, tendo atenção de não colocar em locais que possam danificar o papel. Posteriormente à colocação da etiqueta, o membro da equipa designado para gerir as mesmas deverá seleccionar a pessoa mais indicada para resolução do problema e estabelecer um prazo, preenchendo essa informação na 1ª via. Após a resolução do problema, a 2ª via deve ser recolhida do equipamento e arquivada no caderno de anomalias junto da 1ª via.

Na Figura 26 e na Figura 27 estão visíveis algumas das etiquetas colocadas nos equipamentos Hwacheon e VTR, referentes a problemas detetados nesta etapa do projeto.



Figura 26 - Problema na porta e no contentor de limalha do Hwacheon



Figura 27 - Problemas na pistola de ar comprimido e no vidro do VTR

4.2.2 Elaboração do plano de ação

Devido ao elevado número de etiquetas abertas na etapa inicial, torna-se necessária a elaboração de um plano de ação, onde o responsável designado pela equipa realiza o acompanhamento, considerando responsáveis, prazos e soluções. Na Figura 28 é visível um excerto do plano de ações elaborado, estando a versão completa no APÊNDICE D – Plano de ação de implementação Manutenção Autônoma.

Pilar AM Plano de ação - Etiquetas											
Máquina	Etiqueta	Turno	Ação	Descrição	Observação	Material	Data de abertura	OM	Prazo	Status	Responsável
Hwacheon	AM	1º TURNO	Implementação de mangueira para limpeza da máquina	Realização da limpeza das peças e da máquina	Verificar viabilidade do projeto / FORA		14/02/2024	14552665			
Hwacheon	AM	1º TURNO	Implementação de lâmpada na parte traseira da máquina	Melhor visualização do operador dentro da máquina			14/02/2024	14552664			
Hwacheon	AM	1º TURNO	Troca do vidro frontal		Melhor visualização do operador dentro da máquina	vidro/acrílico	03/10/2023	14452666	06/03/2024		
Hwacheon	AM	1º TURNO	Roda do carrinho de limpa			Roda	15/02/2024	14554062			
Hwacheon	AM	1º TURNO	Ponteira da pistola de ar	Falta a ponteira da pistola de ar		Verificar se posso passar para jan o que é de outubro e dezembro	20/10/2023	14434502	26/01/2024		
Hwacheon	P.M	1º TURNO	Reparação do líquido de refrigeração	Líquido de refrigeração do óleo solúvel está voltando	Não está refrigerando a máquina		11/12/2023	14491767	10/02/2024		
Hwacheon	AM	1º TURNO	Troca do fecho da porta	Fecho com folga, falta de segurança				M.A			
Hwacheon	AM	1º TURNO	Alinhamento porta frontal	Porta encontra-se desalinhada, dificultando o fecho e abertura da mesma			28/02/2024	M.A	29/02/2024		Marco
Hwacheon	AM	1º TURNO	Esfregona para auxílio da limpeza da máquina					M.A			Ricardo Maciel
Hwacheon	P.M	1º TURNO	Troca da ponteira do braço aferidor				19/12/2023	14499277	15/01/2024		

Figura 28 - Excerto do plano de ação

4.2.3 Programação da paragem do equipamento

Antes de se proceder à realização das etapas seguintes é importante programar com os planeadores uma paragem total do equipamento para execução de uma limpeza geral do mesmo, sem causar qualquer prejuízo à Produção. Esta etapa não foi executada na sua plenitude no decorrer do projeto devido à carga elevada na Produção, o que impossibilitou uma paragem total dos equipamentos.

4.2.4 Limpeza técnica e Manutenção 5S

Sendo esta a última etapa do passo 1, apresenta-se como a mais complexa e demorada, consistindo na desmontagem de diversos componentes do equipamento, para realização de limpeza individual e restauração dos componentes que tenham problemas. Além disso, e visto que o equipamento está parado, a equipa deve realizar também a aplicação intensiva do 5S no posto de trabalho. Tal como na etapa anterior, não foi possível a realização completa devido ao equipamento não poder parar totalmente, porém foram realizadas pequenas ações como a limpeza e pintura do tanque de filtragem, conforme visível na Figura 29.

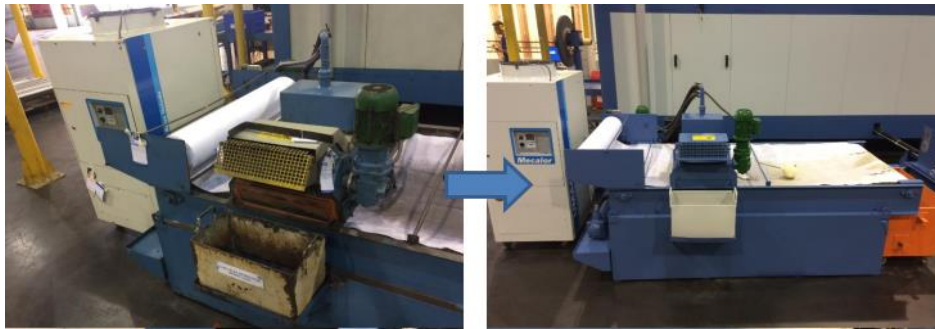


Figura 29 - Antes e depois da limpeza e pintura efetuada

4.3 Eliminação das fontes de contaminação

Nesta etapa o objetivo é eliminar as fontes de contaminação, visto que assim reduziremos a necessidade de limpezas regulares por parte dos colaboradores, já que os equipamentos se manterão mais limpos.

4.3.1 Identificação das fontes de contaminação e locais de difícil acesso

Identificam-se as fontes de contaminação (como vazamentos de óleo e detritos) e os locais de difícil acesso nos equipamentos e na área de produção. Esta identificação é essencial para prevenir futuros problemas e garantir a limpeza e a eficiência das máquinas.

4.3.2 Elaboração do mapa

Complementado o passo anterior, criam-se mapas detalhados para documentar as fontes de contaminação e os locais de difícil acesso. Esses mapas são ferramentas visuais que ajudam a equipe a entender onde estão os problemas e como abordá-los. Na Figura 30 e na Figura 31 encontram-se os mapas de fontes de contaminação e locais de difícil acesso dos equipamentos críticos Hwacheon e VTR.

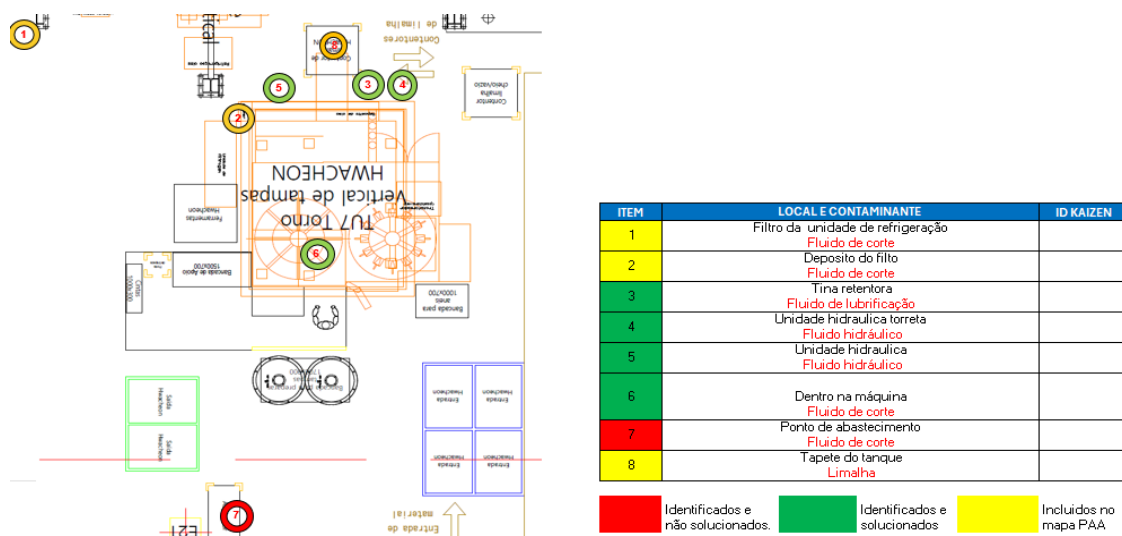


Figura 30 - Mapa de fontes de contaminação - Hwacheon

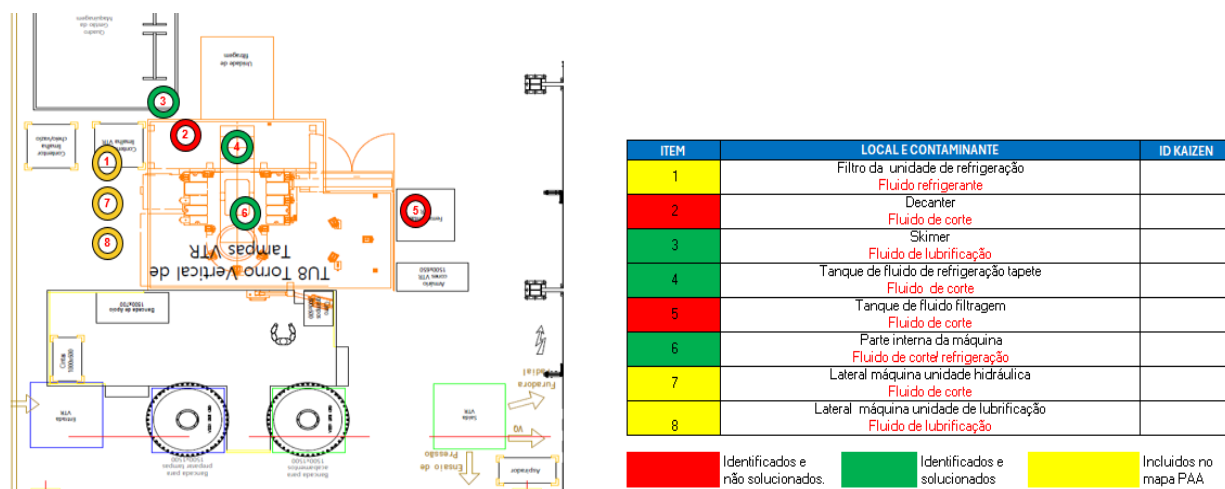


Figura 31 - Mapa de fontes de contaminação - VTR

4.3.3 Combate às fontes de contaminação

Com foco nas ações listadas nos mapas da Figura 32 e Figura 33, devem-se elaborar ações com o propósito de implementar medidas para eliminar ou controlar as fontes de contaminação e melhorar o acesso aos locais identificados. Essas medidas podem incluir a instalação de barreiras, a melhoria dos sistemas de ventilação e a modificação dos procedimentos de limpeza.



Figura 32 - Resolução do ponto 3 do mapa de fontes de contaminação – Hwacheon



Figura 33 - Resolução do ponto 3 do mapa de fontes de contaminação – VTR

4.4 Realização dos padrões iniciais de Manutenção Autônoma

Por fim, no passo 3 da implementação, iremos acompanhar os indicadores das ações realizadas e do seu impacto, sendo também elaborado e executado o plano de atividades autônomas dos equipamentos definidos.

4.4.1 Levantamentos de informações dos indicadores

Nesta tarefa recolhem-se os dados e informações relevantes sobre os indicadores de desempenho dos equipamentos e processos. Esses indicadores ajudam a monitorar a eficiência e a eficácia das atividades de manutenção. Para um controlo melhor dos indicadores e para uma melhor leitura e organização dos mesmos, foi elaborado um *dashboard*, conforme Figura 34, onde são compilados e armazenados dados como as rotas das Manutenções Autônomas, o OEE e o registo de etiquetas.

Adicionalmente, encontra-se no APÊNDICE G – *Dashboard* gerencial Manutenção Autônoma as abas que alimentam o *dashboard*, contendo as bases de dados estruturadas com os registos de manutenção, indicadores de performance e eventos de operação, permitindo a rastreabilidade e análise detalhada de cada componente monitorizado.

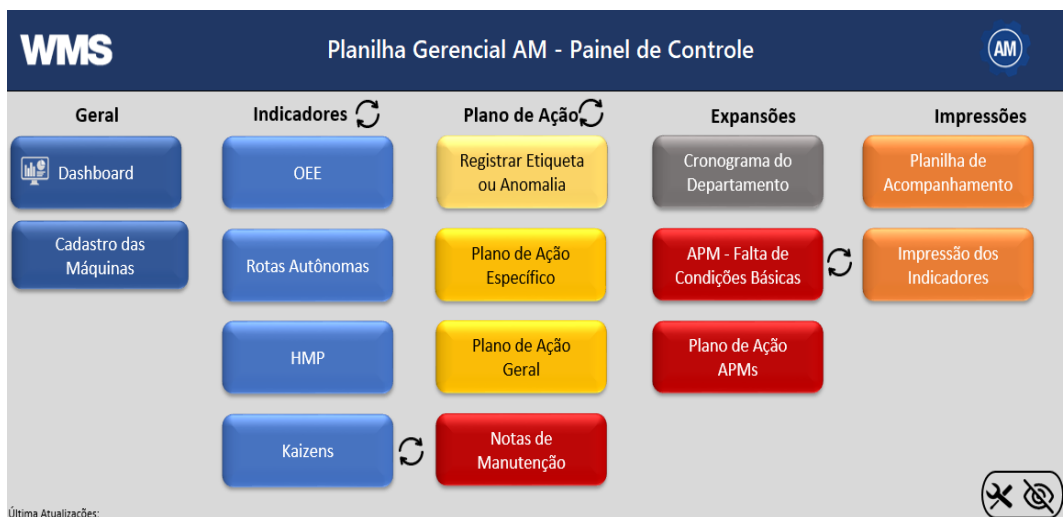


Figura 34 - Dashboard dos indicadores MA

4.4.2 Alimentação do quadro da Manutenção autônoma

Os dados recolhidos na etapa anterior (dados como eficiência e disponibilidade dos equipamentos) devem ser organizados e arquivados na documentação do quadro da manutenção autônoma, conforme visível na Figura 35. Com esta informação, todos os dados ficam centralizados em um único ponto de fácil acesso, permitindo um melhor acompanhamento das melhorias aplicadas.



Figura 35 - Quadro da Manutenção Autônoma

4.4.3 Elaboração e execução do Plano de Atividades Autônomas (PAA)

Este plano apresenta uma lista de atividades que devem ser executadas periodicamente com o objetivo de criar um padrão de limpeza, inspeção, lubrificação e gestão visual, de maneira a possibilitar a execução

das operações no menor tempo possível. Numa primeira fase foi elaborado o mapa de contaminações considerando um elevado número de pontos de atuação, porém, conforme visível na. Figura 36, com a evolução do projeto e o feedback dos colaboradores, esse número consideravelmente reduzido.

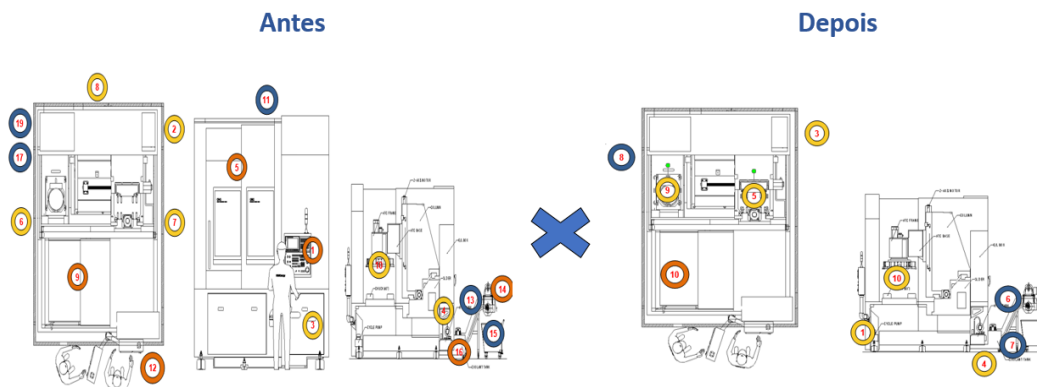


Figura 36 - Evolução do mapa de contaminações do Hwacheon

Na elaboração do PAA é muito importante definir e detalhar todos os locais do equipamento onde devem ser realizadas ações, adicionando informações como fotografias (para facilitar a visualização da localização), descrição da atividade e frequência de execução. Na Figura 37 é apresentado um detalhe do PAA do Hwacheon onde são visíveis as informações presentes.

PAA - Torno vertical Hwacheon - 10026048				WMS		JPE																
Ponto / CT:		Hwacheon		Centro de Trabalho:		10026048		Parâmetro:		200000		Departamento:		Produção B		Seção:		Mapeamento				
Nº	Tipo Ativ.	Local	Foto	Descrição da Atividade	Mét. Perda	Frequência	Quando	Tempo (s)	T	Responsável	Semanas											
											JAN - FEV - MAR - ABR - MAI - JUN - JUL - AGO - SET - OUT - NOV - DEZ				JAN - FEV - MAR - ABR - MAI - JUN - JUL - AGO - SET - OUT - NOV - DEZ				JAN - FEV - MAR - ABR - MAI - JUN - JUL - AGO - SET - OUT - NOV - DEZ			
1		Unidade Hidráulica		Verificar se a pressão dos manômetros está dentro do limite estabelecido.	Não	Diária	Início do turno	20	1ª													
2		Tanque de lubrificação		Verificar nível de óleo esta acima de meio	Não	2x por semana	Durante o turno	10	1ª													
3		Sistema Pneumático		Verificar se a pressão dos manômetros está dentro do limite estabelecido.	Não	Diária	Durante o turno	20	1ª													
4		Unidade hidráulica torreta		Verificar se a pressão dos manômetros está dentro do limite estabelecido.	Não	Diária	Durante o turno	10	1ª													
5		Tapete de extração de limalhas		Verificar acumulação de limalhas no tapete	Não	Diária	Durante o turno	20	1ª													
6		ATC		Remover resíduos e limpar ATC.	Sim	Semanal	Final do turno	300	1ª													
7		Depósito		Verificar a presença de lamas no depósito, caso tenha realizar limpeza.	Sim	Mensal	Durante o turno	720	1ª													
8		Tanque de refrigeração e calhas/filtros		Inspeccionar o estado de sujidade do filtro e necessidade de troca	Não	Semanal	Durante o turno	20	1ª													
9		Bucha		Aplicar massa de lubrificação na bucha	Sim	Semanal	Final do turno	300	1ª													
10		Interior da máquina e vidros		Remover limalha e resíduos dos vidros.	Sim	Semanal	Final do turno	600	1ª													
TIPO DE ATIVIDADES:											LEGENDA DO CALENDÁRIO:											
Limpeza Lubrificação Inspeção Ajustes e Reapertos											☐ Atividade planejada ☒ Atividade realizada ☐ Sem atividade ☐ Problema identificado											

Figura 37 - Detalhe do PAA do Hwacheon onde as tarefas estão definidas

Para que o sucesso da implementação do PAA seja possível é necessário garantir que todas as pessoas envolvidas conheçam bem todo o processo e estejam cientes de como devem realizar as operações. Devido a essa importância, foi realizada uma ação de formação a todos os colaboradores, onde foram

Figura 41

Plano de Atividades Autônomas - PAA

Equipamento: 106 - Injetora THT100t

Patrimônio:

Seção: Seção B

Departamento: Injeção de Alumínio

Item	Foco	Tipo Ativ.	Local	Foto	Atividade	Máq. Parada	Frequência	Quando	Tempo (s)	T	Responsável	Gestão Visual																								
												Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4			Semana 5												
												Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
1			Unidade Hidráulica		- Verificar o nível do óleo da unidade hidráulica	S	Semanal	Início do turno			1ª Ademir 2ª Éder 3ª Sandro																									

Local de realização da atividade.

Foto do componente que será realizada a atividade.

Descrição detalhada da atividade.

Caso não tenha a gestão visual no componente de uma inspeção, deve-se especificar o parâmetro aceitável do item inspecionado.

Exemplo:

- Verificar a pressão do manômetro.

Aceitável: entre 85 e 100 bar.

Figura 38 - Formação sobre implementação do PAA

Plano de Atividades Autônomas - PAA

Equipamento: I06 - Injetora THT100t				Patrimônio:				Seção: Seção 8				Departamento: Injeção de Alumínio																								
Item	Foco	Tipo Ativ	Local	Foto	Atividade	Máq. Parada	Frequência	Quando	Tempo (s)	T	Responsável	Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4					Semana 5				
1			Unidade Hidráulica		- Verificar o nível do óleo da unidade hidráulica	S	Semanal	Início do turno	10		1ª Ademir 2ª Éder 3ª Sandro																									

Define se a máquina deve estar parada ou pode ser feita a atividade durante o ciclo da peça.

S = Sim (deve estar parada)
N = Não (pode estar em funcionamento)

Frequência de execução da atividade.

Figura 39 - Formação sobre implementação do PAA

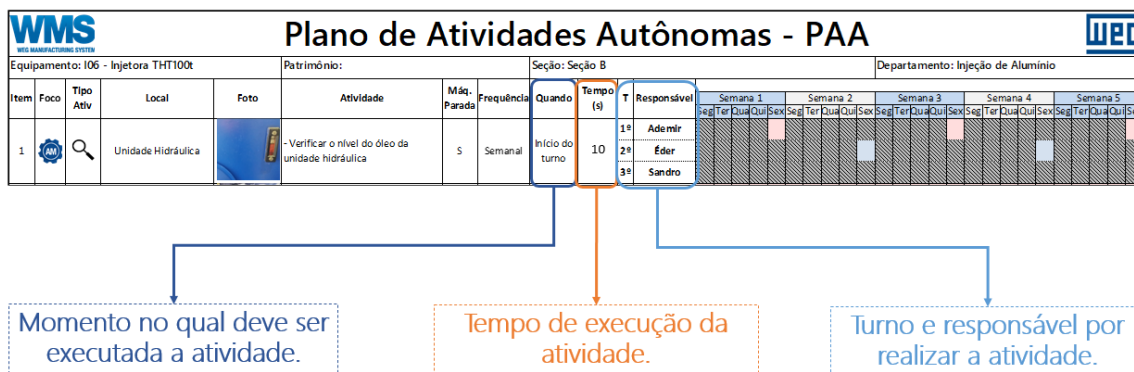


Figura 40 - Formação sobre implementação do PAA

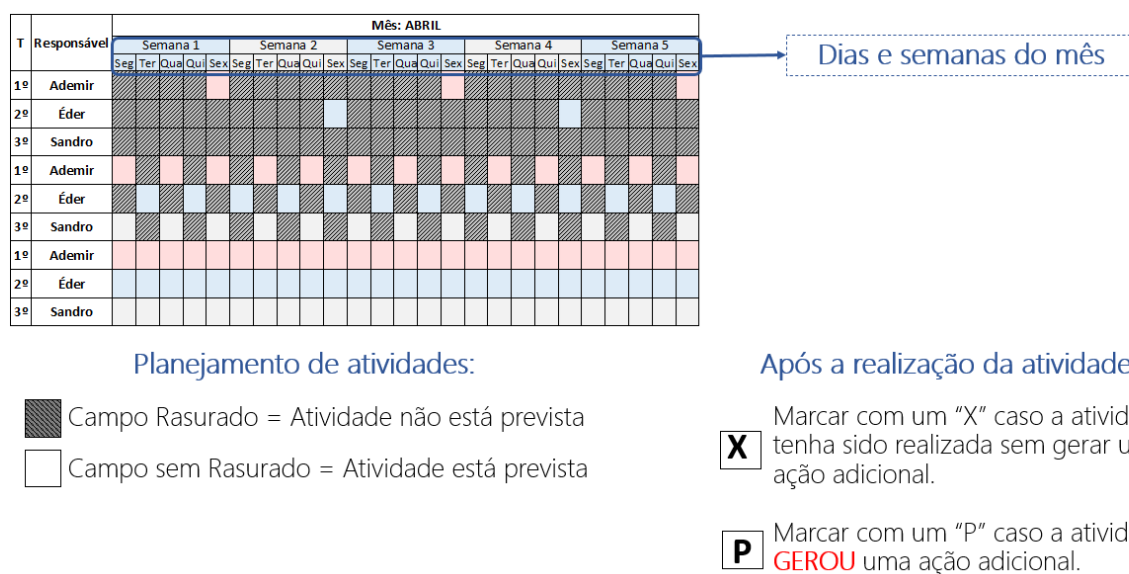


Figura 41 - Formação sobre implementação do PAA

No APÊNDICE H – Plano de atividades autônomas – Hwacheon e no APÊNDICE I – Plano de atividades autônomas – estão presentes os PAA detalhados dos equipamentos definidos.

Conforme referido, a execução do PAA deve ser considerada uma rotina e seguindo a frequência definida. Para um correto acompanhamento, utilizam-se formulários específicos, tanto para a etiquetas azuis (referentes a tarefas do colaborador do equipamento), apresentado na Figura 42..No ANEXO C – Formulários de acompanhamento do plano de atividades autônomas, podemos ver os formulários completos.

PLANO ATIVIDADES AUTÔNOMAS - PAA											
Planilha de acompanhamento das atividades do PAA - Etiquetas Azuis											
Mês	Patrimônio:			Seção:				CT:			
Dia	Assinatura Operador			Dia	Assinatura Operador			Dia	Em Andamento		
	1ºT	2ºT	OBS		1ºT	2ºT	OBS		1ºT	2ºT	OBS
1				14				27			3f- Semanal -1ºT - Limp.ATC.
2			3f- Semanal -1ºT - Limp.ATC.	15			3f- Semanal -1ºT - Limp.ATC.	28			4f- Semanal -1ºT Limp.Ext.Maç
3			4f- Semanal -1ºT Limp.Ext.Maç	16			4f- Semanal -1ºT Limp.Ext.Maç	29			6f- Semanal -2ºT - Limp.ATC
4			5f - Mensal - 2ºT- Limp.Caixaote.Filtr o	17			6f- Semanal -2ºT - Limp.ATC	30			
5			6f- Semanal -2ºT - Limp.ATC	18				31			
6				19				Assinatura Chefe Produção			
7				20							
8				21			3f- Semanal -1ºT - Limp.ATC.				

Figura 42 - Detalhe do formulário das etiquetas azuis do equipamento VTR

Com todas as etapas de implementação da Manutenção Autônoma realizadas, podemos considerar estarem reunidas as condições para avaliação dos resultados das melhorias, sendo as mesmas apresentadas no próximo capítulo.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a análise e implementação das propostas de melhoria apresentadas anteriormente, procedeu-se à contabilização dos resultados obtidos, sendo os mesmos apresentados neste capítulo. Os valores práticos e teóricos foram calculados com recurso às ferramentas já utilizadas ao longo do relatório, como a *Cost Deployment*, o *WSFM* e o *SAP*.

É importante salientar que os valores considerados na análise consideram dois períodos distintos, sendo que de início de janeiro de 2022 até final de abril de 2024 são apresentados os dados antes da implementação da Manutenção Autónoma e que de início de maio de 2024 até final de julho de 2024 são apresentados os dados após a implementação (apenas foi possível acompanhar os resultados das ações implementadas durante 3 meses devido à limitação de tempo de término do estágio curricular).

5.1 Aumento do índice de disponibilidade (ID)

O índice de disponibilidade de um equipamento (ID) é um dos indicadores que mostram melhor o impacto da implementação da Manutenção Autónoma, visto que se refere ao tempo total que o equipamento está disponível para trabalhar.

5.1.1 Índice de disponibilidade – Hwacheon

Na Figura 43 visível o histórico do ID do equipamento Hwacheon desde que foi implementado o WSFM para recolha de dados. Como o ano de 2021 foi considerado o ano de fase de testes, este será descartado da análise. A média de ID do equipamento nestas premissas é de 53%.

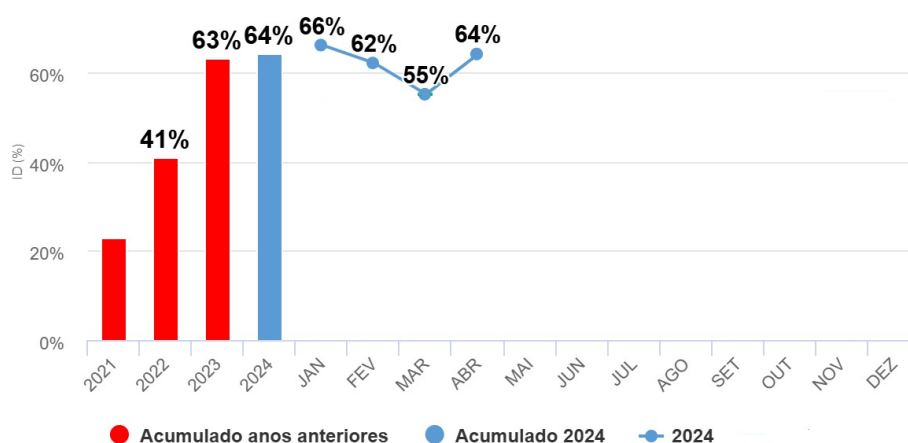


Figura 43 - Histórico do índice de disponibilidade antes da implementação da MA

Como maiores causas de paragem do equipamento temos a manutenção corretiva e o retrabalho, conforme apresentado na Tabela 11. Ações mais preventivas levariam a uma redução dessas paragens e um consequente aumento do ID. A falta de compromisso do colaborador também é evidente, visto que em 121,5 horas (correspondente a 4% do tempo total das paragens) este não colocou nenhuma justificação no WSFM.

Tabela 11 - Principais paragens que impactam no ID do equipamento – Antes da Implementação da MA

Evento	Duração (horas)	Percentagem (%)
Manutenção corretiva	637,07	20
Recuperação e retrabalho	232,51	7
Troca de turno/Limpeza	129,49	4
Parada não justificada	121,5	4

Abordando agora os dados recolhidos nos 3 meses após a implementação da Manutenção autónoma no Hwacheon, conforme Figura 44, notamos melhorias consideráveis, aumentando a média do ID de 53% para 64,33% (um aumento de 1% considerando apenas o ano de 2023).

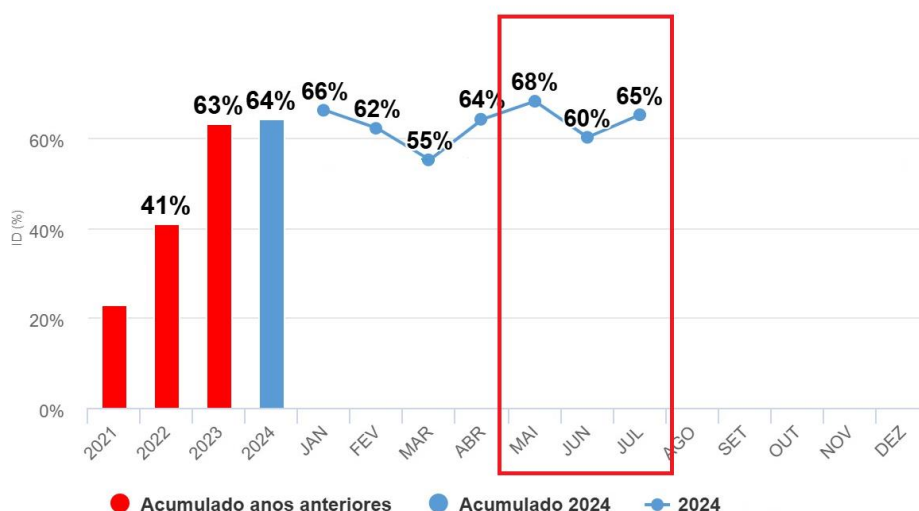


Figura 44 - Histórico do índice de disponibilidade após a implementação da MA

Após a implementação da Manutenção Autónoma, é possível observar que os tempos de paragem por manutenção corretiva e por parada não justificada praticamente desapareceram, então mesmo com um aumento de 15 horas para aplicação do PAA (correspondente a 5% do tempo total de máquina parada), o tempo de disponibilidade do equipamento aumentou.

Tabela 12 - Principais paragens que impactam no ID do equipamento – Após a Implementação da MA

Evento	Duração (horas)	Percentagem (%)
Recuperação e retrabalho	34,97	13
Atividades Manutenção Autônoma	15,21	5
Troca de turno/Limpeza	4,49	1,5
Manutenção corretiva	3,07	1
Parada não justificada	1,51	0,5

A meta prevista no início do projeto era de obter um ID de 56% no equipamento Hwacheon, sendo que obtivemos um valor de 64,33%, o que é bastante positivo.

5.1.2 Índice de disponibilidade – VTR

Na Figura 45 é visível o histórico do ID do equipamento VTR desde que foi implementado o WSFM para recolha de dados. Como o ano de 2021 foi considerado o ano de fase de testes, este será descartado da análise. A média de ID do equipamento nestas premissas é de 53%. É importante realçar que no mês de março o ID foi de 0% devido a uma avaria que não permitiu o equipamento de operar.

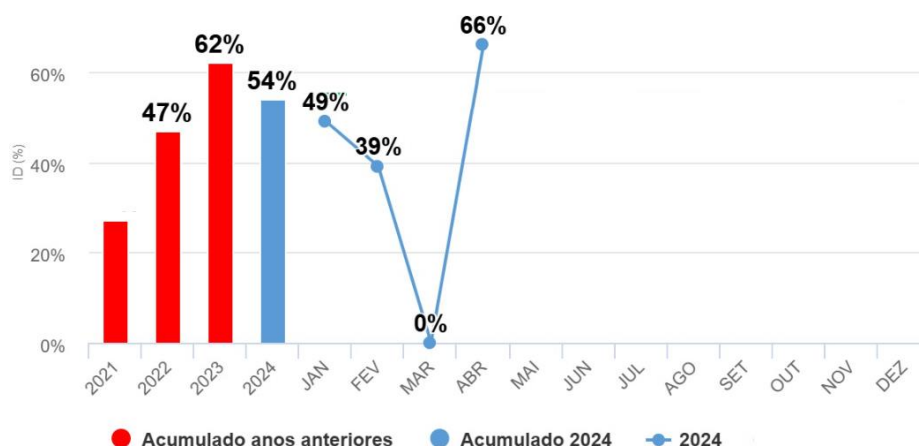


Figura 45 - Histórico do índice de disponibilidade antes da implementação da MA

À imagem do ocorrido no equipamento Hwacheon, no VTR temos como maiores causas de paragem a manutenção corretiva e o retrabalho, conforme apresentado na Tabela 13. Uma maior sensibilização e compromisso do colaborador levaria a uma redução dessas paragens e um consequente aumento do ID, visto que em 466,9 horas (correspondente a 16% do tempo total das paragens) este não colocou nenhuma justificação no WSFM.

Tabela 13 - Principais paragens que impactam no ID do equipamento – Antes da Implementação da MA

Evento	Duração (horas)	Percentagem (%)
Parada não justificada	466,90	16
Troca de turno/Limpeza	182,49	6,2
Recuperação e retrabalho	138,75	5
Manutenção corretiva	32,07	1,15

Abordando agora os dados recolhidos nos 3 meses após a implementação da Manutenção autónoma no VTR, conforme Figura 46, notamos ligeiras melhorias, aumentando a média do ID de 53% para 54,6% (porém com tendência de redução em relação ao ano de 2023).

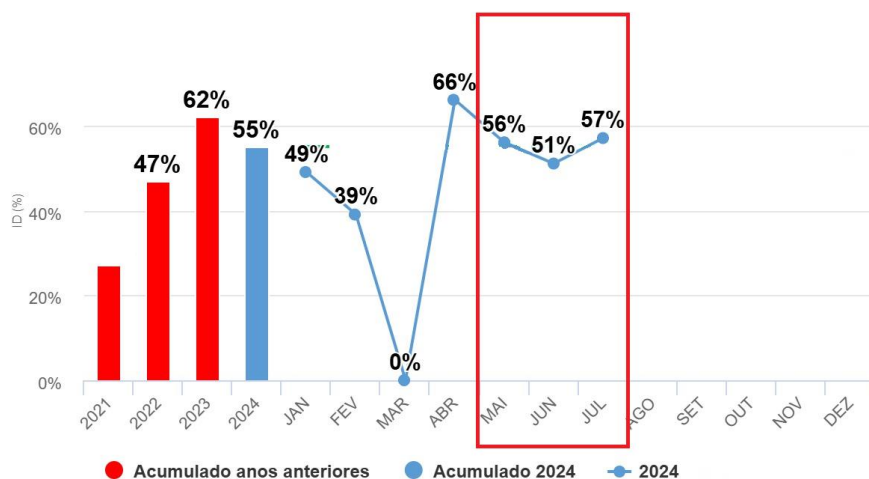


Figura 46 - Histórico do índice de disponibilidade após a implementação da MA

Após a implementação da Manutenção Autónoma, é possível observar que os tempos de parada não justificada por falta de apontamento praticamente desapareceram, então mesmo com um aumento de 14,64 horas para aplicação do PAA (correspondente a 3% do tempo total de máquina parada), o tempo de disponibilidade do equipamento aumentou.

Tabela 14 - Principais paragens que impactam no ID do equipamento – Após a Implementação da MA

Evento	Duração (horas)	Percentagem (%)
Recuperação e retrabalho	35,78	8
Manutenção corretiva	33,22	7,8
Atividades Manutenção Autónoma	14,64	3
Troca de turno/Limpeza	6,53	1,34
Parada não justificada	0,78	0,16

A meta prevista no início do projeto era de obter um ID de 56% no equipamento VTR, sendo que obtivemos um valor de 54,6%, que se traduz em um aumento de 1,6% em relação à média anterior, porém abaixo do objetivo proposto. A principal causa para o não atingimento da meta foi uma avaria por colisão de ferramenta, provocando um longo tempo de paragem do equipamento.

5.2 Aumento do índice de eficiência (IE)

O índice de eficiência de um equipamento (IE) é um indicador que mostra a eficiência das operações realizadas nos equipamentos, ou seja, mostra a relação entre o tempo real de operação e o tempo previsto para a executar. Apesar de não ser um indicador diretamente impactado pelas melhorias implementadas, é importante analisar os seus dados, visto que o melhor conhecimento do equipamento por parte do colaborador e um maior comprometimento levam a atividades realizadas com melhor qualidade e menor tempo.

5.2.1 Índice de eficiência – Hwacheon

Na Figura 47 é visível o histórico do IE do equipamento Hwacheon desde que foi implementado o WSFM para recolha de dados. Ao contrário do ID, estes dados não carecem de preenchimento manual do colaborador no WSFM, visto que é através de componentes de controlo do equipamento que se deteta a operação (como por exemplo, quando a máquina está em rotação o WSFM considera que está a operar). A média de IE do equipamento nestas premissas é de 88%. De salientar que o valor de 290% de março de 2024 é um valor fora de curva, sendo causado por uma má análise do cálculo do tempo previsto de operação de uma grande série de peças.

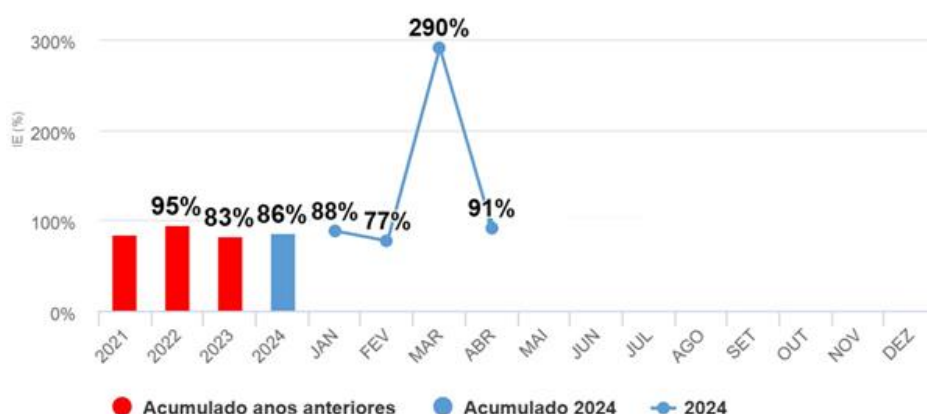


Figura 47 - Histórico do índice de eficiência antes da implementação da MA

Após a implementação da Manutenção Autônoma, é possível observar que a eficiência do equipamento não sofre grandes alterações, mostrando que a estabilidade básica do processo neste equipamento já está conseguida.

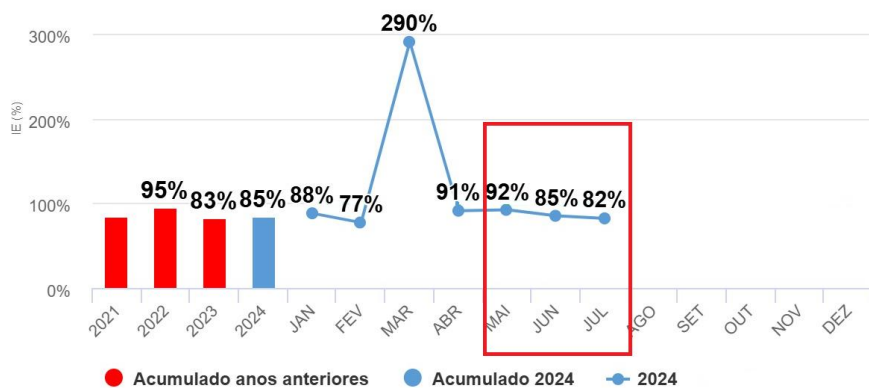


Figura 48 - Histórico do índice de eficiência após a implementação da MA

A meta prevista no início do projeto era de obter um IE de 90% no equipamento Hwacheon, sendo que foi obtido um valor de 86,3%, inferior ao objetivo. Ficou claro que o maior fator de impacto nos valores apresentados é a variabilidade de peças a realizar, dificultando a equipa de analistas na atribuição de tempos de execução. Apesar de ter ficado abaixo da meta, o valor atingido é bastante positivo.

5.2.2 Índice de eficiência - VTR

Em relação ao índice de eficiência do VTR, conforme apresentado na Figura 49, a média até ao início da implementação da Manutenção Autônoma no equipamento é de 72%, um valor bastante inferior ao apresentado pelo Hwacheon, permitindo assim uma maior probabilidade de sucesso com as melhorias aplicadas. O valor do mês de março é de 0% devido a uma avaria que impossibilitou o equipamento de trabalhar.

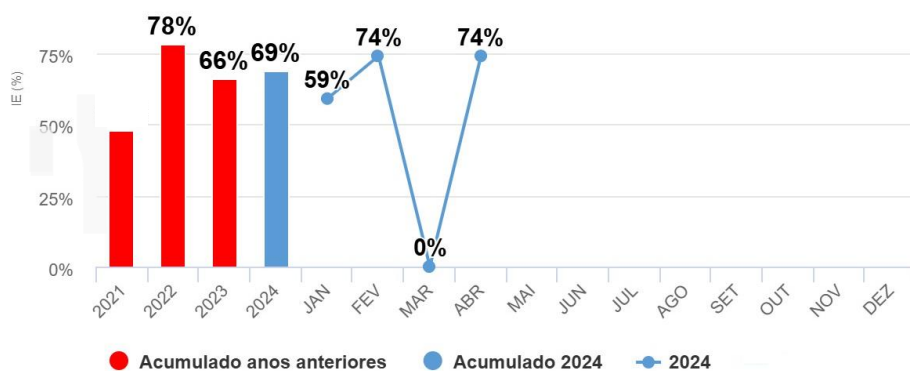


Figura 49 - Histórico do índice de eficiência antes da implementação da MA

Ao contrário do ocorrido no Hwacheon, após a implementação da Manutenção Autônoma, o índice de eficiência do VTR apresentou melhorias significativas, apesar de ainda apresentar alguma instabilidade nos valores apresentados, necessitando de uma maior atenção ao longo dos próximos meses.

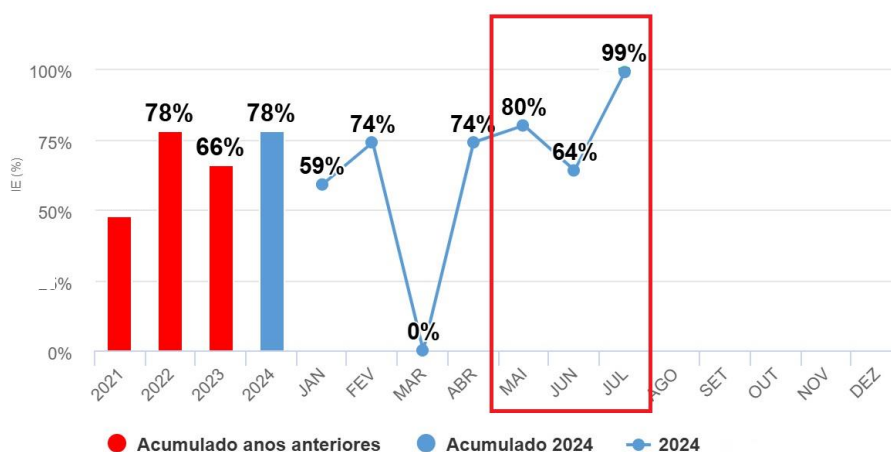


Figura 50 - Histórico do índice de eficiência após a implementação da MA

A meta prevista no início do projeto era de obter um IE de 75% no equipamento VTR, sendo que foi obtido um valor de 81%, bastante superior ao objetivo, porém ainda com uma possibilidade de melhoria, visto que um IE ideal rondaria os 90%.

5.3 Paragem dos equipamentos - Avarias

Os principais fatores para a definição dos equipamentos críticos foram o número de horas de máquina parada por avaria e o número de avarias, conforme apresentado no subcapítulo 4.1.3, onde se salientaram os equipamentos Hwacheon e o VTR. O método definido para analisar o impacto dessas paragens foi o peso financeiro para a empresa, considerando o custo de produção e o custo de manutenção. Foi comparado esse peso em dois períodos de análise distintos, de janeiro de 2022 até abril de 2024 como período pré-implementação da Manutenção Autônoma e de maio de 2024 até julho de 2024 como período pós-implementação.

5.3.1 Paragem do equipamento Hwacheon - Avarias

Para melhor se compreender o impacto da paragem dos equipamentos por avarias, foi realizado o levantamento, das peças fabricadas e o seu valor de produção, visível na Tabela 15, onde a soma do valor atinge os 2.024.149,82 €.

Tabela 15 - Produção realizada no Hwacheon – Pré-Implementação MA

Gama de peças produzidas	Total de peças	Valor
Tampas	1505	1 260 526.09 €
Bases	804	535 065.74 €
Anéis	289	128 217.10 €
Suporte	56	39 809.15 €
Cintas	47	28 522.21 €
Ventilador	42	32 009.54 €

Considerando que, no período, o equipamento teve 637,07 horas parado por avaria e as manutenções corretivas apresentaram um custo de 46.482,00 €, podemos concluir, conforme gráfico da Figura 51, que 10% do valor que o equipamento agrega à empresa foi perda.

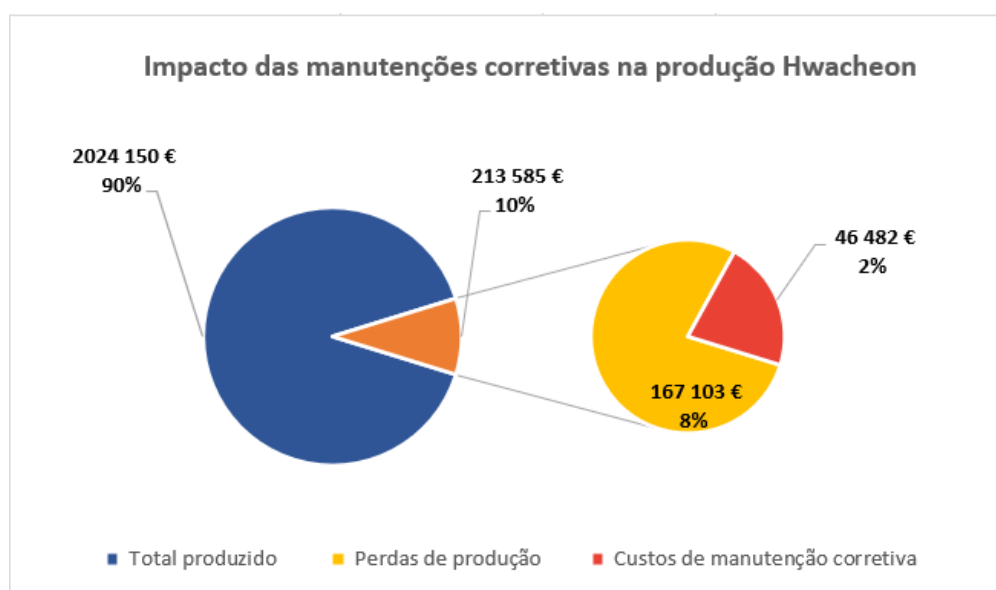


Figura 51 - Impacto das manutenções corretivas na produção no período pré-implementação MA – Hwacheon

Aplicando o mesmo critério, porém alterando o período de análise para o pós-implementação da Manutenção Autônoma, na Tabela 16 podemos ver o número de peças realizados e o seu valor correspondente.

Tabela 16 - Produção realizada no Hwacheon – Pós-Implementação MA

Gama de peças produzidas	Total de peças	Valor
Tampas	213	178 529.45 €
Bases	114	75 781.84 €
Anéis	41	18 159.50 €
Suporte	8	5 638.21 €
Cintas	7	4 039.63 €
Ventilador	6	4 533.54 €

Como obtivemos uma redução considerável do número de horas de máquina parada por avaria, para apenas 3,07 horas com um custo de manutenção baixo, reduzimos o impacto das avarias neste

equipamento de 8% para 0,41%. A meta proposta era de reduzir 20% o impacto, sendo que foi reduzido cerca de 95% do mesmo.

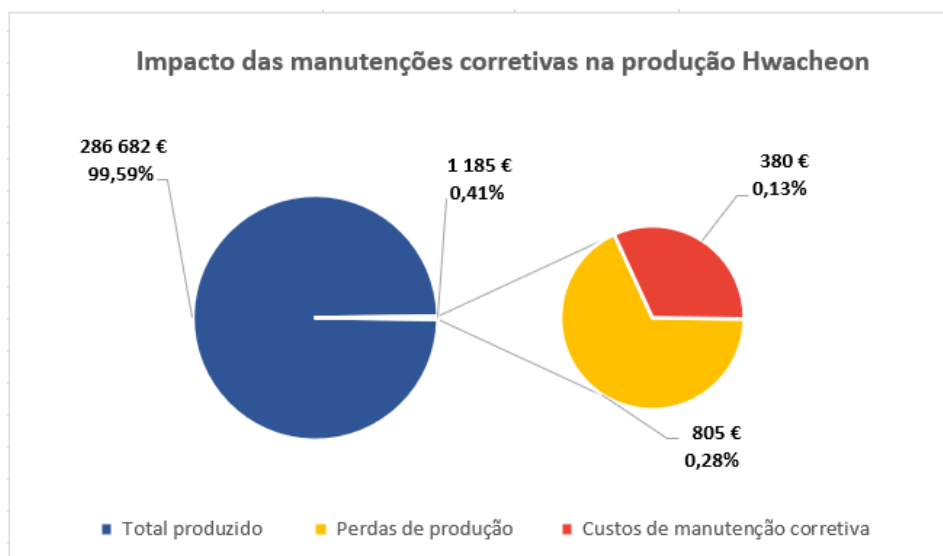


Figura 52 - Impacto das manutenções corretivas na produção no período pós-implementação MA – Hwacheon

5.3.2 Paragem do equipamento VTR - Avarias

Em relação ao VTR, o impacto da paragem dos equipamentos por avarias está apresentado na Tabela 17, onde o total do valor produtivo está nos 1.503.933,45 €. Em relação ao Hwacheon, o número de peças fabricadas no VTR é inferior devido à sua tipologia, onde as peças são de maiores dimensões e complexidade.

Tabela 17 - Produção realizada no VTR – Pré-Implementação MA

Gama de peças produzidas	Total de peças	Valor
Tampas	771	1 336 382.33 €
Anéis	63	48 214.81 €
Bases	49	37 109.42 €
Ferramentas	26	49 787.77 €
Cintas	21	24 697.77 €
Suportes	14	7 741.36 €

Conforme referido no capítulo 4 o equipamento VTR não apresentava um elevado número de horas de máquina parada por avaria, mas sim um elevado número de paragens. No gráfico da Figura 53 podemos observar que apenas 0,87% do valor que o equipamento agrega à empresa foi perda.

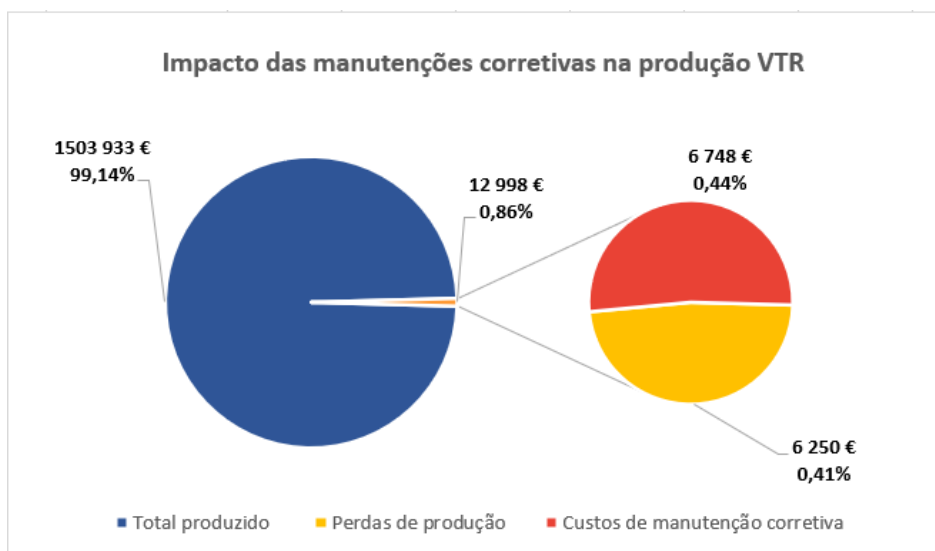


Figura 53 - Impacto das manutenções corretivas na produção no período pré-implementação MA – VTR

Devido a uma avaria por colisão, o número de horas de máquina parada foi elevado considerando o pequeno período de acompanhamento, provocando um impacto de 3,73% no valor agregado. Assim sendo, tivemos um aumento, não conseguindo atingir a meta de redução de 20%.

Tabela 18 - Produção realizada no VTR – Pós-Implementação MA

Gama de peças produzidas	Total de peças	Valor
Tampas	110	189 273.03 €
Anéis	9	6 828.71 €
Bases	7	5 255.84 €
Ferramentas	4	7 051.49 €
Cintas	3	3 497.97 €
Suportes	2	1 096.42 €

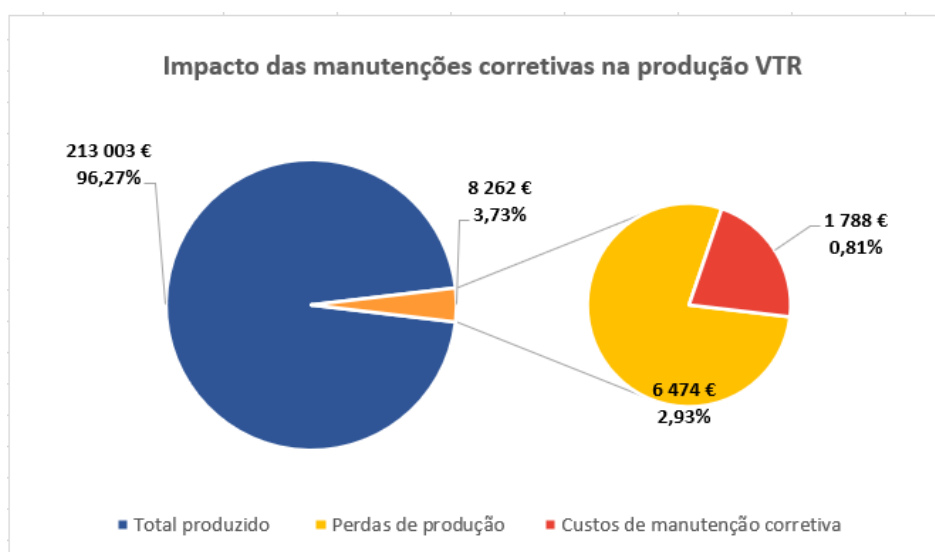


Figura 54 - Impacto das manutenções corretivas na produção no período pós-implementação MA – VTR

6 CONCLUSÃO

6.1 Considerações finais

O presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento e implementação de um modelo de Manutenção Preventiva Autônoma (MA) em dois equipamentos críticos da secção de Maquinagem da WEG Portugal, visando o aumento da sua disponibilidade e eficiência e a redução do impacto das horas de máquina parada nos custos da Produção, utilizando como fundamento a filosofia da Manutenção Produtiva Total (TPM).

A abordagem foi conduzida de forma estruturada, baseada em fundamentos teóricos, metodologias reconhecidas e ferramentas de apoio como o **5S**, gestão visual, análise ABC e indicadores de performance (OEE, HMP, MTBF). Para tal, foi realizada uma análise detalhada dos equipamentos, com foco na sua criticidade, impacto operacional e custo de manutenção. Devido ao tempo limitado para execução deste projeto, foram selecionados apenas dois equipamentos como casos modelo para aplicação desta metodologia, sendo eles o torno vertical Hwacheon e o centro de maquinagem Doosan VTR.

A definição dos equipamentos baseou-se em critérios técnicos como custos de manutenção, criticidade e histórico de manutenções. A aplicação das etapas da Manutenção Autônoma, ainda que limitada por fatores operacionais como a impossibilidade de paragens programadas completas, permitiu evidenciar ganhos relevantes, especialmente no equipamento Hwacheon.

Com a implementação da Manutenção Autônoma, observou-se:

- Um aumento do ID no Hwacheon de 53% para 64,3%, superando a meta proposta de 56%;
- Redução de 95% nas perdas de valor produtivo por avarias no mesmo equipamento;
- Melhoria de 9% no Índice de eficiência do VTR, atingindo 81% (superior à meta de 75%).

Ainda que o VTR tenha apresentado uma avaria relevante no período de análise que impactou negativamente os resultados, a tendência geral de melhoria reforça o valor da MA como instrumento de fiabilidade e eficiência operacional.

Além dos indicadores técnicos, observou-se também uma mudança gradual na cultura organizacional, com maior envolvimento e responsabilização dos colaboradores, elementos fundamentais para a sustentabilidade do modelo adotado. A utilização de ferramentas como o WSFM, o dashboard de indicadores, os mapas de fontes de contaminação e os Planos de Atividades Autônomas revelou-se essencial para o acompanhamento e continuidade das melhorias implementadas.

6.2 Trabalhos futuros

Dado os bons resultados obtidos nos dois equipamentos modelo, mesmo que apenas acompanhados e avaliados durante um pequeno período, é recomendada a continuação da implementação da Manutenção Autônoma, visto ainda permanecerem em aberto várias oportunidades de melhoria e desenvolvimento. Assim sendo, apresentam-se em seguida as principais recomendações:

Expansão da metodologia para restantes equipamentos da secção:

A metodologia de Manutenção Autônoma desenvolvida neste estudo deverá ser, progressivamente, estendida aos outros equipamentos da secção de maquinagem, sobretudo àqueles que apresentam elevado número de paragens não programadas, custos de manutenção significativos ou impacto direto na produtividade e qualidade final dos produtos. A análise preliminar realizada ao longo deste trabalho permitiu já identificar diversos equipamentos com perfis operacionais semelhantes aos dos casos-modelo, demonstrando assim o elevado potencial de replicabilidade da abordagem adotada.

A expansão da metodologia requer, contudo, uma adaptação personalizada a cada equipamento, tendo em conta suas particularidades técnicas, criticidade operacional e histórico de falhas. Este processo deve ser conduzido em estreita colaboração com os operadores e equipas de manutenção, garantindo que o conhecimento adquirido na implementação inicial seja capitalizado e que os planos de atividades autónomas evoluam com base em dados reais e aprendizagem contínua.

Estudos Longitudinais de Sustentabilidade do Modelo:

A realização de avaliações longitudinais, com monitorização dos indicadores de desempenho ao longo de períodos mais extensos (superiores a seis meses), será essencial para validar a sustentabilidade dos ganhos alcançados com a implementação da manutenção autónoma. Este tipo de estudo permitirá analisar a consistência dos resultados face às flutuações naturais da produção, à rotatividade de colaboradores e às variações na tipologia de peças fabricadas.

Além disso, tais avaliações possibilitarão identificar possíveis pontos de regressão no cumprimento das rotinas de manutenção, desvios nos padrões definidos e eventuais necessidades de reconfiguração dos planos de atividades autónomas. A observação contínua dos dados permitirá ainda aferir o grau de maturidade da cultura de melhoria contínua entre as equipas operacionais, fator determinante para o êxito prolongado da metodologia.

Automatização dos Registos e Alertas de Manutenção:

A automatização dos registos e alertas de manutenção, através da utilização de sensores *IoT (Internet of Things)* e algoritmos de *machine learning*, apresenta um elevado potencial para a evolução dos sistemas de monitorização na WEG Portugal. A integração destas tecnologias ao WSFM e ao SAP permitiria a recolha contínua de dados operacionais dos equipamentos, possibilitando uma análise preditiva mais precisa e a emissão de alertas em tempo real, antecipando falhas com maior fiabilidade.

Na unidade de Santo Tirso I, esse tipo de monitorização já está parcialmente implementado através do sistema MotorScan, que permite acompanhar o estado de motores elétricos de forma remota e contínua. A expansão desta abordagem para a fábrica de Santo Tirso II seria extremamente vantajosa, tendo em conta que os equipamentos desta unidade operam com tolerâncias dimensionais muito mais restritas e lidam com peças de elevado valor agregado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Association Française de Normalisation (AFNOR). (2016). *NF X60-000: Maintenance industrielle – Fonction maintenance*. AFNOR.
- Ben-Daya, M., Duffuaa, S. O., Raouf, A., Knezevic, J., & Ait-Kadi, D. (2009). *Handbook of maintenance management and engineering*. Springer.
- Busso, C. M., & Miyake, D. I. (2013). An analysis of the application of indicators alternative to overall equipment effectiveness (OEE) in the management of a plant's overall performance. *Producao*, 23(2), 205–225. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132012005000068>
- Cabral, J. S. (2006). *Organização e gestão da manutenção: dos conceitos à prática*.
- Cagliume, M., Pilatti, L. A., & Kovaleski, J. L. (2008). Avaliação da maturidade da gestão da manutenção em empresas industriais. *Revista Produção Online*, 8(2), 120–146.
- Corrales, J., Lambán, M. P., Hernandez Korner, M., & Royo, J. (2020). Performance measurement systems in maintenance: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 225–239. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.11.004>
- Faina, L. A. M. (2014). *Capítulo 08 – Tolerância a Falhas*.
- Ferreira, F. A. (2015). *Indicadores de manutenção: Monitoramento e análise para melhoria contínua*. Editora XYZ.
- Higgins, L. R. (2001). *Maintenance Engineering Handbook* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill.
- Institute Kaizen. (2006). *What is 5S*.
- Kardec, A., Lafraia, J. R., Esmeraldo, J., & Nascif, J. (2018). *Gestão de Ativos*. Qualitymark.
- Liker, J. K. (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill Professional.
- Mapokgole, J., & Mbohwa, C. (2013). The Art of Managing Production Disruptions in Pump Industry through Visual Management. *The International Federation of Automatic Control*.
- Miyake, D. I., & Busso, C. A. (2013). Lean manufacturing: Uma abordagem enxuta da produção. *Revista Produção Online*, 13(3), 875–902.
- Mobley, R. K. (2002). *Maintenance Fundamentals* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Mobley, R. K. (2004). *Maintenance fundamentals* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Monchy, H. F. (1989). *A função manutenção*. Publicações Dom Quixote.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.

- Nakajima, S. (1988a). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Nakajima, S. (1988b). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- NP EN 13306:2017 - *Manutenção - Terminologia*. (2017). Associação Portuguesa de Normalização.
- Olivar, C. A. (2006). *TPM - Manutenção Produtiva Total: Um guia prático para a implantação*. Editora IMAM.
- Paes, S. de C., Corrêa, B. S., da Silva, R. C., & de Vilhena, M. B. (2019). Using the ABC curve as a tool for inventory management in a bakery and confectionery company. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, 5(17), 17–22. <https://doi.org/10.5935/2447-0228.20190002>
- Pinto, G., Silva, R., & Martins, L. (2020). Manutenção industrial 4.0: Tendências e desafios em ambientes produtivos inteligentes. *Revista Brasileira de Engenharia de Produção*, 10(1), 45–58.
- Pinto, J. P. (2013). *Manutenção Lean*. Lidel – Edições Técnicas.
- Pinto, L. F. R. (2003). *Sistema de gestão visual aplicada ao TPM: Uma abordagem prática*. Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).
- Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill Adrian. (2022). *Research methods for business students*.
- Shannon, J., Smith, E., & Garcia, M. (2023). *Advanced Maintenance Strategies and Industrial Performance Metrics*. Industrial Engineering Press.
- Silva, A. C. da. (2013). *Gestão da manutenção industrial*. Editora Ciência Moderna.
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51, 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.080>
- Souza, R. (2011). *Gestão da manutenção: Uma abordagem prática*. Atlas.
- Tjell, J., & Bosch-Sijtsema, P. M. (2015). Visual Management in Mid-Sized Construction Design Projects. *Proceedings of the Nordic Conference on Construction Economics and Organization*.
- Trombeta, A. (2016). *A quarta geração da manutenção*. <https://www.linkedin.com/pulse/quarta-gera%C3%A7%C3%A3o-da-manuten%C3%A7%C3%A3o-me-alessandro-trombeta-mba/>
- Tykocki, J., & Jordan, A. (2014). Pareto - ABC analysis of high voltage single core cable. *Przegląd Elektrotechniczny*, 90(10), 172–178. <https://doi.org/10.12915/pe.2014.10.44>
- WEG S.A. (2024a). *História da WEG*. https://www.weg.net/institutional/PT/pt_PT/history
- WEG S.A. (2024b). *WEG em Números*. <https://www.weg.net/institutional/BR/pt/weg-in-numbers>
- WEG S.A. (2025a). *Linha do Tempo - História da WEG*. https://www.weg.net/institutional/EH/pt_PT/history/timeline

- WEG S.A. (2025b). *Motores Elétricos* / WEG - Produtos.
https://www.weg.net/catalog/weg/PT/pt/Motores-El%C3%A9tricos/c/EU_MT
- WEG S.A. (2025c). *Serviços* / WEG - Produtos.
https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Servi%C3%A7os/c/BR_SERVICE
- Wireman, T. (2004). *Total Productive Maintenance* (2nd ed.). Industrial Press.
- Xenos, S. (2014). *Systems Reliability Engineering*. Springer.

APÊNDICES/ANEXOS

APÊNDICE A – Definição criticidade dos equipamentos – Secção Maquinagem

APÊNDICE B – Eventos WSFM – Análise

APÊNDICE C – Cronograma de implementação Manutenção Autónoma

APÊNDICE D – Plano de ação de implementação Manutenção Autónoma

APÊNDICE E - Evidencias e auditoria inicial, metodologia 5S, Hwacheon

APÊNDICE F – Evidencias e auditoria inicial, metodologia 5S, VTR

APÊNDICE H – Plano de atividades autónomas – Hwacheon

APÊNDICE I – Plano de atividades autónomas – VTR

ANEXO A – Layout secção – Maquinagem Pesada

ANEXO B – Layout secção – Maquinagem Leve

ANEXO C – Formulários de acompanhamento do plano de atividades autónomas

APÊNDICE A – DEFINIÇÃO CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS – SECÇÃO MAQUINAGEM

Tabela 19 - Base utilizada para calculo de criticidade de equipamentos – Produção e Qualidade

AREA	CRITÉRIO	PARÂMETRO	PONTUAÇÃO		
Produção	A. Quantos turnos de trabalho essa máquina é utilizada	• 3 Turnos ou mais = 3 • 2 Turnos = 2 • 1 Turno = 1			
	B. Existe alguma alternativa para está máquina que pode ser utilizada em caso de parada? NOTA: baseado no TMR do equipamento	• Não = 7 • Sim (com recursos externos ou outros departamentos) = 3 • Sim (com recursos internos no depto) =1			
	C. Que consequências a quebra dessa máquina terá no processo da seção	• Para totalmente o processo = 7 • Para parcialmente o processo = 3 • Quase não afeta o processo = 1			
Qualidade	O equipamento faz alguma operação com tolerância crítica (cota crítica)?	• Sim = 3 • Não/Não Aplicável= 1			
	A falta de manutenção preventiva no equipamento pode impactar na qualidade do produto?	• Sim, com defeito em campo = 5 • Sim, com geração de refugo/retrabalho = 3 • Não = 1			

Tabela 20 - Base utilizada para calculo de criticidade de equipamentos – Manutenção

AREA	CRITÉRIO	PARÂMETRO	PONTUAÇÃO		
Manutenção	A. Qual o custo anual de manutenção corretiva dessa máquina em relação ao custo de aquisição da mesma?	• > 5% do valor de aquisição=5 • De 5% a 1.5% do valor de aquisição=3 • < 1.5% do valor de aquisição=1			
	B. Qual a representatividade do tempo de máquina parada em corretiva dessa máquina em relação ao valor médio do departamento produtivo?	• > média=5 • De 50% a 100% da média=3 • < 50% da média=1			
	C. Qual a representatividade do Tempo Médio Entre Falhas dessa máquina em relação ao valor médio do departamento produtivo?	• < 50% média=5 • De 50% a 100% da média=3 • > média=1			
	D. Qual o valor de aquisição do equipamento?	• >€ 1.000.000,00=5 • € 100.000,00 a € 1.000.000,00 = 3 • <€ 100.000,00 = 1			

Tabela 21 - Definição de criticidade de equipamentos

Pontuação		Criticidade A	Criticidade B	Criticidade C
Produção + Qualidade + Manutenção ≥ 36 pontos		X		
Produção + Qualidade + Manutenção ≥ 19 pontos Validação do Gerente	Se recurso critico	X		
	Para demais equipamentos		X	
Produção + Qualidade + Manutenção < 36 pontos e ≥ 19 pontos			X	
Produção + Qualidade + Manutenção < 19 pontos				X

Tabela 22 - Valor de criticidade por equipamento - Secção Maquinagem

Centr o locali z.	Centro custo	Sector	Equipamento	Centro de trabalho	Nº Imobilizado	Denominação	Ano Aquisição	Idade Equip	A				A		A				Produção + Qualidade	Total	Total Final	Criticidade (Parâmetros)	Criticidade Pré- definida (Norma Brasil)	Criticidade 2024	Manut. Preventiva / Manut. Externa
									B	C			B		B		B								
▼	▼		▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼		
4102	14844125	Maquinagem Leve - STI2	10104035	1001506	2703	Centro Maquinagem CNC Doosan Mynx 7500	2016	8	3	3	3	3	5	5	1	5	3	17	31	31	B		A	Manut. Preventiva	
4102	14844125	Maquinagem Leve - STI2	10104036	1001507	2704	Centro Maquinagem CNC Doosan VM1260	2016	8	3	3	3	3	5	5	5	5	5	17	37	37	A		A	Manut. Preventiva	
4102	14844127	Maquinagem Pesada - STI2	10151796			Torno CNC Vertical Carcaças VTL 45 C 3.500 - IU1	2022	2	2	3	7	3	5	3	1	3	5	20	32	27	B		A	Manut. Preventiva	
4102	14844127	Maquinagem Pesada - STI2	10095155	1001502	2473	Torno vertical HWACHEON	2014	10	3	3	7	3	5	5	5	3	5	21	39	39	A		A	Manut. Preventiva	
4102	14844125	Maquinagem Leve - STI2	10153004	10026061		Furadora Radial - IU6.1(Furadora RADIAL Knuth)	2023	1	2	3	3	3	3	1	1	1	3	14	20	15	C	C	B	Manut. Preventiva	
4102	14844127	Maquinagem Pesada - STI2	10113729	1001515	4289	Centro de Maquinagem Doosan VTR	2017	7	3	3	7	3	5	3	1	1	5	21	31	31	B		B	Manut. Preventiva	
4102	14844127	Maquinagem Pesada - STI2	10154832			Centro de Maquinagem Horizontal CNC - IU4 HM1000	2023	1	2	3	3	3	3	1	3	3	5	14	26	21	B		B	Manut. Preventiva	
4102	14844127	Maquinagem Pesada - STI2	10113728		3864	Centro de Maquinagem SORALUCE Carneiro	2017	7	2	7	3	3	5	1	1	1	5	20	28	28	B		B	Manut. Preventiva	
4102	14844127	Maquinagem Pesada - STI2	10095158	1001505	1318	Mandriladora DOOSAN DB 130CX	2008	16	2	7	3	3	5	5	5	1	3	20	34	34	B		B	Manut. Preventiva	
4102	14844125	Maquinagem Leve - STI2	10121673	10010501	5731	Torno Heynumat 15 U / 2200	2018	6	2	3	3	3	5	5	1	1	1	16	24	24	B		B	Manut. Preventiva	
4102	14844127	Maquinagem Pesada - STI2	10095156	1001501	1536	Torno vertical CNC DANOBAT VTC-2500	2010	14	3	7	3	3	5	5	1	1	3	21	31	31	B		B	Manut. Preventiva	
4102	14844125	Maquinagem Leve - STI2	10160644	10026060		Torno Convencional SINUS	2023															B	Manut. Preventiva		

APÊNDICE B – EVENTOS WSFM – ANÁLISE ABC

Tabela 23 - Níveis A B C análise de dados

Classe	%
A	80%
B	90%
C	100%

Tabela 24 - Classificação de eventos WSFM - Secção da Maquinagem

	Evento WSFM	Duração	% Relativa	% Acumulada	Classe
Secção da Maquinagem	PREPARAÇÃO	1390.356	22.087%	22.087%	A
	RECUPERAÇÃO E RETRABALHO	1044.854	16.598%	38.685%	A
	PARADA NÃO JUSTIFICADA	736.543	11.700%	50.385%	A
	FALTA DE FUNCIONARIO	483.072	7.674%	58.059%	A
	CARGA E DESGARGA DE MATERIAIS	218.845	3.476%	61.535%	A
	ACABAMENTO PEÇAS	207.047	3.289%	64.824%	A
	TROCA DE TURNO / LIMPEZA	189.746	3.014%	67.838%	A
	AGUARDANDO CHEFE/PREPARADOR/ENGENHARIA	170.890	2.715%	70.553%	A
	DESLIGAMENTO LOCAL	170.156	2.703%	73.256%	A
	MANUTENÇÃO CORRETIVA	156.760	2.490%	75.746%	A
	DIÁLOGO DIARIO DE SEGURANÇA (DDS)	143.819	2.285%	78.031%	A
	CRIACAO/AJUSTE PROGRAMA CNC	139.611	2.218%	80.249%	B
	AUXÍLIO A OUTRA MÁQUINA	114.914	1.825%	82.074%	B
	LIMPEZA DO POSTO DE TRABALHO	101.986	1.620%	83.694%	B
	AGUARDANDO MANUTENÇÃO	98.323	1.562%	85.256%	B
	REUNIÃO/TREINAMENTO	87.256	1.386%	86.642%	B
	INSPECIONAR/MEDIR AMOSTRA	84.730	1.346%	87.988%	B
	FALTA DE FERRAMENTA(S)	79.269	1.259%	89.248%	B
	FALTA DE PROGRAMA CNC	64.253	1.021%	90.268%	C
	TROCA DE FERRAMENTAS (FIM VIDA UTIL)	60.960	0.968%	91.237%	C
	QUEBRA/TROCA DE FERRAMENTA(S)	60.719	0.965%	92.201%	C
	ÁGUA/BANHEIRO	59.453	0.944%	93.146%	C
	AQUECIMENTO DA MÁQUINA	54.966	0.873%	94.019%	C
	APONTANDO	47.414	0.753%	94.772%	C
	TIRAR ZERAMENTO	46.927	0.745%	95.517%	C
	AGUARDANDO PONTE ROLANTE	39.196	0.623%	96.140%	C
	REUNIÃO	28.810	0.458%	96.598%	C

Tabela 25 - Continuação - Classificação de eventos WSFM - Secção da Maquinagem

	Evento WSFM	Duração	% Relativa	% Acumulada	Classe
Secção da Maquinagem	AGUARDANDO OPERAÇÕES ANTERIORES	25.059	0.398%	96.996%	C
	FALTA INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	22.371	0.355%	97.351%	C
	MANUTENÇÃO UTILIDADES	21.004	0.334%	97.685%	C
	REDE CNC OU DATALAN INDISPONÍVEIS	16.301	0.259%	97.944%	C
	AGUARDANDO PRÓXIMAS OPERAÇÕES	14.841	0.236%	98.180%	C
	AGUARDANDO CONTROLE DE QUALIDADE	14.180	0.225%	98.405%	C
	FALTA OU ERRO NA DOCUMENTAÇÃO	11.529	0.183%	98.588%	C
	TESTE/MELHORIA DE PROCESSO/EQUIPAMENTO	11.346	0.180%	98.768%	C
	FALTA FERRAMENTA POR QUEBRA	10.168	0.162%	98.930%	C
	FALTA TALHA/PONTE ROLANTE	9.974	0.158%	99.088%	C
	PROBLEMA COM CENTRAL DE FLUIDO DE CORTE	9.457	0.150%	99.238%	C
	REGULAGEM/AJUSTE DURANTE PROCESSO	8.676	0.138%	99.376%	C
	CHECK LIST ROTINA	8.546	0.136%	99.512%	C
	PREENCHIMENTO DE DOCUMENTOS	5.621	0.089%	99.601%	C
	AMBULATÓRIO	5.187	0.082%	99.684%	C
	TROCA/FALTA DE FELTRO OU FILTRO	4.384	0.070%	99.753%	C
	INSPECAO MANUTENCAO AUTONOMA	3.171	0.050%	99.804%	C
	OBSTRUÇÃO DA CALHA DE FLUIDO / CAVACO	2.628	0.042%	99.845%	C
	FALTA DISPOSITIVOS	2.496	0.040%	99.885%	C
	FALTA DE MATÉRIA - PRIMA	2.289	0.036%	99.921%	C
	RECUPERAÇÃO DE FERRAMENTAL/DISPOSITIVO	1.864	0.030%	99.951%	C
	PREPARAÇÃO NÃO PROGRAMADA	1.543	0.025%	99.976%	C
	MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	1.301	0.021%	99.996%	C
	COLISÃO	0.209	0.003%	100.000%	C
	FALTA DE MATERIAL	0.029	0.000%	100.000%	C
	TOTAL	6295.048	100%		

Tabela 26 - Classificação de eventos WSFM - Hwacheon

	Evento WSFM	Duração (h)	% Relativa	% Acumulada	Classe
TORNO VERT. HWACHEON - 6048	PREPARAÇÃO	310.94	27.52%	27.52%	A
	RECUPERAÇÃO E RETRABALHO	156.04	13.81%	41.32%	A
	FALTA DE FUNCIONARIO	140.11	12.40%	53.72%	A
	PARADA NÃO JUSTIFICADA	76.70	6.79%	60.51%	A
	AGUARDANDO CHEFE/PREPARADOR/ENGENHARIA	40.96	3.63%	64.14%	A
	TROCA DE TURNO / LIMPEZA	40.36	3.57%	67.71%	A
	AUXÍLIO A OUTRA MÁQUINA	37.69	3.34%	71.04%	A
	MANUTENÇÃO CORRETIVA	32.88	2.91%	73.95%	A
	DIÁLOGO DIARIO DE SEGURANÇA (DDS)	28.82	2.55%	76.50%	A
	AGUARDANDO MANUTENÇÃO	28.75	2.54%	79.05%	A
	REUNIÃO/TREINAMENTO	28.06	2.48%	81.53%	B
	TIRAR ZERAMENTO	27.09	2.40%	83.93%	B
	AGUARDANDO PONTE ROLANTE	23.41	2.07%	86.00%	B
	FALTA DE PROGRAMA CNC	22.82	2.02%	88.02%	B
	ACABAMENTO PEÇAS	21.21	1.88%	89.90%	B
	LIMPEZA DO POSTO DE TRABALHO	19.79	1.75%	91.65%	C
	CRIACAO/AJUSTE PROGRAMA CNC	19.78	1.75%	93.40%	C
	INSPECIONAR/MEDIR AMOSTRA	13.61	1.20%	94.60%	C
	CARGA E DESGARGA DE MATERIAIS	12.42	1.10%	95.70%	C
	AGUARDANDO CONTROLE DE QUALIDADE	11.48	1.02%	96.72%	C
	MANUTENÇÃO UTILIDADES	7.89	0.70%	97.42%	C
	APONTANDO	6.12	0.54%	97.96%	C
	ÁGUA/BANHEIRO	5.20	0.46%	98.42%	C
	FALTA FERRAMENTA POR QUEBRA	4.60	0.41%	98.82%	C
	FALTA DE FERRAMENTA(S)	2.50	0.22%	99.05%	C
	FALTA INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	2.11	0.19%	99.23%	C
	DESLIGAMENTO LOCAL	1.65	0.15%	99.38%	C
	FALTA OU ERRO NA DOCUMENTAÇÃO	1.49	0.13%	99.51%	C
	TESTE/MELHORIA DE PROCESSO/EQUIPAMENTO	1.42	0.13%	99.64%	C
	FALTA DE MATÉRIA - PRIMA	1.10	0.10%	99.73%	C
	CHECK LIST ROTINA	1.08	0.10%	99.83%	C
	TROCA DE FERRAMENTAS (FIM VIDA UTIL)	0.95	0.08%	99.91%	C
	QUEBRA/TROCA DE FERRAMENTA(S)	0.54	0.05%	99.96%	C
	REGULAGEM/AJUSTE DURANTE PROCESSO	0.23	0.02%	99.98%	C
	PREENCHIMENTO DE DOCUMENTOS	0.21	0.02%	100.00%	C
	TOTAL	1130.03	100.00%		

Tabela 27 - Classificação de eventos WSFM - VTR

	Evento WSFM	Duração (h)	% Relativa	% Acumulada	Classe
CENTRO DE MAQUINAGEM. VTR - 6049	PARADA NÃO JUSTIFICADA	138.86	18.04%	18.04%	A
	PREPARAÇÃO	101.85	13.23%	31.27%	A
	FALTA DE FUNCIONARIO	83.09	10.79%	42.06%	A
	CRIAÇÃO/AJUSTE PROGRAMA CNC	62.51	8.12%	50.18%	A
	AGUARDANDO CHEFE/PREPARADOR/ENGENHARIA	37.48	4.87%	55.05%	A
	MANUTENÇÃO CORRETIVA	36.75	4.77%	59.83%	A
	RECUPERAÇÃO E RETRABALHO	33.99	4.42%	64.24%	A
	LIMPEZA DO POSTO DE TRABALHO	31.70	4.12%	68.36%	A
	TROCA DE TURNO / LIMPEZA	27.40	3.56%	71.92%	A
	DESLIGAMENTO LOCAL	26.39	3.43%	75.35%	A
	AGUARDANDO MANUTENÇÃO	24.41	3.17%	78.52%	A
	AUXÍLIO A OUTRA MÁQUINA	21.78	2.83%	81.35%	B
	DIÁLOGO DIÁRIO DE SEGURANÇA (DDS)	21.64	2.81%	84.16%	B
	ACABAMENTO PEÇAS	14.89	1.93%	86.09%	B
	TIRAR ZERAMENTO	11.63	1.51%	87.60%	B
	FALTA DE FERRAMENTA(S)	11.04	1.43%	89.04%	B
	INSPECIONAR/MEDIR AMOSTRA	10.54	1.37%	90.41%	C
	AGUARDANDO PONTE ROLANTE	9.53	1.24%	91.64%	C
	QUEBRA/TROCA DE FERRAMENTA(S)	9.07	1.18%	92.82%	C
	REUNIÃO/TREINAMENTO	8.16	1.06%	93.88%	C
	FALTA INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	7.82	1.02%	94.90%	C
	FALTA DE PROGRAMA CNC	6.54	0.85%	95.75%	C
	AGUARDANDO OPERAÇÕES ANTERIORES	6.14	0.80%	96.55%	C
	CARGA E DESGARGA DE MATERIAIS	5.95	0.77%	97.32%	C
	MANUTENÇÃO UTILIDADES	5.59	0.73%	98.05%	C
	TROCA DE FERRAMENTAS (FIM VIDA UTIL)	4.00	0.52%	98.57%	C
	TESTE/MELHORIA DE PROCESSO/EQUIPAMENTO	3.99	0.52%	99.08%	C
	AMBULATÓRIO	1.83	0.24%	99.32%	C
	APONTANDO	1.53	0.20%	99.52%	C
	AGUARDANDO CONTROLE DE QUALIDADE	1.01	0.13%	99.65%	C
	ÁGUA/BANHEIRO	0.91	0.12%	99.77%	C
	CHECK LIST ROTINA	0.72	0.09%	99.86%	C
	PREPARAÇÃO NÃO PROGRAMADA	0.44	0.06%	99.92%	C
	PREENCHIMENTO DE DOCUMENTOS	0.25	0.03%	99.95%	C
	REGULAGEM/AJUSTE DURANTE PROCESSO	0.25	0.03%	99.98%	C
	FALTA OU ERRO NA DOCUMENTAÇÃO	0.12	0.02%	100.00%	C
	Total	769.81	100.00%		

APÊNDICE C – CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Tabela 28 - Cronograma de implementação da Manutenção Autônoma

Implemntação da metodologia AM	Porcentagem	Status	Janeiro				Fevereiro				Março				Abril				Maio				Junho				Julho				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Definição das máquinas		Concluído																													
Elaboração do cronograma		Concluído																													
Compra de material necessário		Concluído																													
Definição das metas		Concluído																													
Capacitação da equipa		Concluído																													
Passo 1 - Limpeza e inicial e inspeção		Concluído																													
Inspeção geral e etiquetagem		Concluído																													
Elaboração do plano de ação		Concluído																													
Programação da parada da máquina		Pendente																													
Limpeza técnica		Pendente																													
Manutenção 5S		Concluído																													
Passo 2 - Eliminação das fontes de contaminação		Concluído																													
Identificação das fontes de contaminaçãoe locais de difícil acesso		Concluído																													
elaboração do mapa		Concluído																													
Combate as fontes de contaminação		Concluído																													
Registro dos ganhos obtidos nos passos 1 e 2		Concluído																													
Passo 3 - Realização dos padrões iniciais de manutenção autónoma		Concluído																													
Levantamneto de informações dos indicadores		Concluído																													
Alimentação do dashboard AM		Concluído																													
Elaboração do PAA		Concluído																													
Reuniões periódicas		Concluído																													
Combate ao tempo de execussão das atividades AM		Concluído																													

APÊNDICE D – PLANO DE AÇÃO DE IMPLEMENTAÇÃO MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

Tabela 29 - Plano de ação implementação da Manutenção Autônoma



	Data	31/07/2024				Manutenção Profissional	M.P				
	Semana	31				Manutenção Autônoma	M.A				
	Máquina	Ação	Descrição	Observação	Material	Data de abertura	OM	Prazo	Status	Responsável	Manutenção
		Implementação de mangueira para limpeza da máquina	Realização da limpeza das peças e da máquina	Verificar viabilidade do projeto		14/02/2024	14552665	20/06/2024			M.P
		Implementação de lâmpada na parte traseira da máquina	Melhor visualização do operador dentro da máquina			14/02/2024	14552664	21/03/2024			M.P
		Troca do vidro frontal		Melhor visualização do operador dentro da máquina	vidro/acrílico	03/10/2023	14452666	06/03/2024			M.P
		Roda do carrinho de limalha			Roda	15/02/2024	14554062	28/02/2024			M.P
		Ponteira da pistola de ar	Falta a ponteira da pistola de ar			20/10/2023	14434502	26/01/2024			M.A
	Hwacheon	Reparação do líquido de refrigeração	Líquido de refrigeração do óleo solúvel esta voltando	Não está refrigerando a máquina		11/12/2023	14491767	10/02/2024			M.P
		Troca do fecho da porta	Fecho com folga, falta de segurança			09/04/2024	14569987				M.P
		Alinhamento porta frontal	Porta encontra se desalinhada, dificultando o fecho e abertura da			12/04/2024	14570133				M.P
		Esfregona para auxílio da limpeza da máquina				12/04/2024	-	16/04/2024			M.A
		Troca da ponteira do braço aferidor				19/12/2023	14499277	15/01/2024			M.P
		Troca da plataforma do líquido refrigerante	Tempo de enchimento mais lento devido a altura da plataforma			15/12/2023		02/02/2024			M.A
		Vidro com baixa visibilidade	aumentar area de visualização do operador, troca do vidro	Analisar viabilidade - Dificuldade de visualização		11/03/2024	14568527	07/05/2024			M.P
		Verificação perda de água da máquina	Máquina esta perdendo água			20/03/2024	14568599	29/05/2024			M.P
		Suporte para a mangueira	Mangueiras estão soltas perto do caixote da limalha, criar suporte/guias para as mangueiras	Meter novamente a caixa -Z4?		25/03/2024	14569426	16/05/2024			M.A/M.P
	VTR	Implementação da porta/barreira	Porta/barreira mais alta	Está sendo projetado limalha para o corredor -Z4?		22/03/2024	14569322				M.P
		Soldar contentor de limalha	Realizar solda no fundo do contentor	Líquido que vem junto com a limalha está vazando no chão em volta da máquina		09/02/2024	14547599	15/02/2024			M.A
		Implementação de mangueira para limpeza da máquina	Realização da limpeza das peças e da máquina	Verificar viabilidade do projeto		14/02/2024	14552665	20/06/2024			M.P
		Tapete de borracha	Tapete para seja possível virar as peças na parte da frente da máquina					21/05/2024			M.A

APÊNDICE E - EVIDÊNCIAS E AUDITORIA INICIAL, METODOLOGIA 5S, HWACHEON

Tabela 30 - Melhorias do posto de trabalho aplicando a metodologia do 5'S



5S		FORMULÁRIO DE AUDITORIA 5S - HWACHEON		weq	
Área avaliada*	Maquinagem	Notas / Critérios	1	Mais que 3 não conformidades encontradas no item.	
Auditor	Sandra Sousa/Milanie Nascimento		3	Entre 1 e 3 não conformidades encontradas no item.	
Auditado	Antônio Oliveira		5	Nenhuma não conformidade encontrada no item.	
Data			NA	Para atributos que não sejam aplicáveis, preencher com NA.	
SENDO	ITEM	SER EFICIENTE É FAZER MAIS COM MENOS!		NOTA	
1ºS - Senso de UTILIZAÇÃO	1.1	Há algum recurso DE SOBRA? (Equipamentos, ferramentas, instrumentos, móveis, materiais, documentos, software, etc)	1	73%	
	1.2	Esses recursos (conf. item 1.1) estão EM BOAS CONDIÇÕES DE USO?	5		
	1.3	Há algum recurso ou alguma área QUE NÃO ESTEJA A SER UTILIZADO CORRETAMENTE? (Inclusive a área de descarte)	5		
	1.4	Há informações DESATUALIZADAS? (Registros de formações, indicadores, normas, documentação, etc)	3		
	1.5	O resíduo físico FOI DEPOSITADO NO RECIPIENTE CORRETO, conforme o programa de coleta seletiva?	5		
	1.6	Há algum recurso EM FALTA?	3		
SENDO	ITEM	UM LUGAR PARA CADA COISA, CADA COISA NO SEU LUGAR!		NOTA	
2ºS - Senso de ORGANIZAÇÃO	2.1	Os recursos no ambiente de trabalho ESTÃO DEVIDAMENTE ORGANIZADOS?	3	60%	
	2.2	Os "locais" onde estão os recursos ESTÃO DEVIDAMENTE SINALIZADOS NO PISO? (ver também as "entradas e saídas" de materiais e "corredores")	3		
	2.3	O acesso aos recursos está conforme a FREQUÊNCIA DE USO DE QUEM OS UTILIZA? (princípios básicos do 5S)	5		
	2.4	Os recursos ESTÃO ORGANIZADOS em armários, bancadas, mesas, gavetas, prateleiras, carrinhos, bordos de linha?	3		
	2.5	E esses recursos (conf. item 2.4) ESTÃO IDENTIFICADOS DE FORMA CLARA E OBJETIVA?	1		
	2.6	Os espaços SÃO ADEQUADOS?	3		
SENDO	ITEM	MANTER LIMPO E PRESERVAR OS RECURSOS!		NOTA	
3ºS - Senso de LIMPEZA E CONSERVAÇÃO	3.1	Infraestrutura: O piso, paredes, janelas, tetos, telhas, estruturas físicas, ESTÃO LIMPOS E CONSERVADOS?	3	73%	
	3.2	Recursos: Os equipamentos, armários, bancadas, mesas, computadores, prateleiras, ferramentas, instrumentos, ESTÃO LIMPOS E CONSERVADOS?	3		
	3.3	Áreas comuns: Corredores, salas de reunião, área de convivência, casas de banho, etc, ESTÃO LIMPOS E CONSERVADOS?	5		
	3.4	Existem fontes de contaminação (Ex: fugas de óleo, água, ar comprimido, fumos, etc)	3		
	3.5	As pastas das normas e informativos, ESTÃO A SER MANTIDAS LIMPAS?	3		
	3.6	Procedimentos: Há Cronograma de Limpeza (WFR-27722) e o mesmo ESTÁ A SER CUMPRIDO?	5		
SENDO	ITEM	PADRONIZAR AS BOAS PRÁTICAS E MANTER OS PADRÕES ESTABELECIDOS!		NOTA	
4ºS - Senso de PADRONIZAÇÃO	4.1	Padrão 5S: As demarcações e as identificações, as cores do piso, as etiquetas e os materiais 5S, estão de acordo com o documento (TPH 010.06)	3	73%	
	4.2	Segurança do Trabalho: As sinalizações de corredores, dos equipamentos, das proteções, das placas, estão de acordo com a legislação em vigor (*)	5		
	4.3	Tubulações: As cores e as identificações nas tubulações (tipo de fluido e sentido do fluxo), estão de acordo com a legislação e normas em vigor (NP182)	5		
	4.4	Ambiental: As etiquetas e as cores utilizadas na identificação dos resíduos, estão de acordo com as entidades reguladoras neste âmbito (Ex. Sociedade Ponto Verde)	5		
	4.5	Identificações gerais: As placas do departamento, centros de trabalho CT, estão conforme as regras e padrões 5S	3		
	4.6	Padrões/regras 5S próprios: Regras e padrões 5S, estão a ser CUMPRIDOS?	1		
SENDO	ITEM	PRATICAR OS SENSOS ATÉ SE TORNAR HÁBITO		NOTA	
5ºS - Senso de AUTODISCIPLINA	5.1	Foi estabelecido "PLANO DE AÇÃO" para resolver as não conformidades (NCs), o mesmo está atualizado e os prazos estão a ser cumpridos?	3	60%	
	5.2	Há não conformidades (NCs) já resolvidas, REINCIDENTES? (≥ 3 = nota 1; 1 ≤ NC < 3 = nota 3; 0 NC = nota 5)	3		
	5.3	A quantidade de NCs está A REDUZIR A CADA AUDITORIA? (Cidade maior = nota 1; Cidade igual = nota 3; Cidade menor = nota 5)	3		
	5.4	A Metodologia 5S está a ser CUMPRIDA? (Mapa de área, cronograma de limpeza, líder de 5S, etc)	1		
	5.5	As equipas 5S e os restantes colaboradores TIVERAM e há registo das formações?	5		
	5.6	Qual o nível de comprometimento com os 5S? (NUNCA = nota 1; POR VEZES = em alguns sentidos = nota 3; SEMPRE = em todos os sentidos = nota 5)	3		
(*) Legislação: Decreto-Lei nº 141/95; Portaria nº 178/2015; Decreto-Lei nº 220/2008 alterado pela Lei nº 123/2019; Portaria nº 1532/2008 alterada pela Portaria nº 135/2020; Normas: Nota Técnica nº 11 (Sinalização de segurança); Nota Técnica nº 22 (Plantas de emergência); NPA236		CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO		De 0% a 59,99% 5S não implantado Até 3 estrelas vermelhas preenchidas De 60% a 79,99% 5S parcialmente implantado Até 4 estrelas amarelas preenchidas De 80% a 94,99% 5S implantado Até 4,5 estrelas verdes preenchidas De 95% a 99,99% 5S implantado - Destaque em 5S Até 4,5 estrelas douradas preenchidas 100% Nível de Excelência 6 estrelas douradas preenchidas	

Figura 55 - Auditoria inicial 5S - Hwacheon

APÊNDICE F – EVIDÊNCIAS E AUDITORIA INICIAL, METODOLOGIA 5S, VTR

Tabela 31 - Melhorias do posto de trabalho aplicando a metodologia do 5'S



5S		FORMULÁRIO DE AUDITORIA 5S - VTR		WEG	
Área avaliada*		Notas / Critérios	1	Mais que 3 não conformidades encontradas no item.	
Auditor			3	Entre 1 e 3 não conformidades encontradas no item.	
Auditado			5	Nenhuma não conformidade encontrada no item.	
Data	00/01/1900 - * Inspeção - Normal		NA	Para atributos que não sejam aplicáveis, preencher com NA.	
SENSE	ITEM	SER EFICIENTE E FAZER MAIS COM MENOS!			NOTA
1ºS - Senso de UTILIZAÇÃO	1.1	Há algum recurso DE SOBRA? (Equipamentos, ferramentas, instrumentos, móveis, materiais, documentos, software, etc)	5		93%
	1.2	Esses recursos (conf. item 1.1) estão EM BOAS CONDIÇÕES DE USO?	5		
	1.3	Há algum recurso ou alguma área QUE NÃO ESTEJA A SER UTILIZADO CORRETAMENTE? (inclusive a área de descarte)	5		
	1.4	Há informações DESATUALIZADAS? (Registros de formações, indicadores, normas, documentação, etc)	5		
	1.5	O resíduo físico FOI DEPOSITADO NO RECIPIENTE CORRETO, conforme o programa de coleta seletiva?	5		
	1.6	Há algum recurso EM FALTA?	3		
SENSE	ITEM	UM LUGAR PARA CADA COISA, CADA COISA NO SEU LUGAR!			NOTA
2ºS - Senso de ORGANIZAÇÃO	2.1	Os recursos no ambiente de trabalho ESTÃO DEVIDAMENTE ORGANIZADOS?	5		87%
	2.2	Os "locais" onde estão os recursos ESTÃO DEVIDAMENTE SINALIZADOS NO PISO? (ver também as "entradas e saídas" de materiais e "corredores")	5		
	2.3	O acesso aos recursos está conforme a FREQUÊNCIA DE USO DE QUEM OS UTILIZA? (princípios básicos do 5S)	5		
	2.4	Os recursos ESTÃO ORGANIZADOS em armários, bancadas, mesas, gavetas, prateleiras, carrinhos, bordos de linha?	3		
	2.5	E esses recursos (conf. item 2.4) ESTÃO IDENTIFICADOS DE FORMA CLARA E OBJETIVA?	3		
	2.6	Os espaços SÃO ADEQUADOS?	5		
SENSE	ITEM	MANTER LIMPO E PRESERVAR OS RECURSOS!			NOTA
3ºS - Senso de LIMPEZA E CONSERVAÇÃO	3.1	Infraestrutura: O piso, paredes, janelas, tetos, telhas, estruturas físicas, ESTÃO LIMPOS E CONSERVADOS?	5		87%
	3.2	Recursos: Os equipamentos, armários, bancadas, mesas, computadores, prateleiras, instrumentos, ESTÃO LIMPOS E CONSERVADOS?	3		
	3.3	Áreas comuns: Corredores, salas de reunião, área de convivência, casas de banho, etc, ESTÃO LIMPOS E CONSERVADOS?	5		
	3.4	Existem fontes de contaminação (Ex: fugas de óleo, água, ar comprimido, fumos, etc)	3		
	3.5	As pastas das normas e informativos, ESTÃO A SER MANTIDAS LIMPAS?	5		
	3.6	Procedimentos: Há Cronograma de Limpeza (WFR-27722) e o mesmo ESTÁ A SER CUMPRIDO?	5		
SENSE	ITEM	PADRONIZAR AS BOAS PRÁTICAS E MANTER OS PADRÕES ESTABELECIDOS!			NOTA
4ºS - Senso de PADRONIZAÇÃO	4.1	Padrão 5S: As demarcações e as identificações, as cores do piso, as etiquetas e os materiais 5S, estão de acordo com o documento (TPI 010.06)	5		93%
	4.2	Segurança do Trabalho: As sinalizações de corredores, dos equipamentos, das proteções, das placas, estão de acordo com a legislação em vigor (*)	5		
	4.3	Tubulações: As cores e as identificações nas tubulações (tipo de fluido e sentido do fluxo), estão de acordo com a legislação e normas em vigor (NP182)	5		
	4.4	Ambiental: As etiquetas e as cores utilizadas na identificação dos resíduos, estão de acordo com as entidades reguladoras neste âmbito (Ex. Sociedade Ponto Verde)	5		
	4.5	Identificações gerais: As placas do departamento, centros de trabalho CT, estão conforme as regras e padrões 5S	5		
	4.6	Padrões/regras 5S próprios: Regras e padrões 5S, estão a ser CUMPRIDOS?	3		
SENSE	ITEM	PRATICAR OS SENSOS ATÉ SE TORNAR HÁBITO			NOTA
5ºS - Senso de AUTODISCIPLINA	5.1	Foi estabelecido "PLANO DE AÇÃO" para resolver as não conformidades (NCs), o mesmo está atualizado e os prazos estão a ser cumpridos?	3		67%
	5.2	Há não conformidades (NCs) já resolvidas, REINCIDENTES? (≥ 3 = nota 1; 1 ≤ NC < 3 = nota 3; 0 NC = nota 5)	3		
	5.3	A quantidade de NCs está A REDUZIR A CADA AUDITORIA? (Quantidade maior = nota 1; Quantidade igual = nota 3; Quantidade menor = nota 5)	3		
	5.4	A Metodologia 5S está a ser CUMPRIDA? (Mapa da área, cronograma de limpeza, líder de 5S, etc)	3		
	5.5	As equipes 5S e os restantes colaboradores TIVERAM e há registro das formações?	5		
	5.6	Qual o nível de comprometimento com os 5S? (NUNCA = nota 1; POR VEZES e em alguns sensoes = nota 3; SEMPRE e em todos os sensoes = nota 5)	3		
(*) Legislação: Decreto-Lei nº 141/95; Portaria nº 170/2015; Decreto-Lei nº 220/2008 alterado pela Lei nº 123/2019; Portaria nº 1532/2008 alterada pela Portaria nº 135/2020; Normas: Nota Técnica nº 11 (Sinalização de segurança); Nota Técnica nº 22 (Planilhas de emergência); NP4386		CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO	De 0% a 59,99% 5S não implantado De 60% a 79,99% 5S parcialmente implantado De 80% a 94,99% 5S implantado De 95% a 99,99% 5S implantado - Destaque em 5S 100% Nível de Excelência	Até 3 estrelas vermelhas preenchidas Até 4 estrelas amarelas preenchidas Até 4,5 estrelas verdes preenchidas Até 4,5 estrelas douradas preenchidas 6 estrelas douradas preenchidas	

Figura 56 - Auditoria inicial 5S - VTR

Tabela 32 - Requisitos e critérios de aceitação 5S

 REQUISITOS EXPLICADOS DE AUDITORIA 5S E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO (RESULTADOS) 			
Senso de Utilização - SER EFICIENTE, É FAZER MAIS COM MENOS!			
Item	REQUISITOS DE AUDITORIA	ORIENTAÇÕES GERAIS DE AUDITORIA	RESULTADOS A SEREM ALCANÇADOS
1.1	Há algum recurso DE SOBRA? (Equipamentos, ferramentas, instrumentos, móveis, materiais, documentos, software, etc)	Considera-se recursos: equipamentos, instrumentos, ferramentas, dispositivos, materiais, armários, estantes, bancadas, mesas e gavetas, carrinhos, cadeiras, caixas, paletes, Kit de emergência, documentação, software, etc.	- Uso correcto e adequado dos recursos (apenas o necessário dos recursos, considerando os espaços). Fazer mais com menos.
1.2	Esses recursos (conf. item 1.1) estão EM BOAS CONDIÇÕES DE USO?	Verificar se estes recursos estão em boas condições de uso, se estão a funcionar corretamente, se não estão danificados, etc.	- Todos os recursos necessários disponíveis e em boas condições de uso para o trabalho, incluindo o kit de emergência.
1.3	Há algum recurso ou alguma área QUE NÃO ESTEJA A SER UTILIZADO CORRETAMENTE? (Inclusive a área de descarte)	Verificar se os recursos (conforme item 1.1) estão a ser utilizados corretamente, INCLUINDO: A área de descarte (área de reaproveitamento de materiais); Os produtos químicos e efluentes, se estão armazenados corretamente; Se existe iluminação ou equipamento ligado sem necessidade.	- Uso correto e adequado dos recursos, incluindo o uso correto das áreas de descarte, etc; - Produtos químicos e efluentes armazenados corretamente com contenção / aparadeira.
1.4	Há informações DESATUALIZADAS? (Registos de formações, indicadores, normas, documentação, etc)	Verificar se toda a documentação encontra-se atualizada.	- Toda a documentação, informações, disponíveis e úteis para o trabalho, devidamente atualizados.
1.5	O resíduo físico FOI DEPOSITADO NO RECIPIENTE CORRETO, conforme o programa da recolha seletiva?	Verificar se os colaboradores sabem separar os resíduos nos recipientes específicos conforme as cores específicas conforme programa da recolha seletiva.	- Todos os resíduos dispostos nos recipientes específicos conforme as cores e as identificações padrões.
1.6	Há algum recurso EM FALTA?	Considera-se recursos: equipamentos, ferramentas, dispositivos, materiais, armários, estantes, bancadas, mesas e gavetas, carrinhos, cadeiras, caixas, paletes, Kit de emergência, documentação, software, etc.	- Todos os recursos necessários e disponíveis para o trabalho, considerando espaços físicos.
Senso de Ordenação / Organização – UM LUGAR PARA CADA COISA, CADA COISA NO SEU LUGAR!			
Item	REQUISITOS DE AUDITORIA	ORIENTAÇÕES GERAIS DE AUDITORIA	RESULTADOS A SEREM ALCANÇADOS
2.1	Os recursos no ambiente de trabalho ESTÃO DEVIDAMENTE ORGANIZADOS?	Verificar se os equipamentos, produtos, materiais, caixas, grades e paletes, estão organizados de forma adequada (no seu devido lugar); verificar se há algum recurso sem local definido ; verificar se a cablagem de computadores, instalações (em geral), estão organizados através de organizadores de cabos ou calhas elétricas, etc.	- Organização e disposição adequada dos recursos no ambiente de trabalho, conforme os locais devidamente definidos. - Cabeamentos e fiações (de máq/euip) devidamente organizados.
2.2	Os "locais" onde estão os recursos ESTÃO DEVIDAMENTE SINALIZADOS NO PISO? (ver também as "entradas e saídas" de materiais e "corredores")	Verificar se os corredores gerais de máquinas e equipamentos e corredores de colaboradores estão sinalizados corretamente e sendo mantidos desobstruídos; verificar se os locais definidos para acondicionar os recursos móveis no chão de fábrica estão demarcados e identificados corretamente; verificar se as entradas e saídas de materiais estão sinalizados corretamente.	- Sinalização correta do local onde os recursos móveis estão dispostos, incluindo as entradas e saídas de materiais.
2.3	O acesso aos recursos está conforme a FREQUÊNCIA DE USO DE QUEM OS UTILIZA? (princípios básicos do WO)	Verificar se os recursos de uso diário e imediato (ferramentas de trabalho, materiais, documentos), encontram-se mais próximos de quem os utiliza? Princípios WO	- Recursos utilizados diariamente mais próximos de quem os utiliza.
2.4	Os recursos ESTÃO ORGANIZADOS em armários, bancadas, mesas, gavetas, prateleiras, carrinhos, bordos de linha?	Verificar se os equipamentos, ferramentas, dispositivos, materiais, estão devidamente organizados, dentro de armários, estantes, bancadas, mesas e gavetas, carrinhos, bordos de linha, caixas, facilitando o acesso rápido e fácil. Foco na produtividade.	- Acesso rápido e fácil dos recursos dentro de armários, estantes, bancadas, mesas e gavetas, carrinhos, bordos de linha, caixas, etc.
2.5	E esses recursos (conf. item 2.4) ESTÃO IDENTIFICADOS DE FORMA CLARA E OBJETIVA?	Verificar se os equipamentos, ferramentas, dispositivos, materiais, estão identificados de forma clara e objetiva.	- Identificação correta dos recursos dentro de armários, estantes, bancadas, mesas e gavetas, carrinhos, bordos de linha, caixas, etc.
2.6	Os espaços SÃO ADEQUADOS?	Verificar se os espaços ou locais definidos para a organização desses recursos são adequados e suficientes.	- Organização e disposição adequada dos recursos no ambiente de trabalho, conforme os locais devidamente definidos.

Tabela 33 - Requisitos e critérios de aceitação 5S

 REQUISITOS EXPLICADOS DE AUDITORIA 5S E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO (RESULTADOS) 			
Senso de Limpeza e Conservação – MANTER LIMPO E PRESERVAR OS RECURSOS!			
Item	REQUISITOS DE AUDITORIA	ORIENTAÇÕES GERAIS DE AUDITORIA	RESULTADOS A SEREM ALCANÇADOS
3.1	Infraestrutura: O piso, paredes, janelas, tetos, telhas, estruturas físicas, ESTÃO LIMPOS E CONSERVADOS?	Verificar a limpeza e a conservação (incluindo o estado de conservação da pintura) do piso e das faixas de corredores e outras demarcações, paredes e estruturas metálicas, grades e proteções, etc. Verificar a limpeza e a conservação de janelas e áreas superiores (ex: tetos, telhas translúcidas), escadas, etc.	- Limpeza adequada de tudo que estiver relacionado com a infraestrutura e áreas de uso em comum.
3.2	Recursos: Os equipamentos, armários, bancadas, mesas, computadores, prateleiras, ferramentas, instrumentos, ESTÃO LIMPOS E CONSERVADOS?	Verificar a limpeza e a conservação dos equipamentos relacionados aos postos e áreas de trabalho (máquinas, bancadas e interiores, armários e interiores, bordos de linha e contentores, computador, interiores de gavetas e ferramentas de trabalho).	- Limpeza adequada de todos os recursos relacionados diretamente com os postos do CT.
3.3	Áreas comuns: Corredores, salas de reunião, área de convivência, casas de banho, etc, ESTÃO LIMPOS E CONSERVADOS?	Verificar a limpeza e a conservação dos corredores, e áreas na envolvente. Verificar a limpeza e a conservação de áreas de uso comum, sala de reuniões e mesa de reuniões, lavatórios, bebedouros e áreas de convivência.	- Recursos gerais dos CT, equipamentos e infraestrutura, incluindo das áreas de uso em comum, mantidos em bom estado de conservação.
3.4	Existem fontes de contaminação (Ex: fugas de óleo, água, ar comprimido, fumos, etc)	Verificar se existem fontes de contaminação (ex: fugas de óleo, de água, resíduos, limalhas, etc), e se existem ações para eliminá-las ou reduzi-las.	- Tratamento (ações de mitigação ou de eliminação por completo) das fontes de contaminação. - Mapeamento (onde existir) das fontes de contaminação
3.5	As pastas das normas e informativos, ESTÃO A SER MANTIDAS LIMPAS?	Verificar se os dispositivos onde estão as normas, se encontram limpos.	
3.6	Procedimentos: Há Cronograma de Limpeza e o mesmo ESTÁ A SER CUMPRIDO?	Verificar se a seção possui "Cronograma de limpeza".	Cronogramas de limpeza estão estabelecidos e mantidos: Ex: WFR-27722
Senso de Padronização – PADRONIZAR AS BOAS PRÁTICAS E MANTER OS PADRÕES ESTABELECIDOS!			
Item	REQUISITOS DE AUDITORIA	ORIENTAÇÕES GERAIS DE AUDITORIA	RESULTADOS A SEREM ALCANÇADOS
4.1	Padrão 5S: As demarcações e as identificações, as cores do piso, as etiquetas e os materiais 5S, estão de acordo com o documento (ITPI 010.06)?	Gestão Visual (Padrões 5S): Verificar se os padrões utilizados nas identificações dos recursos (piso e etiquetas) estão de acordo com a norma ITPI 010.06.	Gestão Visual - Padrões 5S, aplicados e mantidos, conforme ITPI.010.06
4.2	Segurança do Trabalho: As sinalizações de corredores, dos equipamentos, das proteções, das placas, estão de acordo com a legislação em vigor (*)	Gestão Visual (Segurança do Trabalho): Verificar se a identificação dos extintores de incêndio, saídas de emergência, ou locais de risco (Segurança), estão bem sinalizadas de acordo com as regras definidas pela legislação aplicável.	Gestão Visual - Padrões de Segurança do Trabalho: Decreto-Lei nº 141/95; Portaria nº 178/2015; Decreto-Lei nº 220/2008 alterado pela Lei nº 123/2019; Portaria nº 1532/2008 alterada pela Portaria nº 135/2020;
4.3	Tubulações: As cores e as identificações nas tubulações (tipo de fluido e sentido do fluxo), estão de acordo com a legislação e normas em vigor (NP182)	Gestão Visual (Cores e identificações de Tubulações): Verificar se as cores e as identificações para tubulações estão de acordo com a legislação aplicável.	Gestão Visual - Padrões de cores e identificações das tubulações, aplicados e mantidos de acordo com a Normas em vigor: NP182
4.4	Ambiental: As etiquetas e as cores utilizadas na identificação dos resíduos, estão de acordo com as entidades reguladoras neste âmbito (Ex.Sociedade Ponto Verde)	Verificar se as etiquetas, as placas e as cores utilizadas na identificação dos resíduos e dos contentores estão de acordo com a legislação aplicável.	Gestão Visual - Padrão da etiqueta ambiental do resíduo específico, aplicado e mantido de acordo com as entidades reguladoras: Sociedade Ponto Verde
4.5	Identificações gerais: As placas do departamento, centros de trabalho CT, estão conforme as regras e padrões 5S?	Verificar se o padrão específico das placas de Centro de Trabalho (CT) / Seções / Departamento, estão de acordo com os padrões estabelecidos (WPR-47469).	Gestão Visual - Padrões de placas de Departamento, Seção, sala de formação e de reunião, CT, aplicados e mantidos de acordo com a Norma: WPR-47469.
4.6	Padrões/regras 5S próprios: Regras e padrões 5S, estão a ser CUMPRIDOS?	Verificar se as regras e padrões 5S criados pela unidade, documentado através da norma ITPI 010.06, criados para a manutenção das boas práticas, estão a ser mantidos e cumpridos.	Gestão Visual - Padrões 5S, aplicados e mantidos, conforme ITPI.010.06

Tabela 34 - Requisitos e critérios de aceitação 5S

 REQUISITOS EXPLICADOS DE AUDITORIA 5S E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO (RESULTADOS) 			
Senso de Autodisciplina - PRATICAR OS SENSOS ATÉ SE TORNAR HÁBITO!			
Item	REQUISITOS DE AUDITORIA	ORIENTAÇÕES GERAIS DE AUDITORIA	RESULTADOS A SEREM ALCANÇADOS
5.1	Foi estabelecido "PLANO DE AÇÃO" para resolver as não conformidades (NCs), o mesmo está atualizado e os prazos estão a ser cumpridos?	Verificar se foram apontadas as devidas ações corretivas através dos planos de ação com a definição dos responsáveis e os respectivos prazos para resolver os problemas.	Estabelecido e cumprido o plano de ação às NCs emitidas, com a definição de responsáveis e prazos.
5.2	Há não conformidades (NC's) já resolvidas, REINCIDENTES? (≥ 3 = nota 1 ; $1 \leq NC < 3$ = nota 3 ; 0 NC's = nota 5)	Verificar se há evidências de NCs reincidentes, ou seja, se há NC's que se repetem, mesmo com o status de NC concluída: (≥ 3 = nota 1 ; $1 \leq NC < 3$ = nota 3 ; 0 NC's = nota 5)	Nenhuma não conformidade (NC) reincidente. *Não conformidade reincidente é a NC já resolvida, mas, que se repete entre ciclos de auditorias.
5.3	A quantidade de NCs está A REDUZIR A CADA AUDITORIA? (Qtde maior = nota 1 ; Qtde igual = nota 3 ; Qtde menor = nota 5)	Verificar se a quantidade de NCs está a reduzir com as ações de melhorias e corretivas, a cada ciclo de auditoria. (Qtde maior = nota 1 ; Qtde igual = nota 3 ; Qtde menor = nota 5)	Quantidade de NC's a diminuir na medida que as ações estão a ser tomadas e a ser eficazes.
5.4	A Metodologia 5S está a ser CUMPRIDA? (Mapa da área, cronograma de limpeza, líder de 5S, etc)	Se existe o mapa da área com a indicação dos líderes 5S de Área, e se o mesmo está atualizado; Se foi definida a área de descarte; Se o Chefe acompanha as ações do 5S através de reuniões com as suas equipas, em especial com os Líderes 5S; Se estão a ser realizadas as reuniões do GR (Gerenciamento da Rotina) pela seção e pelo departamento	
5.5	As equipas 5S e os restantes colaboradores TIVERAM e há registo das formações?	Verificar se são realizadas as formações aos novos colaboradores, aos que mudam de tarefas , e a toda a equipa	Formações realizadas e registadas
5.6	Qual o nível de comprometimento com os 5S? (NUNCA = nota 1 ; POR VEZES e em alguns sentidos = nota 3 ; SEMPRE e em todos os sentidos = nota 5)	Verificar o nível de comprometimento com a metodologia: (NUNCA = nota 1 ; POR VEZES e em alguns sentidos = nota 3 ; SEMPRE e em todos os sentidos = nota 5)	Nível mínimo de atendimento em 80% em todos os Sentidos, validando o compromisso com o 5S.

APÊNDICE G – *DASHBOARD* GERENCIAL MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

[illegible]

Figura 57 - Folha de cadastro máquina

 WMS Indicador - Eficiência Global do Equipamento (OEE) Atualizar dados OEE e HMP																	
Departamento	Seção	Apelido	Nome WSFM (GCF)	OEE													
				2023	2024	2025	Meta	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
Produção II	Maquinagem II	Hwacheon	Hwacheon - 6048	75%	70%			58%	48%	159%	58%	63%	51%	54%			
Produção II	Maquinagem II	VTR	VTR - 6049	75%	34%			29%	29%	0%	49%	45%	33%	56%			
				ID													
				2023	2024	2025	META	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
				65%	63%			66%	62%	55%	64%	68%	60%	65%			
				65%	45%			49%	39%	0%	66%	56%	51%	57%			
				IE													
				2023	2024	2025	META	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
				72%	115%			88%	77%	290%	91%	92%	85%	82%			
				65%	64%			59%	74%	0%	74%	80%	64%	99%			

Figura 58 - Indicadores de OEE

 Indicador - Rotas de Manutenção Autônoma																																		
Departamento	Seção	Apelido	Responsável	ROTAS DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA																														
				PLANEJADAS												REALIZADAS																		
				2023	2024	2025	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	2023	2024	2025	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Produção II	Maquinagem II	Hwacheon	Milânle	0	40	0	8	8	8	4	4	4	4						0	37	0	7	8	6	4	4	4	4						
Produção II	Maquinagem II	VTR	Milânle	0	40	0	8	8	8	4	4	4	4						0	37	0	7	8	6	4	4	4	4						
						0															0													

Figura 59 - Indicador de rotas de MA

Indicador - Horas de Máquina Parada (HMP) Atualizar dados OEE e HMP																									
Departamento	Seção	Apelido	Nome GCF Eventos	HMP																					
				2023	2024	2025	Meta Anual	Meta Mensal	Meta Semanal	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ				
Produção II	Maquinagem II	Hwacheon	Hwacheon - 6048	0.0	34,1	0.0		4.0	1.0	4,26	20,16	0.0	6,61	3,07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Produção II	Maquinagem II	VTR	VTR - 6049	0.0	397,97	0.0		4.0	1.0	5,2	8,7	352.0	0.0	1,36	0.0	30,71	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Figura 60 - Indicador de hora de máquina parada

Atualizar Kaizens Indicador - Kaizens																			
Departamento	Seção	Apelido	Responsável	Número de Kaizens															
				2023	2024	2025	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Produção II	Maquinagem II	Hwacheon	Milânle Nascin	0	7	0	2	0	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	
Produção II	Maquinagem II	VTR	Milânle Nascin	0	12	0	2	3	1	0	2	3	1	0	0	0	0	0	

Figura 61 - Indicador de Kaizen

APÊNDICE H – PLANO DE ATIVIDADES AUTÓNOMAS – HWACHEON

Tabela 35 - Plano de atividades autônomas - Hwacheon

[illegible]

APÊNDICE I – PLANO DE ATIVIDADES AUTÔNOMAS – VTR

Tabela 36 - Plano de atividades autônomas - VTR

PAA - Centro de maquinagem VTR - 10026049										WMS		UEG																																		
Posto / CT: Centro de maquinagem VTR			Centro de Trabalho:		10026049		Patrimônio:		200000		Departamento:		Produção II		Seção:		Maquinagem																													
Nº	Tipo Ativ.	Local	Foto	Descrição da Atividade	Máq. Parada	Frequência	Quando	Tempo (s)	T	Responsável	JAN - FEV - MAR - ABR - MAI - JUN - JUL - AGO - SET - OUT - NOV - DEZ																																			
											Semana				Semana				Semana				Semana				Semana																			
												Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom
1		Tapete de extração de limalhas		Verificar acumulação de limalhas no tapete	Não	Diária	Durante o turno	120																																						
2		Sistema Hidráulico		Verificar se a pressão dos manômetros está dentro do limite estabelecido.	Não	Diária	Início do turno	20																																						
3		Unidade Hidráulica		Verificar se a pressão dos manômetros está dentro do limite estabelecido.	Não	Diária	Início do turno	10																																						
4		Tanque de lubrificação		Verificar se o nível do óleo está acima da linha do meio.	Não	2x por semana	Durante o turno	10																																						
5		Unidade de refrigeração		Verificar se a pressão dos manômetros está dentro do limite estabelecido.	Não	3x por semana	Após a refeição	10																																						
6		Unidade de refrigeração		Verificar temperatura no mostrador está entre 18°C e 24°C.	Não	3x por semana	Durante o turno	20																																						
7		ATC		Remover resíduos e limpar ATC.	Sim	Semanal	Final do turno	300																																						
8		Depósito		Verificar a presença de lamas no depósito, caso tenha realizar limpeza.	Não	Semanal	Durante o turno	120																																						
9		Bucha		Aplicar massa de lubrificação na bucha	Sim	Semanal	Final do turno	300																																						
10		Interior da máquina e vidros		Remover limalhas e resíduos dos vidros	Sim	Semanal	Final do turno	600																																						
TIPO DE ATIVIDADES:												LEGENDA DO CALENDÁRIO:												Prep. 1º Turno		Prep. 2º Turno																				
Limpeza Lubrificação Inspeção Ajustes e Reapertos												☐ Atividade planejada ☒ Atividade realizada ☐ Sem atividade ☐ Problema identificado																																		

ANEXO A – LAYOUT SECÇÃO – MAQUINAGEM PESADA

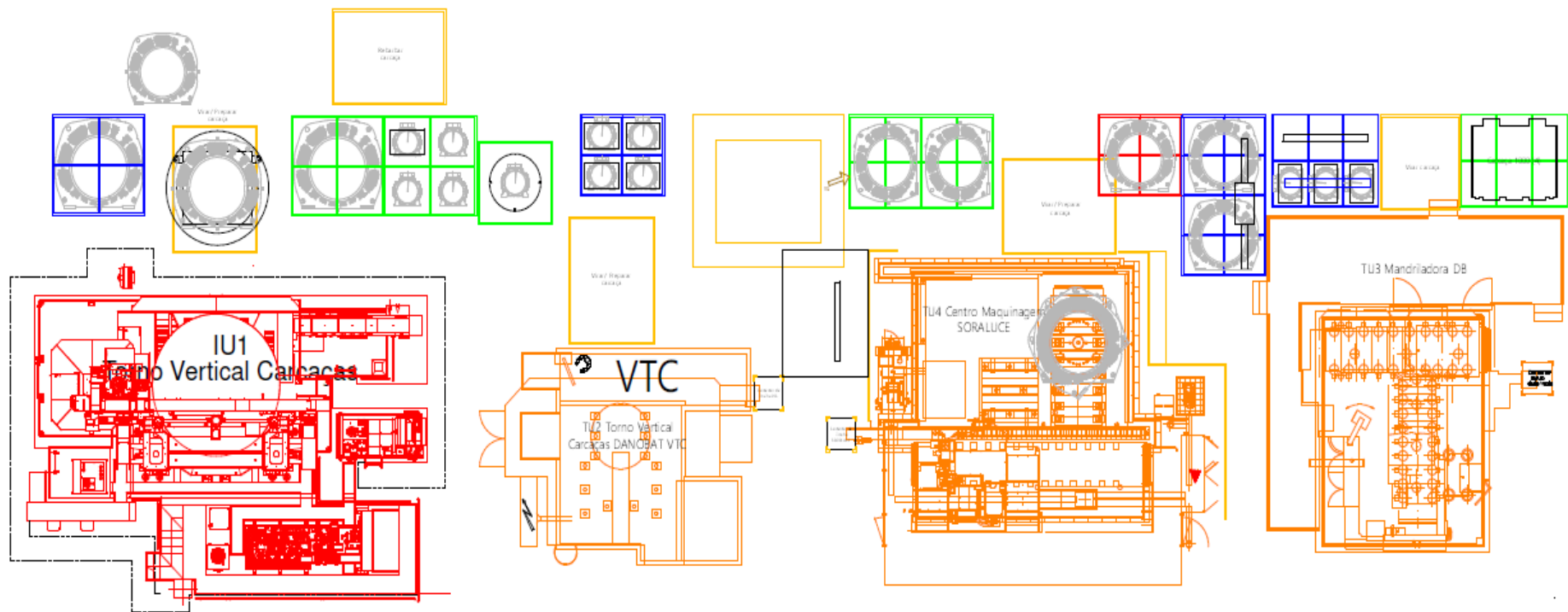


Figura 62 - Layout da secção - Maquinagem pesada
Equipamentos antigos (laranja) e de grande porte (vermelho)

ANEXO B – LAYOUT SECÇÃO – MAQUINAGEM LEVE

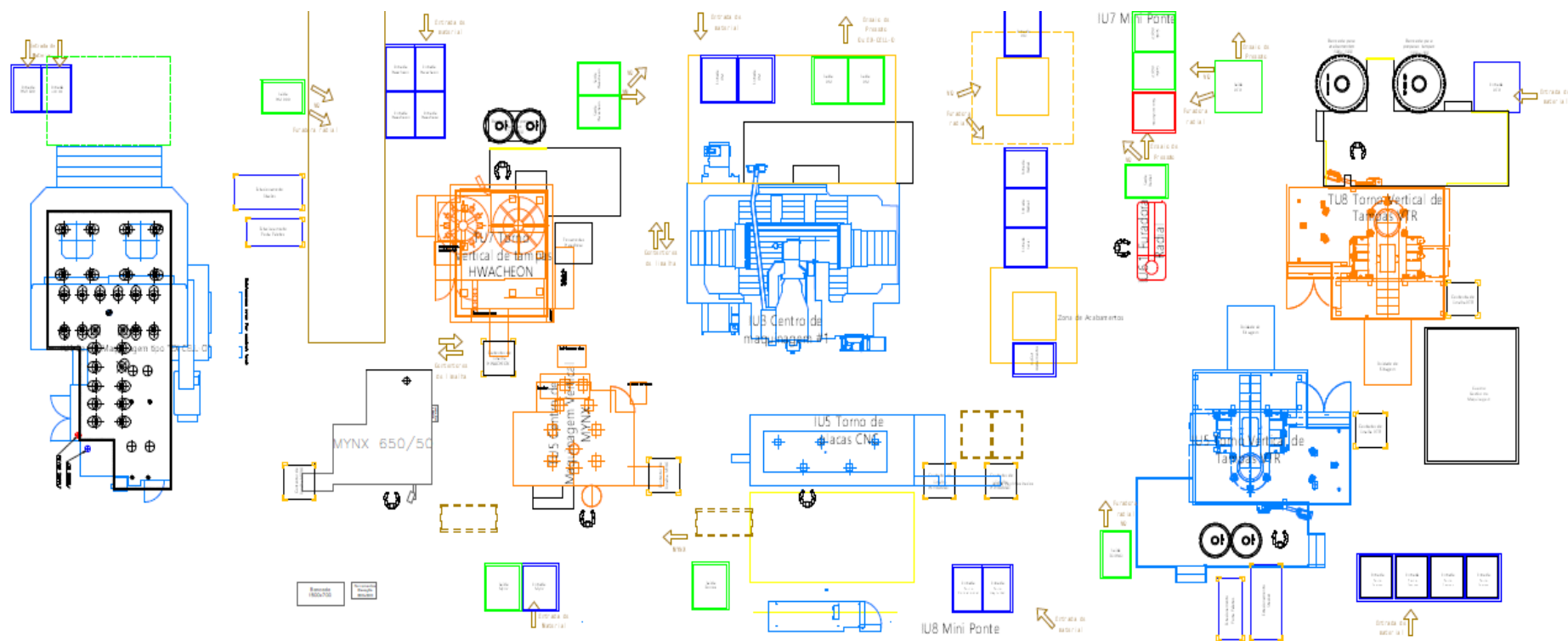


Figura 63 - Layout da secção - Maquinagem leve
Equipamentos antigos (laranja) e novos (azul)

ANEXO C – FORMULÁRIOS DE ACOMPANHAMENTO DO PLANO DE ATIVIDADES AUTÔNOMAS

Tabela 37 - Formulário de acompanhamento - Etiquetas azuis

PLANO ATIVIDADES AUTÔNOMAS - PAA													
Planilha de acompanhamento das atividades do PAA - Etiquetas Azuis													
Mês	Patrimônio:			Seção:			CT:						
Dia	Assinatura Operador			Dia	Assinatura Operador			Dia	Em Andamento				
	1ºT	2ºT	OBS		1ºT	2ºT	OBS		1ºT	2ºT	OBS		
1				14				27				3f- Semanal -1ºT - Limp.ATC.	
2			3f- Semanal -1ºT - Limp.ATC.	15			3f- Semanal -1ºT - Limp.ATC.	28				4f- Semanal -1ºT Limp.Ext.Maq	
3			4f- Semanal -1ºT Limp.Ext.Maq	16			4f- Semanal -1ºT Limp.Ext.Maq	29				6f- Semanal -2ºT - Limp.ATC	
4			5f- Mensal - 2ºT- Limp.Caixaote.Filtro	17			6f- Semanal -2ºT - Limp.ATC	30					
5			6f- Semanal -2ºT - Limp.ATC	18				31					
6				19				Assinatura Chefe Produção					
7				20									
8				21			3f- Semanal -1ºT - Limp.ATC.						
9			3f- Semanal -1ºT - Limp.ATC.	22			4f- Semanal -1ºT Limp.Ext.Maq	Turnos/ Semestres	1ºT	2ºT	OBS		
10			4f- Semanal -1ºT Limp.Ext.Maq	23			6f- Semanal -2ºT - Limp.ATC		1ª Sem.				
11			6f- Semanal -2ºT - Limp.ATC	24					2ª Sem.				
12				25					3ª Sem.				
13				26					4ª Sem.				
Data entrada (dia)	Máquina	Turno	RELAÇÃO DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS NOS EQUIPAMENTOS (O que? Onde?) Sugestão de melhorias para eliminação de pontos de sujeira, melhorias na organização do posto de trabalho, padrões visuais para agilizar as inspeções, e inspeções que podem melhorar a qualidade do produto são exemplos de anomalias de AM.					STATUS DA ETIQUETA AZUL (Preenchimento pelo preparador)					
			Responsável	Em Estudo	Em Andamento	Prazo	Data de conclusão						

Tabela 38 - Formulário de acompanhamento - Etiquetas vermelhas

PLANO ATIVIDADES AUTÔNOMAS - PAA Planilha de acompanhamento das atividades do PAA - Etiquetas Vermelhas											
Mês	Patrimônio:			Seção:			CT:				
Dia	Assinatura Roteirista			Dia	Assinatura Roteirista			Dia	Assinatura Roteirista		
	1ºT	2ºT	3ºT		1ºT	2ºT	3ºT		1ºT	2ºT	3ºT
1				14				27			
2				15				28			
3				16				29			
4				17				30			
5				18				31			
6				19				Assinatura Chefe Manutenção			
7				20							
8				21							
9				22				Turnos/ Semestres	1ºT	2ºT	3ºT
10				23				1ª Sem.			
11				24				2ª Sem.			
12				25				3ª Sem.			
13				26				4ª Sem.			
Data entrada (dia)	Máquina	Turno	RELAÇÃO DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS NOS EQUIPAMENTOS (O que? Onde?)					STATUS DA ETIQUETA VERMELHA (Preenchimento pelo mantenedor)			
			Vazamento, vibração, ruído, aquecimento, componente solto e/ou danificado são exemplos de anomalias que podem gerar a quebra do equipamento.					Responsável	Aguarda material	Aguarda liberação	Prazo



Preenchimento das anomalias e assinatura: Roteiristas 1º e 2º e 3º Turno

Preenchimento do status: Mantenedor