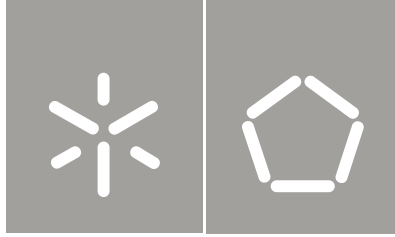


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

João André Leitão Morais

Desenvolvimento de uma metodologia de  
planeamento da manutenção sistemática no  
âmbito do TPM





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

João André Leitão Morais

Desenvolvimento de uma metodologia de  
planeamento da manutenção sistemática no  
âmbito do TPM

Tese de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Eusébio Nunes  
Professora Doutora Isabel Lopes

outubro de 2013

## DECLARAÇÃO

Nome: João André Leitão Morais

Endereço eletrónico: jleitao.morais@gmail.com Telefone: 918400722

Número do Bilhete de Identidade: 13847643

Título da dissertação:

Desenvolvimento de uma metodologia de planeamento da manutenção sistemática no âmbito do TPM

Orientador(es):

Professor Doutor Eusébio Nunes

Professora Doutora Isabel Lopes

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, 31 de outubro de 2013

Assinatura:

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e irmãos, pelo empenho e pelo esforço em proporcionar-me esta oportunidade, pela educação e pelos valores que me transmitiram, extraordinariamente proveitosos ao longo deste período.

Aos meus orientadores, professores Eusébio Nunes e Isabel Lopes, pela total disponibilidade, pelos contributos, pelos esclarecimentos e conhecimentos partilhados durante a realização desta dissertação.

Ao orientador na empresa, Rui Silva, pelo excelente profissionalismo e por toda a instrução proporcionada durante o meu estágio.

Ao Diogo Ramos, pelo acompanhamento, excelente integração no meio profissional e pela camaradagem.

Ao Roberto, à Liliana, à Catarina e ao Pedro, restantes elementos da equipa, pela amizade e pelo excelente ambiente de trabalho proporcionado.

A todos os colaboradores da Bosch Termotecnologia SA com quem tive o prazer de interagir, em especial ao técnicos da manutenção.

Finalmente, porque sem a sua presença e motivação a tarefa seria menos desafiante, aos meus amigos, aos de Santa Comba Dão, aos de Guimarães e aos de Aveiro, na certeza de que este produto é também consequência da sua amizade.



## RESUMO

Com intuito de concluir o segundo ciclo de estudos do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade do Minho, redigiu-se a presente dissertação que apresenta o projeto desenvolvido na Bosch Termotecnologia SA, em Aveiro. O principal objectivo deste projeto é o desenvolvimento de uma metodologia de planeamento da manutenção no âmbito do pilar da manutenção sistemática do *Total Productive Maintenance* (TPM) integrado na filosofia *Bosch Production System* (BPS), sendo este o pilar com menor grau de maturidade de implementação na empresa.

Após a revisão da literatura na área da manutenção e analisadas as atividades de manutenção sistemática da empresa, o desenvolvimento deste trabalho baseou-se em duas fases distintas, a Fase de Conceito e a Fase de Implementação.

Na fase de conceito, após análise dos 640 equipamentos das secção e da revisão da sua classificação de acordo com o procedimento interno, definiram-se grupos de equipamentos, em colaboração com o departamento de produção. Criou-se uma folha de cálculo que agrupa todos os equipamentos e a informação associada a cada equipamento. Após o agrupamento dos grupos criou-se um novo indicador, de Criticidade, que permite a diferenciação dos grupos a partir do valor registado nos indicadores *Mean Time Between Failures* (MTBF), *Mean Time To Repair* (MTTR), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e informação sobre *Lead Time de Stock*. Uma vez definida a Criticidade de cada grupo de equipamentos, iniciou-se a Fase de Implementação, onde se estabelece o *ranking* de Criticidade dos grupos de equipamentos e se definem os projetos de melhoria TPM. A partir desse ranking estruturou-se um novo Mapa Anual de Intervenções Sistemáticas, mais intuitivo e com informação relevante para o planeamento das intervenções, que engloba os 57 grupos criados em vez de tratar individualmente cada um dos 304 equipamentos com manutenção sistemática.

Este trabalho permitiu evoluir as actividades de manutenção sistemática para um nível de maturidade de implementação superior, de acordo com os princípios BPS, e demonstrar a diferentes departamentos da organização a necessidade de cumprir as intervenções planeadas para cada equipamento, de forma a melhorar o desempenho global da organização.

## PALAVRAS-CHAVE

*Total Productive Maintenance*; Manutenção Sistemática; Planeamento; Grupo de Equipamentos; Criticidade





## **ABSTRACT**

This thesis was developed in Master Degree in Engineering and Industrial Management, in Bosch Termotecnologia SA, located in Aveiro. The main objective of this project is the development of a methodology for maintenance planning under the pillar of systematic maintenance of Total Productive Maintenance (TPM), integrated in Bosch Production System (BPS).

After a literature review related to the maintenance, wich has relevance to this project, and an analysis of the activities of systematic maintenance of the company, the development of this work was based on two phases, Concept Phase and Implementation Phase.

In the Concept Phase, after considering the 640 equipment and revised its classification in accordance with internal procedure were defined groups of equipments , in collaboration with the production department. It was created a spreadsheet that contains all the equipment and information related to each.

After the definition of the groups, was created a new indicator, Criticality, wich enables the differentiation of groups from the recorded values of Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), Overall Equipment Effectiveness (OEE) and information about Stock Lead Time.

Once defined the Criticality of each group, started the Implementation Phase, wich establishes the ranking Criticality of equipment groups and define TPM improvement projects. Based on this ranking was structured a new Annual Map for Systematic Maintenance, more intuitive and able to provide relevant information for planning interventions, which encompasses the 57 groups created instead of dealing individually with each of the 304 equipment with systematic maintenance.

This work allowed to raise the systematic maintenance to a higher level of maturity, according to the principles of BPS, and to demonstrate the different departments the need to meet the planned intervensions for each equipment in order to improve the overall performance of the organization.

## **Keywords**

Total Productive Maintenance; Systematic Maintenance; Planning; Equipment Groups; Criticality.



# ÍNDICE

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas .....	xv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvii
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Metodologia de Investigação .....	2
1.4 Estrutura .....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 Definição de Manutenção.....	5
2.2 História e evolução da Manutenção .....	6
2.3 Tipos de Manutenção .....	8
2.4 Fiabilidade, Manutibilidade e Disponibilidade .....	11
2.5 Gestão da Manutenção .....	14
2.6 Toyota Production System e Lean Manufacturing.....	15
2.7 Total Productive Maintenance .....	16
2.7.1 TPM – modelo Bosch.....	18
2.7.2 Pilares da casa TPM da Bosch.....	19
2.7.3 OEE – <i>Overall Equipment Effectiveness</i> na Bosch .....	22
2.7.4 Responsabilidades no TPM Bosch e factores de sucesso.....	24
3. Empresa.....	27
3.1 Grupo Bosch.....	27
3.2 Bosch Termotecnologia SA .....	29
3.3 Estrutura Organizacional.....	30
3.4 Produtos, Mercados e Clientes .....	30
3.5 Bosch Production System – BPS .....	32

4.	Manutenção de Máquinas e Equipamentos na empresa .....	35
4.1	Tipos de Manutenção e Classificação de Equipamentos .....	35
4.2	Gestão da Manutenção .....	37
4.3	Planeamento da Manutenção Sistemática .....	41
4.4	Identificação de problemas e oportunidades de melhoria .....	43
5.	Metodologia de planeamento de manutenção Sistemática .....	47
5.1	Fase de Conceito .....	49
5.1.1	Planeamento e monitorização da Fase de Conceito.....	49
5.1.2	Revisão da classificação dos equipamentos .....	53
5.1.3	Constituição dos grupos de equipamentos.....	57
5.1.4	Criação do ficheiro de suporte à determinação da criticidade dos grupos .....	59
5.1.5	Gráfico de criticidade .....	70
5.2	Fase de Implementação .....	72
5.2.1	Planeamento e monitorização da Fase de Implementação .....	72
5.2.2	Grupos de Equipamentos críticos e “melhorias TPM”.....	75
5.2.3	Novo modelo do mapa anual de manutenções preventivas .....	77
5.2.4	Integração do novo modelo com departamentos envolvidos.....	79
5.3	Ações de suporte ao prosseguimento do Plano de Ação .....	79
6.	Conclusão.....	81
6.1	Considerações Finais.....	81
6.2	Trabalho futuro.....	83
	Referências Bibliográficas .....	85
	Anexo I – Classificação de Equipamentos segundo o procedimento TEF-001 .....	87
	Anexo II – Exemplo do Mapa anual corrente .....	89
	Anexo III – Exemplo de Folha de Serviços de Intervenção .....	90
	Anexo IV – A3 da Fase de Conceito .....	91
	Anexo V – Exemplo do ficheiro Grupo_de_Equipamentos .....	92
	Anexo VI – A3 da Fase de Implementação .....	93
	Anexo VII – Lista de Materiais para intervenção .....	94
	Anexo VIII – Levantamento Pré-intervenção .....	95





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução histórica da importância da manutenção .....	8
Figura 2 - Tipos de manutenção segundo a Norma NP EN 13306 .....	9
Figura 3 - Fiabilidade, Manutibilidade e Disponibilidade .....	13
Figura 4 - Sistema de Gestão da Manutenção (adaptado da norma NP 4483) .....	15
Figura 5 - Princípios do <i>Lean Manufacturing</i> .....	16
Figura 6 - Casa TPM, modelo Bosch.....	18
Figura 7 - Composição do indicador OEE.....	23
Figura 8 - Responsáveis e objetivos de cada pilar do modelo TPM da Bosch .....	24
Figura 9 - Factores de sucesso na implementação do TPM.....	25
Figura 10 - Bosch Termotecnologia SA em Cacia, Aveiro .....	29
Figura 11 - Organigrama do Departamento Técnico da Bosch Termotecnologia SA.....	30
Figura 12 - Produtos inovadores desenvolvidos pela Bosch Termotecnologia SA.....	31
Figura 13 - Vendas do setor Termotecnologia do Grupo Bosch por região. ....	31
Figura 14 - Marcas dos produtos da Bosch Termotecnologia SA .....	32
Figura 15 - Princípios BPS, elementos e ferramentas de implementação .....	33
Figura 16 - Diferentes tipos de manutenção e a classificação dos equipamentos. ....	36
Figura 17 - Interface do software WGTMEQU na secção relativa à Gestão dos Equipamentos.....	38
Figura 18 - Interface do software WGTMEQU na secção relativa aos Planos de Manutenção .....	39
Figura 19 - Interface do software WGTMEQU.....	40
Figura 20 - Etapas da atuação do planeador da Manutenção Sistemática .....	42
Figura 21 - Estrutura do modelo A3 da Bosch Termotecnologia SA .....	49
Figura 22 - Estado corrente - A3 da Fase de Conceito .....	50
Figura 23 - Estado futuro - A3 da Fase de Conceito.....	51
Figura 24 - Informação de cada equipamento no ficheiro Grupo_de_Equipamentos .....	54
Figura 25 - Procedimento de verificação dos equipamentos do ponto de vista da segurança e existência de VPS .....	55
Figura 26 - Procedimento de revisão da classificação de equipamentos e do plano de intervenção preventiva.....	56
Figura 27 - Procedimento para agrupamento dos equipamentos .....	57

Figura 28 - Grupos de Equipamentos definidos em cada secção.....	59
Figura 29 - Composição do indicador de Criticidade .....	60
Figura 30 – Pareto da Criticidade dos grupos de equipamentos.....	72
Figura 31 - Estado corrente - A3 da Fase de Implementação .....	73
Figura 32 - Estado futuro do A3 da Fase de Implementação.....	74
Figura 33 - Aspecto visual do novo MAIS .....	78
Figura 34 - Reprodução parcial do novo mapa anual de intervenções sistemáticas.....	79
Figura 35 - Procedimento de classificação de equipamentos (TEF-001) .....	87
Figura 38 - Folha de serviço de intervenção .....	90



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Presença do grupo Bosch por região .....	28
Tabela 2 - Plano de ações do A3 da Fase de Conceito .....	52
Tabela 3 - Métricas de acompanhamento da Fase de Conceito no A3 .....	53
Tabela 4 - Limites do MTBF .....	61
Tabela 5 - Intervalos de criticidade do MTBF .....	62
Tabela 6 - Grupos de equipamentos no intervalo L3 do MTBF .....	62
Tabela 7 - Grupos de equipamentos no intervalo L1 do MTBF .....	63
Tabela 8 - Grupos de equipamentos no intervalo L0 do MTBF .....	63
Tabela 9 - Grupos de equipamentos sem intervalo definido para o MTBF .....	64
Tabela 10 - Limites do MTTR .....	65
Tabela 11 - Intervalos de criticidade do MTTR.....	65
Tabela 12 - Grupos de equipamentos no intervalo L3 do MTTR.....	65
Tabela 13 - Grupos de equipamentos no intervalo L2 do MTTR.....	66
Tabela 14 - Grupos de equipamentos no intervalo L1 do MTTR.....	66
Tabela 15 - Grupos de equipamentos no intervalo F0 do MTTR.....	67
Tabela 16 - Grupos de equipamentos sem intervalo definido para o MTTR.....	67
Tabela 17 - Limites máximo e mínimo de Criticidade do OEE .....	69
Tabela 18 - Intervalos e pontuação de Criticidade para o LT Stock.....	70
Tabela 19 - Ranking de Criticidade dos grupos de equipamentos.....	70
Tabela 20 - Plano de ações do A3 da Fase de Implementação .....	75
Tabela 21 - Grupos de "melhoria TPM" .....	76
Tabela 22 - <i>Ranking</i> de Criticidade do grupos de equipamentos.....	76



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BPS – *Bosch Production System*

EPS – Plano de Produção

HSE – Departamento de Saúde, Segurança e Ambiente

LOG – Departamento de Logística

MAIS – Mapa Anual de Intervenções Sistemáticas

MAZE – Armazém da Manutenção

MOE – Departamento de Produção

MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo médio entre falhas)

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

MWT – *Mean Waiting Time* (Tempo médio de espera)

NI – Número de Inventário/Número de Identificação de um equipamento

OEE – *Overall Equipment Efficiency*

QMM – Departamento de Qualidade

TEF – Departamento Técnico

TEF1 – Grupo de Manutenção de Máquinas e Equipamentos

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

VPS – Verificação Periódica de Segurança



# 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se o projeto desenvolvido para a conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Após o enquadramento do tema da dissertação, apresentam-se os objetivos, a metodologia utilizada e a estrutura do presente documento.

## 1.1 Enquadramento

A sobrevivência de uma organização está dependente do seu posicionamento no mercado face aos principais concorrentes, deste modo, em mercados cada vez mais globalizados, onde aumentam o número de organizações capazes de diversificar a oferta, cada empresa procura obter a maior eficiência possível na utilização dos seus recursos de modo a tornar-se cada vez mais rentável.

Numa conjuntura de responsabilização das organizações pelas práticas ambientais e pelo impacto social na economia em que cada uma se insere, a inovação ganha importância como requisito essencial para a vitalidade de qualquer indústria. Neste sentido, o cumprimento dos objetivos a que cada plano de negócio se compromete, designadamente em relação à entrega dos seus produtos ao cliente, passa obrigatoriamente pela melhoria continuada de todos os seus processos, tarefa tanto mais facilitada quanto maior a capacidade inovadora de cada organização.

Através do desenvolvimento tecnológico alcançado nas últimas décadas, os processos produtivos desenvolvidos relacionam o seu sucesso com a certeza de que dispõem de capacidade produtiva. Essa capacidade, para além de se relacionar com as aptidões que respeitam à mão de obra, com a disponibilidade e qualidade dos materiais utilizados e a harmonização do sistema produtivo implementado, está acima de tudo dependente do funcionamento pleno, e nas condições requeridas, dos equipamentos com influência direta na produção.

Assim, a manutenção de equipamentos ganha importância no seio de qualquer organização cujo êxito dos seus objetivos está estreitamente dependente da disponibilidade dos equipamentos existentes.

No seguimento da aposta na melhoria contínua, este projeto, desenvolvido na Bosch Termotecnologia S.A. em Aveiro, está relacionado com a manutenção planeada de equipamentos inserida no programa de Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive*

*Maintenance*), favorável para o processo de implementação da filosofia *Bosch Production System* (BPS) em toda a organização.

O desenvolvimento do projeto de investigação realizou-se entre janeiro e outubro de 2013, sendo que a permanência na Bosch Termotecnologia decorreu nos primeiros oito meses de duração do projeto.

## **1.2 Objetivos**

Este projeto tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma nova metodologia de planeamento da manutenção sistemática, por grupos de equipamentos, da Bosch Termotecnologia S.A, no âmbito do modelo *Total Productive Maintenance* (TPM) adaptado pela organização

Para a nova metodologia a desenvolver, os objectivos específicos passam por:

- Definir grupos de equipamentos por secção;
- Determinar um critério de diferenciação entre os grupos, transversal às áreas que interagem diretamente com as actividades de manutenção sistemática;
- Estabelecer prioridades para as ações de melhoria TPM entre os diferentes grupos e identificar os grupos mais críticos do ponto de vista da manutenção;
- Estruturar um novo Mapa Anual de Intervenções Sistemáticas;
- Criar condições de base para a integração do novo mapa com o plano de produção.

## **1.3 Metodologia de Investigação**

Uma vez que este projeto se desenvolveu em ambiente industrial, sendo de cariz operacional, a metodologia utilizada foi a metodologia de investigação-ação.

A aplicação desta metodologia permite à organização a obtenção de ganhos com o trabalho de investigação, na medida em que, a partir de uma participação colaborativa, é expectável o desenvolvimento de ações cuja implementação se assume como um produto final do trabalho realizado. Para além disso, os dados recolhidos comportam um conjunto de considerações úteis para o desenvolvimento de novos projetos de investigação, tanto para a empresa como para a comunidade académica (Lawler, 2008).

Segundo O'brien (2001) esta metodologia desenvolve-se através de cinco fases, a fase de diagnóstico, de planeamento de ações, de implementação das ações selecionadas, de avaliação dos resultados e consolidação da aprendizagem.

Assim, a fase inicial deste projeto de investigação caracteriza-se por uma revisão bibliográfica das definições e conceitos relacionados com o tema do projeto, e de uma análise do estado atual das atividades de manutenção sistemática na organização, no contexto do programa TPM, através do envolvimento de vários agentes que interagem com a área da manutenção.

Seguiu-se o estabelecimento de duas fases de desenvolvimento do projeto, denominadas de Fase de Conceito e Fase de Implementação, que resultam do planeamento do projeto e visam a implementação das ações de melhoria nas atividade de manutenção sistemática, com ênfase na definição do indicador de criticidades do equipamentos.

De modo a avaliar os resultados e a consolidar a aprendizagem, teceram-se as considerações finais que visam uma leitura crítica do grau de cumprimento dos objetivos propostos e de acordo com as perspetivas existentes no início do projeto.

Sendo esta metodologia encarada como um movimento em espiral (Lewin & Gold, 1999), com ciclos de desenvolvimento interativos e um entendimento retrospectivo e prospetivo da ação (Carr & Kemmis, 1986), conclui-se a investigação com propostas de desenvolvimento de ações futuras, com base no trabalho desenvolvido desde a fase de diagnóstico até à fase de implementação das ações.

#### **1.4 Estrutura**

Esta dissertação é composta por seis capítulos. No presente capítulo é feito o enquadramento do tema, apresentam-se os objetivos do projeto, e estabelece-se a metodologia de investigação a aplicar.

No segundo capítulo é realizada um revisão da bibliografia que incide em temas e conceitos, relacionados com a manutenção, abordados ao longo do desenvolvimento do projecto, com especial incidência no modelo de gestão da manutenção da Bosch.

Segue-se o capítulo três, onde é apresentada a empresa onde foi realizado este trabalho, a Bosch Termotecnologia SA, a sua estrutura organizacional, produtos e mercados e a filosofia adotada no seu sistema produtivo.

No quarto capítulo, destaca-se a dinâmica das atividades de manutenção de máquinas e equipamentos da empresa, através de uma apresentação do modo como são geridas as atividades relacionadas com a manutenção sistemática. Identificando-se ainda as oportunidades de melhoria relativas às atividades de manutenção sistemática.

De seguida, no capítulo cinco, descreve-se todo o trabalho realizado para o desenvolvimento da nova metodologia de planeamento das intervenções sistemáticas, no sentido de solucionar os problemas anteriormente identificados, e em conformidade com os objetivos do projeto.

Finalmente, no capítulo seis, são expostas as considerações finais relativas ao trabalho desenvolvido durante o período de duração do projeto e propostas algumas ações a desenvolver em trabalhos futuros.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo rever os conceitos relacionados com a manutenção industrial de modo a sintetizar e normalizar definições utilizadas ao longo deste projeto. Sobre a manutenção, aborda-se a definição teórica, a evolução histórica da função manutenção e apresentam-se os diferentes tipos de manutenção existentes. Segue-se a apresentação dos conceitos de Fiabilidade, Manutibilidade e Disponibilidade, a abordagem à gestão da manutenção e o modelo de Manutenção Produtiva Total da Bosch.

### 2.1 Definição de Manutenção

Segundo a norma NP EN 13306, o termo Manutenção é definido como a *“combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”*.

Embora possam existir vários entendimentos acerca da sua definição, existem fatores que devem estar sempre presentes como balizadores das atividades de manutenção que respeitam aos equipamentos produtivos (Filipe, 2006):

- Segurança – fator primordial que engloba a segurança de todos os elementos que intervêm no processo, sejam pessoas ou equipamentos;
- Qualidade – garantia do melhor rendimento dos equipamentos, minimizando defeitos e acautelando as condições de saúde e segurança no trabalho e meio ambiente;
- Custos – todas as intervenções de manutenção devem ser desencadeadas de modo a obter o menor custo global possível (custos de produção e custos de manutenção e/ou não manutenção);
- Disponibilidade – procura ajustar as paragens programadas, minimizando as paragens por avaria do equipamento. Uma maior operacionalidade contribui para a regularidade da produção e cumprimento dos prazos estabelecidos.

Na perspetiva de garantir o melhor desempenho dos equipamentos, torna-se evidente a necessidade de acompanhar o seu funcionamento, analisar e controlar o histórico de avarias e realizar intervenções que minimizem o impacto da suas paragens, ou seja, garantir a sua manutenção em períodos atempados de maneira a sustentar a sua operacionalidade.

Uma visão mais alargada, segundo (Eti, Ogaji, & Probert, 2004), sugere que para além de manter as características funcionais e os níveis de desempenho operacionais definidos, a manutenção, a par dos aspetos relacionados com a produtividade, os custos unitários e a eficiência energética, deve atender a fatores como a qualidade do produto final, as atividades de controlo do processo produtivo, as condições de trabalho dos colaboradores e o cumprimento dos requisitos de saúde, segurança e ambiente.

Entende-se, portanto, que a necessidade da manutenção existe pela ocorrência de falhas nos sistemas, que devem ser minorizadas com o objetivo de garantir a satisfação dos três tipos de clientes, as chefias dos sistemas, os utilizadores e a sociedade em geral (Eti, Ogaji, & Probert, 2006). Desta forma, a satisfação das chefias é tanto maior quanto for a capacidade dos sistemas gerarem um retorno financeiro satisfatório. Por outro lado, a satisfação dos utilizadores relaciona-se a garantia do sistema em manter os seus níveis de performance de acordo com os standards definidos. Finalmente, a não ocorrência de falhas que coloquem a segurança de pessoas e bens em risco, com incidência negativa nos ecossistemas, assume-se como um objetivo de toda a sociedade civil.

## **2.2 História e evolução da Manutenção**

Desde os seus primórdios que o Homem interage com utensílios que foi adaptando às suas necessidades. Assim, sempre que atua no sentido de substituir, ou reparar, determinado bem, por desgaste ou inutilidade, por inoperacionalidade ou por manifesto risco para a sua segurança, o Homem realizava aquilo que se entende atualmente como manutenção.

Com o despoletar da revolução industrial, em meados do século XIX, surge a necessidade, perante a mecanização dos processos, de reparação regular dos equipamentos, garantida pelos próprios operadores.

Forçada a atingir padrões mais significativos de produção, foi no rescaldo da 1.<sup>a</sup> Guerra Mundial, que a indústria modificou a sua atitude relativamente às atividades de reparação dos equipamentos. Embora assentes num comportamento reativo, são constituídas equipas, afetas à produção, especializadas na reparação dos equipamentos.

A par da massificação da produção, e condicionada pela ocasião da 2.<sup>a</sup> Guerra Mundial, surge a necessidade de garantir elevados níveis de disponibilidade dos equipamentos. As empresas da época não se focam apenas na correção de falhas, como também refletem acerca da maneira como podem evitar essas falhas, ou seja, dá-se início à prática de substituições sistemáticas de componentes e/ou equipamentos.

O desenvolvimento industrial pós-guerra está essencialmente relacionado com a aeronáutica e a eletrónica. Com a percepção de que se desperdiçava demasiado tempo no diagnóstico das falhas nos equipamentos, procura-se a aplicação e desenvolvimento de métodos preventivos. Surge então a Engenharia da Manutenção, com pessoas especializadas no planeamento e controlo das atividades de manutenção preventiva, e na análise das causas e efeitos das paragens dos equipamentos devido a avaria. Nesta fase, as estruturas criadas no seio das organizações ganham autonomia em relação à produção.

A propagação da utilização do computador, a partir de 1960, sustenta a aplicação de modelos matemáticos e estatísticos, na análise e controlo da fiabilidade dos equipamentos, e o uso intensivo de técnicas de planeamento das atividades de manutenção.

Mais tarde, os avanços tecnológicos conseguidos, até à década de 80, permitiram a diversificação de instrumentos digitais de medição. Surge a possibilidade de medir e avaliar parâmetros de funcionamento, permitindo diagnósticos precoces de ocorrência de falhas, através de previsões. Neste período, a substituição condicionada, em função do estado dos equipamentos, é realizada preferencialmente em relação à substituição sistemática, que resulta numa diminuição dos custos associados à manutenção.

Pode-se, portanto, resumir a evolução da manutenção segundo quatro fases, de acordo com as expectativas relativas ao seu entendimento, conforme representado na Figura 1.

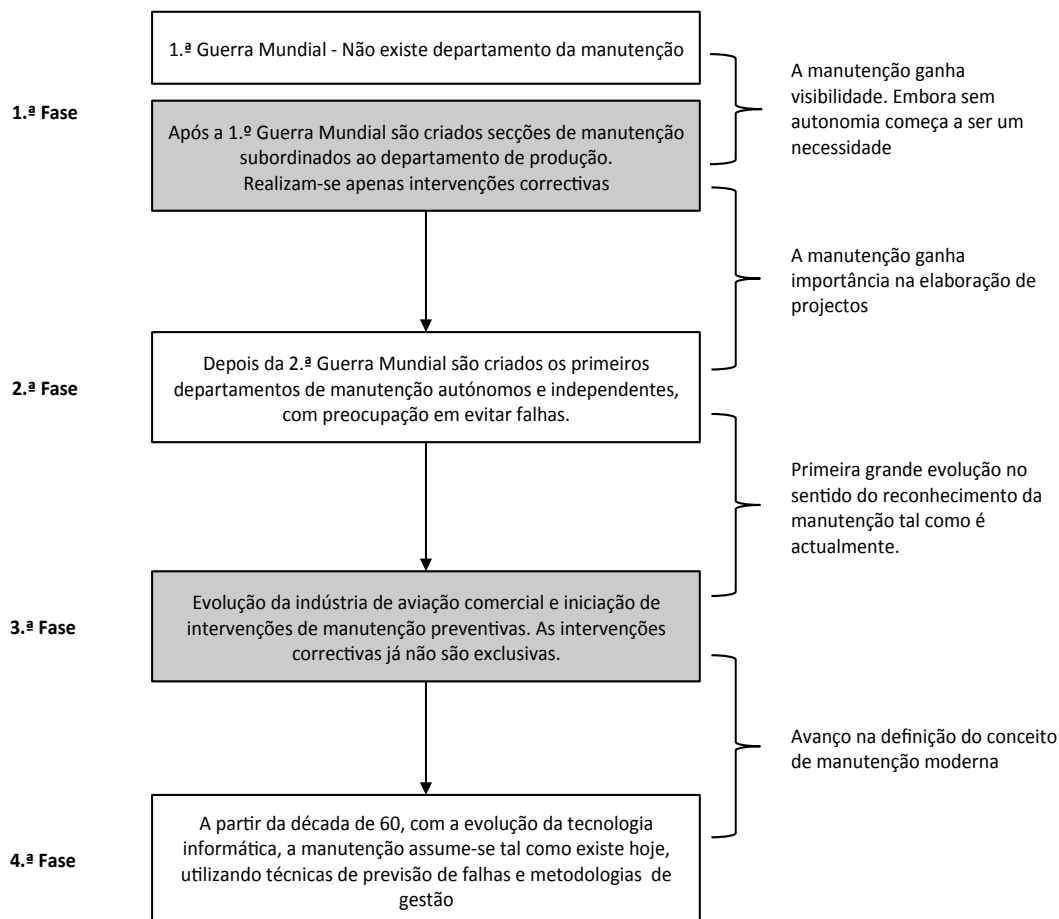


Figura 1 - Evolução histórica da importância da manutenção

Alcança-se, assim, a cultura de intervenções de manutenção planeadas e organizadas temporalmente através de técnicas de previsão e métodos de gestão. Uma mais-valia face às perdas até aqui associadas às ações de manutenção realizadas apenas e só quando ocorresse a falha de um componente e/ou equipamento.

### 2.3 Tipos de Manutenção

Como é possível verificar através da evolução histórica da manutenção, existem duas posturas básicas de atuação: reativa e proactiva. Na primeira, as ações, que geralmente não são planeadas, são de carácter curativo, que visam corrigir a falha que obrigou à paragem do equipamento. Por outro lado, ações preventivas, com planeamento prévio, associam-se a uma postura proactiva.

Não existe, contudo, consensualidade entre os autores que desenvolvem a bibliografia acerca do tema quanto à esquematização e organização dos tipos de manutenção existentes. Verifica-se uma grande variedade de nomenclaturas e classificação das atividades manutenção propostas, pelo que a existência de qualquer classificação e esquematização é sempre sujeita a

críticas consoante a interpretação que é dada aos termos relacionados com a manutenção em cada organização. No entanto, os tipos de manutenção existentes que reúnem mais unanimidade, podem ser definidos segundo a norma NP EN 13306 (Figura 2) da seguinte forma:

- **Manutenção Preventiva** – efetuada, com periodicidade definida ou em função do estado do equipamento, com o objetivo de diminuir a probabilidade de avaria ou degradação do equipamento;
- **Manutenção Corretiva** – ocorre após a deteção da avaria e destina-se à reposição do estado do equipamento num nível capaz de desempenhar as funções requeridas.

No que respeita à Manutenção Preventiva, existem ainda duas variantes:

- **Manutenção Condicionada** – relaciona-se com a medição e controlo de parâmetros bem definidos. O estado do equipamento, que está a ser monitorizado sem implicações na produção, determina a periodicidade das intervenções, em função dos limites de reação definidos.
- **Manutenção Sistemática** – realiza-se em intervalos de tempo pré-estabelecidos, de modo a que seja feita a intervenção antes de ocorrer a falha no equipamento. Não existe um acompanhamento da evolução do estado do equipamento, assumindo que as falhas ocorrem de modo mais ou menos previsível.

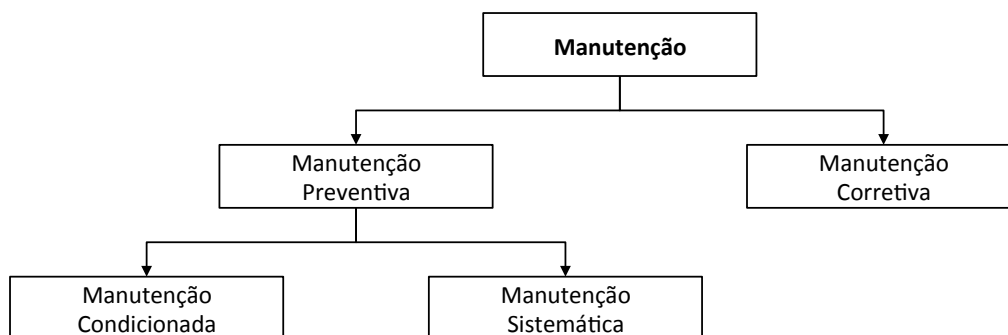


Figura 2 - Tipos de manutenção segundo a Norma NP EN 13306

Segundo (Pinto, 2013)), a manutenção corretiva apresenta como principais vantagens a facilidade de implementação, os esforços reduzidos de organização e gestão, e os baixos custos indiretos relacionados com a manutenção, principalmente no que se refere ao

planeamento, gestão e organização de recursos e meios auxiliares de monitorização e registo de informação de suporte à gestão.

Contudo, os custos associados à não manutenção sistemática, a necessidade de stocks elevados de componentes de substituição e a conseqüente diminuição da vida útil dos equipamentos, associado ao favorecimento da ocorrência de uma situação de caos, torna a manutenção corretiva uma opção viável apenas quando os custos de indisponibilidade são inferiores aos necessários para evitar a ocorrência de avarias, ou seja, geralmente em equipamentos sem influência no processo produtivo (Marcorin & Lima, 2003).

O planeamento das atividades de manutenção preventiva, por sua vez, permite minimizar o consumo de recursos e aumentar a vida útil de componentes e equipamentos, ao mesmo tempo que diminui a probabilidade de ocorrência de falhas no sistema. Além disso, em oposição à prática exclusiva de atividades de manutenção corretiva, a manutenção preventiva garante uma redução do risco de acidentes graves, aumentando a segurança de pessoas e bens e a proteção do meio ambiente.

A manutenção preventiva sistemática é o tipo de política mais usual no ramo da indústria. As intervenções são planeadas previamente em intervalos de tempo pré-definidos, sem considerar modelos probabilísticos que determinem o tempo até à ocorrência de falhas, tirando o melhor partido das paragens programadas, após ciclos de produção mensais, semanais e até anuais (Ruiz, Carlos García-Díaz, & Maroto, 2007). No caso de ser impossível programar paragens, por volume de produção elevado, a produção é interrompida para efetuar as intervenções planeadas, ou então não são executadas as intervenções. Nesta situação, a produção acaba por ser prejudicada pela falha dos equipamentos recorrente da ausência de manutenção dos equipamentos.

Em oposição às atividades de manutenção corretiva, neste tipo de manutenção existe a desvantagem relacionada com os custos indiretos associados à gestão da manutenção. Por outro lado, com a prática de atividades de manutenção preventiva sistemática corre-se o risco de existir trabalhos desnecessários de intervenção, que implicam a paragem de equipamentos com impacto negativo nos indicadores de performance (Rolfsen & Langeland, 2012). Em alternativa, recorre-se à prática da manutenção preventiva condicionada.

As práticas de manutenção condicionada tem como principal benefício a capacidade de prevenir falhas com antecedência suficiente para que os equipamentos sejam parados em segurança, diminuindo o risco de acidente e de paragens do fluxo produtivo (Mirshawka, 1991). Este tipo de manutenção baseia-se nas condições atuais em que o equipamento opera de forma a agendar as intervenções de acordo com o estado em que o equipamento se

encontra. O diagnóstico realiza-se através da combinação de ferramentas tais como a análise de vibrações, termografia, análise ruídos e análise de óleos para definir o estado atual do equipamento (Smith & Mobley, 2011). A inexistência de equipamento de diagnóstico e de colaboradores familiarizados as rotinas de verificação do estado dos equipamentos, a par da necessidade de combinar várias análises e estabelecer limites padrões que tornem o diagnóstico o mais fiável possível, são os principais impedimentos à operacionalização deste tipo de manutenção.

## 2.4 Fiabilidade, Manutibilidade e Disponibilidade

Existem várias formas de analisar a manutenção, para entendimento deste projecto é conveniente apresentar a análise pela Fiabilidade, pela Manutibilidade e pela Disponibilidade. Estes termos definem-se, segundo a norma NP 13306, como:

**Fiabilidade** – “*Aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo.*”, medida pelo indicador *Mean Time Between Failures* (MTBF) (1) (3).

$$MTBF = \frac{\text{Intervalo de tempo em análise}}{N.^{\circ} \text{ de falhas}} \quad (1)$$

Considerando-se o funcionamento de um bem, ou seja, um equipamento ou um dos seus componentes, para um determinado período de tempo, a taxa de avarias,  $\lambda$  (2), obtém-se pela expressão:

$$\lambda = \frac{N.^{\circ} \text{ de falhas}}{\text{Intervalo de tempo em análise}} \quad (2)$$

Obtém-se que:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

Partindo do pressuposto de que o bem é reparável, o indicador de fiabilidade MTBF, representa, portanto, o tempo médio de bom funcionamento de um bem (Martins & Leitão, 2009).

**Manutibilidade** – “*Aptidão de um bem, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos.*”, medida pelo indicador *Mean Time To Repair* (MTTR) (4).

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total das actividades de manutenção}}{N.º \text{ de falhas}} \quad (4)$$

A Manutibilidade pode ainda ser interpretada como a probabilidade de restabelecer o sistema nas condições de funcionamento requeridas, em limites de tempo desejados, isto é, como a probabilidade de um equipamento onde ocorreu uma falha ser reparado dentro de um tempo  $t$  (Kardec & Nascif, 2012) (5).

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (5)$$

Onde:

$M(t)$  – é a função manutibilidade

$e$  – base do logaritmo neperiano

$\mu$  – taxa de reparação (1/MTTR)

$t$  – tempo de reparação

O indicador de manutibilidade MTTR é interpretado por alguns autores como o tempo gasto efetivamente em reparações (Kardec & Nascif, 2012).

**Disponibilidade** – “*Aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições. Num dado instante ou durante um dado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos necessários recursos externos.*”, representado pelo valor de  $D$  (6).

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR (+MWT)} \quad (6)$$



Sendo que o *Mean Waiting Time* (MWT) (7) significa o tempo médio de espera antes do início de cada reparação, que permite uma análise da capacidade de resposta a um pedido de intervenção ou, em última análise, analisar a eficácia das equipas de manutenção em relação ao tempo de resposta dos pedidos.

$$MWT = \frac{\sum_{i=1}^n \text{tempo de espera}}{MTBF + MTTR + MWT} \quad (7)$$

O somatório dos tempos de MWT e MTTR, permite obter informação em relação ao tempo médio de necessário para colocar um equipamento em funcionamento, considerada como disponibilidade operacional, interessante do ponto de vista da análise de problemas logísticos pelo departamento de manutenção. Por outro lado, no caso de não se considerar o MWT, interpreta-se como a disponibilidade intrínseca, interessante do ponto de vista do operador (IAPMEI, 1994).

A relação entre os conceitos apresentados é estabelecida por (de Andrade Ferreira, 1998), de acordo com a Figura 3.

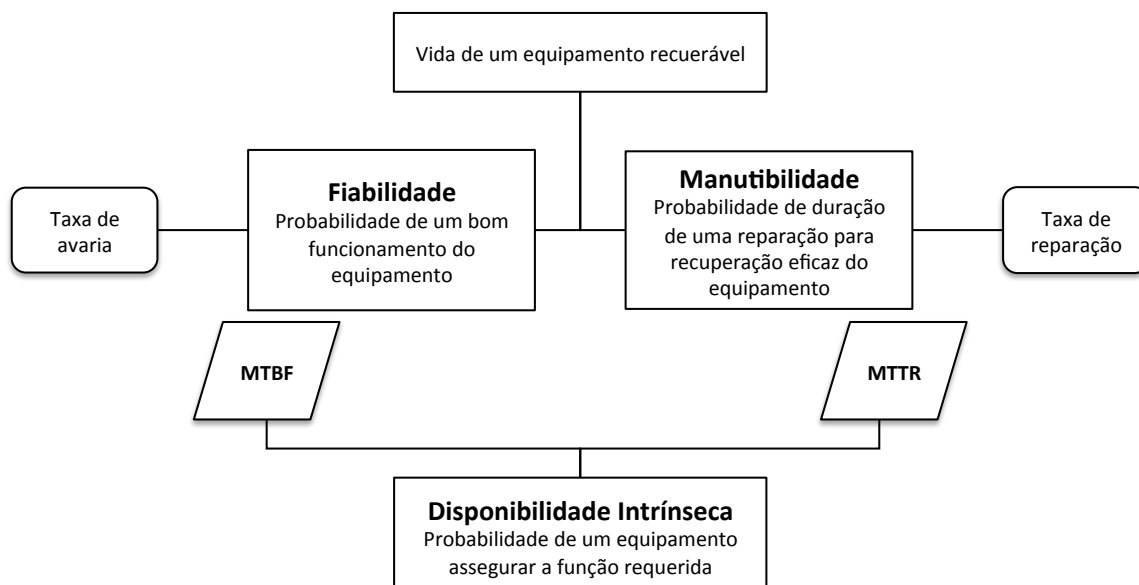


Figura 3 - Fiabilidade, Manutibilidade e Disponibilidade

Existe, ainda assim, em muitas organizações uma má utilização, derivado a uma interpretação errada, destes indicadores. Estes indicadores fornecem informação acerca da performance dos

equipamentos e não diretamente da performance colaboradores. A correta utilização deste indicadores deve ser uma mais-valia, na medida que poderão evidenciar potenciais de melhoria, através da análise e sinalização de pontos críticos, e assim apontar caminhos para a solução do problema (Wireman, 2005).

## **2.5 Gestão da Manutenção**

Equipamentos parados em momentos inoportunos comprometem a produção e podem originar perdas irrecuperáveis num mercado que é cada vez mais competitivo. Assim, é essencial gerir eficazmente os equipamentos através de métodos e sistemas de planeamento e execução da manutenção que sejam ao mesmo tempo eficientes relativamente ao controlo dos custos associados.

O planeamento da manutenção assume, portanto, cada vez mais importância na definição do plano da produção e na estratégia de negócio da gestão de topo, pois através da manutenção é possível garantir a disponibilidade dos equipamentos, a qualidade dos produtos e o cumprimento dos objetivos definidos (Jasinski, 2005).

Segundo (Belhot & Campos, 1995), um plano de manutenção deve proporcionar uma base de entendimento para a formulação de um programa de manutenção preventiva e para o estabelecimento dos princípios de monitorização e controlo das condições dos equipamentos, para além de definir os procedimentos de atuação nos casos de manutenção corretiva.

O objetivo principal deste tipo de gestão é atuar atempadamente, uma vez que tanto as intervenções realizadas precocemente como as intervenções corretivas se traduzem em maiores custos de manutenção. Em paralelo, o processo deve ser dinâmico, no sentido de otimizar a utilização dos recursos empregues nas atividades através de um sistema de melhoria contínua.

A interpretação da Figura 4, adaptada da norma NP 4483, permite perceber que a gestão da manutenção se realiza num ciclo entre os requisitos do cliente e a sua satisfação. A partir dos requisitos do cliente, define-se um determinado nível de serviço que tem consequência na forma de realizar o processo, ou seja, é necessário existir disponibilidade do mesmo. Nesta fase, as operações de manutenção ganham relevância, uma vez que são essenciais na garantia dessa disponibilidade. Iniciada a produção, e assumindo que se cumprem os níveis de qualidade do serviço requerido, está garantida a satisfação do cliente. Neste sistema, o controlo e avaliação do desempenho das atividades de manutenção deve ser uma preocupação constante, no sentido de encontrar sucessivamente oportunidades de melhoria nos serviços nesta área.

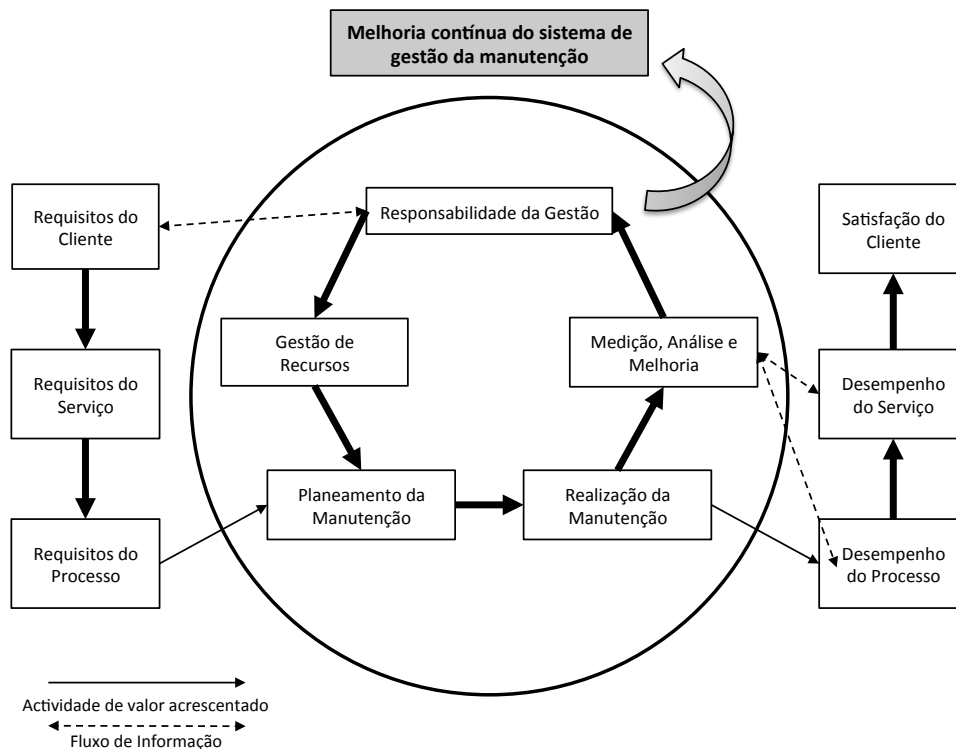


Figura 4 - Sistema de Gestão da Manutenção (adaptado da norma NP 4483)

O cumprimento dos objetivos da gestão são conseguidos através de mecanismos que, a partir dos requisitos do cliente da manutenção, permitem uma melhoria contínua de todo o sistema através da integração dos vários departamentos da organização.

## 2.6 Toyota Production System e Lean Manufacturing

O *Toyota Production System* (TPS), desenvolvido em 1950 por Taiichi Ohno, diretor da empresa de automóveis *Toyota*, é um sistema de produção que procura a melhoria contínua dos processos produtivos e a eliminação de desperdícios, otimizando o uso dos recursos existentes (Monden, 2011).

Este modelo de sistema produtivo, de origem japonesa mas reconhecido mundialmente, visa alcançar a máxima produtividade através de práticas que promovam “zero defeitos”, que ao contrário do tradicional esforço de garantir a qualidade através da procura de defeitos depois de fabricado o produto, se baseia na prevenção de defeitos durante todo o processo de fabrico (Nakajima, 1988).

O sucesso deste modelo, e a crescente procura das organizações pela optimização dos seus recursos através de novas técnicas de gestão e produção, fez com que este evoluísse para o que hoje é conhecido como *Lean Manufacturing* (LM).

(Womack, Jones, & Roos, 2007) definiram assim os sete princípios que baseiam o LM (Figura 5).

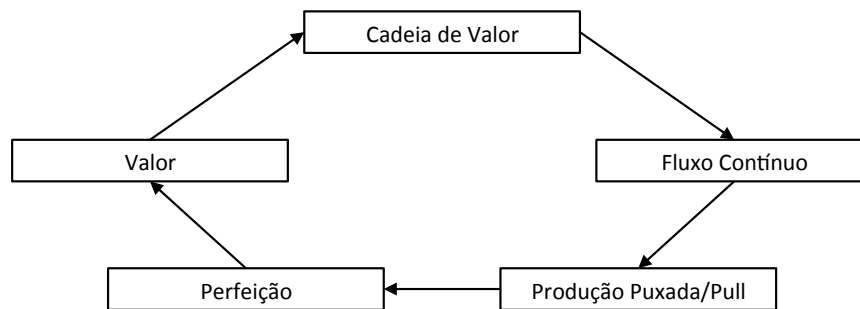


Figura 5 - Princípios do *Lean Manufacturing*

Estes princípios são aplicados à manutenção, segundo (Pinto, 2009), na medida em que zero avarias, zero acidentes, zero paragens, redução de tempos não produtivos, redução de custos e mais eficiência das operações são valores esperados pelo cliente da manutenção, seja ele o departamento da produção, externo ou a generalidades dos colaboradores da zona de fabricação de qualquer fábrica. Por outro lado, através da observação e planeamento e controlo dos processos de manutenção é possível identificar a cadeia de valor, e otimizar os seus fluxos de informação, de materiais e pessoas de forma a melhorar os processos de criação de valor. O princípio *Pull*, por sua vez, pode ser aplicado à gestão de componentes de reservas, evitando a acumulação de stocks, e à gestão de fornecedores.

Estas práticas devem ser inculcadas aos colaboradores, através do seu envolvimento nas ações de melhoria e por meio de formação e treino dessas práticas.

## 2.7 Total Productive Maintenance

Uma das metodologias existentes para gestão e melhoria do processo de manutenção denomina-se por Manutenção Produtiva Total, referida na literatura Anglo-Saxónica por *Total Productive Maintenance* (TPM). Desenvolvida em 1971, pelo japonês Nakajima, esta metodologia abrange toda a vida do equipamento descrevendo uma sinergia entre todas as unidades organizacionais, mais particularmente entre a produção e a manutenção. Esta relação visa a melhoria contínua da qualidade do produto, eficiência operacional, capacidade produtiva e segurança do equipamento (Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2005).

A conceção desta metodologia surge, assim, em resposta à cada vez maior competitividade dos mercados que obrigou as empresas a levar a cabo algumas medidas, tais como: redução de desperdícios, obtenção dos melhores níveis de desempenho dos equipamentos, redução de

interrupções e/ou paragens na produção, e redefinição de objetivos (Rodrigues & Hatakeyama, 2006).

Na procura de zero paragens por avaria de um equipamento, o TPM promove a produção livre de defeitos, “zero defeitos”, o *just-in-time production e automation*, pilares do TPS, pelo que sem TPM o TPS não poderia resultar. Esta importância comprova-se pela rápida implementação do TPM nas empresas do grupo *Toyota* aquando da sua criação (Nakajima, 1988).

Esta abordagem global da gestão da manutenção pode ser dividida, segundo (McKone, Schroeder, & Cua, 2001), em elementos de longo prazo e de curto prazo. No longo prazo, os esforços concentram-se na conceção de novos equipamentos e eliminação de fontes de desperdício, que requer tipicamente o envolvimento de várias áreas funcionais da organização. Por outro lado, os esforços a curto prazo são, normalmente, encontrados ao nível da implantação fabril da organização, que inclui um programa de manutenção autónoma para a área de produção e um programa de manutenção planeada para a área de manutenção.

No entanto, o número de empresas que implementaram com sucesso a metodologia TPM é relativamente reduzido, e a falha é atribuída a três grandes obstáculos (Bamber, Sharp, & Hides, 1999):

- Falta de apoio à gestão e compreensão dos seus objetivos;
- Formação insuficiente dos colaboradores envolvidos;
- Necessidade de mais tempo, para que seja possível verificar uma evolução.

Assim, é importante que a participação e a iniciativa de trabalho aconteçam de um modo corporativo, ou seja, desde a gestão de topo até ao nível organizacional mais baixo da empresa (Rolfsen & Langeland, 2012). Para isso devem ser considerados, pela gestão, os possíveis efeitos de fatores contextuais sobre o desempenho do sistema. Em particular, o tipo de processo de produção utilizado, que poderá diferenciar entre um bom e um mau resultado na implementação do TPM. Contudo, esse desempenho pode e deve ser melhorado com a implementação de práticas compatíveis, independentes do tipo de processo utilizado (Cua, McKone, & Schroeder, 2001).

Esta metodologia entende-se como uma base orientadora de integração dos processos de manutenção com os processos da produção, exposta a pontos de aperfeiçoamento e suscetível de adaptações. Neste sentido, a Bosch desenvolveu a sua própria metodologia TPM, adequando a sua aplicabilidade aos seus valores e à sua missão.

### 2.7.1 TPM – modelo Bosch

O modelo TPM da Bosch descreve um conjunto de tarefas e atividades no plano da manutenção para todas as máquinas e equipamentos (MAE – *Machines and equipment*) existentes na fábrica com o objetivo de eliminar as paragens não planeadas e reduzir as paragens planeadas.

As tarefas e atividades deste modelo standard da Bosch são integradas pelas equipas de produção e equipas de manutenção, assumindo que a eficiência de todo os sistema é melhorada através da transferência da responsabilidade pelos equipamentos para os operadores, suportados sempre que necessários pelos técnicos do departamento de manutenção.

O modelo TPM da Bosch (Figura 6) é composto por quatro pilares, com cinco passos de implementação cada, aos quais é transversal a formação e monitorização. Na sua base estão as atividades de limpeza, ordem e disciplina, relacionadas com a ferramenta 5S, o trabalho em equipa e o processo de melhoria contínua (CIP).

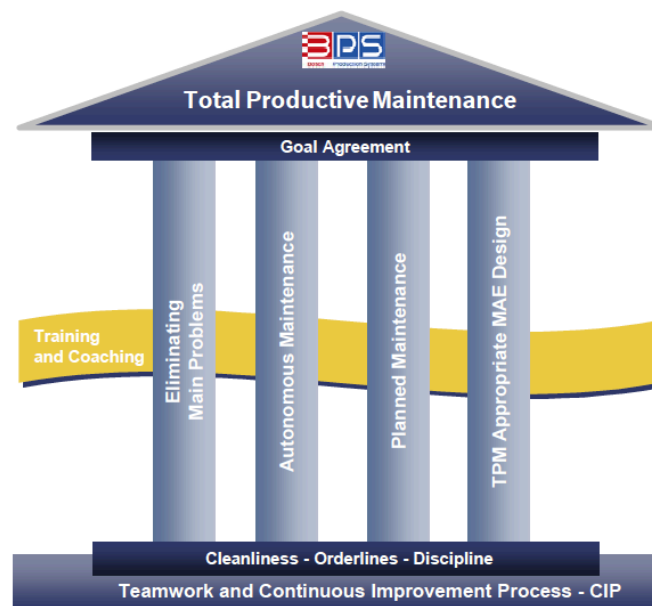


Figura 6 - Casa TPM, modelo Bosch

A introdução das atividades de TPM deve ser realizada sempre que a eficiência do sistema não é suficiente, quando há necessidade de cumprir elevados padrões de qualidade e sempre que é expectável o surgimento de problemas a curto/médio prazo. Desta forma, o modelo proposto pela Bosch tem como principais objetivos:

- Elevar a disponibilidade do sistema e aumentar os índices de produtividade;

- Prevenir paragens de equipamentos não programadas;
- Melhorar o ciclo de vida dos equipamentos;
- Preservar os sistemas limpos e seguros, e com maior visibilidade;
- Otimizar tempos de *Setup*;
- Responsabilizar, qualificar e motivar os colaboradores;
- Minimizar os custos de manutenção;
- Melhorar as condições dos postos de trabalho e os processos operativos;
- Estabilizar processos e aumentar os níveis de qualidade;
- Intensificar a cooperação no planeamento, entre manutenção e produção.

A implementação do TPM traduzir-se-á na restrição daquelas que são identificadas como as seis grande perdas associadas à manutenção (Pinto, 2013):

- Trabalho improdutivo;
- Atrasos;
- Má gestão de materiais e peças de reserva;
- Retrabalho;
- Subutilização de recursos;
- Gestão ineficaz de dados.

O modelo da casa TPM da Bosch difere do modelo original japonês que é composto por oito pilares: melhorias focalizadas, manutenção planeada, manutenção autónoma, gestão inicial do equipamento, manutenção para a qualidade, *office* TPM, ambiente e segurança e formação e treino. Contudo, é possível verificar que pela definição e abrangência dos pilares que estruturam o modelo TPM da Bosch, explicados a seguir na secção 2.7.2, que todos os fundamentos do modelo japonês são considerados, sendo que também ele tem na sua base a melhoria contínua e os 5S.

### 2.7.2 Pilares da casa TPM da Bosch

O modelo adaptado pela Bosch para a casa TPM é composto por quatro pilares que integram todas as atividades e tarefas necessárias à implementação deste modelo de gestão da manutenção.

### **1.º Pilar TPM – eliminação dos principais problemas**

Neste primeiro pilar, os operadores são responsáveis, na perspetiva de eliminação de desperdícios e melhoria contínua, por analisar sistematicamente paragens ocorridas, identificar causas e eliminá-las de forma permanente.

Este processo desencadeia-se em cinco passos:

1. Identificação de perdas e principais problemas;
2. Análise de causas;
3. Definição e implementação de métricas;
4. Estabelecimento de padrões;
5. controlo e monitorização de ações.

### **2.º Pilar TPM – Manutenção Autónoma**

O segundo pilar, da manutenção autónoma, visa verificar que todas as atividades de manutenção dos equipamentos são efetuadas também por equipas de trabalho da produção de acordo com a sua própria iniciativa de acordo com a formação que receberam. As falhas nos equipamentos são rapidamente reconhecidas e atempadamente reparadas, por força da sensibilidade adquirida pelos operadores em sintonia com os técnicos de manutenção.

As atividades relacionadas com este pilar passam por:

1. Inspeção básica dos equipamentos;
2. Definição de rotinas de manutenção autónoma relacionadas com a limpeza, inspeção e lubrificação;
3. Incentivar a realização de atividades autónomas de aperfeiçoamento do sistema;
4. Realizar trabalhos de reparação simples com impacto positivo nos indicadores de desempenho;
5. Desenvolver ações de melhoria contínua tanto para as infraestruturas como para a qualidade do processo produtivo.

### **3.º Pilar TPM – Manutenção Planeada**

As atividades de manutenção planeada visam manter o sistema de tal modo que não existam paragens não planeadas, aumentando a vida útil de todos os equipamentos como resultado de



melhores intervenções. De forma a monitorizar e controlar o sistema, existem sistemas informáticos de apoio à gestão e tomada de decisão. No caso da Bosch Termotecnologia SA, os programas utilizados são o *WGTM\_ORD* e *WGTM\_EQU*, desenvolvidos internamente pela área informática. Estas atividades exigem um conhecimento profundo de todos os equipamentos, pelo que é necessária a colaboração entre vários departamentos, sob coordenação do departamento de manutenção.

Os passos que visam a concretização do pilar da manutenção planeada dizem respeito ao:

1. Desenvolvimento, definição e implementação de novas atividades de manutenção;
2. Reconhecimento dos pontos fracos de equipamentos e processos;
3. Eliminação das causas;
4. Estabelecer e utilizar sistemas de informação para planeamento e controlo das atividades;
5. Aplicar sistemas de diagnóstico e promover a melhoria contínua do sistema de manutenção.

#### **4.º Pilar TPM – Design e conceção TPM de equipamentos**

O design e conceção TPM de equipamentos significa que a facilidade de realizar intervenções de manutenção, a acessibilidade e a conceção do espaço fabril deve ser considerada na fase de projeto e aquisição dos equipamentos. Para isso, a experiência e o conhecimento dos colaboradores da produção e da manutenção é uma mais-valia na fase definição dos requisitos de novos equipamentos.

Os cinco passos para a realização deste pilar são:

1. Considerar os requisitos dos equipamentos na fase de desenvolvimento do processo e do produto;
2. Definir os requisitos necessários para os equipamentos de acordo com as especificações e em concordância com os operadores;
3. Estabelecer um design do equipamento de acordo com todas as especificações;
4. Instalar os equipamentos e colocá-los operacionais;
5. Melhorar continuamente o planeamento do processo de aquisição de novos equipamentos;

### ***Training and Coaching***

O treino e acompanhamento de todas as tarefas definidas para cada um dos pilares que estruturam o modelo TPM da Bosch é essencial na medida em que o envolvimento e a integração de todas as fases do processo determinam o sucesso da sua implementação. Este objetivo é conseguido através da realização de ações de formação consistentes e de reuniões de acompanhamento dos indicadores de performance.

### **5S, Trabalho de Equipa e Melhoria Contínua**

A metodologia 5S, é uma ferramenta de melhoria contínua, associada à práticas de gestão LEAN das organizações. Esta metodologia, através da manutenção das condições ótimas dos locais de trabalho, procura reduzir desperdícios e melhorar o desempenho conjunto de operadores e processos (Pinto, 2008). Os 5S, ou cinco sentidos, são uma ferramenta de gestão visual projetada para criar um ambiente de trabalho baseado na autoexplicação, auto-ordenação e automelhoria (Dennis, 2007).

De origem japonesa, os 5S significam *Seiri* (Separar), *Seiton* (Arrumar), *Seiso* (Limpar), *Seiketsu* (Normalizar) e *Shitsuke* (Autodisciplina) (Womack, et al., 2007).

Assim, com base nesta ferramenta, a Bosch assenta os pilares do seu modelo BPS na Limpeza, Ordem e Disciplina, princípios que estabelecem a origem dos 5S, pelo que se pode entender como uma adaptação do modelo japonês à características da organização.

Por sua vez, o processo de melhoria contínua é interpretado como um processo de gestão do BPS que visa a deteção e eliminação permanente dos principais problemas da organização, através de um conjunto de ferramentas disponíveis como são exemplo os 5S, workshops, sistema de sugestões, *Point-Cip*. Estas atividades caracterizam-se pela existência de uma base de apoio dos colaboradores suportada num trabalho em equipa eficaz.

#### **2.7.3 OEE – *Overall Equipment Effectiveness* na Bosch**

Um dos indicadores reconhecidos como uma variável eficaz de medição do sucesso das ações TPM denomina-se, na linguagem anglo-saxónica, de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Este indicador de eficiência, foi desenvolvido por Seiichi Nakajima como parte do TPM, mas atualmente é utilizado como uma ferramenta de melhoria operacional utilizada em muitas empresas, de forma independente da aplicação do modelo japonês de gestão da manutenção (Lanza, Stoll, Stricker, Peters, & Lorenz, 2013). O OEE permite a identificação de áreas onde devem ser desenvolvidas ações de melhoria, para além de servir como elemento de

*benchmark*, quantificando o sucesso das melhorias aplicadas nos equipamentos, células ou linhas de produção ao longo do tempo (Jonsson & Lesshammar, 1999).

A utilização deste indicador, em harmonia com o proposto no modelo TPM, permite averiguar as condições reais de utilização dos equipamentos. A análise dessa condição é feita com base nas perdas existentes no processo produtivo, envolvendo a disponibilidade dos equipamentos, a eficiência e a qualidade, através do apuramento do tempo de operação efetivo face ao tempo de abertura planeado (Figura 7).

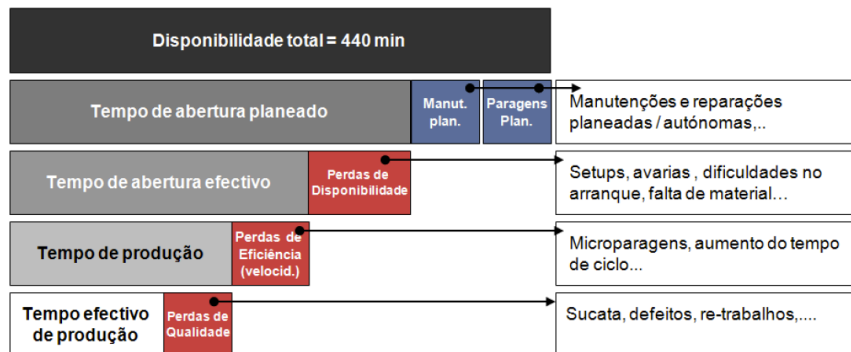


Figura 7 - Composição do indicador OEE

O valor do OEE resulta da multiplicação dos três fatores, eficiência (8), disponibilidade (9) e qualidade (10), que se calculam da forma que se apresenta a seguir.

$$Eficiência = \frac{N.º \text{ de peças produzidas} \times \text{Tempo de Ciclo}}{\text{Tempo de abertura efetivo}} \quad (8)$$

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de abertura efetivo}}{\text{Tempo de abertura planeado}} \quad (9)$$

$$Qualidade = \frac{N.º \text{ de peças OK}}{N.º \text{ de peças produzidas}} \quad (10)$$

Assim, para redução do tempo de cálculo, o OEE (11) pode ser calculado diretamente a partir da simplificação das expressões mencionadas acima.

$$OEE = \frac{\text{Tempo de Ciclo} \times N.º \text{ de peças OK}}{\text{Tempo de abertura planeado}} \quad (11)$$

## 2.7.4 Responsabilidades no TPM Bosch e factores de sucesso

De modo a cumprir com efetividades os pressupostos que estruturam os quatro pilares do modelo TPM da Bosch, é importante que se clarifiquem os responsáveis pelos objectivos de cada pilar. Assim, apresentam-se na Figura 8 as áreas responsáveis por cada pilar e os principais objetivos a que se comprometem.

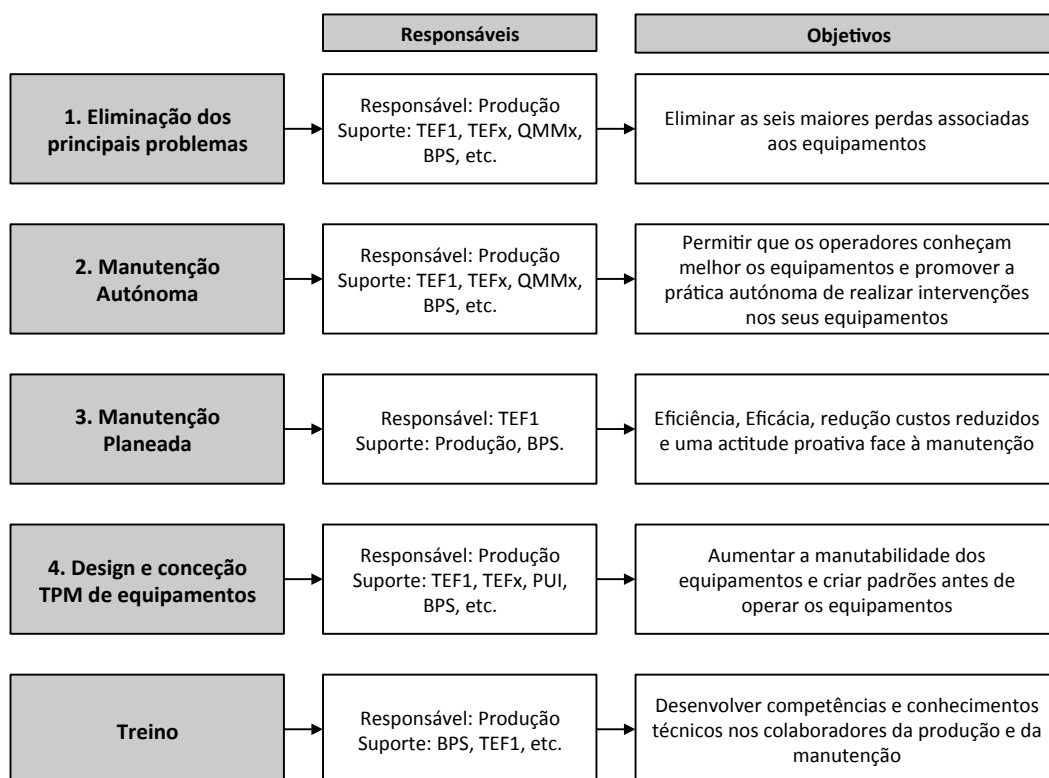


Figura 8 - Responsáveis e objetivos de cada pilar do modelo TPM da Bosch

Por outro lado, de forma a manter todos os colaboradores informados acerca das condições que contribuem para uma melhor implementação do modelo TPM da Bosch, são identificados os principais factores de sucesso do modelo de gestão de acordo com as características da organização (Figura 9).

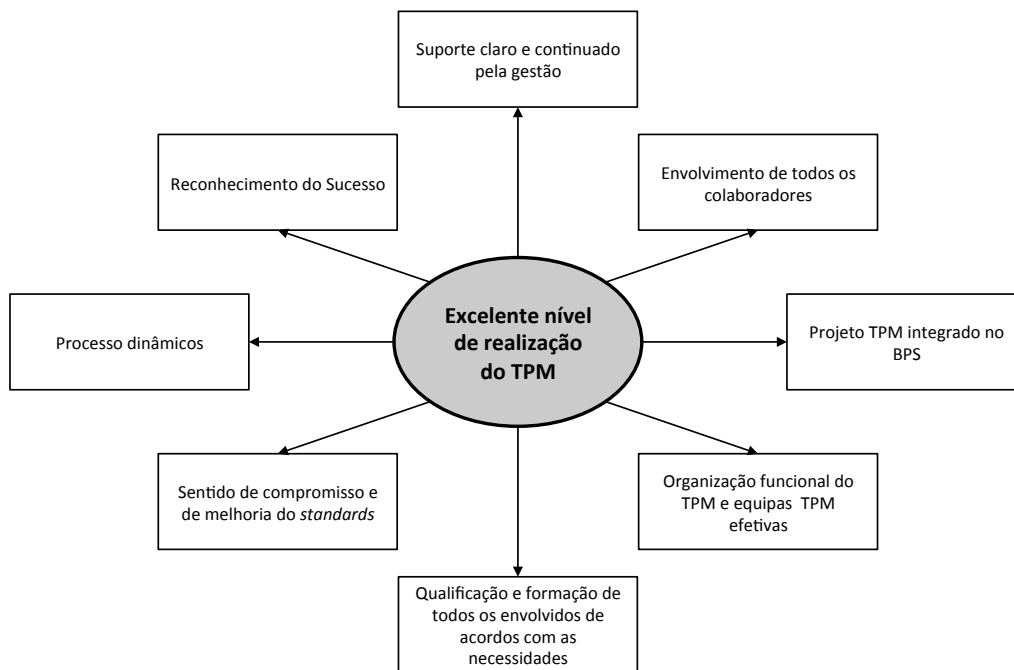


Figura 9 - Factores de sucesso na implementação do TPM

Desta forma, verifica-se que o conhecimento e a motivação dos colaboradores são elementos centrais para a melhoria da produtividade através do TPM. A colocação das pessoas no centro das atividade TPM, o sucesso dessas ações e a sua motivação levam, assim, a uma melhoria contínua da disponibilidade dos equipamentos.



### 3. EMPRESA

Ao longo deste capítulo apresentar-se-á a empresa onde foi desenvolvido este projeto, a Bosch Termotecnologia SA. Para além de uma breve exposição da história do grupo Bosch, e a sua presença em Portugal, faz-se referência aos produtos fabricados, clientes e principais mercados. Por fim, apresenta-se do sistema produtivo da Bosch – *Bosch Production System*.

#### 3.1 Grupo Bosch

Em 1886, Robert Bosch funda, em Estugarda (Alemanha), a “Oficina de Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica”, marcando o início da Robert Bosch GmbH.

Sendo, atualmente, uma das maiores organizações industriais privadas a nível mundial, o grupo Bosch é detido em 92% pela fundação Robert Bosch, encarregue, tal como era vontade do seu fundador, pelas atividades filantrópicas e sociais, alargando os seus objetivos para corresponder à sociedade moderna.

O Grupo Bosch é composto por mais de 300 000 colaboradores, dos quais cerca de 38 500 operam em atividades de pesquisa e desenvolvimento, com uma média de 16 patentes registadas por cada dia de trabalho, permitindo, assim, um sucesso económico a longo prazo de forma sustentada. Com 285 unidades de produção em todo mundo, o volume de vendas do grupo ultrapassou os 50 biliões de euros em 2011.

Este grupo desenvolve a sua atividade em quatro setores distintos: Tecnologia Automotiva, Tecnologia Industrial, Tecnologia de Energia e Construção, e Bens de Consumo.

Representando 59% das vendas, o setor da indústria Automóvel do grupo é líder mundial no fornecimento de tecnologia de ponta neste ramo. O setor da Tecnologia Industrial caracteriza-se pela liderança mundial na produção de caixas de velocidade grandes, tecnologia de movimentação e controlo, embalagens e tecnologias de processo. Por outro lado, no que diz respeito ao setor da Tecnologia de Energia e Construção, as empresas do Grupo Bosch lideram a produção de tecnologia térmica, solar e de sistemas de segurança. Assumindo-se como a maior produtora mundial de bombas de calor. No setor de Bens de Consumo, é fabricante mundial de ferramentas profissionais e líder no campo dos eletrodomésticos.

A Bosch detém 350 subsidiárias distribuídas por 60 países, representação que se estende a 150 países se forem contabilizados os parceiros de vendas e prestação de serviços do Grupo Bosch. A atividade do grupo desenvolve-se por todo o mundo de acordo com os dados que constam na Tabela 1.

Tabela 1 - Presença do grupo Bosch por região

Região	
Europa	59% do volume de vendas; 196 400 colaboradores; 171 unidades de produção
América	18% do volume de vendas; 34 900 colaboradores; 49 unidades de produção
Ásia e outras regiões	23% do volume de vendas; 71 200 colaboradores; 65 unidades de produção

Este posicionamento a nível mundial deve-se em grande parte à garantia da qualidade dos produtos produzidos e serviços prestados pelo grupo, conservando o pensamento do seu fundador Robert Bosch: *“Sempre foi uma ideia inadmissível para mim, que alguém pudesse examinar um dos meus produtos e, de alguma maneira, considerá-lo inferior. Por isso, sempre procurei assegurar-me que cada produto só saísse da fábrica se fosse bom o bastante para resistir a qualquer tipo de exame, em outras palavras, que entre os melhores, ele fosse o melhor.”*. (FONTE)

Em Portugal, o grupo Bosch está presente há 53 anos e atualmente detém quatro empresas, que contam com cerca de 3 180 colaboradores, que representam um volume de € 865 milhões de vendas em 2012 (Robert Bosch S.A., 2013), designadamente:

- Robert Bosch SA, em Lisboa - Comercialização e Assistência técnica de diferentes tipos de produtos Bosch;
- Bosch Termotecnologia SA, em Aveiro – Produção de Esquentadores, Caldeiras, Bombas de Calor e Sistemas Solares Térmicos;
- Bosch Car Multimedia Portugal SA, em Braga – Produção de Autorrádios, Sistemas de Navegação e outros equipamentos eletrónicos;
- Robert Bosch Security Systems – Sistemas de Segurança SA, em Ovar – Produção de Sistemas de Segurança.

Em Portugal, o grupo tem ainda uma participação de 50% na BSHP Eletrodomésticos (em parceria com a Siemens que detém a restante cota), empresa que comercializa eletrodomésticos de grandes marcas divididos por 5 áreas de produto: Calor (Fornos, Placas, Exaustores, etc.), Frio (Frigoríficos, Combinados e Arcas), Loiça, Roupa (Lavar e Secar) e também pequenos eletrodomésticos.



### 3.2 Bosch Termotecnologia SA

Este projeto foi desenvolvido na Bosch Termotecnologia SA, empresa localizada em Cacia, concelho de Aveiro (Figura 10), fabricante de tecnologia de água quente.

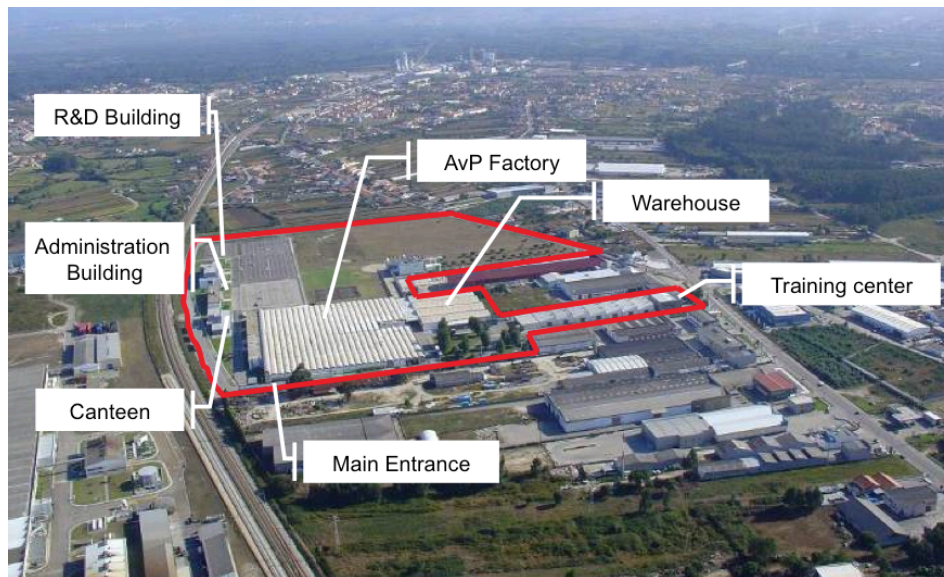


Figura 10 - Bosch Termotecnologia SA em Cacia, Aveiro

Esta empresa, que iniciou a sua atividade em 1977, constituída a partir de uma iniciativa de empresários locais, dedicou-se ao fabrico e comercialização de esquentadores a gás em Portugal, baseando o seu funcionamento num contrato de licenciamento, com a Robert Bosch, para a transferência da tecnologia utilizada pela empresa alemã na produção dos seus esquentadores.

A qualidade dos aparelhos produzidos aliada a uma clara estratégia de vendas originou um crescimento inicial significativo, que viria a ser consolidado com o lançamento da marca Vulcano, em 1983, alcançando a liderança do mercado de esquentadores em Portugal.

Em 1988, o nome da empresa foi alterado para Vulcano Termodomésticos SA, a Bosch fica detentora de 90% das ações, e a empresa é incorporada na Divisão de Termotecnologia do Grupo Bosch.

Outra marca histórica desta empresa data de 1993, ano em que é criado, em Aveiro, um centro de Desenvolvimento e Investigação, um ano depois de a empresa se assumir como líder do mercado europeu e terceiro produtor mundial de esquentadores. Passados três anos, em 1996, a gama de produtos produzidos em Aveiro é alargada com o início da produção de caldeiras murais a gás. No mesmo ano, é licenciado a terceiros o processo de montagem dos esquentadores com base em tecnologia própria, entretanto desenvolvida. Em 1998, o Grupo Bosch torna-se o único detentor de todas as ações da Vulcano Termodomésticos SA.

A partir de 2007 passa a chamar-se BBT Termotecnologia Portugal, e dá-se o início, em março desse ano, da produção de painéis solares térmicos. Em janeiro de 2008, assume a atual denominação, Bosch Termotecnologia SA.

### 3.3 Estrutura Organizacional

A Bosch Termotecnologia SA está organizada de modo funcional, ou seja, em conformidade com as funções mais importantes que são desempenhadas no seio da organização. A organização da empresa é composta por duas vertentes, a direção administrativa e a direção técnica.

A direção administrativa (AvP/PC) é responsável pelas áreas de Controlling (CTG), Contabilidade (FIN), Recursos Humanos (HRL), Logística (LOG), Compras (PUR) e Tecnologia de Informação (CI/FSI2). Estão ainda ligadas à AvP/PC as funções do BPS e a responsabilidade pela Direção Financeira e Administrativa (TTPO/FC).

A direção Técnica (AvP/PT) coordena todas as áreas com responsabilidade no processo produtivo e incentiva a dinamização de atividades/projetos por forma a otimizar os resultados. Estão englobados os departamentos de Qualidade (QMM), Montagem (MOE1), Fabrico de componentes e Solar (MOE2), Técnico (TEF) e o departamento de Saúde, Segurança e Ambiente (HSE).

O departamento com competências nas atividades de manutenção, tema central deste trabalho, é o departamento Técnico que está organizado segundo a representação da Figura 11.

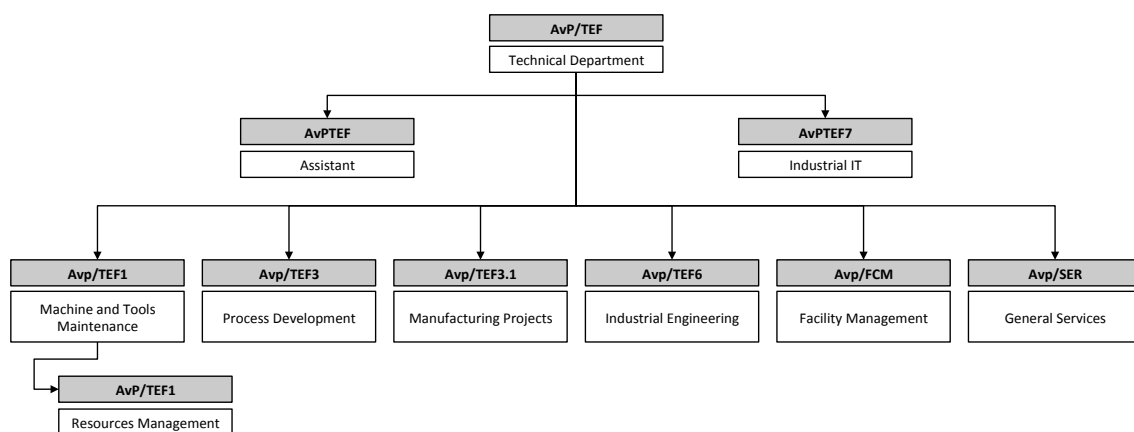


Figura 11 - Organograma do Departamento Técnico da Bosch Termotecnologia SA

### 3.4 Produtos, Mercados e Clientes

O portfólio de produtos da Bosch Termotecnologia SA é composto essencialmente por tecnologia para aquecimento de água no segmento doméstico. Assim, entre os produtos

fabricados pela empresa de Aveiro distinguem-se os esquentadores, caldeiras, coletores solares térmicos e bombas de calor. Sendo uma empresa que se caracteriza pela dinâmica inovadora dos seus produtos (Figura 12), afirma-se no mercado global como uma das fábricas mais competitivas no setor da Termotecnologia.

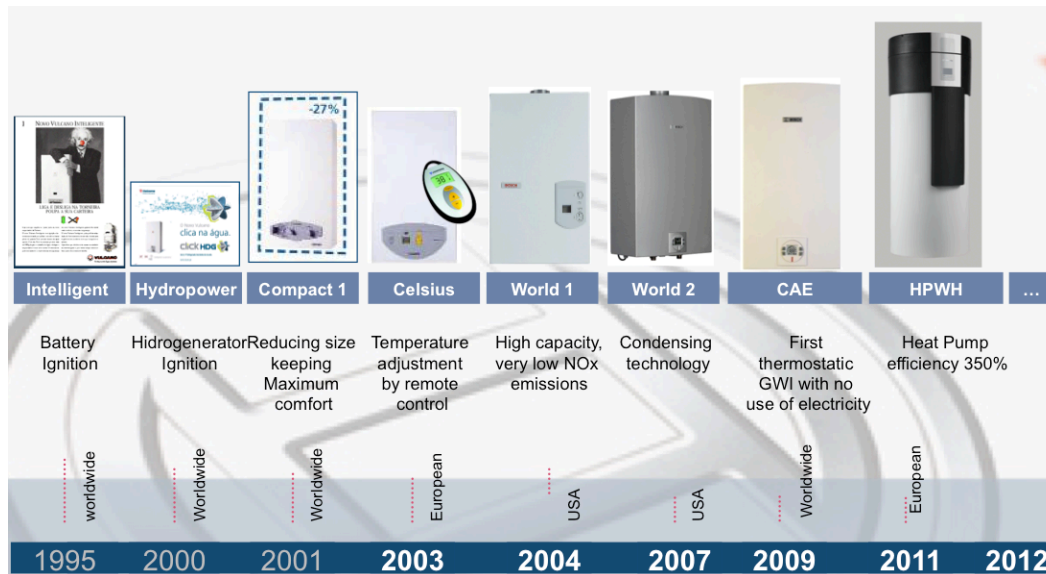


Figura 12 - Produtos inovadores desenvolvidos pela Bosch Termotecnologia SA

Com maior incidência no mercado europeu, o setor da Termotecnologia do grupo Bosch vende os seus produtos em todo o mundo, com uma presença efetiva junto dos seus clientes, seja por lojas do grupo ou por parceiros de vendas (Figura 13).

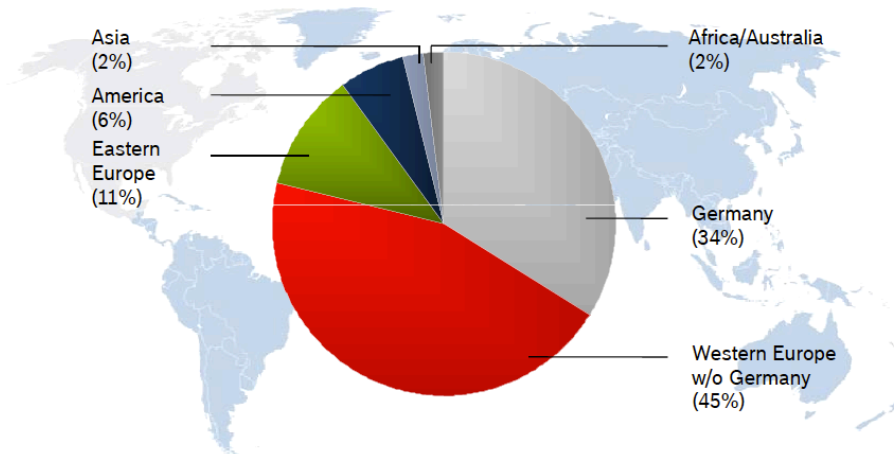


Figura 13 - Vendas do setor Termotecnologia do Grupo Bosch por região.

O sucesso da comercialização dos produtos fabricados em Aveiro deve-se à imagem forte conseguida através das suas marcas. Nomeadamente a Bosch, Vulcano, Junkers e Buderus (Figura 14).



Figura 14 - Marcas dos produtos da Bosch Termotecnologia SA

### 3.5 Bosch Production System – BPS

No sentido de otimizar os processos, reduzir *lead times*, controlar custos e garantir os padrões de qualidade mundialmente reconhecidos das suas marcas, a Bosch desenvolveu o *Bosch Production System* (BPS).

O BPS, adaptado do modelo japonês *Toyota Production System* (TPS), possibilita a concretização da produção LEAN, assegurando desta forma um posicionamento competitivo da organização no presente e no futuro, através da instalação de mecanismos de melhoria contínua e permanente redução de desperdícios.

Como base de orientação de todos os processos, o BPS assenta em oito princípios que estruturam a sua implementação:

- ***Pull System*** – O sistema produz apenas a quantidade que o cliente procura através de um fluxo contínuo de produção sincronizado com os níveis de procura;
- ***Process Oriented*** – O processo é visto como um todo, onde são desenvolvidas ações conjuntas de design, organização e controlo de todo o processo. A integração realiza-se desde a entrada de materiais até ao instante de entrega do produto ao cliente;
- ***Perfect Quality*** – Objetivo de zero defeitos e desenvolvimento de ações preventivas de modo a detetar erros e falhas mais cedo quanto possível, procurando entregar produtos ao cliente com qualidade perfeita;
- ***Flexibility*** – Adaptação fácil e rápida face aos requisitos dos clientes com capacidade de integração dos processos face às variações do mercado (quantidades, diversificação de produtos, novos produtos, etc.);

- **Standardization** – Através do *know-how* existente em todo o grupo, normalizam-se processos e métodos baseados nas melhores práticas com vista à obtenção de melhores resultados;
- **Waste elimination and Continuous Improvement** – Cultura de melhoria contínua de todos os produtos e processos, através da eliminação de atividades que não acrescentam valor ao produto;
- **Transparency** – Processos descomplicados, diretos e de fácil interpretação de forma a tornar claro todos os objetivos definidos e o seu acompanhamento por todos os colaboradores;
- **Associate Involvement and Empowerment** – Delegação de competências e responsabilidades de forma a envolver todos os colaboradores que estão de algum modo ligados aos processos. Estímulo à iniciativa própria e à criatividade.

A implementação destes princípios é suportada por diversas ferramentas como são exemplo 5S, *Poka Yoke*, Gestão Visual, *Standard Work*, *Kanban*, *Jidoka*, entre outros, do qual se destaca o TPM – *Total Productive Maintenance* (Figura 15).

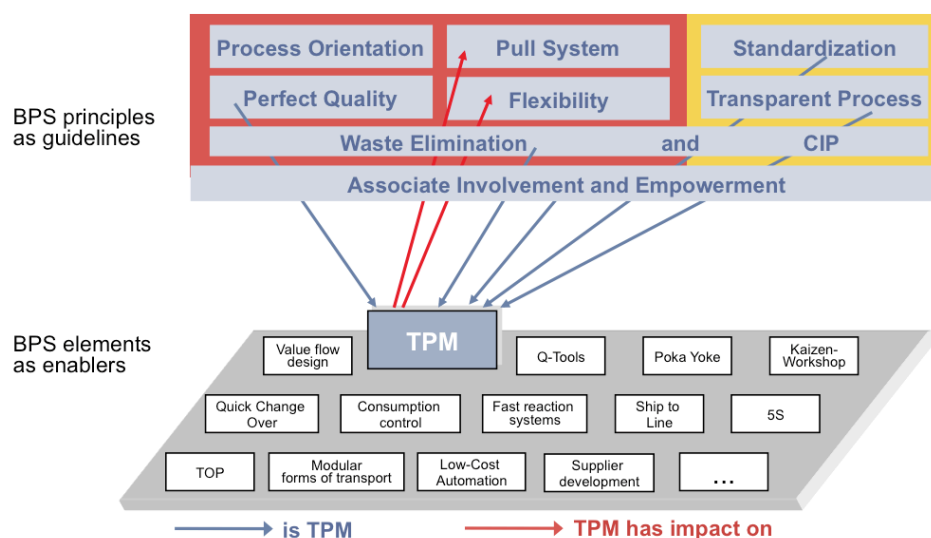


Figura 15 - Princípios BPS, elementos e ferramentas de implementação

Através da integração dos diferentes elementos e ferramentas permite-se uma execução eficaz dos princípios que estabelecem o BPS, que balizam todos os processos desenvolvidos dentro das empresas do grupo Bosch, garantindo a sua monitorização constante de forma transversal a toda a organização.



## 4. MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS NA EMPRESA.

Neste capítulo é feito o enquadramento das atividades relacionadas com a manutenção na empresa onde foi desenvolvido o projeto. Para além da exposição dos tipos de manutenção praticada na Bosch Termotecnologia SA e da sua relação com os diferentes equipamentos, aborda-se o tema de Gestão da Manutenção na empresa, o planeamento da manutenção sistemática e, finalmente, são identificadas os principais problemas e sinalizadas as oportunidades de melhoria relacionadas com a área da manutenção.

### 4.1 Tipos de Manutenção e Classificação de Equipamentos

A manutenção de Máquinas e Equipamentos praticada na Bosch Termotecnologia S.A. é classificada da seguinte forma:

- **Manutenção Autónoma** – engloba atividades básicas de limpeza, inspeção e lubrificação, sendo da responsabilidade das equipas TPM de cada secção fabril;
- **Manutenção Curativa** – ações de manutenção necessárias para repor o estado de funcionamento de um equipamento após a ocorrência de falha, com paragem ou não, com o objetivo de recuperar as condições requeridas para o desempenho das suas funções. Esta designação, utilizada na empresa, é equivalente à apresentada como Manutenção Corretiva no capítulo da revisão da bibliografia, sendo que se utilizará a partir deste ponto o termo curativa.
- **Manutenção Planeada Sistemática** – com base nas recomendações do fabricante e na experiência dos técnicos de manutenção, são calendarizadas ações de manutenção preventiva no sentido da redução de perdas de produção;
- **Manutenção Planeada Condicionada** – manutenção preventiva que se desencadeia por um acontecimento. A condição poderá ser o alerta de um operador por ocorrências anormais no equipamento, ou por sugestão de um técnico de manutenção. Para além disso, poderá ter origem após uma intervenção curativa onde foi diagnosticada outra eventualidade;

As atividades de manutenção autónoma são da responsabilidade das equipas de TPM criadas para esse efeito em cada secção, no entanto, as ações de manutenção planeada sistemática, planeada condicionada e curativa são da responsabilidade do TEF1. Assim, é através da aplicação de um procedimento interno (procedimento TEF-001), que se classifica os equipamentos nas seguintes categorias:

- **Equipamentos A** – Manutenção Planeada Sistemática
- **Equipamentos B** – Manutenção Planeada Condicionada
- **Equipamentos C** – Manutenção Curativa

Para determinar a classificação dos equipamentos são consideradas as áreas de Saúde, Segurança e Ambiente (HSE), de Qualidade (QMM), a área da produção responsável pela utilização do equipamento (MOE) e a área da manutenção (TEF1). Cada uma das áreas atribui o valor 1, 2 ou 3 associados a valores qualitativos como são exemplo a existência de elementos de segurança, a criticidade do equipamento face às especificações de qualidade do produto, o regime de utilização, o fluxo de produção, a frequência de avarias e o tempo médio de reparação.

**ASSIM, DA ATRIBUIÇÃO DESTAS PONTUAÇÕES E ATRAVÉS DO FLUXOGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS (**



Anexo I – Classificação de Equipamentos segundo o procedimento TEF-001), resulta a classificação que define o tipo de manutenção mais adequada a cada equipamento. Contudo, a ocorrência de qualquer avaria no equipamento desencadeará uma ordem de intervenção curativa independentemente de ser um equipamento A ou B. Isto é, as classificações definem as rotinas de manutenção mas não limitam o tipo de intervenções, sendo que um equipamento que avarie de modo imprevisível e aleatório será sempre alvo de uma ação curativa no sentido de o operacionalizar novamente. Essa interação entre os diferentes tipos de atividades de manutenção e o tipo de equipamentos está representada na Figura 16.

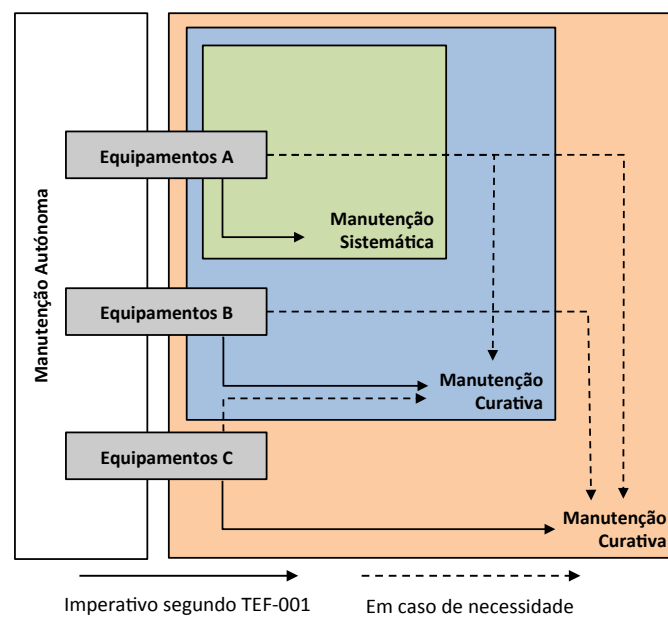


Figura 16 - Diferentes tipos de manutenção e a classificação dos equipamentos.

Este procedimento de classificação pode ser aplicado em várias fases do ciclo de vida do equipamento, inclusivamente na fase de conceção/aquisição, sujeita a revisão sempre que se procedam a alterações das características técnicas do equipamento, ou em função da análise, em períodos temporais definidos, de indicadores relativos ao número de pedidos de intervenções curativas, disponibilidade do equipamento e tempos de paragem e de reparação. Uma vez classificado, o equipamento integra a dinâmica de gestão da manutenção de acordo com o tipo de manutenção apropriada face às suas características técnicas e operacionais. Importa referir que equipamentos que se consideram críticos em termos de Ambiente e Segurança, com pontuação 3 nesse parâmetro, exigem obrigatoriamente a criação de um plano que visa uma verificação periódica de segurança (VPS) dos elementos de segurança, com periodicidade de 720 dias, independentemente da sua classificação.

## 4.2 Gestão da Manutenção

Com o crescimento do volume de negócio de uma organização a área da manutenção assume uma maior importância, seja pelo aumento da complexidade dos sistemas, pelo expressivo número de equipamentos ou pela importância evidente que o bom estado dos equipamentos tem na concretização dos objetivos globais a que se propõe. Desta forma, para a gestão da manutenção torna-se relevante a existência de uma plataforma que suporte todos os trabalhos relacionados com esta área e que facilite a integração de toda a informação relacionada com a manutenção.

Na Bosch Termotecnologia SA, a gestão da manutenção é suportada por um software desenvolvido pelo departamento de informática da fábrica de Aveiro, que serve atividades muito diversas e que contém outras aplicações para além das aplicações dedicadas ao TEF. No programa existente está registada toda a informação importante relativa aos equipamentos. Assim, no que à gestão da manutenção planeada diz respeito, importa salientar duas aplicações indispensáveis para a gestão das atividades de manutenção, e consequentemente, na realização deste projeto: o *WGTM\_EQU* e o *WGTM\_ORD*.

A aplicação *WGTM\_EQU* (interface da Figura 17) diz respeito às fichas dos equipamentos e contém toda a informação associada a um determinado número de identificação, que corresponde ao número de inventário (NI) do equipamento. Assim, o registo de um equipamento no sistema, entre outros dados, considera o NI, a designação do equipamento, a data de aquisição, a data limite da garantia, o fornecedor, o fabricante, a localização, a secção onde está a operar e a sua classificação, que determina o tipo de manutenção a realizar.

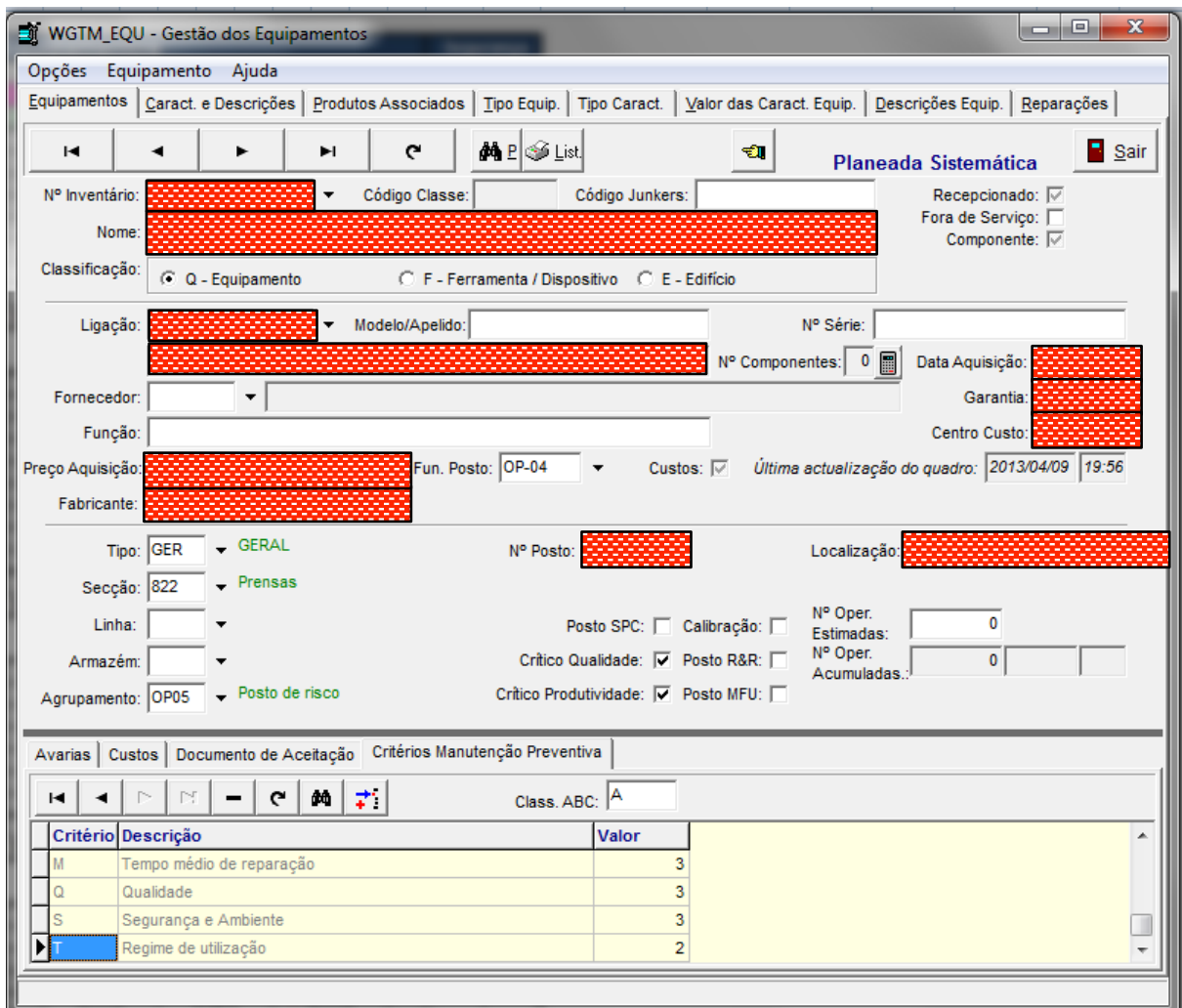


Figura 17 - Interface do software WGTM\_EQU na secção relativa à Gestão dos Equipamentos

Posto isto, de forma a cumprir o que está estabelecido pelo procedimento que regula a classificação de equipamentos, para resultados de classificação igual a “A” e/ou de pontuação de Segurança e Ambiente igual a 3, é possível a criação de um plano de manutenção preventiva sistemática (interface da Figura 18). Plano esse que está numerado e associado a apenas um equipamento. Entre outros dados, o plano contém informação relativa à área de intervenção de uma determinada tarefa, periodicidade, data da última intervenção realizada, data da próxima intervenção, diferença de dias face à data planeada, e o tempo previsto da intervenção. Através do separador “Folha de serviço” é possível editar e ver de forma mais detalhada as operações a realizar em cada tarefa planeada.

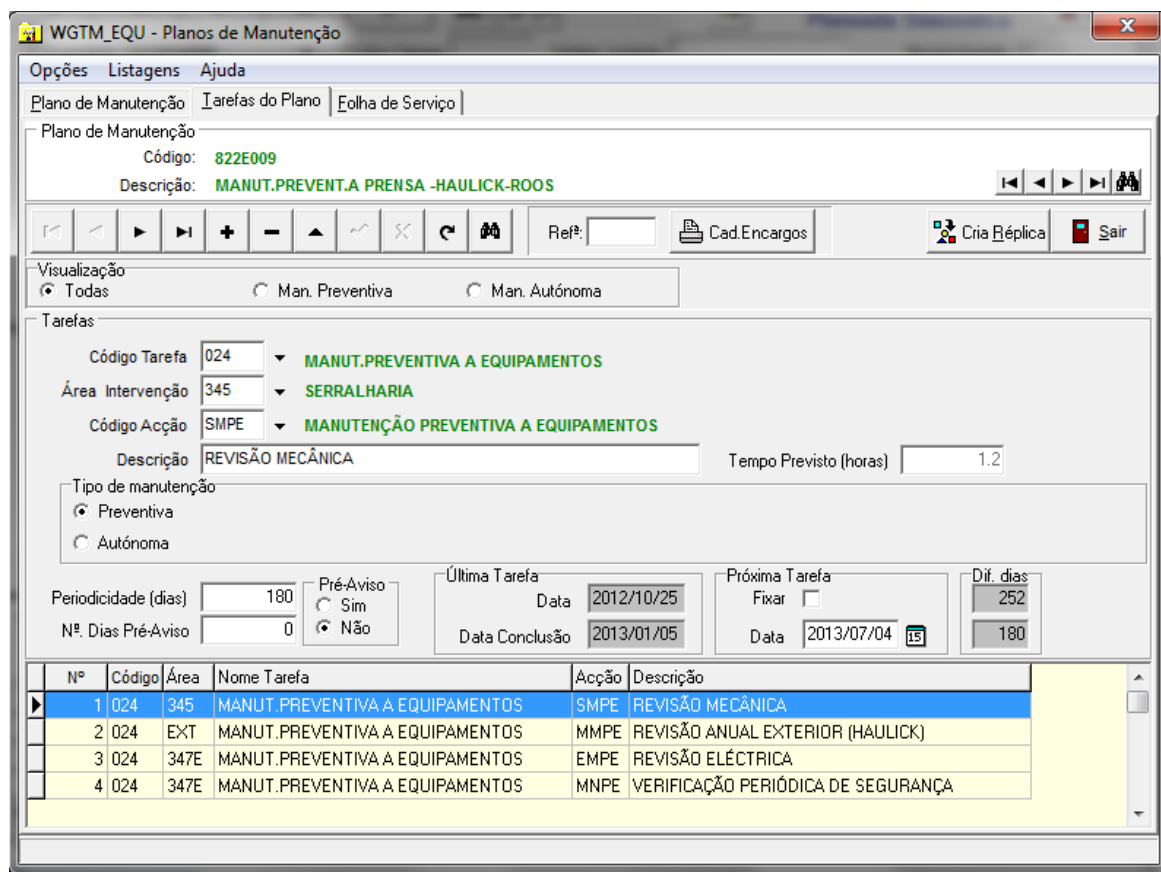


Figura 18 - Interface do software WGTMEQU na secção relativa aos Planos de Manutenção

Um vez criados os planos, definidas as periodicidades e as datas de intervenção, o software gera automaticamente o calendário anual de manutenções planeadas importado para uma folha de cálculo, onde está assinalada a semana de realização da intervenção de determinado equipamento (Anexo II – Exemplo do Mapa anual corrente), para além da possibilidade de consultar e imprimir as tarefas definidas em cada plano de intervenção (Anexo III – Exemplo de Folha de Serviços de Intervenção).

Ao longo do tempo, os planos foram criados à medida que os equipamentos eram adquiridos, não havendo sensibilização para a criação de planos alinhados com os planos dos restantes equipamentos da mesma secção. Como consequência, o mapa gerado reflete um planeamento desorganizado por se tratar os equipamentos de forma individual, não existindo, na grande maioria dos casos, similaridades em relação à periodicidade de intervenções em equipamentos semelhantes, nem correspondência nas datas de intervenção em equipamentos que pertencem à mesma secção.

Desta forma, o mapa de intervenções anual gerado pelo sistema apresenta uma dispersão de pontos assinalados em cada semana do ano, devido ao número significativo de equipamentos, o que torna o plano complexo e dificulta o planeamento semanal.

O software que permite a emissão de ordens de intervenção e o controlo da efetividade da realização das mesmas é o WGTM\_ORD (Figura 19). Este software, a partir das datas e periodicidades dos planos introduzidos no WGTME\_EQU, emite os alertas e as ordens de intervenção de acordo com os dados referentes a determinado equipamento.

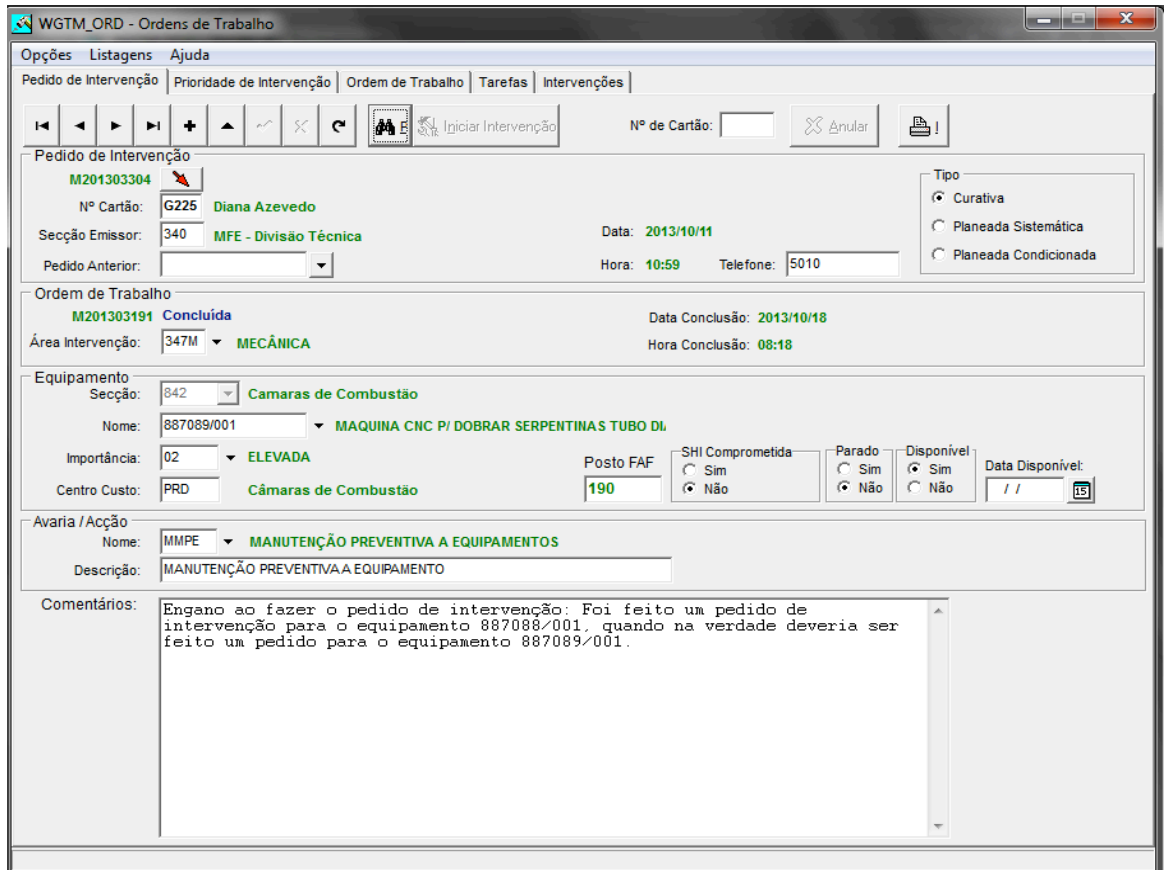


Figura 19 - Interface do software WGTM\_ORD

Para além disso, é através deste software que os técnicos de manutenção recebem os alertas e iniciam o processo de conclusão dos mesmos. Assim, o WGTM\_ORD permite monitorizar o estado de um pedido, pendente, em execução ou concluído, e qual o colaborador responsável pela intervenção naquele equipamento.

A resposta aos alertas para intervenção é coordenada entre os diferentes técnicos de forma a minimizar os pedidos pendentes e dar prioridade ao pedidos de intervenção curativa em que o equipamento está parado. Os técnicos existentes no TEF1, são orientados semanalmente, sendo que existem, em determinados períodos, técnicos dedicados exclusivamente à manutenção sistemática, embora em menor número do que os disponíveis para dar resposta aos pedidos de intervenção curativa.

### 4.3 Planeamento da Manutenção Sistemática

O processo de planeamento da manutenção na Bosch Termotecnologia SA caracteriza-se pela sua complexidade e pela influência de alguns fatores até então encarados como de difícil mutação, mais especificamente no que respeita à congregação de estratégias com a área da produção.

Ainda que a aplicação *WGTM\_EQU*, partindo dos planos criados para os equipamentos cuja classificação o impõe, seja capaz de gerar um mapa anual de intervenções, este não reflete algumas restrições implícitas às atividades de manutenção. Este facto origina uma intervenção direta do planeador neste processo, através da manipulação do mapa original, em função das restrições (e.g. disponibilidades dos equipamentos, existências no armazém da manutenção (MAZE), plano de produção, entre outras).

Ou seja, a partir do plano anual são geradas ordens de trabalho pelo *WGTM\_ORD* de acordo com as periodicidades definidas nos planos que constam no *WGTM\_EQU*. Nessa altura, com a antecipação de uma a duas semanas da data prevista para a intervenção, é verificada a disponibilidade dos equipamentos em função do plano diretor da produção (EPS) e das secções onde estão localizados os equipamentos.

De seguida, procede-se ao planeamento semanal de manutenções preventivas para o momento exato em que o equipamento estará parado, tendo em conta o número de técnicos disponíveis nesse período e a existência de materiais em armazém. A necessidade destes materiais é baseada na experiência dos técnicos de manutenção, informações dos fornecedores dos equipamentos, nos *inputs* dos operadores dos equipamentos e no histórico de intervenções transmitido pelos colaboradores do MAZE.

A disponibilidade dos equipamentos por parte da produção, a capacidade das equipas de manutenção, assim como a existência, ou não, de materiais no MAZE obrigam o responsável pelo planeamento das ações de manutenção a ajustar o plano sucessivamente a cada semana, face ao que está previsto no mapa anual.

A atuação do responsável pelo planeamento das atividades de manutenção sistemática é ilustrada na Figura 20.

Uma organização como a Bosch Termotecnologia SA procura continuamente aproximar os níveis de produção às variações da procura, no sentido da diminuição de desperdícios. Desta forma, quando o objetivo passa por produzir o produto certo, na quantidade certa e no momento certo, garantir a disponibilidade dos equipamentos para que possam ser intervencionados é uma tarefa árdua, seja pelas variações da procura ao longo do tempo, ou

simplesmente pelo facto de não serem considerados períodos no plano de produção, mais ou menos rígidos, exclusivamente dedicados às atividades de manutenção.

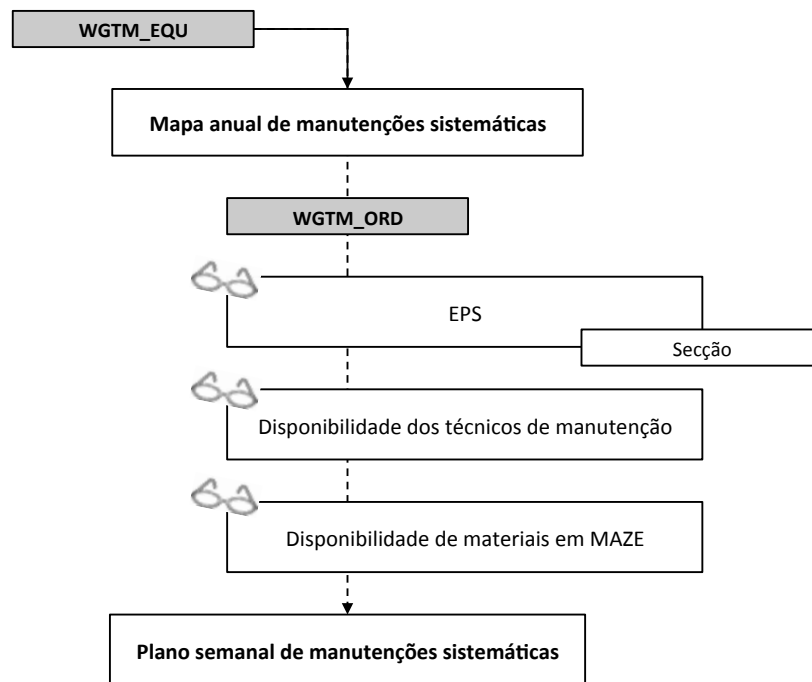


Figura 20 - Etapas da atuação do planeador da Manutenção Sistemática

Por outro lado, verifica-se uma limitação em relação à capacidade de mão de obra para executar as intervenções ao fim de semana, período em que paradoxalmente existe maior garantia de disponibilidade dos equipamentos e quando ocorrem a maioria das intervenções preventivas. Por outro lado, nas rotinas de produção surgem pedidos de intervenções curativas por avaria dos equipamentos, que para além de ocuparem recursos humanos na sua resolução, consomem disponibilidades em MAZE. Assim, em determinadas circunstâncias, poderão não existir alguns componentes em armazém, necessários nos períodos em que estão planeadas manutenções preventivas, o que força o seu reagendamento.

Em suma, verifica-se que o plano anual, resultante das periodicidades que constam nos planos de manutenção criados no sistema, é alvo de várias adaptações em função das restrições apresentadas. Essas adaptações podem mesmo depreciar alguns planos, seja por um reagendamento de datas muito divergentes das periodicidades pré-definidas, ou até mesmo pela não realização da intervenção, tal seja a evidência das anunciadas restrições.

#### **4.4 Identificação de problemas e oportunidades de melhoria**

Uma vez analisadas as atividades de manutenção e o seu planeamento, identificaram-se um conjunto de pontos com potencial de serem melhorados, sendo que a vantagem dessas ações manifestar-se-á na beneficiação do planeamento das intervenções sistemáticas e consequentemente no resultado dos fatores de desempenho do sistema produtivo.

Os problemas identificados, que originaram os objetivos propostos para este projeto, foram ratificados através de reuniões periódicas, entre os diversos responsáveis pela manutenção, no sentido de delinear uma estratégia a implementar através de ações enquadradas no âmbito do processo de melhoria contínua, transversal ao BPS e ao TPM.

Para além das reuniões do TEF1, o levantamento realizado baseia-se em informação relativa aos planos de manutenção dos equipamentos, ao mapa anual de intervenções e ao grau de cumprimento das atividades planeadas. Os dados utilizados foram acedidos através das aplicações informáticas existentes para suporte na gestão da manutenção, o *WGTM\_EQU* e o *WGTM\_ORD*.

Deste modo, apresentam-se os principais problemas identificados em relação à manutenção planeada, sendo que mais à frente, neste documento, será abordada a estratégia e o plano de ações levado a cabo durante a realização do projeto no sentido da sua resolução. Este propósito visa diminuir o impacto desses aspetos nos indicadores de desempenho do sistema através de modos de atuação alternativos aos habituais.

Posto isto, os problemas identificados no desenvolvimento dos processos de manutenção sistemática identificam-se a seguir.

##### **Dependência do planeamento da manutenção face ao planeamento da produção**

O principal entrave à execução do mapa anual de manutenção planeada relaciona-se com a disponibilidade dos equipamentos, à qual está associada uma imprevisibilidade face a alterações no EPS. Esta restrição coloca em causa o cumprimento do plano por não disponibilidade do(s) equipamento(s) naquele período, para além de dificultar a reação do planeador e a tomada de decisão no sentido de encontrar uma solução alternativa, como por exemplo a opção pela intervenção noutros equipamentos.

##### **Planeamento individual de cada equipamento**

Existem cerca de 600 equipamentos cuja manutenção é da responsabilidade do TEF1. O planeamento da manutenção faz-se em função de cada um dos equipamentos, o que torna



mais complexo todo o processo, para além de reduzir a visibilidade sobre quais os equipamentos e secções onde se preveem intervenções num determinado intervalo temporal. Devido à manutenção de determinado equipamento, verifica-se ainda a disponibilidade de outros equipamentos que pertencem aquela secção/grupo, que por inerência não estão a operar naquele período e que poderiam ser também eles intervencionados, ou seja, uma vez que cada equipamento é tratado de forma isolada, não existe à partida um aproveitamento das circunstâncias da paragem de um equipamento face aos restantes equipamentos daquela zona de fabricação. Para além disso, é verificável, no decorrer das atividades de manutenção, um desperdício de tempo que diz respeito às deslocações dos técnicos ao longo da fábrica devido à dispersão geográfica dos equipamentos para os quais está planeada a intervenção.

### **Difícil leitura e interpretação do mapa anual de manutenção planeada**

O mapa gerado pelo *WGTM\_EQU* organiza os equipamentos primeiro por secção, depois por número de inventário, não sendo perceptível a relação de proximidade dos equipamentos na planta da fábrica, nem em termos de integração no fluxo produtivo. Por outro lado, o planeamento independente de cada um dos equipamentos refletido no mapa torna-o demasiado corpulento pela quantidade de informação dispersa que contém, impossibilitando um entendimento intuitivo do mesmo.

### **Intervenções Planeadas não são preparadas previamente;**

Frequentemente, a intervenção num equipamento relaciona-se com determinados componentes passíveis de serem identificados previamente. Embora exista a consciência da necessidade desses componentes e se verifique, muitas das vezes, a sua existência em armazém, não há preparação, organização e recolha desses mesmos materiais que são necessários à intervenção então planeada. Por outro lado, o MAZE encontra-se encerrado ao fim de semana, período dedicado à maioria das intervenções planeadas, pelo que a recolha dos componentes é feita pelos técnicos. Desta forma, uma parte do tempo disponível para manutenção é dedicada à recolha e organização de materiais importantes às atividades planeadas, o que se traduz num desaproveitamento do tempo disponível para as ações de manutenção. Por outro lado, a não existência de determinados materiais em MAZE obriga ao agendamento de intervenções de Manutenção Condicionada para uma data em que todo o material esteja disponível.

### **Divergência de planos em equipamentos semelhantes e existência de planos desajustados**

Embora existam equipamentos tecnicamente semelhantes, os seus planos são muito distintos tanto em relação às tarefas a executar como em relação à periodicidade das mesmas. Estas diferenças impossibilitam a interpretação empírica dos planos, uma vez que os mesmos não estão normalizados. Para além disso, incorre-se na possibilidade de fazer um planeamento que não tem como pressupostos valores reais, assumindo-se um desajuste entre a informação que está na rede e o que acontece efetivamente.

Por outro lado existem tarefas relativas às três áreas de intervenção (mecânica, serralharia e elétrica) que não têm tempos de operação definidos, o que impossibilita uma estimativa da real capacidade dos técnicos de manutenção para executarem o que está planeado num determinado período. Sucede-se que esse balanço se baseia na experiência dos colaboradores envolvidos em todo o processo tendo como referência intervenções anteriores, o que complica ainda mais o planeamento a longo prazo com a indeclinável renovação dos quadros de pessoal, presumivelmente menos treinado quanto aos processos de intervenção em equipamentos.

### **Falta de integração das diferentes valências técnicas (serralharia, eletricidade e mecânica) quando são executadas as ações de manutenção**

No planeamento das intervenções de manutenção não existe o hábito de agrupar intervenções de áreas distintas no mesmo período. Ou seja, existe muitas das vezes uma data para a realização de uma intervenção elétrica, e outra data para a intervenção mecânica, por exemplo. Este facto, para além de exigir maior disponibilidade do equipamento, não permite o aproveitamento das sinergias que poderiam resultar da cooperação do trabalho em simultâneo dos técnicos das diferentes áreas.

### **Rácio intervenções planeadas vs. intervenções curativas demasiado baixo**

O não cumprimento de uma parte significativa das intervenções de manutenção planeadas aumenta a probabilidade de avarias e, conseqüentemente, aumenta o número de pedidos de intervenções curativas. Este acontecimento não se enquadra na perspetiva do TPM, cujo objetivo passa pelo aumento de intervenções preventivas em detrimento de intervenções curativas. Estas ocorrências implicam ainda perdas por paragens não planeadas do equipamento, perdas de qualidade e aumento dos custos de manutenção, pelo que a inversão desta tendência é claramente um ponto-chave na linha de ação da melhoria contínua nas tarefas relacionadas com a manutenção de equipamentos.

## 5. METODOLOGIA DE PLANEAMENTO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA

Após identificação dos problemas relacionados com o planeamento das atividades de manutenção, estabeleceu-se uma estratégia para o seu melhoramento através de uma atuação concertada entre o departamento de manutenção e o da produção, de modo a abranger todos os pontos anteriormente identificados como potenciais de melhoria. Desta forma, pretende-se criar uma nova metodologia de planeamento de intervenções preventivas baseada em grupos de equipamentos, que seja refletida no planeamento da produção. Por conseguinte, um registo em EPS de períodos dedicados exclusivamente à manutenção dos equipamentos, prática inexistente até então, é o objetivo esperado no final da aplicação desta metodologia.

Esta nova metodologia, por constituir uma mudança de paradigma face à política de manutenção planeada existente, deve ser introduzida de forma progressiva, forçando assim a necessidade de definir prioridades entre grupos de equipamentos numa fase inicial, estendendo-se à totalidade dos equipamentos no médio prazo. Assim, na etapa primária de implementação desta metodologia, deve-se incidir, sempre que seja possível, sobre os grupos de equipamentos com desempenho menos satisfatório face aos indicadores da produção e da manutenção, para isso torna-se necessária a sinalização desses grupos de equipamentos. A identificação destes grupos, para além de permitir estabelecer prioridades, com base no seu desempenho, em relação à necessidade de cumprir as intervenções preventivas planeadas, é relevante para a identificação daqueles grupos onde deverão ser desenvolvidos projetos de melhoria numa perspetiva TPM.

Assim, pretende-se criar as condições básicas para a criação do mapa anual de intervenções preventivas cujo formato e estrutura possa, em grande parte, ser mantido a cada novo ciclo, isto é, ano após ano, por forma a estabelecer uma rotina disciplinada de planeamento das intervenções preventivas por grupo de equipamentos, em oposição à metodologia corrente cujo planeamento é realizado de forma individual.

O trabalho desenvolvido divide-se em duas fases, uma fase de conceito e uma fase de implementação. A primeira diz respeito ao estabelecimento de alguns procedimentos que permitem um padrão de entendimento entre a área da manutenção e a área da produção e à definição de um fator de criticidade referente a cada um dos grupos de equipamentos que possa diferenciá-los entre si. A segunda fase aborda os aspetos relacionados com a operacionalização da nova metodologia, de maneira a obter, a médio prazo, o mapa anual de intervenções normalizado e completamente alinhado com a produção, para todos os grupos de equipamentos a constituir.

Para resolução do problema principal no qual teve origem este projeto, recorreu-se a uma ferramenta A3. Esta ferramenta permite a estruturação do pensamento e a definição de um problema e respetiva solução. Baseada no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check and Act*), é um instrumento de comunicação de problemas e propostas de melhoria às chefias, do mesmo modo que permite a normalização do processo de melhoria contínua, disciplinando a forma de apresentação de problemas e acompanhamento da sua resolução.

O modelo da ferramenta A3 adaptado pela Bosch, apresentado na Figura 21, baseia-se em sete pontos:

1. **Identificação do Projeto** – apresenta a denominação do projeto e os colaboradores envolvidos nele;
2. **Estado Atual** – resume o atual estado do problema e evidencia os principais aspetos;
3. **Problemas** – define a problemática do projeto e os pontos que devem inexistir na conclusão da etapa;
4. **Estado Futuro** – estruturação do estado futuro que se pretende alcançar;
5. **Objetivos** – definição dos objetivos específicos do projeto;
6. **Plano de Ação** – identifica as ações a desenvolver para concretização dos objetivos definidos, numa escala temporal;
7. **Métricas de performance** – indicadores a monitorizar para acompanhamento

Seguidamente, como suporte ao acompanhamento do trabalho realizado ao longo das duas fases que constituem este projeto, a fase de Conceito e a primeira Fase de Implementação, serão apresentados os respetivos A3 e detalhadas as ações desenvolvidas para persecução dos objetivos específicos de cada fase, apresentando-se assim o trabalho desenvolvido na criação da nova metodologia de planeamento de intervenções preventivas na Bosch Termotecnologia SA.

Title		Date:	Goals	
1)			5)	
Current state (i.e. VSM layout or sketch)			Future state (i.e. VSM layout or sketch)	
2)			4)	
Problems			Implementation actions	
3)			6)	
Performance metrics			Time scale	
7)			7)	
Achievement Date:			Key (Status & Effect):	

Figura 21 - Estrutura do modelo A3 da Bosch Termotecnologia SA

## 5.1 Fase de Conceito

A par da sinalização da principal problemática que originou este projeto – a não integração de períodos dedicados às atividades de manutenção quando é efetuado o planeamento da produção – foram ainda identificados outros pontos sensíveis de ações de melhoria. A introdução da nova metodologia de planeamento visa favorecer a sua resolução, constituindo assim as bases para um planeamento futuro de intervenções preventivas de forma normalizada.

Assim, para iniciar a resolução dos problemas atrás identificados estabeleceu-se a primeira fase do projeto, denominada fase de conceito, que engloba um conjunto de atividades tidas como alicerces da metodologia desenvolvida.

### 5.1.1 Planeamento e monitorização da Fase de Conceito

Para planeamento da fase de conceito estruturou-se um A3 (Anexo IV – A3 da Fase de Conceito) que suporta o acompanhamento dos trabalhos realizados e o nível de execução dos objetivos específicos relacionados com esta fase.

Após a constituição da equipa de trabalho, composta por todos os responsáveis das diferentes equipas do TEF1, foi estabelecido o que viria a ser o reflexo do atual panorama das atividades de manutenção preventiva realizada na Bosch Termotecnologia SA.

Na definição do estado corrente do A3 da fase de conceito (Figura 22), evidenciaram-se os pontos de carácter mais conceptual, ou seja do ponto de vista mais geral, do atual planeamento. Para isso, desenhou-se um diagrama que visa esquematizar a forma como é realizado o planeamento das intervenções preventivas, destacando-se alguns pontos considerados mais críticos.

- Planos de intervenções não contemplados em EPS;
- Desalinhamento do plano de manutenção com o plano de produção;
- Dificuldade em conseguir disponibilidade dos equipamentos para realização das intervenções;
- Dispersão das intervenções por processos distintos;
- Desconhecimento dos processos mais críticos;
- Periodicidades das intervenções distintas em equipamentos pertencentes ao mesmo processo;
- Planeamento de intervenções externas de forma aleatória face às intervenções internas.

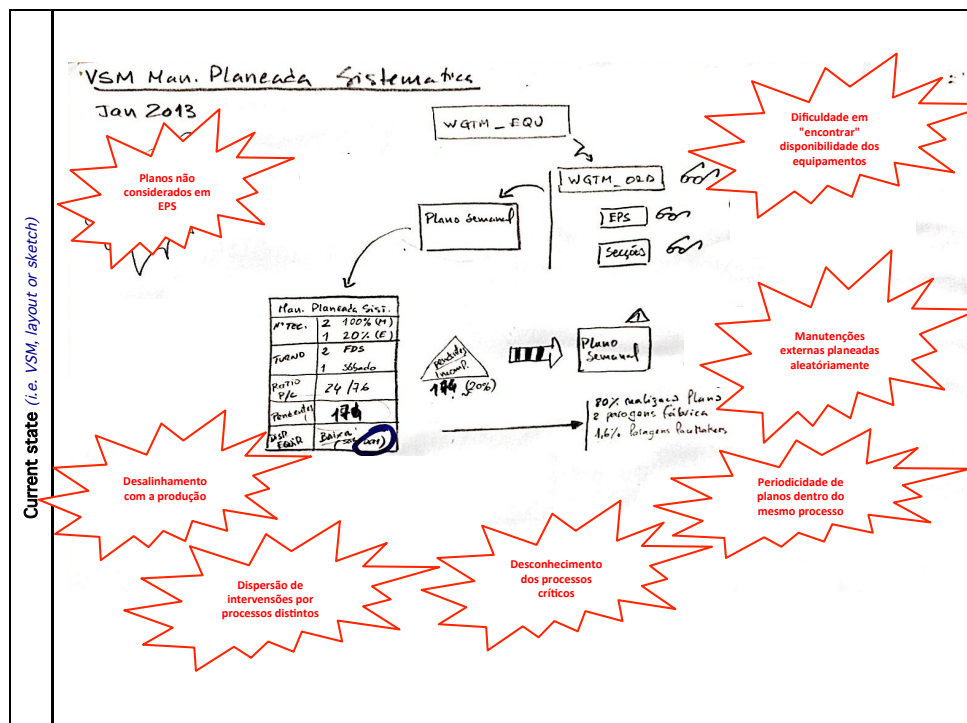


Figura 22 - Estado corrente - A3 da Fase de Conceito

Os aspetos mais críticos apontados ao estado atual da política de manutenção preventiva têm implicação na concretização da nova metodologia. Por isso, identificaram-se os principais problemas desta etapa de conceptualização do projeto, designadamente:

- Entendimento distinto entre o TEF1 e o MOE face à composição dos grupos de equipamentos definidos para o cálculo do OEE;
- Equipamentos cuja classificação não está correta, por existirem planos de intervenção preventiva para equipamentos não classificados como A, ou falta de planos para equipamentos críticos de manutenção.
- Equipamentos críticos do ponto de vista da segurança sem Verificação Periódica de Segurança (VPS);
- Inexistência de um fator capaz de diferenciar os diferentes grupos de equipamentos cujo entendimento seja transversal ao TEF1, ao MOE e ao LOG, de forma integrada.

Uma vez identificados os principais problemas que dizem respeito a esta fase, estabeleceu-se qual o estado futuro que se pretende alcançar com a conclusão desta fase de conceito, da forma representada na Figura 23.

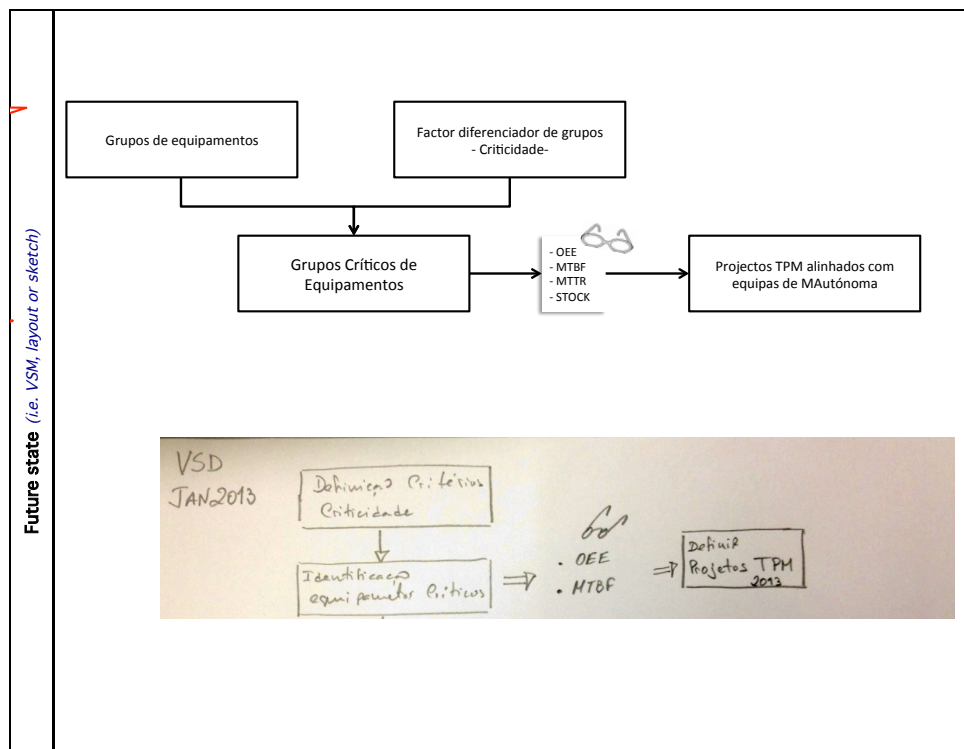


Figura 23 - Estado futuro - A3 da Fase de Conceito

A proposta então desenhada determina a criação de grupos de equipamentos e de um fator capaz de os diferenciar, com base no seu desempenho, para que possa então ser possível a identificação dos grupos de equipamentos mais críticos e dos grupos de equipamento que serão alvos de projetos de melhoria TPM.

Para alcançar a situação representada definiram-se os objetivos específicos desta fase de conceito da nova metodologia de planeamento de intervenções preventivas. Esse objetivos passam por:

- Normalizar o entendimento, entre o TEF1 e o MOE, em relação aos equipamentos que integram cada grupo definido;
- Rever a classificação dos equipamentos críticos do ponto de vista da manutenção, classificados como A;
- Rever a classificação e existência ou não de VPS dos equipamentos críticos do ponto de vista da segurança;
- Diferenciar os grupos de equipamentos em função da sua criticidade, definida a partir de indicadores comuns ao TEF1, ao MOE e LOG.

Para a concretização desta fase definiram-se de tarefas específicas que integram o cronograma do plano de ações do A3 da fase de conceito (Tabela 2).

Tabela 2 - Plano de ações do A3 da Fase de Conceito

	N.º	Implementation actions	By whom	Time scale												Statu	Effect			
				Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez						
Action plan	1	Avaliação da classificação dos equipamentos e verificação da existência de plano de manutenção e VPS (de acordo com o procedimento TEF-001)	JM															G	G	
	2	Definir grupos de equipamentos em cada secção	DR/JM																G	G
	3	Estruturar documento que suporte a definição de criticidade de cada grupo de equipamentos	DR/JM																G	G
	4	Determinar criticidade de cada grupo de equipamentos e criar gráfico de criticidade	DR/JM																G	G
	5																			
	6																			
	7																			
		Confirmação do processo e das métricas																		
Done		Dir. Departamento:																		
				VSM:																
				Key (Status & Effect): Good: <span style="background-color: #00ff00; border: 1px solid black; padding: 0 2px;">G</span> Bad: <span style="background-color: #ff0000; border: 1px solid black; padding: 0 2px;">R</span> Okay: <span style="background-color: #ffff00; border: 1px solid black; padding: 0 2px;">Y</span>																

Por outro lado, para monitorização da efetividade da realização cada uma das atividades definidas no plano de ações, em consonância com os objetivos traçados, estabeleceram-se os parâmetros de controlo correspondentes a esta fase (Tabela 3). O controlo realiza-se mensalmente durante o período estabelecido para a duração desta fase para cada um dos três pontos estabelecidos face à sua conclusão ou não. Assim, entre o instante 1 e 4, verifica-se a concretização do objetivo inscrito na Tabela 3.



Tabela 3 - Métricas de acompanhamento da Fase de Conceito no A3

Performance metrics	No:	Key Performance Indicator (Units)	KPI	Curren	Goal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	Status	Stability criteria follow up		
																		Duration		Deviation (Min/Max)	28	
1	Grupo de Equipamentos Definidos	Não	Sim	N	N	N	S													n/a	n/a	
2	Classificação de Segurança revista e VPS actualizadas	Não	Sim	N	N	S	S													n/a	n/a	
3	Grupos Críticos identificados	Não	Sim	N	N	N	S													n/a	n/a	
4																						
Achievment Date:						Approval	HoD:	VSM:						Key (Effect):	Good:	G	Bad:			R		

Nesta fase os objectivos passam por criar condições que não existiam até aqui, pelo que o acompanhamento é realizado através de métricas do tipo binária sim/não. Uma vez atingidas as metas traçadas no A3 da Fase de Conceito, ficará concluída a fase de conceito da nova metodologia de planeamento de intervenções preventivas.

### 5.1.2 Revisão da classificação dos equipamentos

Na fase inicial de diagnóstico do estado atual da manutenção preventiva dos equipamentos da Bosch Termotecnologia SA, verificou-se a existência de vários equipamentos cuja classificação, segundo o procedimento TEF-001, estava incorreta em relação à política de manutenção a aplicar nesse equipamento. Perante isso, foi necessário rever as suas classificações para garantir a existência de uma base fiel de trabalho, com os diferentes equipamentos de cada uma das secções de fabrico, que estivesse de acordo com o definido no procedimento TEF-001.

Como suporte a esta atividade, estruturou-se uma folha de cálculo (Anexo V – Exemplo do ficheiro Grupo\_de\_Equipamentos), que servirá no futuro como base de dados relativa aos equipamentos pertencentes a cada um dos grupos de equipamentos das secções. Nesse ficheiro consta informação relativa a cada equipamento que permite a sua identificação e localização, para além de outras indicações relativas às atividades de manutenção, como é detalhado na Figura 24.

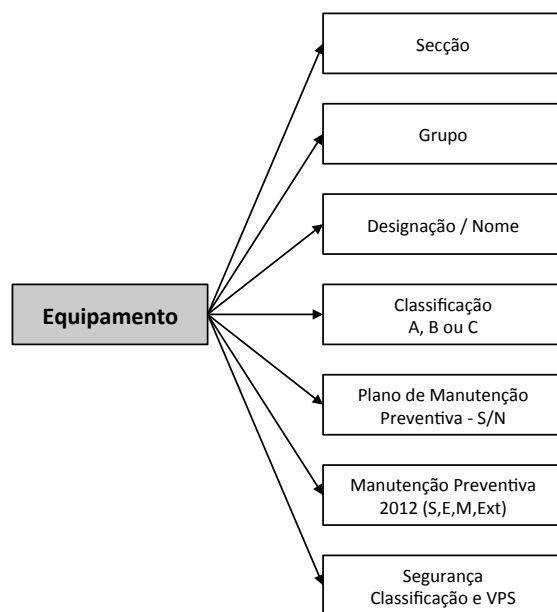


Figura 24 - Informação de cada equipamento no ficheiro Grupo\_de\_Equipamentos

Confirmou-se também, por solicitação do departamento HSE, a pontuação atribuída ao campo “Segurança” na classificação do equipamento, sendo que quando igual a 3 obriga à existência de um plano de verificação periódica de segurança (VPS), de acordo com as normas de segurança aplicadas na empresa. Para isso, estabeleceu-se um procedimento de verificação dos equipamentos (Figura 25) com vista à correção da sua classificação e criação, sempre que necessário, do respetivo plano VPS.

A existência de elementos de segurança nos equipamentos confirmou-se através de informação dos técnicos de manutenção, dos responsáveis do departamento HSE ou por verificação “*in loco*” junto do equipamento. Concluída a verificação dos equipamentos críticos de segurança, no total foram criados 145 novos planos de verificação periódica de segurança, e anulados planos cujos equipamentos correspondentes não continham elementos de segurança, e por essa razão foram reclassificados do ponto de vista da segurança do equipamento.

Uma vez que o presente projeto diz respeito à manutenção preventiva, a análise focou-se exclusivamente nos equipamentos que se relacionam com esta política de manutenção. Assim, foram analisados todos os equipamentos classificados como A, todos os equipamentos não classificados e todos os equipamento que não estando classificados como A dispõem de um plano de intervenção preventiva.

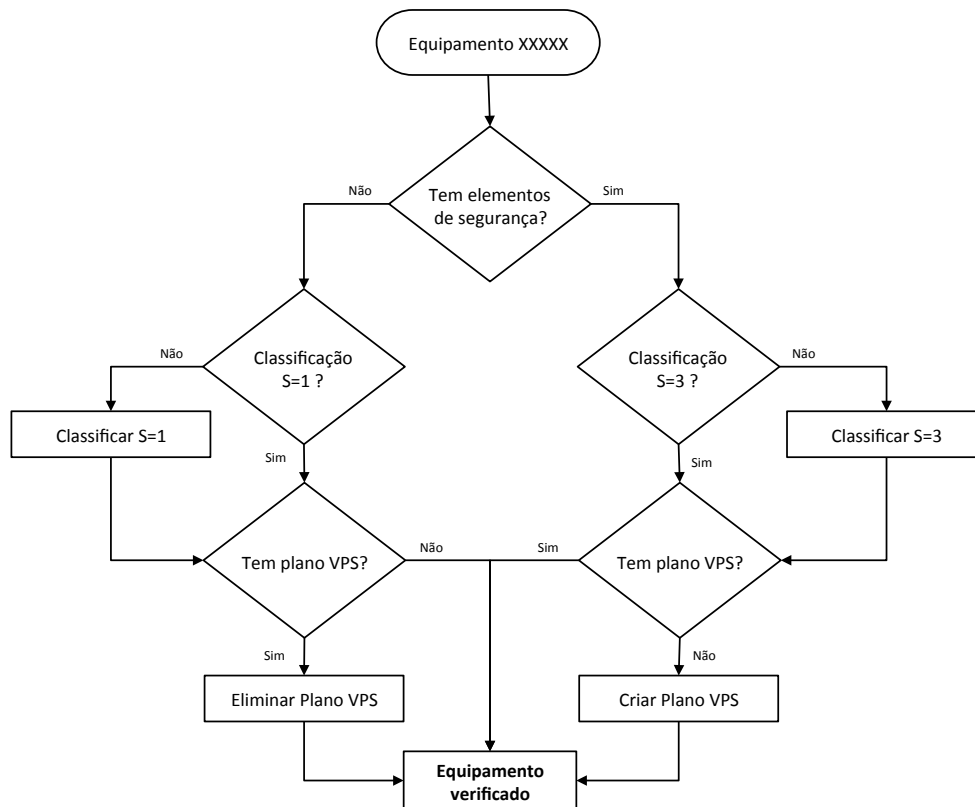


Figura 25 - Procedimento de verificação dos equipamentos do ponto de vista da segurança e existência de VPS

A identificação destes equipamentos partiu da informação constante numa folha de cálculo da responsabilidade do TEF1 e de uma base de dados de um colaborador do MOE responsável pelo cálculo do valor de OEE das secções. Este levantamento, embora abrangente, não alcançou exaustivamente todos os equipamentos da organização, uma vez que se garantiu, por parte dos dois colaboradores responsáveis pela criação dos ficheiros citados, a inclusão de todos os equipamentos necessários para o estudo, ou seja, todos os equipamentos A e todos os equipamentos B e C a serem revistos, por erradamente compreenderem planos de manutenção preventiva.

Toda a informação relativa aos campos Nome, Classificação, MP, MPlaneada 2012 e Segurança, constante no documento criado, foi recolhida e confirmada a partir das aplicações WGTMEQU e WGTMORD, utilizadas na gestão da manutenção na Bosch Termotecnologia. Para normalizar o método de revisão da classificação dos equipamentos do ponto de vista da política de manutenção a adotar, estabeleceu-se um procedimento (Figura 26) que permite a sua atualização e determina a criação ou a eliminação do plano de intervenção preventiva de cada equipamento de acordo com o estabelecido no procedimento TEF-001.

Dado o número elevado de equipamentos existentes na Bosch Termotecnologia, estabeleceu-se que a correção das irregularidades verificadas nas classificações dos equipamentos realiza-se aquando da normalização dos planos e integração dos equipamentos, constituintes de determinado grupo, no novo mapa da manutenção preventiva. Ou seja, quando surge a data de intervenção de determinado equipamento, procede-se nesse instante às correções necessárias relativas à classificação, à normalização do plano de intervenção e outros aspetos que necessitem ser revistos para que se possa dar como concluída a revisão do equipamento.

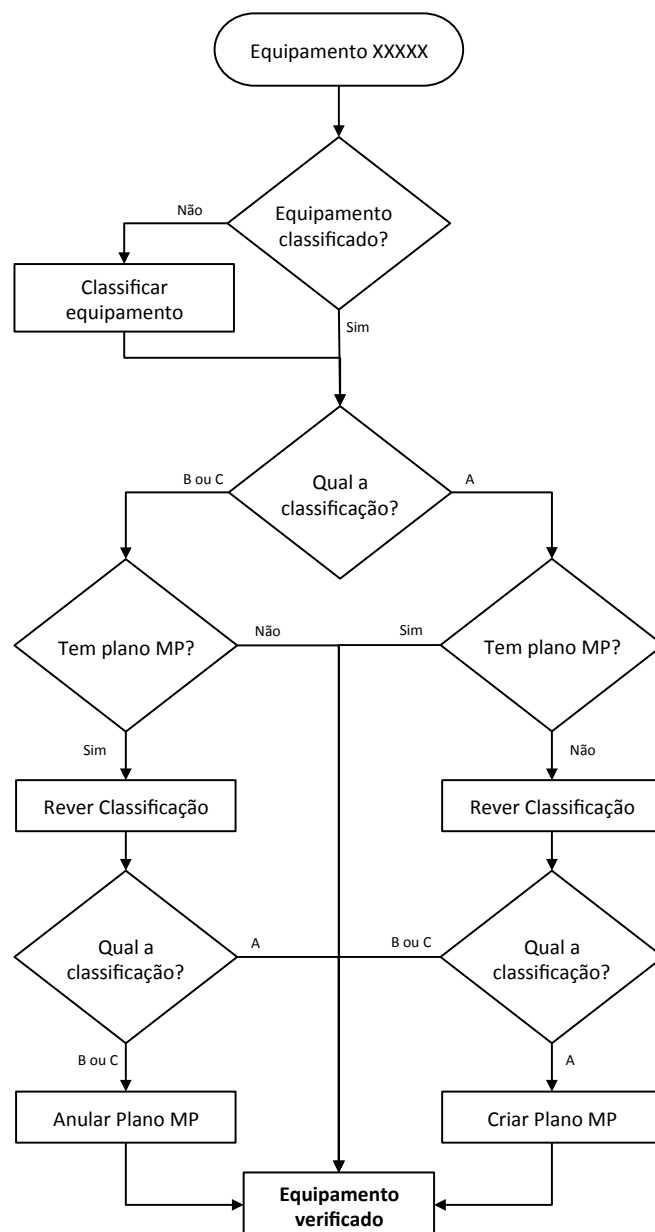


Figura 26 - Procedimento de revisão da classificação de equipamentos e do plano de intervenção preventiva

Finalizada esta etapa, obteve-se uma base de dados onde constam todos os equipamentos integrados na dinâmica de manutenção preventiva em cada uma das secções de fabrico da organização, com várias informações referentes a cada um dos equipamentos, num total de 638 equipamentos analisados, dos quais 304 integram a política de manutenção preventiva.

### 5.1.3 Constituição dos grupos de equipamentos

A constituição dos grupos de equipamentos reveste-se da maior importância visto que cada um desses grupos será o elemento base de planeamento da metodologia desenvolvida ao longo deste trabalho.

Para a determinação exata dos equipamentos relativos a cada conjunto, verificou-se em cada secção os números de identificação dos equipamentos e a partir de um entendimento partilhado entre os responsáveis do TEF1 e do MOE, alocou-se cada equipamento ao respetivo grupo.

O processo de agrupamento dos equipamentos explica-se através do fluxograma da Figura 27, que normaliza a integração de um equipamento num determinado grupo.

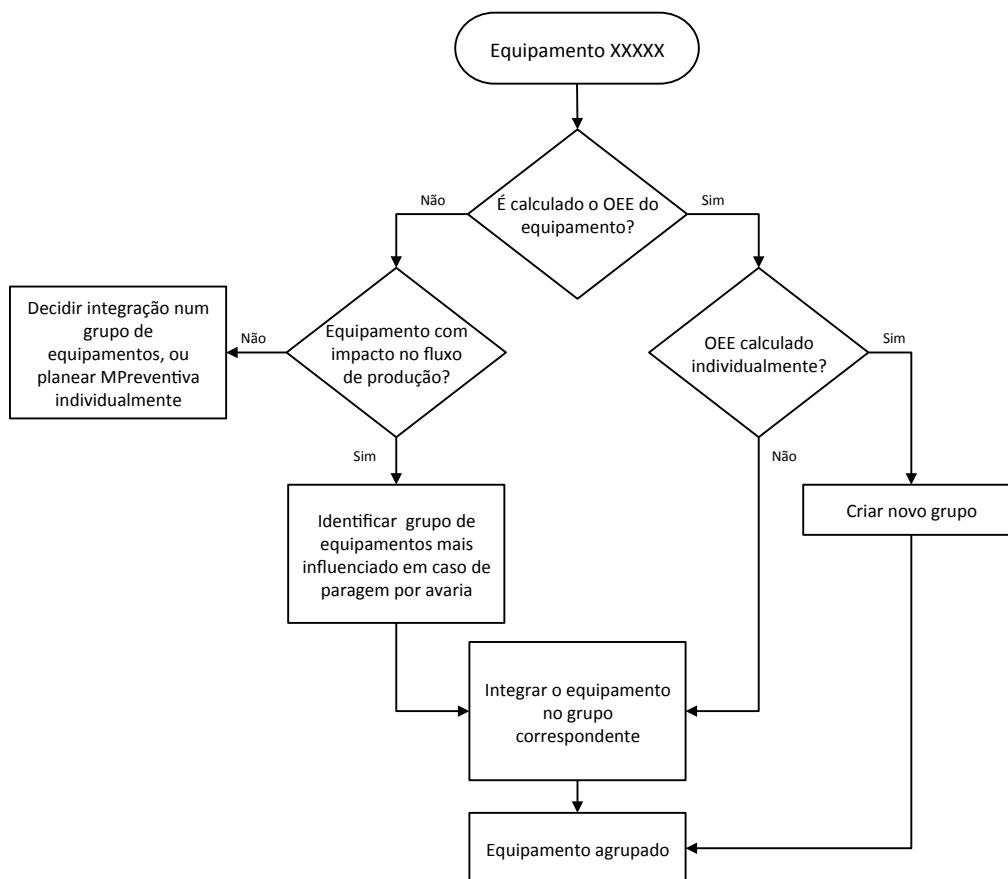


Figura 27 - Procedimento para agrupamento dos equipamentos

Os critérios de agrupamento dos equipamentos são os mesmo que estiveram na base do cálculo do OEE, isto é, em função da similaridade do processo produtivo e contiguidade do fluxo de produção entre equipamentos, é feito o agrupamento para cálculo conjunto do indicador OEE. Assim, a existência de um grupo definido antes do estabelecimento da nova metodologia, para efeito do cálculo do OEE, é tida em conta na formação de cada grupo de equipamentos, dado que a essência da sua definição é a pretendida para esta fase do projeto, ou sejam agrupar equipamentos pertencentes à mesma secção com similaridade no processo produtivo, contiguidade dos equipamentos e influência na secção de fabrico.

Note-se que, para equipamentos cujo indicador OEE não é controlado, existe alguma arbitrariedade associada ao procedimento adotado em função do entendimento do decisor. A decisão de integração num grupo específico de equipamentos prende-se essencialmente com a estratégia definida, ou seja, num determinado instante o OEE de um equipamento pode não ser controlado, pese embora se preveja a introdução dessa dinâmica a curto prazo. Justifica-se portanto a sua integração no grupo de equipamentos correspondente, ou a criação de um novo grupo no caso de estar previsto o cálculo isolado do OEE, conforme o estabelecido.

Sempre que existam alterações de *layout* deve ser aplicado o procedimento que normaliza o agrupamento dos equipamentos a todos aqueles que sejam deslocados dos seus grupos/secções, por forma a manter actualizados os grupos definidos e permitir um planeamento correto das actividades de manutenção sistemática.

Da análise dos equipamentos e da aplicação do procedimento, resultou a constituição de 57 grupos de equipamentos correspondentes a 19 secções de acordo com a Figura 28.

Os grupos de equipamentos definidos configuram-se, a partir desta fase, como elemento base do trabalho do desenvolvimento da metodologia de planeamento de manutenções sistemáticas a implementar. Assim, a grande maioria dos equipamentos com dinâmicas de manutenção sistemática integra-se num grupo delimitado e identificado na secção a que pertence.

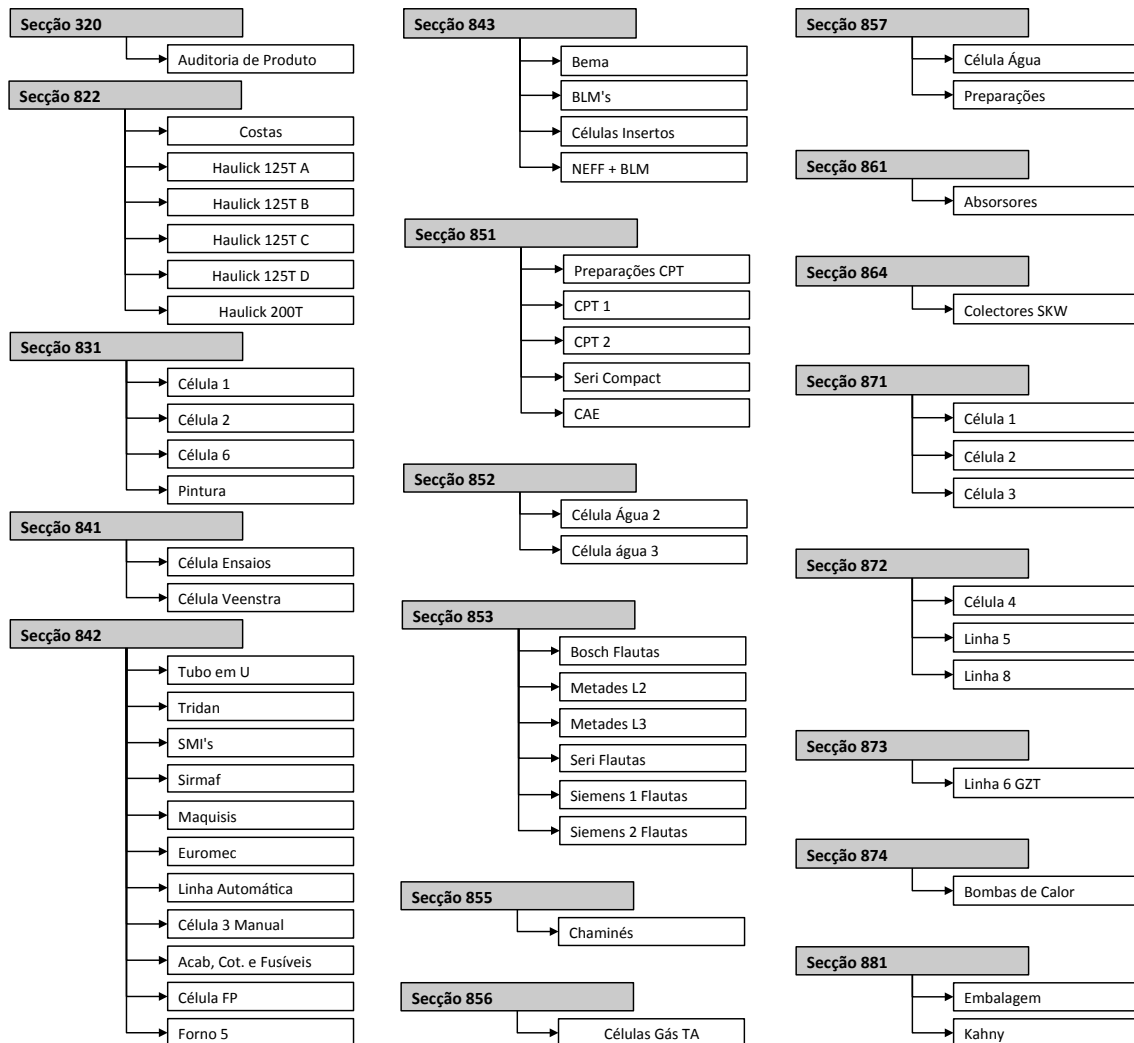


Figura 28 - Grupos de Equipamentos definidos em cada secção

A conclusão deste ponto do projeto, permite a transição de um planeamento individual de cada um dos equipamentos existentes para um planeamento ordenado de 57 grupos de equipamentos organizados, prática fundamental para a concretização dos objetivos propostos.

#### 5.1.4 Criação do ficheiro de suporte à determinação da criticidade dos grupos

Uma vez constituídos os grupos de equipamentos de cada secção, surge a necessidade de um mecanismo que permita a sua diferenciação, pois embora sejam monitorizados vários indicadores nos diferentes grupos, a sua interpretação distingue-se em função dos objetivos estabelecidos e do setor organizacional que os interpreta (e.g. Produção ou Manutenção).

Entre diferentes departamentos, existe uma leitura qualitativa aproximada, contudo, poderão existir entendimentos distintos do ponto de vista do resultado quantitativo obtido. Deste modo, para dar resposta à necessidade de um indicador que permita convergir, num valor

apenas, os dados mais importantes de um grupo específico de equipamentos, definiu-se o conceito de indicador de Criticidade dos grupos de equipamentos.

A Criticidade de um grupo de equipamentos resulta do somatório da pontuação atribuída a cada um dos resultados registados de MTBF, MTTR, OEE e LT Stock em função dos resultados obtidos em cada um desses indicadores, que se assumem neste ponto como os quatro fatores que compõem o indicador Criticidade. Assim, ao melhor resultado de cada indicador dá-se um score de 0 pontos, e ao pior resultado atribui-se pontuação 4, que constitui um intervalo de valores, para o valor final apurado, situado entre 0 e 16 pontos de acordo com a Figura 29.



Figura 29 - Composição do indicador de Criticidade

De forma a estruturar toda a informação necessária ao estabelecimento do indicador de Criticidade de um grupo, desenvolveu-se uma folha de cálculo que contém, para além dos dados necessários à averiguação da pontuação a atribuir em função de cada indicador acima identificados, informação mais detalhada de interesse para o TEF1.

Importa esclarecer que a obtenção dos dados, relativos a cada grupo, resulta de uma adaptação da base de dados em Access® do MOE, que permite, após alocar cada equipamento ao seu grupo, obter a informação relativa à Disponibilidade, MTBF, Avarias, MWT, MTTR e OEE. A versatilidade do programa desenvolvido anteriormente à fase de constituição dos grupos permitiu a obtenção da informação num espaço reduzido de tempo.

Desta forma, o ficheiro criado tem como função, para além da determinação da criticidade de cada grupo de equipamentos, agregar informação relativa à manutenção. O ficheiro criado reúne a informação apresentada a seguir.

### **Execução dos Planos de Manutenção Preventiva (PMS)**

Trata-se de um input do levantamento de informação que consta no ficheiro *Grupo\_de\_Equipamentos*. Esta informação, que reflete o grau de conclusão das intervenções previstas para determinado equipamento, é relevante na medida em que os resultados do cumprimento ou não das intervenções planeadas podem estar, por exemplo, na origem de mais ou menos avarias no grupo correspondente. Por outro lado, a verificação de um grau de execução das manutenções planeadas relativamente baixo mas com resultados satisfatórios



nos indicadores, ou o seu inverso, evidencia a necessidade de revisão das periodicidades dos planos. Desta forma, a informação assim obtida, embora não seja ponderada na definição da criticidade, permite orientar a definição da estratégia para os grupos de equipamentos das secções.

### **Disponibilidade**

A presença deste dado assume, tal como o ponto anterior, um carácter informativo para os colaboradores do TEF1 responsáveis pelo planeamento da manutenção, servindo de suporte à tomada de decisões. Este valor, por resultar da relação entre o MTBF e MTTR, não se pondera no valor final do score de Criticidade, de outra forma o peso desses indicadores no valor final seria sobrevalorizado por redundância do seu significado.

### **MTBF – Tempo médio entre falhas (em minutos)**

O tempo médio entre falhas num grupo de equipamentos é um dos indicadores monitorizados mensalmente pelo TEF1, e embora seja de interesse exclusivo da manutenção deve ser ponderado na definição da criticidade de um grupo, uma vez que o seu resultado se relaciona diretamente com a execução das tarefas de manutenção preventiva. Embora se verifiquem falhas cuja reparação é rapidamente executada, associam-se-lhes perdas de disponibilidade do equipamento e ainda o empenho de técnicos nessas tarefas, que poderiam ser canalizados para intervenções preventivas. A introdução deste indicador como um fator na definição do indicador de Criticidade justifica-se uma vez que uma maior eficácia nas intervenções preventivas, objetivo central deste projeto, resultará em melhores valores de MTBF e, conseqüentemente, na diminuição da Criticidade do grupo.

Para o ano de desenvolvimento deste projeto definiram-se os limites para os valores do MTBF (Tabela 4), em minutos.

Tabela 4 - Limites do MTBF

<b>MTBF</b>		
F0	F1	F2
99	104	107
Resultado do Ano anterior	Objetivo do ano corrente	Esforço

Segundo os objetivos estabelecidos, definiram-se os intervalos que limitam a atribuição da pontuação de criticidade (Tabela 5). Segundo esses limites atribuiu-se ao pior valor apurado a pontuação quatro e uma vez verificados valores superiores ao F2, criou-se um novo intervalo

delimitado pelo valor de F2 e pelo melhor valor registado, o limite F3, ao qual se atribuiu pontuação zero. O score de criticidade relativamente ao tempo médio entre falhas é calculado com base nos quatro intervalos definidos, através de interpolação linear segundo os limites de cada um dos intervalos.

Tabela 5 - Intervalos de criticidade do MTBF

Intervalo	Max.	Min.	Criticidade
L3	<i>Valor máximo registado</i>	F2	$0 \leq C \leq 1$
L2	F2	F1	$1 < C \leq 2$
L1	F1	F0	$2 < C \leq 3$
L0	F0	<i>Valor mínimo registado</i>	$3 < C \leq 4$

Pelo enquadramento do resultado de cada grupo de equipamentos, identificou-se o respetivo intervalo e calculou-se por interpolação linear o seu score de Criticidade. No que diz respeito ao MTBF, verificaram-se dezasseis grupos no intervalo que engloba os melhores resultados, o intervalo L3 (Tabela 6).

Tabela 6 - Grupos de equipamentos no intervalo L3 do MTBF

Secção	Grupo de Equipamentos	Intervalo	Score MTBF
S855	Chaminés	L3	0.00
S320	Auditoria Produto	L3	0.20
S822	Haulick 125T A	L3	0.79
S831	Célula 1	L3	0.81
S871	Célula 1	L3	0.86
S871	Célula 3	L3	0.86
S871	Célula 2	L3	0.89
S822	Costas	L3	0.90
S822	Haulick 125T B	L3	0.90
S853	Siemens1 Flautas	L3	0.94
S842	Célula FP	L3	0.95
S822	Haulick 125T D	L3	0.95
S841	Célula Veenstra	L3	0.96
S822	Haulick 125T C	L3	0.96
S852	Célula Agua 2	L3	0.98
S822	Haulick 200T	L3	1.00

Dado que não se verificaram valores de MTBF entre F2 e F1, não existe nenhum grupo no intervalo L2. Por outro lado, existem dois grupos no intervalo L1 (Tabela 7), que engloba os grupos de equipamentos com valores de MTBF entre F1 e F0.

Tabela 7 - Grupos de equipamentos no intervalo L1 do MTBF

Secção	Grupo de Equipamentos	Intervalo	Score MTBF
S872	Linha 5	L1	2.33
S831	Celula 6	L1	2.50

No intervalo que representa os grupos de equipamentos com desempenho menos satisfatório, o intervalo L0 (Tabela 8), registaram-se trinta e três grupos de equipamentos, com valores de criticidade entre 3 e 4 pontos.

Tabela 8 - Grupos de equipamentos no intervalo L0 do MTBF

Secção	Grupo de Equipamentos	Intervalo	Score MTBF
S831	Celula 2	L0	3.03
S843	Bema	L0	3.10
S881	Kahny	L0	3.11
S842	Tubo em U	L0	3.14
S842	Célula 3 Manual	L0	3.18
S853	Metades L3	L0	3.19
S831	Pintura	L0	3.19
S853	Bosch Flautas	L0	3.26
S853	Siemens2 Flautas	L0	3.27
S872	Celula 4	L0	3.35
S843	BLMs	L0	3.36
S841	Celula Ensaio	L0	3.40
S852	Celula Agua 3	L0	3.42
S853	Seri Flautas	L0	3.43
S857	Célula Água	L0	3.47
S842	SMT's	L0	3.49
S861	Absorsores	L0	3.51
S873	Linha 6 GZT	L0	3.51
S843	Células Insertos	L0	3.54
S842	Sirmaf	L0	3.55
S856	Celula Gas TA	L0	3.59
S864	Coletores SKW	L0	3.63
S853	Metades L2	L0	3.63
S842	Linha Automatica	L0	3.68
S842	Tridan	L0	3.69
S851	Seri Compact	L0	3.71
S874	Bombas Calor	L0	3.80
S872	Linha 8	L0	3.91
S851	CPT 2	L0	3.91
S842	Euromec	L0	3.91
S851	CPT 1	L0	3.92
S842	Maquisis	L0	3.98
S842	Acab, Cot e Fusiv.	L0	4.00

Existem ainda seis grupos de equipamentos (Tabela 9) que não foram monitorizados no ano anterior, por serem criados aquando do desenvolvimento deste projeto ou por não serem relevantes para o desempenho dos processos, pelo que não serão contemplados na análise de criticidade no primeiro ciclo de implementação da nova metodologia.

Tabela 9 - Grupos de equipamentos sem intervalo definido para o MTBF

Secção	Grupo de Equipamentos	MTBF	Intervalo	Score MTBF
S842	Forno 5	n/d	n/d	n/d
S843	NEFF + BLM	n/d	n/d	n/d
S851	Preparações CPT	n/d	n/d	n/d
S851	CAE	n/d	n/d	n/d
S857	Preparações	n/d	n/d	n/d
S881	Embalagem	n/d	n/d	n/d

### **Número de Avarias por mês**

O resultado deste indicador influencia o valor do MTBF, quanto maior o número de avarias menor o tempo médio entre falhas, pelo que a sua inscrição no ficheiro criado assume também um carácter exclusivamente informativo, uma vez que a sua ponderação no valor final de criticidade constituiria uma redundância em relação ao número de avarias dos equipamento.

### **MWT – Tempo médio de espera (em minutos)**

O tempo médio de espera do equipamento após avaria presta informação relacionada com a operacionalidade da equipa de técnicos dedicados às atividades de manutenção curativa. Monitoriza, portanto, a capacidade de resposta a um pedido de intervenção após avaria do equipamento, pelo que não se confronta diretamente com o tipo de equipamento. Logo, tal como o indicador anterior, assume a função informativa no ficheiro criado, propriedade do TEF1, e omissa da avaliação da criticidade dos grupos de equipamentos no que diz respeito à nova metodologia de planeamento das intervenções preventivas.

### **MTTR – Tempo médio de reparação (em minutos)**

Para a definição da criticidade de um grupo de equipamentos torna-se relevante o tempo médio de reparação de avarias que ocorrem nesses equipamentos. Um valor elevado de MTTR, de acordo com os objetivos estabelecidos, indicia uma maior complexidade do tipo de avarias ocorridas que, por sua vez, se traduz em mais tempo de paragem do equipamento e consequente diminuição da capacidade operacional. Por isso se justifica a ponderação deste

indicador no valor final da criticidade de um grupo de equipamentos, por forma a cumprir o objetivo de libertar recursos dedicados às intervenções curativas para execução de intervenções preventivas.

Os limites para o MTTR (Tabela 10), em vigor no ano de desenvolvimento deste projeto, estabeleceram-se com base no resultado do ano anterior, o objetivo do ano corrente e o valor considerado como esforço.

Tabela 10 - Limites do MTTR

MTTR		
F0	F1	F2
44	40	36
Resultado do Ano anterior	Objetivo do ano corrente	Esforço

Em oposição ao MTBF, quanto menor o valor de MTTR melhor. Desta forma, para o valor mais baixo registado atribui-se pontuação zero, enquanto para o maior valor se atribui pontuação quatro de criticidade, definindo-se assim os intervalos do MTTR segundo os limites estabelecidos de acordo com a Tabela 11.

Tabela 11 - Intervalos de criticidade do MTTR

Intervalo	Max.	Min.	Criticidade
L3	<i>Valor mín. registado</i>	F2	$0 \leq C \leq 1$
L2	F2	F1	$1 < C \leq 2$
L1	F1	F0	$2 < C \leq 3$
L0	F0	<i>Valor máx. registado</i>	$3 < C \leq 4$

Uma vez estabelecidos os intervalos de acordo com os limites definidos, foi possível apurar o valor de criticidade para o MTTR para cada grupo de equipamentos. Assim, no intervalo L3 enquadraram-se doze grupos de equipamentos (Tabela 12).

Tabela 12 - Grupos de equipamentos no intervalo L3 do MTTR

Secção	Grupo de Equipamentos	Intervalo	Score MTTR
S842	Célula FP	F3	0,00
S320	Auditoria Produto	F3	0,15
S872	Celula 4	F3	0,42
S871	Celula 1	F3	0,55
S855	Chamines	F3	0,57
S871	Celula 2	F3	0,59

S831	Celula 1	F3	0,63
S822	Haulick 125T C	F3	0,82
S872	Linha 5	F3	0,85
S822	Haulick 125T A	F3	0,89
S841	Celula Veenstra	F3	0,90
S852	Celula Agua 2	F3	0,95

No intervalo L2, com valores de MTTR entre F2 e F1, enquadraram-se oito grupos de equipamentos com uma pontuação de criticidade entre 1 e 2 (Tabela 13).

Tabela 13 - Grupos de equipamentos no intervalo L2 do MTTR

Secção	Grupo de Equipamentos	Intervalo	Score MTTR
S856	Celula Gas TA	F2	1,18
S841	Celula Ensaos	F2	1,44
S852	Celula Agua 3	F2	1,67
S857	Célula Água	F2	1,80
S853	Metades L3	F2	1,80
S871	Celula 3	F2	1,83
S851	CPT 2	F2	1,83
S831	Celula 2	F2	1,88

Por sua vez, com valores de MTTR situados entre F1 e F0, ou seja, no intervalo L1 estão compreendidos seis grupos de equipamentos.

Tabela 14 - Grupos de equipamentos no intervalo L1 do MTTR

Secção	Grupo de Equipamentos	Intervalo	Score MTTR
S842	Linha Automatica	F1	2,13
S822	Haulick 125T B	F1	2,29
S822	Haulick 200T	F1	2,29
S831	Pintura	F1	2,35
S842	Tubo em U	F1	2,61
S822	Costas	F1	2,93

No que diz respeito ao intervalo de resultados menos satisfatórios, que engloba os grupos de equipamento que demoram, em média, mais tempo a reparar, que portanto se situam no intervalo L0, verificaram-se vinte e cinco grupos de equipamentos (Tabela 15).

Tabela 15 - Grupos de equipamentos no intervalo F0 do MTTR

Secção	Grupo de Equipamentos	Intervalo	Score MTTR
S842	Sirmaf	F0	3,00
S851	CPT 1	F0	3,02
S861	Absorsores	F0	3,03
S874	Bombas Calor	F0	3,04
S872	Linha 8	F0	3,07
S853	Metades L2	F0	3,12
S853	Siemens1 Flautas	F0	3,23
S853	Siemens2 Flautas	F0	3,23
S864	Coletores SKW	F0	3,23
S842	Célula 3 Manual	F0	3,26
S843	Células Insertos	F0	3,26
S842	SMI's	F0	3,27
S842	Maquisis	F0	3,27
S843	Bema	F0	3,28
S822	Haulick 125T D	F0	3,30
S843	BLMs	F0	3,31
S873	Linha 6 GZT	F0	3,37
S881	Kahny	F0	3,39
S842	Tridan	F0	3,42
S853	Bosch Flautas	F0	3,43
S853	Seri Flautas	F0	3,46
S831	Celula 6	F0	3,47
S842	Acab. Cot e Fusiv.	F0	3,67
S842	Euromec	F0	3,75
S851	Seri Compact	F0	4,00

Tal como ocorreu com o indicador MTBF, não existiu, no ano analisado para o projeto, acompanhamento do indicador MTTR para alguns grupos. Esse facto deve-se à existência de novos grupos formados, ou por mera opção das chefias por não constituírem grupos de relevância para a manutenção. Assim, nessas condições verificaram-se seis grupos de equipamentos (Tabela 16).

Tabela 16 - Grupos de equipamentos sem intervalo definido para o MTTR

Secção	Grupo de Equipamentos	MTTR	Intervalo	Score MTTR
S842	Forno 5	n/d	n/d	n/d
S843	NEFF + BLM	n/d	n/d	n/d
S851	Preparações CPT	n/d	n/d	n/d
S851	CAE	n/d	n/d	n/d
S857	Preparações	n/d	n/d	n/d
S881	Embalagem	n/d	n/d	n/d

Uma vez atribuídas as pontuações referentes ao MTTR de cada um dos grupos de trabalho, conclui-se a constituição do segundo fator que compõe o indicador Criticidade, elemento diferenciador dos grupos criados em cada seção de fabrico.

### ***OEE – Overall Equipment Effectiveness***

O valor de OEE é amplamente reconhecido como um indicador de excelência de qualquer organização, porém, ter em conta o OEE de forma exclusiva, enforma a interpretação do sentido dado ao conceito de Criticidade definido neste projeto. Sendo este indicador o resultado de três componentes (Disponibilidade, Velocidade e Qualidade), a interpretação do valor do OEE isolada dos restantes indicadores que compõem o valor de Criticidade, torna-se insuficiente, uma vez que não evidencia o peso das atividades relacionadas com a manutenção dos equipamentos.

Por exemplo, a verificação de um baixo valor de OEE é interpretada como um resultado negativo tanto pelo departamento de Manutenção como pelo departamento de Qualidade, porém, na exploração dessa particularidade o primeiro destacará o tempo médio entre avarias, com influência na disponibilidade do equipamento, enquanto o segundo se debruçará no número registado de produtos com defeito, podendo ou não existir correlação entre esses fatores.

Assim, a ponderação do OEE no valor final de Criticidade, a par dos restantes indicadores, atribui à análise maior significância por aproximar o objeto de estudo dos restantes departamentos da organização, que se familiarizam com o conceito de OEE, assumindo-se como um ponto de convergência e aceitação dos objetivos propostos neste projeto por parte das restantes áreas. O OEE permite a familiarização dos restantes departamentos com a metodologia, para além de permitir, também, através da sua atuação que interfiram no valor final do indicador Criticidade por meio do resultado obtido com o OEE.

A pontuação de criticidade atribuída ao OEE determina-se em função da variação percentual entre o objetivo estabelecido para cada grupo e o resultado obtido efetivamente. Assim, à maior variação negativa registada, a que corresponde o pior registo de OEE face ao respetivo objetivo, atribuiu-se quatro pontos, por outro lado, à melhor variação positiva, referente ao melhor valor obtido acima do objetivo do respetivo grupo, atribuiu-se zero pontos (Tabela 17).



Tabela 17 - Limites máximo e mínimo de Criticidade do OEE

Secção	Grupo de equipamentos	OEE	
		Variação	Score
S842	Acab, Cot e Fusiv.	-18%	4.00
S852	Célula Agua 2	11%	0.00

Do mesmo modo que se atribuiu a pontuação de criticidade aos indicadores de MTBF e MTTR, através de interpolação linear, foram atribuídos a todos os grupos a pontuação de Criticidade referente ao OEE do grupo de equipamentos, em benefício do melhor resultado e prejuízo do pior face aos objetivos definidos para cada grupo, numa escala de pontos entre 0 e 4.

### ***LT Stock***

De forma a incluir na análise um indicador que diretamente se relacionasse com o fluxo produtivo, definiu-se a atribuição da pontuação de criticidade ao que se designou de *Lead Time de Stock* (LT Stock).

O LT Stock interpreta-se como tempo de consumo das existências a jusante de cada grupo de equipamentos, isto é, em caso de paragem de produção por avaria de determinado equipamento de um grupo, o tempo até que ocorra a interrupção do fluxo de materiais entre a secções.

Este indicador, para além de se relacionar com o indicador MTTR, na medida em que o LT Stock deverá ser superior ao tempo médio de reparação para que, em média, se reponha o estado funcional do equipamento em tempo útil que evite a paragem da produção, reflete-se como um ponto sensível de criticidade de um grupo, uma vez que será tanto mais crítico quando menor a folga temporal entre o instante de avaria e a interrupção do fluxo de produção.

Sendo a Bosch Termotecnologia uma organização que através do seu processo de melhoria contínua procura reduzir os desperdícios, onde se inserem os stocks intermédios, a análise deste indicador realizou-se junto dos responsáveis de cada secção de forma a obter o resultado o mais aproximado possível do que efetivamente ocorre entre cada um dos grupos. Sabendo-se que o objetivo passa pelo stock zero ou tão reduzido quanto possível, os valores obtidos relacionam-se com análises relativas ao instante temporal em que foram recolhidos os dados, existindo variações ao longo do ano, ainda que não significativas para o objetivo deste trabalho.

Assim os valores registado não padecem do mesmo rigor de registo que os anteriores, dependendo da experiência e conhecimento do processo do colaborador que prestou a informação. Desta forma, para os valores registados no maior intervalo temporal de possibilidade de paragem da produção, até que se esgote o stock entre grupos, atribuiu-se zero pontos, enquanto que aos valores enquadrado no menor intervalo de tempo foram atribuídos quatro pontos, de acordo com o definido na Tabela 18.

Tabela 18 - Intervalos e pontuação de Criticidade para o LT Stock

LT Stock				
De 2 a 1,5 turno	1 turno	De 0,5 a <1 turno	1 a 3 horas	0 horas
0.00	1.00	2.00	3.00	4.00

### 5.1.5 Gráfico de criticidade

Após definição do critério de Criticidade, e respetiva determinação da pontuação atribuída a cada um dos indicadores que compõem o indicador Criticidade, foi possível aferir o *ranking* dos grupos de equipamentos de acordo com a sua criticidade (Tabela 19).

Tabela 19 - Ranking de Criticidade dos grupos de equipamentos

Secção	Grupo	MTBF	MTTR	OEE	LT Stock	Criticidade
S842	x	4,00	3,67	4,00	3,00	14,67
S842	x	3,91	3,75	3,55	3,00	14,22
S853	x	3,27	3,23	3,15	4,00	13,65
S853	x	3,26	3,43	2,88	4,00	13,57
S853	x	3,43	3,46	2,68	4,00	13,57
S851	x	3,71	4,00	1,97	3,00	12,68
S874	x	3,80	3,04	2,81	3,00	12,65
S872	x	3,91	3,07	2,59	3,00	12,57
S842	x	3,98	3,27	1,95	3,00	12,20
S881	x	3,11	3,39	2,61	3,00	12,11
S851	x	3,19	2,35	2,33	4,00	11,88
S873	x	3,51	3,37	1,87	3,00	11,75
S842	x	3,55	3,00	1,66	3,00	11,22
S851	x	3,92	3,02	1,25	3,00	11,18
S842	x	3,69	3,42	0,98	3,00	11,09
S853	x	0,94	3,23	2,80	4,00	10,97
S842	x	3,49	3,27	1,16	3,00	10,92
S842	x	3,68	2,13	1,96	3,00	10,77
S843	x	3,54	3,26	1,76	2,00	10,29
S843	x	3,36	3,31	1,55	2,00	10,29
S851	x	2,50	3,47	1,20	3,00	10,17

S842	x	3,14	2,61	1,09	3,00	9,85
S842	x	3,18	3,26	0,34	3,00	9,79
S851	x	3,91	1,83	0,89	3,00	9,64
S852	x	3,42	1,67	0,09	4,00	9,18
S851	x	3,03	1,88	1,10	3,00	9,00
S857	x	3,47	1,80	0,63	3,00	8,90
S872	x	3,35	0,42	1,69	3,00	8,46
S861	x	3,51	3,03	1,83	0,00	8,37
S856	x	3,59	1,18	0,46	3,00	8,23
S872	x	2,33	0,85	1,81	3,00	8,00
S864	x	3,63	3,23	0,63	0,00	7,49
S843	x	3,10	3,28	0,93	2,00	7,19
S871	x	0,86	1,83	1,10	3,00	6,80
S822	x	1,00	2,29	1,25	2,00	6,54
S822	x	0,95	3,30	1,12	1,00	6,37
S841	x	3,40	1,44	1,51	0,00	6,35
S852	x	0,98	0,95	0,00	4,00	5,93
S851	x	0,81	0,63	1,42	3,00	5,86
S822	x	0,90	2,93	1,77	0,00	5,60
S855	x	0,00	0,57	2,02	3,00	5,59
S871	x	0,89	0,59	1,06	3,00	5,53
S822	x	0,90	2,29	1,12	1,00	5,31
S871	x	0,86	0,55	0,80	3,00	5,21
S841	x	0,96	0,90	1,06	1,00	3,91
S822	x	0,79	0,89	0,90	1,00	3,58
S822	x	0,96	0,82	0,92	0,00	2,69
S220	x	0,20	0,15	x	0,00	x
S842	x	0,95	0,00	x	3,00	x
S842	x	x	x	x	3,00	x
S843	x	x	x	x	2,00	x
S851	x	x	x	x	3,00	x
S851	x	x	x	x	3,00	x
S853	x	3,63	3,12	x	3,00	x
S853	x	3,19	1,80	x	3,00	x
S857	x	x	x	x	0,00	x
S881	x	x	x	x	3,00	x

Assim, com o apuramento da criticidade de cada um dos grupos de equipamentos, elaborou-se um diagrama de Pareto que constitui o gráfico Criticidade (Figura 30), elemento final desta fase de conceito da nova metodologia de planeamento das intervenções preventivas, que permitirá na fase seguinte a definição da estratégia de ação em cada grupo de equipamentos.

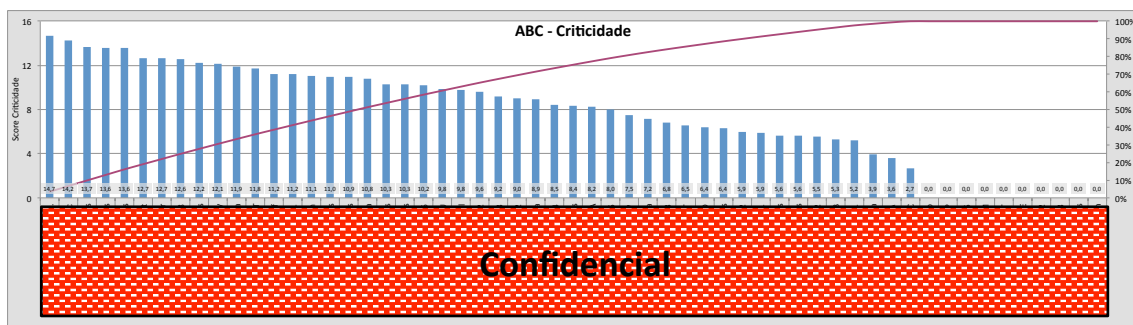


Figura 30 – Pareto da Criticidade dos grupos de equipamentos

## 5.2 Fase de Implementação

Uma vez terminada a fase inicial deste projeto, que estabeleceu os princípios para a introdução da nova metodologia de planeamento das intervenções preventivas, inicia-se a fase de implementação. Decidiu-se destacar esta fase como primária na medida em que o processo deverá amadurecer ao longo do tempo consoante se assumam dinâmicas de rotina com a nova metodologia, tanto para os planeadores como para os executores das intervenções, e por isso mesmo sujeita a um acompanhamento diferenciado daquele que se realizou ao longo do período em que se desenvolveu o presente trabalho. Daí que outras fases oportunamente se sucederão para melhorar o planeamento, que não integram este texto.

### 5.2.1 Planeamento e monitorização da Fase de Implementação

Como foi referido anteriormente, para acompanhamento das ações a desenvolver recorreu-se à ferramenta A3, modelo Bosch, para orientar o trabalho a desenvolver durante este projeto. Assim, para a Fase de Implementação desenhou-se um A3 (Anexo VI – A3 da Fase de Implementação) que estrutura o trabalho desenvolvido para alcançar os objetivos a que se propõe esta fase.

Na estruturação do A3 referente a esta etapa do projeto, como estado corrente do processo de planeamento da manutenção preventiva, utilizou-se o mesmo diagrama desenhado na fase de conceito, dado que nessa fase não houve ações que implicassem mudanças nesse paradigma do ponto de vista de alteração do esquema então desenhado, tal como está representado na Figura 31. Contudo, os pontos destacados dizem respeito a aspetos de cariz mais operacional com relevo na fase de implementação, isto é:

- Alterações frequentes do plano de intervenções por indisponibilidade dos equipamentos devido ao plano de produção (EPS);

- Tempo de planeamento excessivo devido à necessidade constante de confirmar a disponibilidade dos equipamentos com os responsáveis de secção com necessidade de alterar, recorrentemente, o plano de intervenções em períodos próximos da data de intervenção;
- Restrições do fim de semana como a indisponibilidade do MAZE, a dificuldade em realizar teste aos equipamentos intervencionados por ausência dos operadores e menor capacidade de mão de obra especializada, mais especificamente na área elétrica.

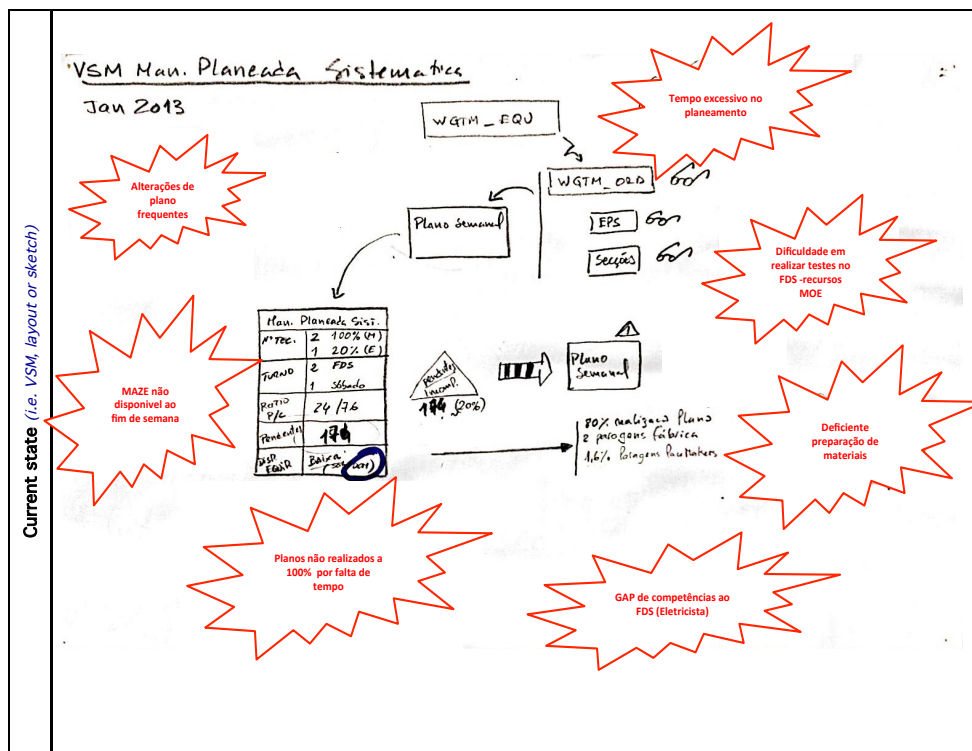


Figura 31 - Estado corrente - A3 da Fase de Implementação

A evidência dos pontos assinalados na definição do estado atual, resumem-se através dos problemas definidos como sendo os principais entraves à operacionalização da nova metodologia na concretização dos objetivos traçados. Problemas esses anotados no A3 como:

- Dispersão das intervenções, no mesmo período, por processos distintos ao longo da fábrica;
- Não priorização dos equipamentos com níveis de desempenho insuficientes face aos propósitos específicos de cada indicador;
- Não alinhamento entre o PMP e o EPS.

Identificados os problemas relativos a esta fase, e tendo em conta as ações levadas a cabo na fase de conceptualização da nova metodologia, nomeadamente o estabelecimento de grupos de equipamentos, a revisão da classificações dos equipamentos e sinalização de irregularidades, e a criação de um fator de criticidade como elemento diferenciador dos vários grupos existentes, definiu-se a situação que se pretende atingir com o finalizar desta fase (Figura 32).

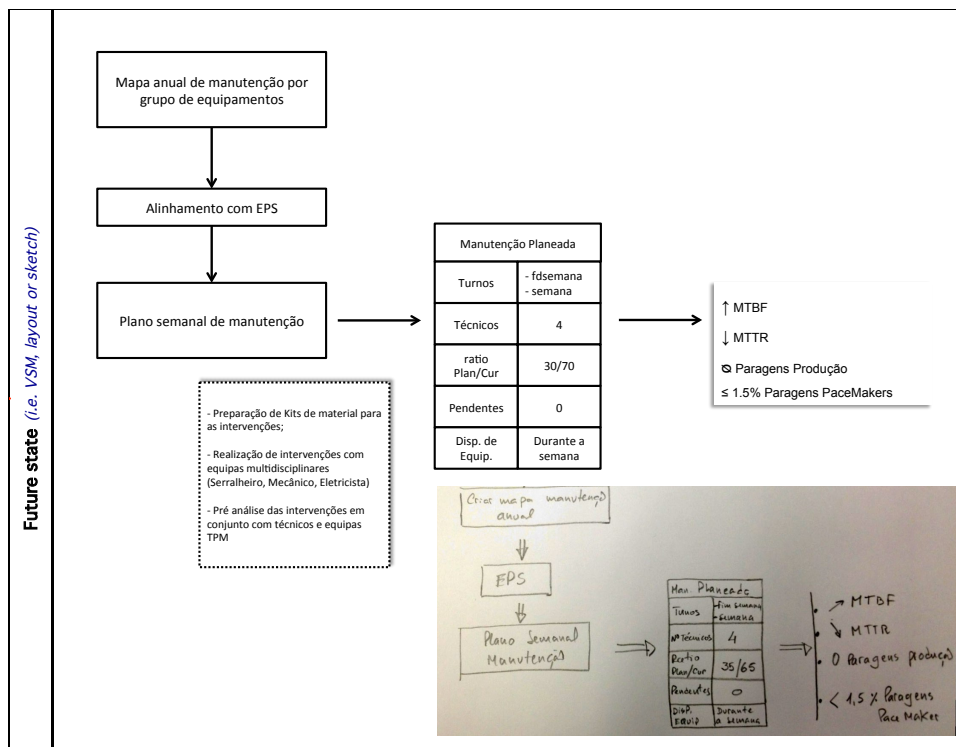


Figura 32 - Estado futuro do A3 da Fase de Implementação

O intuito delineado parte do pressuposto da existência de grupos de equipamentos definidos e de um fator que os diferencie para que se possa então identificar os Grupos Críticos de Equipamentos, trabalho esse concluído na fase anterior. Após essa identificação, estão garantidas as condições para definir os denominados projetos de melhoria TPM. Ou seja, após identificação da criticidade de cada grupo verificou-se a existência de grupos de equipamentos cujo desempenho pode ser melhorado através de um projeto específico que visa a realização de alterações técnicas aos equipamentos, partindo de *outputs* de equipas interdisciplinares compostas por elementos do TEF3, TEF1 e colaboradores do MOE responsáveis pela manutenção autónoma. Estes grupos serão identificados como grupos de “melhoria TPM”, com projetos individualizados de modificações técnicas, e por isso mesmo tratados de forma diversa dos restantes grupos mais críticos.

Deste modo, após caracterização do estado atual, definição dos principais problemas e esboço do estado futuro, definiram-se os seguintes objetivos para esta fase:

- Maior monitorização dos grupos críticos;
- Manutenção planeada por grupo de equipamentos;
- Criação de um Mapa Anual de Manutenções Preventivas (MAMP) integrado no EPS;
- Melhoria dos indicadores Custo de Manutenção (em % do PHEK), rácio MPreventivas/MCurativas, MTBF, MTTR e N.º de paragens das linhas finais.

Posto isto, de forma a poder alcançar todos os aspetos contemplados na caracterização desta ferramenta, definiram-se as ações a implementar, com o objetivo de poder organizar todos os trabalhos a desenvolver e estabelecer prazos numa escala temporal (Tabela 20).

Tabela 20 - Plano de ações do A3 da Fase de Implementação

N.º	Implementation actions	By whom	Time scale												Statu	Effec				
			Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez							
Action plan	1	Análise crítica e definição de possíveis ações para grupos de equipamentos mais críticos	Diogo Ramos																G	
	2	Construção de um novo modelo de mapa anual de manutenção planeada sistemática por grupo de equipamentos	João Morais																Y	
	3	Integração do novo mapa anual de manutenção no EPS	Rui Silva																G	
	4	Go live	Diogo Ramos																	
	5																			
	6																			
	7																			
Confirmação do processo e das métricas																				
Done Dir. Departamento:			VSM:																	
			Key (Status & Effect):																	
			Good: <b>G</b>			Bad: <b>R</b>			Okay: <b>Y</b>											

Uma vez apresentado o A3 que guiou esta fase do projeto, detalham-se de seguida as ações implementadas de acordo com o definido na escala temporal do “Plano de Ação” do A3 referente à primeira Fase de Implementação da nova metodologia de planeamento das manutenções preventivas.

### 5.2.2 Grupos de Equipamentos críticos e “melhorias TPM”

Como primeira atividade constante do “Plano de Ação” do A3 da primeira fase de implementação, analisou-se o ranking de criticidade dos grupos de equipamentos. A partir do *know-how* relativo aos equipamentos que constituem cada grupo e ao conhecimento dos principais tipos de problemas reportados como causa de avarias recorrentes dos mesmos, definiram-se os grupos de “melhoria TPM”. Esta sinalização, conduzida pelo TEF1, serviu para destacar alguns grupos de equipamentos para que se planeiem projetos específicos de

alterações às características dos equipamentos e assim poder reabilitá-los por forma a obter reflexos no seu desempenho operacional.

Este processo é complementar ao 4.º pilar da casa TPM da Bosch, *TPM Appropriate MAE Design* e dizem respeito, geralmente, a equipamentos cuja estruturação se encontra desadequada face às atuais condições de operação, pelo que as características que estiveram na base da sua projeção se verificam desajustadas.

Os projetos de “melhoria TPM”, desenvolvidos por equipas multidisciplinares, através do conhecimento dos standards criados, possibilitam a adaptação dos equipamentos de forma a dar resposta às condições exigidas pelo próprio sistema produtivo tirando proveito do conhecimento adquirido pela experiência real de trabalho com o equipamento, inexistente, na maioria das vezes, aquando da sua fase de conceção/aquisição.

Da análise realizada pelos responsáveis supramencionados definiram-se como grupos de “melhoria TPM” (Tabela 21).

Tabela 21 - Grupos de "melhoria TPM"

Secção	Grupo	MTBF	MTTR	OEE	LT Stock	Criticidade
S842	x	3,49	3,27	1,16	3	10,92
S842	x	3,91	3,75	3,55	3	14,22
S842	x	4,00	3,67	4,00	3	14,67
S853	x	3,63	3,12	x	3	x
S853	x	0,94	3,23	2,80	4	10,97
S853	x	3,27	3,23	3,15	4	13,65
S853	x	0,00	0,57	2,02	3	5,59

O planeamento dos projetos referentes ao grupos de equipamentos sinalizados como alvo de “melhoria TPM”, por não constituírem elemento de análise deste trabalho, não são detalhados. Contudo, após a conclusão das respetivas intervenções de requalificação dos equipamentos, estima-se que estes assumam valores de criticidade mais baixos por consequência de um melhor desempenho e melhor posição no ranking de criticidade.

Uma vez extraídos os grupos de equipamentos com projetos específicos de intervenção, actualizou-se o ranking de criticidade (Tabela 22).

Tabela 22 - *Ranking* de Criticidade do grupos de equipamentos

Secção	Grupo	MTBF	MTTR	OEE	LT	Criticidade
S851	x	3,71	4,00	1,97	3,00	12,68
S874	x	3,80	3,04	2,81	3,00	12,65
S872	x	3,91	3,07	2,59	3,00	12,57
S842	x	3,98	3,27	1,95	3,00	12,20
S881	x	3,11	3,39	2,61	3,00	12,11



S831	x	3,19	2,35	2,33	4,00	11,88
S873	x	3,51	3,37	1,87	3,00	11,75
S842	x	3,55	3,00	1,66	3,00	11,22
S851	x	3,92	3,02	1,25	3,00	11,18
S842	x	3,69	3,42	0,98	3,00	11,09
S842	x	3,68	2,13	1,96	3,00	10,77
S843	x	3,54	3,26	1,76	2,00	10,29
S843	x	3,36	3,31	1,55	2,00	10,29
S831	x	2,50	3,47	1,20	3,00	10,17
S842	x	3,14	2,61	1,09	3,00	9,85
S842	x	3,18	3,26	0,34	3,00	9,79
S851	x	3,91	1,83	0,89	3,00	9,64
S852	x	3,42	1,67	0,09	4,00	9,18
S831	x	3,03	1,88	1,10	3,00	9,00
S857	x	3,47	1,80	0,63	3,00	8,90
S872	x	3,35	0,42	1,69	3,00	8,46
S861	x	3,51	3,03	1,83	0,00	8,37
S836	x	3,59	1,18	0,46	3,00	8,23
S872	x	2,33	0,85	1,81	3,00	8,00
S864	x	3,63	3,23	0,63	0,00	7,49
S843	x	3,10	3,28	0,93	2,00	7,19
S871	x	0,86	1,83	1,10	3,00	6,80
S822	x	1,00	2,29	1,25	2,00	6,54
S822	x	0,95	3,30	1,12	1,00	6,37
S841	x	3,40	1,44	1,51	0,00	6,35
S852	x	0,98	0,95	0,00	4,00	5,93
S831	x	0,81	0,63	1,42	3,00	5,86
S822	x	0,90	2,93	1,77	0,00	5,60
S853	x	0,00	0,57	2,02	3,00	5,59
S871	x	0,89	0,59	1,06	3,00	5,53
S822	x	0,90	2,29	1,12	1,00	5,31
S871	x	0,86	0,55	0,80	3,00	5,21
S841	x	0,96	0,90	1,06	1,00	3,91
S822	x	0,79	0,89	0,90	1,00	3,58
S822	x	0,96	0,82	0,92	0,00	2,69
S320	x	0,20	0,15	x	0,00	x
S842	x	0,95	0,00	x	3,00	x
S842	x	x	x	x	3,00	x
S843	x	x	x	x	2,00	x
S851	x	x	x	x	3,00	x
S851	x	x	x	x	3,00	x
S853	x	3,63	3,12	x	3,00	x
S853	x	3,19	1,80	x	3,00	x
S837	x	x	x	x	0,00	x
S881	x	x	x	x	3,00	x

### 5.2.3 Novo modelo do mapa anual de manutenções preventivas

Uma vez que se identificou como um ponto a melhorar o modelo vigente do Mapa Anual de Intervenções Sistemáticas (MAIS), a par do trabalho de normalização dos planos, formação dos grupos de equipamentos e alinhamento das datas de intervenção e periodicidades nos

respetivos equipamentos, estruturou-se um novo formato para apresentação das datas previstas para as actividades de manutenção sistemática (Figura 33).

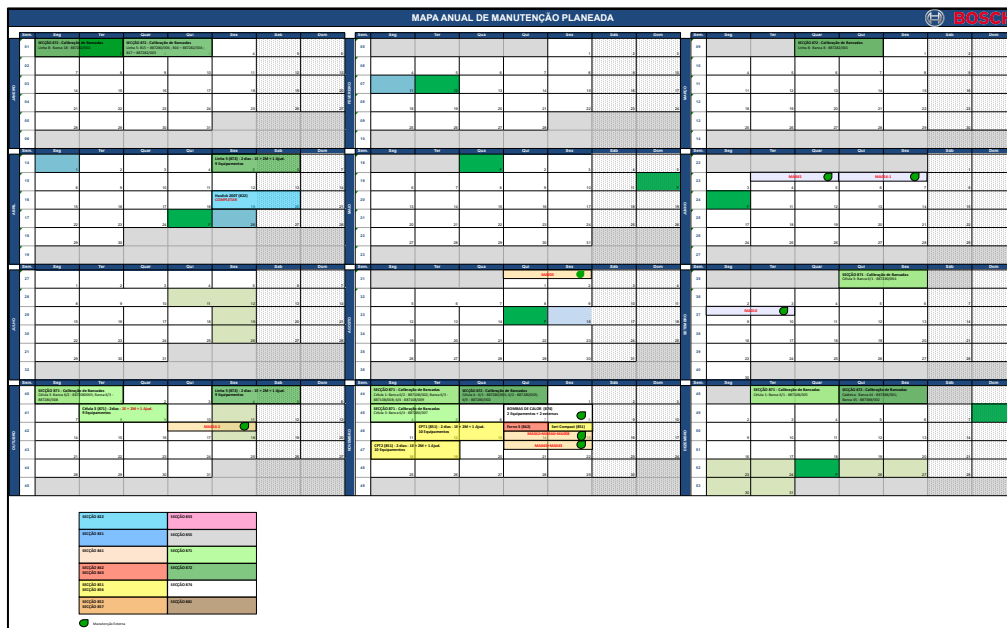


Figura 33 - Aspecto visual do novo MAIS

Esse modelo tem como objetivo uma interpretação mais ágil das intervenções planeadas para cada semana e/ou mês num ciclo de um ano, e contém informação relevante para o planeador como é a identificação do grupo de equipamentos e secção, o número de equipamentos do grupo a intervencionar, o número de técnicos de cada área operacional, e o tempo total previsto para concluir a intervenção.

Desta forma, a título de exemplo, pode ver-se na Figura 34 o aspeto gráfico de um mês do novo MAIS.

Dado que o trabalho de normalização dos planos se prorrogou para além do período de tempo em que o presente projecto foi desenvolvido, o novo modelo do mapa anual de manutenção sistemática será completado à medida que os planos vão sendo normalizados, uma vez que só depois disso é possível prever o tempo total da intervenção e a capacidade operacional necessária para o concluir.

	Sem.	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom								
NOVEMBRO	44	SECÇÃO 871 - Calibração de Bancadas Célula 1: Banca 6/2 - 887108/002; Banca 6/3 - 887108/008; 6/4 - 887108/009		SECÇÃO 872 - Calibração de Bancadas Célula 4: 6/1 - 887280/001; 6/2 - 887280/005; 6/3 - 887280/002		1	2	3								
	45	SECÇÃO 871 - Calibração de Bancadas Célula 3: Banca 6/4 - 887280/007		4	5	6	BOMBAS DE CALOR (874) 2 Equipamentos + 2 externas		7	8	9	10				
	46	CPT1 (851) - 2 dias - 1E + 2M + 1 Ajud. 10 Equipamentos		11		12		Forno 3 (842)		Seri Compact (851)		13	14	15	16	17
	47	CPT2 (851) - 2 dias - 1E + 2M + 1 Ajud. 10 Equipamentos		18		19		MA042+MA044+MA008		MA040+MA043		20	21	22	23	24
	48	25		26		27		28		29		30				
	49															

Figura 34 - Reprodução parcial do novo mapa anual de intervenções sistemáticas

Uma vez que o presente mapa não é, ao contrário do anterior, um *output* do WGTM\_EQU a sua actualização e estruturação são realizadas manualmente pelo planeador. Porém, a concretizar-se a plena implementação da nova metodologia de planeamento das intervenções sistemáticas, o MAIS deverá necessitar apenas de pequenos ajustes a cada novo ciclo, pelo que a sua atualização ficará facilitada.

#### 5.2.4 Integração do novo modelo com departamentos envolvidos

A responsabilidade pela integração do novo MAIS com os restantes departamentos envolvidos, MOE e LOG, foi encargo do responsável pelo TEF1. Assim, aquando do início do desenvolvimento deste trabalho, as diferentes partes foram sendo atualizadas, nas reuniões interdepartamentais no âmbito do System CIP, das ações desenvolvidas para que houvesse oportunidade de as melhorar com os seus contributos e, dessa forma, estabelecer um comprometimento dos vários agentes com a nova metodologia.

Esta estratégia de comunicação, desde a fase inicial de desenvolvimento do projeto, enquadrar-se no âmbito dos pressupostos factores de sucesso da implementação do TPM, que incute a colocação das pessoas no centro das ações de melhoria e o total envolvimento dos níveis hierárquicos, desde chefias aos colaboradores de base.

### 5.3 Ações de suporte ao prosseguimento do Plano de Ação

Uma vez criadas as condições base para a realização da nova metodologia de planeamento de intervenções sistemáticas, baseado em grupos de equipamentos, deve-se prosseguir o processo de normalização dos planos de equipamentos, tarefa morosa dado o número de equipamentos existentes na organização e o desalinhamento que existe entre equipamentos que agora pertencem ao mesmo grupo, e que por isso deverão ser intervencionados no mesmo período.

A par dessa actividade, incutiu-se no modo de trabalho de todos os técnicos de manutenção uma espírito crítico face aos planos existentes, de onde deve surgir sugestões de alteração aos planos sempre que se verifique ser oportuna essa modificação.

Por outro lado, de forma complementar a um projeto em curso de optimização de *stocks* em MAZE, após conclusão de cada intervenção deve ser preenchida pelo técnico uma lista, criada para o efeito, de materiais utilizados de forma a facilitar o planeamento de intervenções futuras (Anexo VII – Lista de Materiais para intervenção).

De forma a também auxiliar o processo de planeamento e simultaneamente libertar o sistema de informação desajustada, no que diz respeito aos pedidos de intervenção em execução e pendentes do *WGTM\_ORD*, promoveu-se a prática de realizar um levantamento pré-intervenção dos pedidos pendentes e em execução dos equipamentos pertencentes ao grupo a intervencionar. Para isso, foi criado um ficheiro padrão que normaliza a apresentação desses pedidos, que contém informação relativa aos técnicos responsáveis, ao operador que fez o pedido e tipo de intervenção (Anexo VIII – Levantamento Pré-intervenção).

## **6. CONCLUSÃO**

Neste último capítulo são feitas as considerações finais ao trabalho realizado durante o período de desenvolvimento deste projeto, através de uma apreciação dos resultados obtidos e os objetivos propostos. Finalmente, apresentam-se propostas de ações a desenvolver no futuro.

### **6.1 Considerações Finais**

Este projeto desenvolveu-se no período de tempo estabelecido, onde se conseguiu definir e estruturar uma nova metodologia de planeamento de manutenções sistemáticas no âmbito do TPM da Bosch, baseado em grupos de equipamentos, pelo que se considera alcançado o objetivo principal deste trabalho.

O facto de existir um número significativo de equipamentos produtivos, cuja manutenção é da responsabilidade do TEF1, faz com que o processo de maturação da metodologia se prolongue ao longo de, no mínimo, mais um ciclo de manutenção, ou seja, durante mais um ano. Contudo, essa circunstância foi considerada aquando da iniciação do projeto, pelo que, em relação à melhoria dos indicadores de desempenho, não eram esperados resultados significativos consequentes da nova metodologia para este intervalo de tempo.

A principal problemática em relação às atividades de manutenção sistemática, prendia-se essencialmente com a inexistência de uma cultura de valorização da importância da manutenção para o desempenho de todo o sistema. Assim, o envolvimento de vários departamentos ao longo deste projeto, em especial do MOE e LOG, permitiu estabelecer um novo paradigma face à integração das atividades de manutenção em EPS, encarada até então como uma das principais restrições ao cumprimento dos trabalhos de manutenção planeados.

No que diz respeito aos objetivos específicos definidos para este trabalho, considera-se que foram concretizados.

Resultou deste trabalho, depois de um processo massivo de levantamento de todos os equipamentos da fábrica, um diagnóstico da classificação, localização, grau de efetividade das intervenções e existência ou não de VPS, de todos os equipamentos inseridos na dinâmica de manutenção sistemática. Essa análise permitiu, em estreita colaboração com o MOE, definir os grupos de equipamentos que se assumem como elemento base de planeamento na nova metodologia, até então inexistentes.

Como critério de diferenciação dos grupos de equipamentos, determinou-se um novo indicador – o indicador de Criticidade – que atribui prioridade aos grupos de equipamentos

mais críticos. Este indicador, composto por vários fatores que dizem respeito tanto à manutenção, como à produção e à logística, permite valorizar as atividades de manutenção sistemática pelo envolvimento das várias áreas. Assim, a partir dos indicadores MTBF, MTTR, OEE e LT Stock, cuja interpretação é transversal a várias áreas da Bosch Termotecnologia SA, estabeleceu-se um *ranking* de criticidade que suporta a tomada de decisão pelas chefias quanto à definição dos projetos de melhoria TPM e à identificação dos grupos de equipamentos com desempenho menos satisfatório no sistema produtivo.

A definição de uma nova estrutura para o Mapa Anual de Intervenções Sistemáticas cujo entendimento é mais intuitivo permitiu uma melhor visualização de todas as actividades planeadas ao longo do ano. Ao mesmo tempo fornece informações importantes para o planeador, nomeadamente, sobre o tempo de intervenção, o número de equipamentos a intervir no grupo e o número de técnicos necessários de cada área operacional, informação esta que antes da realização deste projeto estava dispersa, dificultando ao planeador a previsão do trabalho que era necessário realizar e as suas implicações logísticas.

Devido ao moroso processo de normalização e alinhamento de planos de um mesmo grupo, não foi possível contemplar no novo mapa todas as intervenções planeadas para os diferentes grupos de equipamentos, pelo que não fica completo o preenchimento do novo modelo, que será concluído depois de terminada a revisão de todos os planos de intervenção.

Por outro lado, devido às circunstâncias descritas, a verificação de uma melhoria no desempenho dos equipamentos não foi ainda possível, sendo expectável que ocorra quando todo o processo de planeamento definido pela nova metodologia estiver em funcionamento pleno. Nesse momento, estarão reunidas as condições para que a integração das intervenções sistemáticas no plano de produção seja completa, pese embora exista um compromisso das partes responsáveis para encetar essa norma sempre que seja possível.

A conclusão deste trabalho permite definir uma metodologia relacionada com o planeamento por grupos de equipamentos que pode ser aplicada a situações cujo número de equipamentos constitua um impedimento a um planeamento mais eficaz, sugerindo um conjunto de factores que deverão ser considerados como ponto de partida para o agrupamento dos equipamentos. Este projecto apresenta as principais dificuldades ao nível organizacional, pelo que outros trabalhos relacionados com a implementação do TPM deverão ter em conta o envolvimento de vários departamentos de forma a dar um suporte inequívoco aos objectivos do programa de gestão da manutenção. Por sua vez, a definição clara dos objetivos no início da estruturação do projeto é importante para o envolvimento de todos os colaboradores que interagem com o programa de gestão da manutenção TPM, considerando que a

implementação do programa depende essencialmente de uma mudança comportamental de todos os agentes envolvidos. Este texto assume-se, portanto, como um contributo para a definição de projetos relacionados com o planeamento da manutenção sistemática, pilar que é comum aos diferentes modelos existentes da casa TPM e a diferentes programas de gestão da manutenção.

A realização deste trabalho permitiu ao autor uma experiência de contato com o ambiente industrial muito importante para a conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, contribuindo para o seu desenvolvimento pessoal e profissional, através da exposição às dificuldades comuns inerentes ao ambiente de trabalho de qualquer organização. Finalmente, entende-se que este projeto permitiu colocar o planeamento das atividades de manutenção sistemática da Bosch Termotecnologia SA, num novo patamar de implementação do modelo TPM como ferramenta do *Bosch Production System*.

## 6.2 Trabalho futuro

Embora o processo de implementação da nova metodologia se encontre numa fase muito prematura, importa referir a necessidade de manter todos os intervenientes no processo alinhados com os objetivos do mesmo, designadamente, a interação entre os departamentos de manutenção, produção e logística.

Assim, de modo a tornar o modelo mais robusto, seria conveniente analisar a possibilidade de integrar uma componente financeira no cálculo da Criticidade dos grupos, por exemplo, associado aos custos de manutenção curativa em comparação com os custo de manutenção sistemática. A inclusão de um indicador referente aos custos de manutenção, na definição de Criticidade, permitiria um melhor apuramento dos equipamentos mais críticos. Se por um lado a preferência passa pela diminuição do investimento realizado em intervenções curativas, pelo outro é expectável que associado às intervenções planeadas mais caras, estejam reparações de custos significativos em caso da sua avaria, pelo que esses grupos deverão ser prioritários no cumprimento do plano de intervenções.

De forma a simplificar a tarefa do planeador, a atualização do output do WGTM\_EQU, no que diz respeito aos mapas de manutenção, de acordo com o novo mapa descrito, seria uma importante passo na facilitação do seu entendimento para todos os que interagem com o *software* de gestão da manutenção

A atualização do procedimento TEF-001, de acordo com os novo pressupostos de planeamento de intervenções sistemáticas, que contemplasse as rotinas de verificação da

classificação, de existência ou não de VPS e de integração de um equipamento num novo grupo seria uma vantagem para todos aqueles que possam ser integrados no departamento de manutenção e não estejam rotinados com os processos. Assim, deveria constar no procedimento um capítulo relativo ao planeamento da manutenção sistemática, que evidencie todos os passos a seguir no planeamento de intervenções de um equipamento de acordo com a metodologia desenvolvida neste projeto.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bamber, C. J., Sharp, J. M., & Hides, M. T. (1999). Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: A UK manufacturing case study perspective. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 5(3), 162-181.
- Belhot, R. V., & Campos, F. C. d. (1995). Relações entre manutenção e engenharia de produção: uma reflexão. *Produção*, 5(2), 125-134.
- Carr, W., & Kemmis, S. (1986). *Becoming Critical: Education, Knowledge, and Action Research*: Falmer Press.
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1).
- Cua, K. O., McKone, K. E., & Schroeder, R. G. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. [Article]. *Journal of Operations Management*, 19(6), 675-694.
- de Andrade Ferreira, L. A. (1998). *Uma introdução à manutenção*: Publindústria.
- Dennis, P. (2007). *Lean Production Simplified, Second Edition: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System*: Taylor & Francis.
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T., & Probert, S. D. (2004). Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. *Applied Energy*, 79(4), 385-401.
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T., & Probert, S. D. (2006). Development and implementation of preventive-maintenance practices in Nigerian industries. *Applied Energy*, 83(10), 1163-1179.
- Filipe, F. M. C. (2006). *Gestão e organização da manutenção, de equipamento de conservação e manutenção de infra-estruturas ferroviárias*. Universidade do Minho.
- IAPMEI. (1994). Caderno N.º 3 - Gestão da Manutenção. IAPMEI.
- Jasinski, A. (2005). *Modelo de Planeamento de Manutenção*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems-the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(1), 55-78.
- Kardec, A., & Nascif, J. (2012). *MANUTENÇÃO - FUNÇÃO ESTRATÉGICA: QUALITYMARK*.
- Lanza, G., Stoll, J., Stricker, N., Peters, S., & Lorenz, C. (2013). Measuring Global Production Effectiveness. *Procedia CIRP*, 7(0), 31-36.
- Lawler, C. (2008). Action research as a congruent methodology for understanding wikis: the case of Wikiversity. *Journal of Interactive Media in Education*, 2008(1).
- Lewin, K., & Gold, M. E. (1999). Group decision and social change.
- Marcorin, W. R., & Lima, C. R. C. (2003). Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. *Revista de Ciência & Tecnologia*, 11(22), 35-42.
- Martins, M. P., & Leitão, A. L. (2009). Predição de falhas no apoio à tomada da decisão em gestão da manutenção.
- McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (2001). The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, 19(1), 39-58.
- Mirshawka, V. (1991). *Manutenção Preditiva: Caminho para Zero Defeitos*: McGraw-Hill.
- Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, 4th Edition*: Taylor & Francis.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: total productive maintenance*: Productivity Press.

- O'brien, R. (2001). An overview of the methodological approach of action research. *Theory and Practice of Action Research*.
- Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao Pensamento Magro* Comunidade Lean Thinking.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean - A Filosofia das Organizações Vencedoras*: Lidel - edições técnicas, lda.
- Pinto, J. P. (2013). *Manutenção Lean*: Lidel - edições técnicas, lda.
- Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, 179(1-3), 276-279.
- Rolfen, M., & Langeland, C. (2012). Successful maintenance practice through team autonomy. *Employee Relations*, 34(3), 306-321.
- Ruiz, R., Carlos García-Díaz, J., & Maroto, C. (2007). Considering scheduling and preventive maintenance in the flowshop sequencing problem. *Computers and Operations Research*, 34(11), 3314-3330.
- Robert Bosch S.A. (2013). Bosch em Portugal | Bosch Portugal. from <http://www.bosch.pt>
- Smith, R., & Mobley, R. K. (2011). *Rules of thumb for maintenance and reliability engineers*: Butterworth-Heinemann.
- Wireman, T. (2005). *Developing performance indicators for managing maintenance*: Industrial Press Inc.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production-- Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*: Free Press.

# ANEXO I – CLASSIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS SEGUNDO O PROCEDIMENTO TEF-001

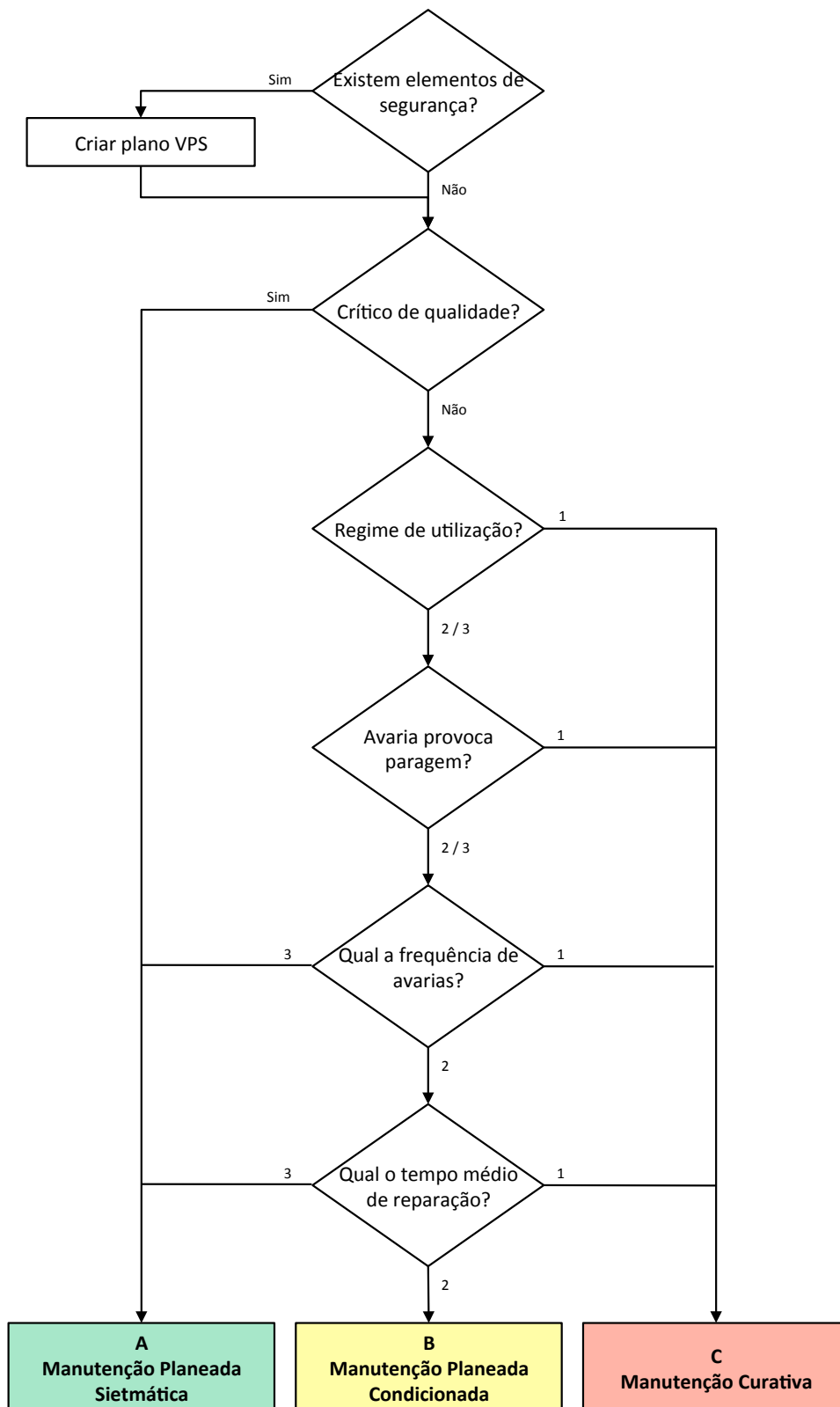


Figura 35 - Procedimento de classificação de equipamentos (TEF-001)

		3 (Sim) - criar plano VPS; 1 (Não)									
<b>S - Segurança e Ambiente</b>		3 (Sim)	1 (Não)	1 (Não)	1 (Não)	1 (Não)	1 (Não)	1 (Não)	1 (Não)	1 (Não)	1 (Não)
<b>Q - Qualidade</b>		--	1	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3
<b>T - Regime de utilização</b>		--	--	1	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3
<b>C - Fluxo de Produção</b>		--	--	--	3	2	2	2	2	2	1
<b>F - Frequência de avarias</b>		--	--	--	--	3	3	2	2	1	--
<b>M - Tempo médio de reparação</b>		A	C	C	A	A	A	A	A	B	C
<b>Classificação</b>		Manutenção Planeada Sistemática	Manutenção Curativa	Manutenção Curativa	Manutenção Planeada Sistemática	Manutenção Planeada Sistemática	Manutenção Planeada Sistemática	Manutenção Planeada Sistemática	Manutenção Planeada Condicionada	Manutenção Curativa	Manutenção Curativa

Figura 36 - Quadro resumo do procedimento de classificação de equipamentos (TEF-001)



### ANEXO III – EXEMPLO DE FOLHA DE SERVIÇOS DE INTERVENÇÃO


WGTM_EQU 2013/10/31 11:25:34		Manutenção Planeada de Equipamentos - Folha de Serviço		 <b>BOSCH</b>			
<b>Responsável</b>		FVB/ GTM					
<b>Nº. Inventário</b>	0100000001	<b>Próxima Intervenção</b>	2014/01/29				
<b>Máquina</b>	TESTE FUNCIONAL KIT SOLAR	<b>Plano</b>	852E033: MANUTENÇÃO PREVENTIVA BANCA TESTE				
<b>Seção</b>	881 - Embalagem de Peças de Substituição	<b>Tarefa</b>	1: REVISÃO MECÂNICA				
<b>Linha</b>	C - Linha Componentes	<b>Tempo Previsto (h)</b>	2.18				
<b>Crítico</b>	<u>Sim</u>						
<b>Periodicidade (dias)</b>	180						
<b>Nº Posto</b>	60						
Trabalhos a Efectuar pelo Técnico		Foto	T	S	PC	TE	Comentários
VERIFICAR O ESTADO DAS VÁLVULAS ANTRRETORNO, SUBSTITUIR SE NECESSÁRIO			0.02				
VERIFICAR ESTADO (FUGAS) DO MULTIPLICADOR DE PRESSÃO, REPARAR SE NECESSÁRIO			0.02				
VERIFICAR AS GUIAS DE CILINDRO DE MARCAÇÃO E O ESTADO DO CILINDRO, REPARAR SE NECESSÁRIO			0.1				
LIMPAR E LUBRIFICAR AS GUIAS VERTICAIS DO SISTEMA DE PROTECÇÃO, REPARAR EVENTUAL ANOMALIA DETECTADA NO SISTEMA.			0.1				
VERIFICAR O ESTADO DAS MANGUEIRAS, SUBSTITUIR SE NECESSÁRIO.			0.1				
VERIFICAR O ESTADO, FUNCIONAMENTO E VEDAÇÃO DAS ELECTRO-VÁLVULAS, REPARAR/SUBSTITUIR SE NECESSÁRIO.			0.04				
VERIFICAR ESTADO DO ELEMENTO DO FILTRO DA ÁGUA, FILTROS DE ENTRADA SUBSTITUIR SE NECESSÁRIO			1.5				
VERIFICAR O ESTADO DO CILINDRO DE APERTO DA MORDAÇA, REPARAR SE NECESSÁRIO			0.1				
VERIFICAR A EXISTÊNCIA DE FUGAS DE AR E ÁGUA, REPARAR SE NECESSÁRIO			0.1				
VERIFICAR ESTADO DO CILINDRO DE MARCAÇÃO. REPARAR SE NECESSÁRIO			0.1				
<b>Observações</b>							
<b>Legenda: T = Tempo Execução; S = Segurança; PC = Planeada Condicional; TE = Tarefa Extra Plano</b>							<b>Página 1</b>
<b>Data</b>	<b>O Técnico</b>		<b>O Responsável</b>				

Figura 38 - Folha de serviço de intervenção

# ANEXO IV – A3 DA FASE DE CONCEITO

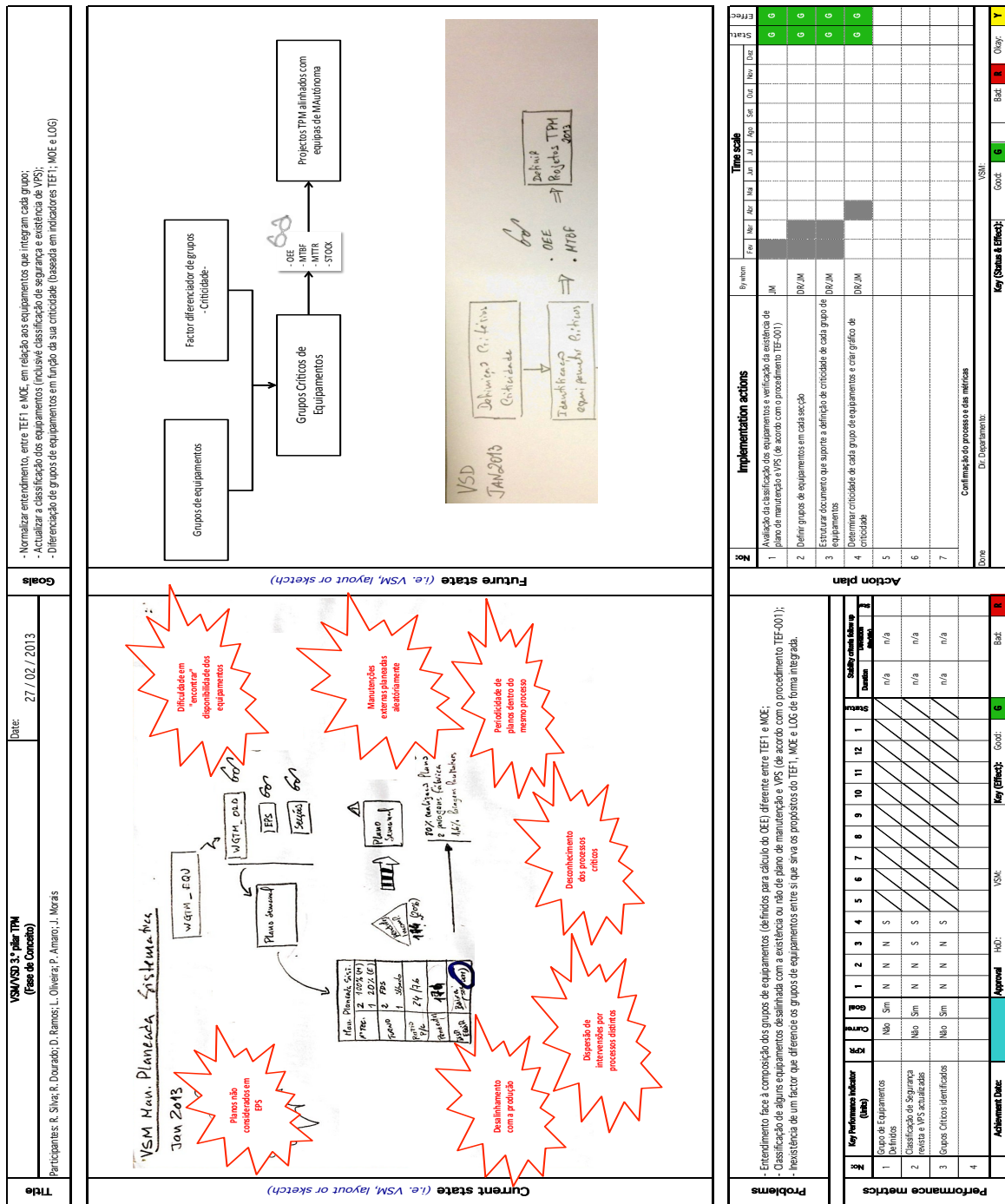


Figura 39 - A3 da Fase de Conceito

# ANEXO V – EXEMPLO DO FICHEIRO GRUPO\_DE\_EQUIPAMENTOS

S841		Tubo Gás		BOSCH											
Seção	Grupo	Equipamento	Nome	Classificação	MPS	MPlançada 2012						Segurança			
						S	E	M	Ext	S	VPS				
						MP	C	MP	C	MP	C	MP	C	S	
S841	Célula Ensaios	885198/001	PRENSA PNEUMÁTICA C/ MESA AJUSTÁVEL-03	A	N									3	N
S841	Célula Ensaios	885202/001	MAQUINA DE SOLDAR P/ PONTOS-02	A	N									3	S
S841	Célula Ensaios	885210/001	BANCADA C/ DISPOSITIVO P/ ENCASQUILHAR TUBO-02	A	N									3	N
S841	Célula Ensaios	885222/001	BANCADA C/ EQUIP. P/ ENSAIO TUBO CONDUJA DE GAS	A	S		1	1	1					3	S
S841	Célula Ensaios	886000/001	BANCADA C/ PRENSA PNEUMÁTICA P/ MONTAR	A	N									3	S
S841	Célula Ensaios	887074/001	FORNO DE SOLDADURA DE 300/160/3000G # 4	A	S	17	14	1	1	1	1			3	S
S841	Célula Ensaios	887096/001	BANCADA DE TESTE DE ESTANQUICIDADE	A	S		1	1	1					3	S
S841	Célula Ensaios	88775/001	MAQUINA DE MONTAR "TOMADA DE PRESSAO" NGOS TUBOS DE GAS	C	S									1	SIM
S841	Célula Ensaios	887289/001	PRENSA DE EXCENTRICO "EXACTIA" MODELO C063	A	S									1	S
S841	Célula Veerstra	885194/001	MAQUINA P/ DOBRAR E CORTAR VEENSTRA-01	A	N									3	N
S841	Célula Veerstra	885196/001	MAQUINA P/ DOBRAR E CORTAR VEENSTRA-01	A	S		1	1	1					3	S
S841	Célula Veerstra	88776/001	MAQUINA DE FURAR TUBO DE GAS (TOMADA DE PRESSAO)	A	S		1	1	1					3	S

RESUMO														
Grupo	MPlançada 2012						Segurança							
	S	E	M	Ext	S	VPS	S	S	S	S	S	S	S	S
	MP	C	MP	C	MP	C	MP	C	MP	C	MP	C	MP	C
Célula 1	17	14	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	82%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Célula 2	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	N.A.	N.A.	100%	100%	100%	100%	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
TOTAL	17	14	5	5	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2
	82%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Total planos														7

Figura 40 - Exemplo do ficheiro Grupo\_de\_Equipamentos



# ANEXO VI – A3 DA FASE DE IMPLEMENTAÇÃO

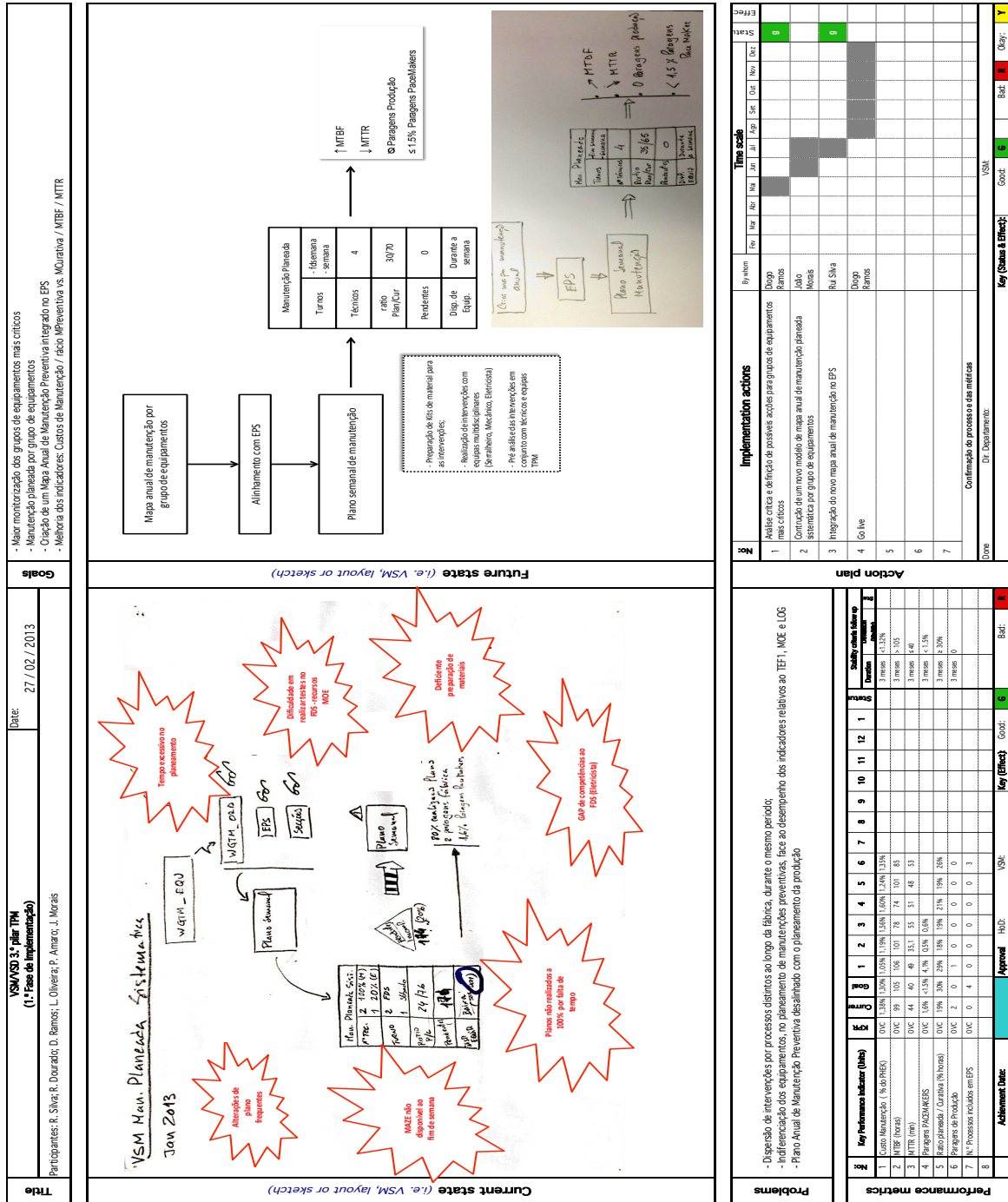


Figura 41 - A3 da Fase de Implementação



