



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Manutenção e Segurança, duas vertentes indissociáveis – Casos de Estudo

Trabalho Projeto apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Autor (a)

Maria João Marinho Pereira

Orientador

Prof. Doutor José Manuel Torres Farinha

Professor do Departamento de Mecânica

Instituição

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, junho, 2019

Esta página foi deixada intencionalmente em branco.

Agradecimentos

São várias as pessoas a quem quero agradecer, que direta ou indiretamente me permitiram crescer nesta Engenharia chamada de Manutenção.

Acima de tudo, tenho de agradecer à minha família, não podendo deixar de agradecer aos meus pais, irmã e avós, pela simples frase repetida vezes sem conta: “Se é isso que queres, segue em frente!”. Agradecer, em especial ao “avozinho” que mesmo desconfiado me perguntava vezes sem conta: “Como é possível, isto ser assim? Como pode o Homem ter criado isto?”, frases que sem dúvida hoje aplico neste desafio constante que é a Manutenção.

Agradecer, ao Prof.º José Manuel Torres Farinha pela dedicação, apoio e conhecimento transmitido ao longo deste percurso.

Agradecer também às empresas que me proporcionaram a realização deste estudo, e em especial aos técnicos de manutenção e à Eng.^a Eliana Silva, que fizeram questão de me acompanhar e explicar todo o processo, em todas as minhas visitas mesmo fora de horas.

Agradecer aos meus amigos pelo apoio, ajuda, dedicação e presença ao longo deste desafio com avanços e retrocessos.

Por fim, quero agradecer a quem me ensinou a parte prática da Manutenção, Chefe Mateus, que jamais permitiu que eu saísse de um trabalho sem realmente o perceber e às “meninas do departamento da Segurança” que me proporcionaram a harmonização dos estudos com o trabalho.

Esta página foi deixada intencionalmente em branco.

Resumo

A manutenção é reconhecida como uma atividade estratégica transversal a todos os departamentos de uma organização, assente em dois princípios base: a redução de custos inerentes ao processo de produção e a otimização da rentabilidade das máquinas através da maximização da sua disponibilidade.

É com base na perspectiva da relação Homem-Máquina que a manutenção industrial é caracterizada como uma atividade de risco, pelo que a integração da segurança no planeamento e coordenação das operações de manutenção é essencial.

Foi a partir desta perspectiva que se desenvolveu o projeto que está subjacente à presente comunicação, com ênfase no estudo, na identificação e na classificação das avarias/paragens das máquinas em duas empresas do setor alimentar dedicadas ao fabrico de embalagens, considerando o fator tempo, bem como as suas implicações diretas ao nível da produção e do operador.

A partir do tratamento dos dados foi possível obter resultados sobre o desempenho das máquinas, designadamente através do cálculo de indicadores de *performance*, de acordo com a norma NP EN 15341:2009, tais como o MTBF (Mean Time Between Failures), MWT (Mean Waiting Time), e MTTR (Mean Time To Repair), e ainda sobre o risco causado ao operador, com base na interpretação da Matriz GUT (Gravidade, Urgência, Tendência) desenvolvida.

Neste sentido, e com base nos resultados obtidos, pretendeu-se fazer a implementação e a criação de diretrizes para a prática de uma cultura de manutenção pró-ativa, focada no conceito Homem-Máquina-Produção.

Palavras-chave: Manutenção Industrial; Indicadores de performance; Segurança; MTBF; MTTR; MWT; Matriz de Gut.

Esta página foi deixada intencionalmente em branco.

Abstract

Maintenance is recognized as a strategic activity across all departments of an organization, based on two basic principles: the reduction of costs inherent to the production process and the optimization of the profitability of the machines

It is based on the perspective of the Man-Machine relationship, that industrial maintenance is characterized as a risk activity, so integrating safety into the planning and coordination of maintenance operations is essential.

In view of this view, the objective of this study is to identify and classify the machine breakdowns / stoppages in two food companies dedicated to the manufacture of packaging, considering the time factor, as well as its direct implications at the production and operator levels. The data processing will allow results to be obtained on the machine by calculating the performance indicators established in NP EN 15341: 2009, such as MTBF, MWT, MTTR, and on the risk caused to the operator, based on the interpretation of the Matrix of GUT developed.

In this sense, and based on the results obtained, it is intend to implement and create guidelines for the practice of a proactive maintenance culture, focused on the Man-Machine-Production concept.

Keywords: Industrial Maintenance; Performance indicators; Safety; MTBF; MTTR; MWT; Matrix of Gut.

Esta página foi deixada intencionalmente em branco.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	iii
Abstract	v
Índice	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas.....	xi
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento e motivação	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Estrutura da monografia	2
2. Enquadramento Teórico.....	4
2.1. A Manutenção Industrial.....	4
2.1.1. O papel da manutenção na indústria.....	5
2.1.2. A evolução da manutenção industrial.....	6
2.1.3. Benefícios da manutenção	9
2.1.4. Tipos de manutenção.....	11
2.1.5. Atividade de manutenção	14
2.1.6. Tempos relativos à manutenção	15
2.1.7. Indicadores de desempenho, <i>KPI</i>	16
2.1.8. Disponibilidade Operacional	20
2.1.9. Análise dos custos de manutenção	24
2.1.10. O planeamento da manutenção	25
2.2. Segurança na manutenção industrial.....	27
2.2.1. Os objetivos da segurança na manutenção industrial	28
2.2.2. A gestão dos serviços de SST na manutenção	29
2.2.3. Principais perigos da atividade de manutenção	30
2.2.4. A adoção e implementação de medidas de SST.....	31
2.2.5. Máquinas e equipamentos de trabalho	34
2.2.6. A formação dos trabalhadores como fator de sucesso.....	36
2.2.7. Enquadramento Legal da SST	37
2.3. Enquadramento do objetivo de estudo	40
2.3.1 Metodologia adotada no objetivo de estudo	40
3. Manutenção e Segurança – Casos de Estudo.....	44
3.1 Caracterização do caso de estudo 1.....	44

3.1.1 Monitorização do caso de estudo	44
3.1.2 Análise dos Indicadores, <i>KPI</i>	50
3.1.3. Valoração do Grau de Importância Crítica, IC.....	51
3.2 Caracterização do caso de estudo 2.....	53
3.2.1 Monitorização do caso de estudo	53
3.2.2 Análise dos Indicadores, <i>KPI</i>	61
3.2.3 Valoração do Grau de Importância Crítica, IC.....	62
3.3. Estudo dos custos da manutenção.....	63
4.Conclusões e desenvolvimentos futuros	65
4.1 Conclusões.....	65
4.2 Proposta de trabalhos futuros	66
Referências Bibliográficas	68
Anexos.....	70
Anexo I – Fluxograma de consignação dos equipamentos e máquinas.....	71
Anexo II – Esquema produtivo dos casos de estudo.....	72
Anexo III – Ficha de Máquina / Equipamento	73
Anexo III – Ficha de Máquina / Equipamento	74
Anexo IV – Ficha de Caracterização Máquina / Equipamento	75
.....	75
Anexo V – Valoração do Grau de Importância Crítica.....	76
Anexo V – Valoração do Grau de Importância Crítica.....	77
Anexo V – Valoração do Grau de Importância Crítica.....	78
Anexo VI – Mapa Evolutivo de Manutenção.....	79

Índice de Figuras

Figura 1- Evolução do conceito de Manutenção.....	8
Figura 2- Manutenção Planeada versus Manutenção Não Planeada.	10
Figura 3- Tempos relativos à manutenção [Fonte: Monchy (1987)].....	16
Figura 4- Fatores de influência da manutenção e indicadores de desempenho	17
Figura 5- Tempos de funcionamento e de reparação [Fonte: Cabral (2006)].....	18
Figura 6- Noções base. [Fonte: Monchy (1987)]......	20
Figura 7- Disponibilidade vs fatores de influência.	23
Figura 8-Representação esquemática do Iceberg dos custos da manutenção. [Fonte: Tajiri, TPM Implementation- a Japanese Approach.].....	25
Figura 9- Plano de Carga dos trabalhos de Manutenção. [Fonte: Ferreira, (1998)].	27
Figura 10- Aspetos determinantes da cultura da empresa. [Fonte: OSHAS- EN 18001:2007 Sistemas de Gestão da Saúde e Segurança Ocupacional].....	33
Figura 11- Princípio hierárquico das medidas de prevenção. [Fonte: Pinto, 2016].....	33
Figura 12- Metodologia adotada na identificação da avaria e intervenção, da máquina e/ou equipamento.	41
Figura 13- Linha temporal, dos tempos associados à manutenção.....	42
Figura 14- Processo produtivo da empresa 1.....	44
Figura 15- Distribuição percentual da anomalia detetada (%).	46
Figura 16- Representação gráfica (<i>boxplot</i>) dos TTR MNP da EMB11.	47
Figura 17- Representação gráfica (<i>boxplot</i>) dos TTR MNP da EMB12.	48
Figura 18- Representação gráfica (<i>boxplot</i>) dos TTR MNP da EMB13.	49
Figura 19- Representação gráfica (<i>boxplot</i>) dos TTR MNP da EMB14.	50
Figura 20-Processo produtivo da empresa 2.	53
Figura 21- Exemplo da embalagem “bag-in-box”.	55
Figura 22- Distribuição percentual da anomalia detetada (%) na linha de produção 1.	56
Figura 23-Distribuição percentual da anomalia detetada (%) na linha de produção 2.	57
Figura 24- Representação gráfica (<i>boxplot</i>) dos TTR MNP e TTR MP da L1.....	59
Figura 25- Representação gráfica (<i>boxplot</i>) dos TTR MNP e TTR MP da L2.....	61
Figura 26- Fluxograma do procedimento de consignação de máquinas/equipamentos.	71
Figura 27- Processo de embalamento vertical.....	72
Figura 28- Processo de embalamento horizontal.	72
Figura 29- Exemplo do modelo de ficha de máquina, parte 1.	73
Figura 30- Exemplo do modelo de ficha de máquina, parte 2.	74
Figura 31- Exemplo de modelo de ficha de caracterização de máquina/equipamento segundo o DL50/2005.....	75
Figura 32-Valoração do Grau de IC, caso estudo 1.	76
Figura 33- Valoração do Grau IC, caso estudo 2, linha 1.....	77
Figura 34-Valoração do Grau IC, caso estudo 2, linha 2.....	78
Figura 35- Mapa evolutivo de manutenção.	79

Índice de Tabelas

Tabela 1- Tipos de manutenção de acordo com a EN 13306:2010.....	11
Tabela 2- Os 5 Níveis de Manutenção (AFNOR) [Fonte: Souris (1992)].....	13
Tabela 3- Taxa de avarias (λ) [Fonte: Cabral (2006)].....	18
Tabela 4- Os cinco níveis do planeamento. [Fonte: Ferreira, (1998)].....	26
Tabela 5- Valoração do grau de importância crítica baseado na Matriz de GUT.	42
Tabela 6- Escala de classificação utilizada para cada variável.	43
Tabela 7- Identificação das avarias nas máquinas e intervenções efetuadas.....	45
Tabela 8- Descrição da anomalia detetada.	46
Tabela 9- Monitorização dos tempos de paragens não programadas (avarias) na EMB11.....	47
Tabela 10- Monitorização dos tempos de paragens não programadas (avarias) na EMB12....	48
Tabela 11-Monitorização dos tempos de paragens não programadas (avarias) na EMB13.....	49
Tabela 12-Monitorização dos tempos de paragens não programadas (avarias) na EMB14.....	49
Tabela 13- <i>KPI's</i> vs disponibilidade da máquina.	51
Tabela 14- Grau de Importância Crítica (IC) obtido em cada máquina.	52
Tabela 15- Indicador Técnico, T11, da NP EN 15341:2009.	52
Tabela 16- Identificação das avarias na máquina e intervenções efetuadas.....	54
Tabela 17-Identificação das avarias na máquina e intervenções efetuadas.....	54
Tabela 18- Descrição da anomalia detetada.	55
Tabela 19- Monitorização dos tempos de paragens na linha de produção 1	58
Tabela 20- Monitorização dos tempos de paragens na linha de produção 2.	60
Tabela 21- <i>KPI's</i> vs disponibilidade da máquina.	62
Tabela 22-Grau de Importância Crítica (IC) obtido em cada máquina.	62
Tabela 23- Custo em unidades monetárias (u.m) da manutenção.	63
Tabela 24-Custo em unidades monetárias (u.m) da manutenção.	64

Lista de Abreviaturas

- EU-OSHA – Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho
- GEP- Gabinete Estatística de Portugal
- KPI- *key performance indicators* (indicadores de desempenho)
- MNP- Manutenção não preventiva
- MP- Manutenção preventiva
- MTBF- *Mean time between failures* (tempo médio entre avarias)
- MTTR- *Mean time to repair* (tempo médio de reparação)
- MWT- *Mean waiting time* (tempo médio de espera)
- SST- Segurança e Saúde no Trabalho
- TBF - Tempo de bom funcionamento
- TED - Tempo efetivo de disponibilidade
- TIC- Tecnologias de informação e comunicação
- TO - Tempo de operacionalidade
- TP - Tempo de paragem
- TPF - Tempo de paragem de fabrico
- TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)
- TPM- Tempo paragem manutenção
- TTR – Tempo total de reparação
- TTR MNP - Tempo total de reparação de Manutenção Não Preventiva
- TTR MP- Tempo total de reparação de Manutenção Preventiva
- u.m. – unidade monetária
- WT- *Waiting time* (tempo de espera)

1. Introdução

A mudança de paradigma ao nível do mercado consumidor obrigou as organizações a criar e consolidar políticas sustentadas na competitividade estratégica. Como tal, o sucesso das organizações depende da sua capacidade de adaptação e implementação de novas metodologias fomentando a melhoria contínua dos seus processos, vocacionadas para uma maior competitividade alcançada através da qualidade e produtividade.

A globalização dos mercados desencadeou um forte estímulo no consumidor, incrementando um aumento relacionado com a diversificação das alternativas (oferta superior à procura). Com a multiplicidade das ofertas, as organizações que queiram competir e progredir no mercado tem que obrigatoriamente assegurar e garantir qualidade dos produtos e serviços prestados, capacidade de resposta, cumprimento de prazos e foco na relação com o cliente.

É com base nesta competitividade de mercados que a função manutenção surge associada à evolução dos novos modelos de gestão, deixando de estar apenas relacionada com a cadência produtiva ou a disponibilidade das máquinas, tendo como missão contribuir para o alcance dos objetivos produtivos da empresa, em termos de prazos, qualidade e preço.

Um estudo realizado por *Wireman*(1990) nos Estados Unidos da América, afirma que desde 1979 os custos de manutenção das empresas norte-americanas têm vindo a subir entre 10 a 15% ao ano.

Segundo o autor *Komonen*(2002), na Finlândia são gastos em média 5.5% dos lucros em manutenção, mas estes valores podem variar de 0.5% a 25%.

Em muitas empresas de grande dimensão os custos de manutenção podem chegar a 40 % do orçamento operacional (*Dunn*,1998).

Outro estudo, efetuado pela associação brasileira de manutenção (*ABRAMAN*) divulgou que os custos com manutenção no Brasil chegam a 4.2% do PIB, o equivalente a mais de 142 mil milhões de euros.

Na manutenção, o carácter de imprevisibilidade ao nível das ações a desenvolver nas máquinas é uma constante, devido às dificuldades de acesso, desconhecimento das zonas a intervir, tempos de resolução reduzidos (*timings*), entre outras condicionantes. Nesta perspetiva surge um novo desafio para as organizações, garantir a competitividade estratégica, através da manutenção regular das máquinas, mas sem que esta coloque em perigo a saúde do operador. Sendo, a função manutenção estruturada ao longo da cadeia de valor, garantindo que o trabalho é realizado respeitando as normas de segurança impostas.

1.1. Enquadramento e motivação

Este projeto insere-se no ciclo de estudos do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, e baseou-se no estudo das máquinas afetas a dois processos de produção distintos, e posterior análise e interpretação de indicadores comuns, *KPI*, dispostos na NP EN 15341:2009.

A metodologia utilizada para a recolha dos dados consistiu no preenchimento de uma ficha de máquina/ equipamento (Anexo III) dinamizada em três vertentes:

1. Máquina: identificação e diagnóstico das avarias e ações realizadas;
2. Segurança: identificação dos potenciais riscos causados pela máquina no operador;
3. Produção: identificação da relação direta da avaria da máquina no ritmo de produção.

O presente trabalho centra-se na relação direta “causa-efeito” destas três vertentes e o seu impacto dentro da empresa.

Adicionalmente, tornou-se motivante perceber com base nas práticas de manutenção existentes no departamento de manutenção, o verdadeiro valor monetário da manutenção face ao que seria expectável produzir, máquina sem avaria, e ao que realmente foi produzido, máquina com avaria.

Com a realização deste estudo, o projeto apresentado visa contribuir para o aumento dos níveis de serviço das empresas alvo de estudo, tendo como diretriz principal manter ou reduzir os custos de manutenção, através da diminuição dos custos de reparação associados à prática de manutenção corretiva que se refletem na maioria das vezes em perdas de produção por avarias.

1.2. Objetivos

O presente estudo teve como objetivo identificar, analisar e comparar as práticas de gestão de manutenção existentes, identificando e corrigindo pontos críticos com base na taxa de repetição das avarias.

Foram definidos os seguintes objetivos:

- Implementar um sistema de gestão de manutenção focado na análise dos indicadores técnicos (*KPI*), através da identificação das avarias e classificando as mesmas por categorias, de modo a perceber a sua repetição ao longo do processo;
- Identificar e interpretar a relação Homem-Máquina, considerando o risco que este fica exposto quando tem de intervir na avaria/paragem;
- Analisar falhas e oportunidades de melhoria para servir de experiência na futura expansão e padronização da melhoria contínua, de forma a solucionar problemas com a adoção de práticas corretas.

1.3. Estrutura da monografia

O presente trabalho foi estruturado em 4 capítulos, para além do capítulo inicial que faz o enquadramento, e a motivação para a realização do trabalho:

- O Capítulo 2 apresenta os fundamentos teóricos que servirão de base à análise do estado da arte do tema desenvolvido, apresentando os conceitos associados à manutenção

industrial e à segurança no trabalho, tal como os seus princípios, ferramentas e metodologias, benefícios e barreiras;

- O Capítulo 3 apresenta a aplicação das metodologias adotadas bem como os resultados obtidos;
- O Capítulo 4 apresenta as conclusões e propostas de futuros desenvolvimentos.

2. Enquadramento Teórico

Neste capítulo procede-se a uma análise do estado dos conhecimentos teóricos relativos à manutenção industrial e à segurança no trabalho, nomeadamente, um enquadramento histórico da sua evolução, benefícios, indicadores e a adoção e implementação de medidas aplicáveis. No presente capítulo, alguns dos fundamentos teóricos foram sustentados numa versão mais antiga da norma EN 13306:2010, sendo a sua versão mais recente a EN 13306:2017.

2.1. A Manutenção Industrial

O Homem, desde os primórdios da Humanidade, sempre teve a necessidade de procurar e criar ferramentas e utensílios que lhe auxiliasse e facilitasse o seu trabalho. Como tal, houve a necessidade de conservar e zelar pelas características destes para que se conseguissem preservar por tanto tempo quanto ele achasse que seria o seu tempo de vida útil.

Nada do que é criado pelo Homem é perfeito e indestrutível; no entanto, a sua vida útil pode ser aumentada pela aplicação de ações corretivas, a que se dá o nome de manutenção.

Pela norma, EN 13306:2010, a manutenção é definida 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”. Definindo a mesma como bem “qualquer peça, componente, aparelho, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente”.

Segundo a Norma Francesa AFNOR NF X60-010, a manutenção diz respeito ao “conjunto de ações que permite manter, ou restabelecer, um bem num estado específico, em condições de assegurar um serviço determinado, com um custo global mínimo.”

De acordo com a perspetiva de Cabral (2006) “a manutenção, traduz-se, em termos práticos, pela realização das reparações e recondiçionamentos necessários para compensar a deterioração e os desgastes provocados pelo movimento relativo das peças, pela oxidação ou perda de função dos equipamentos, materiais ou seus elementos protetores, e pela tomada de decisões relativas aos necessários investimentos, seja para a sua reabilitação seja para a sua condenação ou substituição por novo.”

A manutenção, como qualquer outra função na empresa, requer um fluxo de informação adequado entre os diferentes pontos da sua organização interna e com as restantes unidades funcionais/organizacionais da empresa, de forma a cumprir os objetivos atingindo um desempenho aceitável (NP EN 13460:2010).

Face ao exposto, a manutenção pode ser compreendida como um conjunto de todas as atividades relacionadas com a manutenção do equipamento e com as atividades de reparação das avarias, de modo a que o equipamento funcione como o desejado, maximizando o seu tempo de vida útil, corrigindo e, se possível, prevenindo eventuais falhas.

2.1.1. O papel da manutenção na indústria

A globalização e o contexto de competitividade nos mercados atuais lançam um desafio cada vez mais exigente e real para as organizações. A entrega ao cliente do produto ou serviço pretendido à primeira, com qualidade assegurada, e no prazo acordado, é cada vez mais uma questão de sobrevivência, e cada vez menos um fator de diferenciação. (NP 4483:2009).

De acordo com Cabral (2006), após um longo período em que foi considerada o “mal necessário” da função produtiva, reconhece-se, hoje, na manutenção uma das áreas mais importantes e atuantes da atividade industrial através do seu contributo para o bom desempenho produtivo, a segurança, a qualidade do produto, as boas relações interpessoais, a imagem da empresa, a rentabilidade económica do processo produtivo e a preservação dos investimentos.

A realização de toda a cadeia de valor, desde a matéria-prima até ao produto final, assenta em máquinas, equipamentos, parâmetros e controlos, designados por “processo”. As etapas de planeamento e realização de processo são a base para assegurar que o mesmo vai cumprir os requisitos, garantindo assim a satisfação do cliente (NP 4483:2009).

Pela perspetiva de Sousa (2011), os principais fatores para essa mudança foram:

- A manutenção relacionada com a produção e a operação para que as atividades se exerçam de modo eficiente, com fiabilidade, eficácia e a baixo custo;
- Manter os equipamentos o mais próximo possível das condições iniciais de projeto e da instalação da empresa;
- Através de estudos técnicos efetuar melhorias e modificações tecnológicas de modo a atender às necessidades da produção;
- Reduzir, ou mesmo eliminar, o tempo de paragem por emergência e urgência causadores de perdas no processo produtivo;
- Manter as normas regulamentares de higiene e segurança no trabalho;
- Manter um consumo energético adequado para os equipamentos e instalações de modo a reduzir custos e identificar falhas ou equipamentos em estado de envelhecimento;
- Garantir o máximo de utilização e aproveitamento dos recursos disponíveis.

Segundo Ferreira (1998), os equipamentos de produção têm sofrido ao longo dos tempos evoluções importantes:

- a) Os equipamentos de produção são cada vez mais automatizados. Tornam-se mais compactos, mais complexos e são utilizados de forma intensa;
- b) Os equipamentos são mais “caros” (investimentos mais elevados) com períodos de amortização mais pequenos;
- c) Os tempos de indisponibilidade sobre um “processo” são economicamente mais críticos que sobre um parque de máquinas em linha;

- d) A exigência imposta por novos métodos de gestão da produção, tais como o “*Just-in-time*”, que exige a eliminação total dos problemas e avarias das máquinas.

Pelo que, Helmann (2006) defende que as atividades de manutenção proporcionam a fiabilidade e a disponibilidade dos processos de produção, evitando falhas e possíveis deteriorações de equipamento.

Considerando o exposto pelos autores anteriormente referidos, poder-se-á concluir que a manutenção industrial assume cada vez mais um papel decisivo nas empresas ao nível da “tomada de decisão”, bem como no cumprimento dos índices de eficiência e produtividade a que as mesmas se propõem, sendo vista como uma ferramenta fulcral na proteção das empresas contra as falhas das suas máquinas/equipamentos, que se repercutem diretamente na produção.

2.1.2. A evolução da manutenção industrial

Segundo Farinha (2011), a mecanização associada à Revolução Industrial do século XIX fez sobressair a necessidade de reparar regularmente as máquinas; contudo, essas intervenções eram deixadas a cargo dos próprios operadores. Só a partir da 1ª Guerra Mundial a indústria foi pressionada a atingir padrões mínimos de produção, levando à constituição de equipas especializadas para reparar as avarias no menor tempo possível. Essas equipas, porém, limitavam-se a fazer manutenção corretiva (paliativa, curativa e variantes desta designação) permanecendo na dependência da produção.

Segundo a visão de alguns autores, a manutenção ganha relevo dentro das organizações em meados de 1914, (período de grandes desenvolvimentos económicos e tecnológicos denominado como a *Belle Époque*¹), devido a dois acontecimentos marcantes a nível mundial: a 1ª Guerra Mundial e a produção em série, instituída por Henry Ford. A linha de montagem móvel e as técnicas de produção em massa obrigaram a estabelecer programas mínimos de produção. Face a esta obrigatoriedade, houve a necessidade de criar equipas que estivessem preparadas para efetuar as reparações devidas nas máquinas no menor tempo possível. A manutenção caracterizava-se por ser uma manutenção simples, não sistematizada e pouco mecanizada, onde os equipamentos eram simples e, na sua maioria, de grandes dimensões, pelo que as intervenções efetuadas eram ao nível da limpeza, lubrificação e reparação após quebra, ou seja, predominância de uma *manutenção corretiva* que se prolongou até à década de 30 do século XX.

De acordo com Farinha (2011), a produção em massa nos países industrializados e a conjuntura internacional que antecedeu a 2ª Guerra Mundial, forçavam a produzir cada vez mais. As empresas começaram então a preocupar-se, não só em corrigir as falhas, mas também em evitar o seu aparecimento, o que alargou o âmbito da manutenção que passou a atuar também na prevenção de anomalias.

¹ Bela Época

Desde a 2ª Guerra Mundial houve um aumento na procura por todo o tipo de produtos, como consequência dos efeitos pós-guerra, o que se repercutiu em ritmos de produção nunca antes vistos. O aumento da procura e a consequente falta de mão-de-obra obrigaram a que as indústrias se reorganizassem, essencialmente ao nível do parque de equipamentos e de mão-de-obra qualificada. Havia a necessidade de reestruturar a manutenção enquanto função impulsionadora de produtividade. A manutenção passaria a ser realizada com base na disponibilidade do equipamento, consistindo no aproveitamento dos tempos mortos das máquinas, intervindo sobre elas, mas com eficácia, reduzindo as paragens por avaria em plena laboração. O que resultou no conceito de *manutenção preventiva*, ou seja, evitar falhas nos equipamentos.

Entre 1940 e 1970, o desenvolvimento industrial, que surgiu da necessidade de atender aos esforços do pós-guerra, proporcionou a evolução da aviação comercial e da indústria eletrónica. A manutenção consistia em intervenções nos equipamentos realizadas em intervalos fixos, provocando um aumento nos custos de manutenção face a outros custos operacionais. Um dos factos observados pelas chefias da manutenção era que, na maioria dos casos, o tempo despendido para diagnosticar as falhas era superior ao da reparação, havendo a necessidade de criar equipas especializadas nesta área, designada de Engenharia de Manutenção. Tendo por base os processos científicos de manutenção preventiva, a Engenharia de Manutenção visa aumentar a fiabilidade do equipamento.

Pela perspectiva de Farinha (2011), com a difusão dos computadores, a partir dos anos 60 do século XX, potencia-se a capacidade de aplicar processos mais elaborados de análise e controlo de fiabilidade, que começam a incluir modelos estatísticos e matemáticos de complexidade crescente.

Segundo Campbell (2001), a manutenção passou a poder estar um passo à frente da falha eminente, reduzindo assim custos e tempos de paragem devido a intervenções sistemáticas, estando agora mais orientada para controlar que para intervir.

Esta mudança de paradigma, permitiu desenvolver critérios de previsão de falhas, com base no acompanhamento sistemático dos sintomas de falha, surgindo os conceitos de *manutenção condicionada* e, por consequência, de *manutenção preditiva*.

Em meados dos anos 70, com o aperfeiçoar da técnica no que respeita aos computadores, a função manutenção passou a ter uma vertente informatizada, através da introdução dos sistemas de informação, os quais, ao fornecerem dados, adquiridos através de sensores ou monitorizados regularmente através de equipamento específico, possibilitaram a criação de técnicas de diagnóstico de máquinas, o que desencadeia uma manutenção nos componentes apenas quando existe necessidade, sendo designada como *manutenção preventiva condicionada*. As ações preventivas são iniciadas quando os indícios das falhas são reconhecidos através da monitorização ou diagnóstico, pelo que a manutenção baseada na condição permite adotar medidas no tempo correto, de modo a prevenir falhas.

Uma manutenção adequada protege o valor do capital investido e assegura que a disponibilidade requerida seja alcançada (NP EN 13269:2007).

A evolução do conceito manutenção (Figura 1), em grande parte proporcionado pela evolução tecnológica, permitiu às empresas progredir de uma simples correção de avaria para uma antecipação à falha, permitindo um controlo sobre a determinação do melhor período mais económico para a execução da *manutenção preventiva condicionada*.



Figura 1- Evolução do conceito de Manutenção.

De uma forma sucinta, a manutenção pode ser interpretada do seguinte modo, para cada geração:

- 1ª Geração - detetar a avaria e reparar;
- 2ª Geração - corrigir e evitar a avaria;
- 3ª Geração - diagnosticar onde poderá surgir uma possível avaria;
- 4ª Geração - planear uma intervenção com base nos sintomas das falhas.

Em simultâneo, na década de 70, surge no Japão o conceito de Manutenção Produtiva Total, normalmente designado por TPM², abreviatura em inglês, consistia num modelo operacional que pretendia aumentar a rentabilidade do negócio através do aumento da margem operacional e reduzindo os custos operacionais, envolvendo a participação de todos, desde os operadores das máquinas e do pessoal da manutenção, até à gestão de topo. O conceito desenvolvido por Taiichi Ohno, ao serviço da Toyota, tinha como objetivo utilizar o conceito de *Just-In-Time*³ aliado ao princípio de *jidoka*⁴, ficando este conhecido como o pai do TPM.

De modo a atender às novas necessidades das empresas do futuro, a manutenção é cada vez mais completa, surgindo novos conceitos, tais como a manutenção pro-ativa, a manutenção baseada na condição, a manutenção remota ou a manutenção colaborativa, entre outras.

Em 2000 começam a surgir as plataformas de *e- maintenance*, como resultado da agregação das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), permitindo delinear estratégias de manutenção, onde as tarefas são geridas electronicamente usando equipamentos de recolha de informação em tempo-real através de dispositivos móveis, sensores remotos, manutenção condicionada, engenharia do conhecimento, telecomunicações e tecnologias da Internet.

² Total Productive Maintenance

³ Just in time, define-se pelo conceito de produzir o que é necessário, no momento necessário e na quantidade necessária (Fonte: <https://www.toyota.com>).

⁴ Jidoka, define-se pela capacidade de detectar uma anormalidade rapidamente e interromper imediatamente o trabalho, evitando desperdícios, otimizando o processo e garantindo a qualidade do produto final (Fonte: <https://www.toyota.com>).

A manutenção pode-se relacionar diretamente com o processo de falha dos equipamentos, no sentido em que a função de manutenção pode conhecer e responder, de uma forma rápida e eficiente, às necessidades dos operadores.

Segundo a norma portuguesa EN 13306: 2010, a manutenção pode ser realizada antes de detetar a falha (manutenção preventiva) ou depois de detetar a falha (manutenção corretiva).

2.1.3. Benefícios da manutenção

Qualquer projeto industrial tem por objetivo empregar o mínimo capital em instalações, maquinaria e mão-de-obra para que possam obter os maiores lucros, numa vertente social não especulativa e obtendo a qualidade e as quantidades desejadas, Sacristán (1975).

A manutenção industrial, dentro de qualquer empresa, tem por essência conseguir prolongar ao máximo o tempo de vida útil das instalações e equipamentos produtivos com o mínimo custo. Para além de conseguir que tudo funcione bem, tem de dar garantias desse bom funcionamento.

Pela perspetiva de Suzaki (2010), os objetivos da manutenção industrial têm que ser ligados aos objetivos globais da organização, já que a manutenção afeta a rentabilidade do processo produtivo, por via, quer da sua influência no volume e na qualidade de produção como do seu custo. Por um lado, melhora o desempenho e a disponibilidade do equipamento e, por outro lado, acresce aos custos de funcionamento. O segredo está em encontrar o ponto de equilíbrio entre o benefício e o custo que maximize o contributo positivo da manutenção para a rentabilidade geral da empresa.

A manutenção deverá ser entendida como um fator económico, mas numa vertente de fonte geradora de receita para a empresa, dado que, se esta for planeada e especializada, elimina a improvisação com base nas “reparações de urgência”, garantindo qualidade e eficácia.

Com base num planeamento e na informação técnica completa e detalhada, referente aos trabalhos de manutenção realizados em cada máquina ou instalação, consegue-se estimar custos reais de “reparação” e determinar indicadores de referência e comparação.

Na perspetiva de Souris (1990), os indicadores devem sempre fazer referência:

- Aos custos obtidos pelo controlo orçamental;
- Aos parâmetros que dão uma ideia precisa acerca do estado dos equipamentos (disponibilidade, nível de qualidade, etc);
- À atividade e à eficácia do pessoal de manutenção, nas suas ações preventivas, corretivas e, particularmente, na sua faculdade de redução do tempo de intervenção;
- Aos rácios de estrutura, em relação ao ativo;
- À relação manutenção corretiva/manutenção preventiva.

A manutenção que, durante anos, foi vista como tarefa secundária e dispendiosa, alvo de grandes reduções orçamentais em tempos de crise, passou a ser considerada fator determinante na economia das empresas, capaz de alterar radicalmente os índices de produtividade, Brito (2003).

Uma manutenção planejada regulariza os encargos consignados sob tal verba no curso de vida da maquinaria e instalações, Sacristán (1975).

Segundo Pinto (2016), a manutenção permite alcançar os seguintes intentos:

- Aumentar a fiabilidade das máquinas, equipamentos e instalações, porque diminui o número de paragens por avaria;
- Melhorar a qualidade, porque as máquinas e equipamentos mal ajustados têm pior desempenho e elevada probabilidade de causar problemas de qualidade;
- Diminuir os custos, porque, máquinas, equipamentos e instalações bem mantidas funcionam com maior eficiência e evitam perdas de produção e de matérias primas;
- Aumentar a vida útil das máquinas, equipamentos e instalações, porque os cuidados de manutenção diminuem o desgaste e a deterioração;
- Melhorar a segurança dos operadores e de terceiros, porque as máquinas, equipamentos e instalações bem mantidos têm menor probabilidade de funcionar de forma irregular (e com menores riscos);
- Preservar o meio ambiente, prevenindo a poluição causada por fugas e derrames de substâncias e preparações perigosas (como, por exemplo, os lubrificantes) ou a emissão de agentes nocivos (como, por exemplo, gases e ruído).
- Permitir melhorar a especificação e o projeto de futuras instalações através dos dados obtidos das inspeções.

Atualmente, por parte das empresas líderes nos seus segmentos, a manutenção é vista como um fator estratégico diferenciador, não só pelos benefícios que proporciona, mas também pelas perdas que poderão advir (Figura 2).

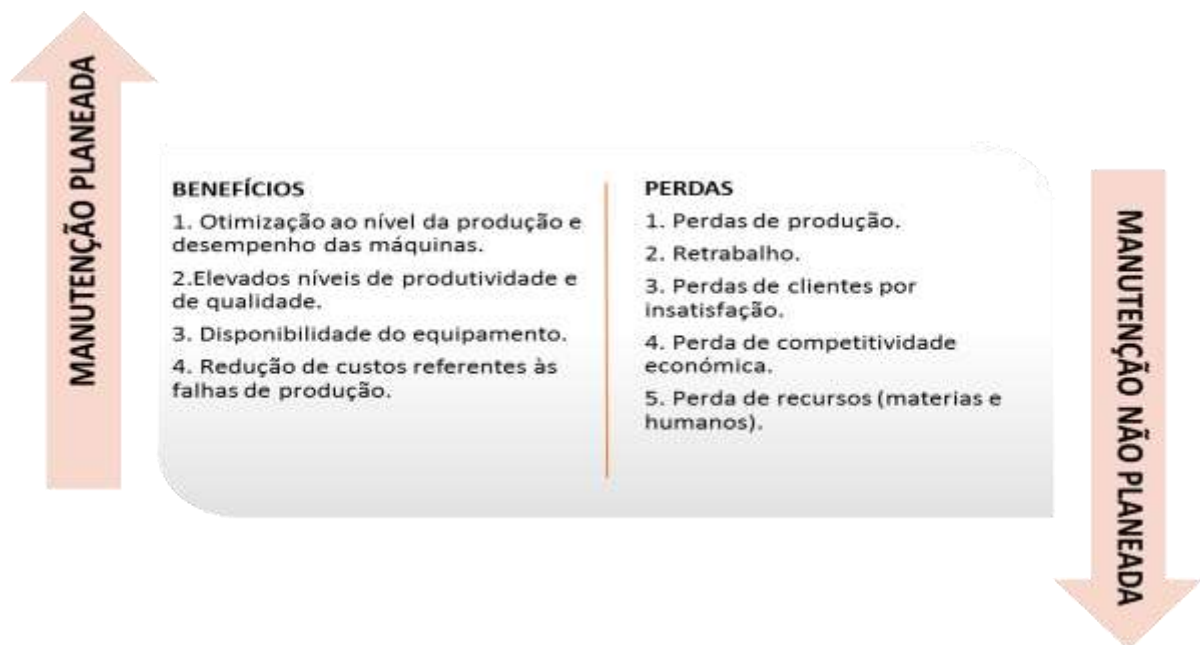


Figura 2- Manutenção Planeada versus Manutenção Não Planeada.

2.1.4. Tipos de manutenção

A ação de manter ou a de restabelecer o bom estado de funcionamento e segurança de um determinado equipamento, ao mínimo custo, provocado, por exemplo, pela deterioração do desgaste do movimento das peças, oxidação ou perda de funções, designa-se de manutenção.

A EN 13306:2010, define vários tipos de manutenção, sendo que, a maioria deles, está diretamente relacionado com dois grandes tipos de manutenção: a manutenção preventiva e a manutenção corretiva (Tabela 1).

Tabela 1- Tipos de manutenção de acordo com a EN 13306:2010.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA	MANUTENÇÃO CORRETIVA
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Prédeterminada	<input type="checkbox"/> Diferida
<input type="checkbox"/> Condicionada	<input type="checkbox"/> Imediata
<input type="checkbox"/> Preditiva	

A EN 13306:2010, define:

1. *Manutenção preventiva* - manutenção realizada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos e destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.
 - 1.1. *Manutenção predeterminada* - manutenção preventiva realizada de acordo com intervalos de tempo estabelecidos ou número de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem.
 - 1.2. *Manutenção condicionada* - manutenção preventiva baseada na monitorização e/ou vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações de manutenção daí decorrentes.
 - 1.3. *Manutenção preditiva* - manutenção efetuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise repetida ou de características conhecidas, e avaliação dos parâmetros significativos da degradação do bem.
2. *Manutenção corretiva* - manutenção realizada após a deteção de falha e destinada a repor um bem num estado no qual possa executar uma função requerida.
 - 2.1. *Manutenção corretiva diferida* - manutenção que não é imediatamente executada após a deteção de uma falha, mas que é retardada de acordo com as regras de manutenção dadas.
 - 2.2. *Manutenção corretiva imediata* - manutenção corretiva que é realizada imediatamente após uma falha ter sido detetada, para evitar consequências inaceitáveis.

Alguns autores, designam manutenção corretiva como manutenção curativa, dado que visa reparar avarias e maus funcionamentos do bem ocorridos no seu tempo de serviço.

3. *Manutenção remota* - manutenção de um bem efetuado sem o acesso físico ao bem por parte do pessoal.
4. *Manutenção em funcionamento* - manutenção efetuada durante o tempo em que o bem está em funcionamento.
5. *Manutenção no local* - manutenção efetuada no local onde o bem funciona.
6. *Manutenção pelo operador* - manutenção efetuada por um utilizador ou um operador do bem.

Para além dos diferentes tipos de manutenção, a prestação do serviço de manutenção permite identificar diferentes níveis de intervenção relacionados com a natureza dos trabalhos, local de intervenção, meios e recursos (humanos e materiais) necessários, documentação e peças consumíveis.

A complexidade dos trabalhos a executar e o nível técnico do executante ou equipa, permitem definir 5 níveis de manutenção. A norma francesa AFNOR FD X 60-000 define 5 níveis de manutenção, tal como caracterizados na Tabela 2.

Tabela 2- Os 5 Níveis de Manutenção (AFNOR) [Fonte: Souris (1992)]

NÍVEL 1	
NATUREZA DOS TRABALHOS	Afinações simples previstas pelo construtor (sem abertura ou desmontagem do equipamento), substituição de elementos acessíveis (fusíveis, avisos luminosos).
LOCAL DE INTERVENÇÃO	No próprio local
EXECUÇÃO	Operador da máquina
FERRAMENTAS	Nenhuma
DOCUMENTAÇÃO	Instruções, procedimentos, manual de utilização do equipamento
PEÇAS CONSUMÍVEIS	Stock muito reduzido
NÍVEL 2	
NATUREZA DOS TRABALHOS	Reparações através de substituição de elementos "standard" previstos para este efeito ou operações menores de manutenção preventiva (lubrificação), controlo do bom funcionamento (rondas)
LOCAL DE INTERVENÇÃO	No próprio local
EXECUÇÃO	Técnico habilitado, em alguns casos o próprio operador da máquina
FERRAMENTAS	Ferramentas definidas no manual, procedimentos de manutenção
DOCUMENTAÇÃO	Instruções, procedimentos, manual de utilização do equipamento
PEÇAS CONSUMÍVEIS	Peças transportáveis e que se encontram facilmente nas proximidades do local de intervenção
NÍVEL 3	
NATUREZA DOS TRABALHOS	Identificação e diagnóstico de avarias, reparação por substituição de componentes funcionais, reparações mecânicas menores Afinação geral e alinhamentos dos aparelhos
LOCAL DE INTERVENÇÃO	No próprio local ou oficina de intervenção
EXECUÇÃO	Técnico habilitado no local ou equipa de manutenção
FERRAMENTAS	Ferramentas definidas no manual, procedimentos de manutenção Aparelhos de medição e de afinação
DOCUMENTAÇÃO	Instruções, procedimentos, manual de utilização do equipamento
PEÇAS CONSUMÍVEIS	Stock em armazém
NÍVEL 4	
NATUREZA DOS TRABALHOS	Trabalhos importantes de manutenção corretiva ou preventiva (revisões gerais) Afinação dos aparelhos de medida utilizados na manutenção Verificação por organismos especializados dos padrões secundários possuídos Receção dos equipamentos reparados no 5º nível
LOCAL DE INTERVENÇÃO	Oficina e locais especializados
EXECUÇÃO	Equipa de manutenção (enquadramento técnico muito especializado)
FERRAMENTAS	Ferramentas definidas no manual, procedimentos de manutenção Equipamento geral de uma oficina (meios mecânicos, cablagem, limpeza)
DOCUMENTAÇÃO	Instruções, procedimentos, manual de utilização do equipamento Documentação geral do departamento manutenção
PEÇAS CONSUMÍVEIS	Oficina especializada
NÍVEL 5	
NATUREZA DOS TRABALHOS	Trabalhos de renovação, de construção ou reparações importantes numa oficina central ou por subcontratação Execução das reparações importantes normalmente dependentes do quarto nível mas entregues ao quinto nível por razões económicas ou de oportunidade
LOCAL DE INTERVENÇÃO	Normalmente fabricante de origem
EXECUÇÃO	Equipa de manutenção polivalente (enquadramento técnico muito especializado)
FERRAMENTAS	Ferramentas definidas no manual, procedimentos de manutenção Ferramentas definidas pelo fabricante
DOCUMENTAÇÃO	Instruções, procedimentos, manual de utilização do equipamento Documentação geral do departamento manutenção
PEÇAS CONSUMÍVEIS	Fornecidas pela fábrica do fabricante

2.1.5. Atividade de manutenção

A manutenção está presente em todos os setores de atividade e em diferentes locais de trabalho, englobando uma complexidade de atividades que podem ser realizadas em diferentes tipos de instalações e/ou equipamentos. A maioria das atividades prende-se com a inspeção e ensaio, limpeza, lubrificação, controlo de condição, manutenção de rotina, revisão, reconstrução, reparação e/ ou substituição de componentes, entre outras.

De acordo com a EN 13306:2010, são definidas várias atividades de manutenção, tais como:

- *Inspeção* - controlo de conformidade através de medições, observações, testes ou calibrações das características relevantes de um bem;
- *Controlo de condição* - atividade realizada manual ou automaticamente, de modo a observar o estado atual de um bem. Avaliando a evolução dos parâmetros medidos em intervalos predeterminados, de modo a decidir sobre o seu estado de condição;

Distingue-se da inspeção porque avalia a evolução dos parâmetros de um bem para decidir sobre o seu estado de condição;

- *Ensaio de conformidade* - ensaio utilizado para comprovar se uma característica ou uma propriedade de um bem está ou não de acordo com as especificações nominais;
- *Ensaio de funcionamento* - ensaio realizado após as ações de manutenção, destinado a verificar se o bem está em condições de executar a função requerida;
- *Manutenção de rotina* - atividades de manutenção preventiva simples regulares ou repetitivas, que, por norma, não requerem especialização técnica, autorizações ou ferramentas específicas;
- *Revisão* - conjunto completo de ações de manutenção preventiva realizadas, com a finalidade de manter o nível exigido de desempenho (disponibilidade e segurança) de um bem;
- *Diagnóstico de falha* - ações executadas com o objetivo de reconhecer falhas, localização de falhas e identificação de causas de um bem;
- *Localização da falha* - ações realizadas com o objetivo de identificar os defeitos de um bem ao nível do contrato;
- *Restauração* - capacidade de um bem para executar a função requerida, após uma falha;
- *Reparação* - ação física realizada para restabelecer a função requerida de um bem em estado de falha;
- *Reparação temporária* - ação física efetuada com o objetivo de restabelecer a função requerida de um bem em estado de falha, por um intervalo de tempo limitado, até que a reparação do mesmo seja executada;
- *Melhoria* - conjunto de ações de natureza técnica, administrativa e de gestão com a finalidade de alterar uma ou mais funções de um bem;

- *Modificação* - conjunto de ações de natureza técnica, administrativa e de gestão, com o objetivo de modificar uma ou mais funções de um bem;

A modificação não é uma ação de manutenção, mas prende-se com a alteração da função requerida de um bem para uma nova função necessária.;

- *Reconstrução* - ação que se desencadeia após o desmantelamento de um bem e a reparação ou substituição dos componentes, que se aproximam do seu limite de vida útil e/ou que devem ser substituídos regularmente;

Diferencia-se do conceito de revisão porque poderá incluir ações de modificação e/ou implementação de melhorias; tem por objetivo prolongar a vida útil de um bem.

2.1.6. Tempos relativos à manutenção

O conhecimento dos objetivos estratégicos de manutenção dentro de uma empresa tem um papel importante no planeamento da gestão da mesma, ao nível da disponibilidade e credibilidade dos processos e/ou bens. Compreender os problemas de gestão da manutenção, relativos aos “tempos de funcionamento e paragem”, são critérios que permitem realizar uma avaliação ao estado do bem.

Segundo Monchy (1987), é importante definir os seguintes tempos:

- Tempo de operacionalidade (TO) - o utilizador exige que o bem esteja em condições de executar uma função exigida;
- Tempo efetivo de disponibilidade (TED) - o bem está apto a desempenhar a sua função;
- Tempo de bom funcionamento (TBF) - o bem cumpre a sua missão;
- Tempo de paragem (TP) - o bem não está apto a cumprir a sua função. Pode ser também definido como o tempo efetivo de indisponibilidade;
- Tempo de paragem de fabrico (TPF) - o bem está apto, mas não é solicitado, ou é impedido de executar a função devido a causas externas;
- Tempo de paragem de manutenção (TPM) - o bem está parado devido a avaria ou manutenção preventiva. Pode, também, ser designado por tempo próprio de indisponibilidade.

Resumindo, os tempos relativos à manutenção podem ser interpretados através da seguinte expressão matemática:

$$TO = \sum TBF + \sum TPM + \sum TPF \quad (1)$$

A Figura 3 ilustra uma esquematização da relação entre os diferentes tempos acima descritos.

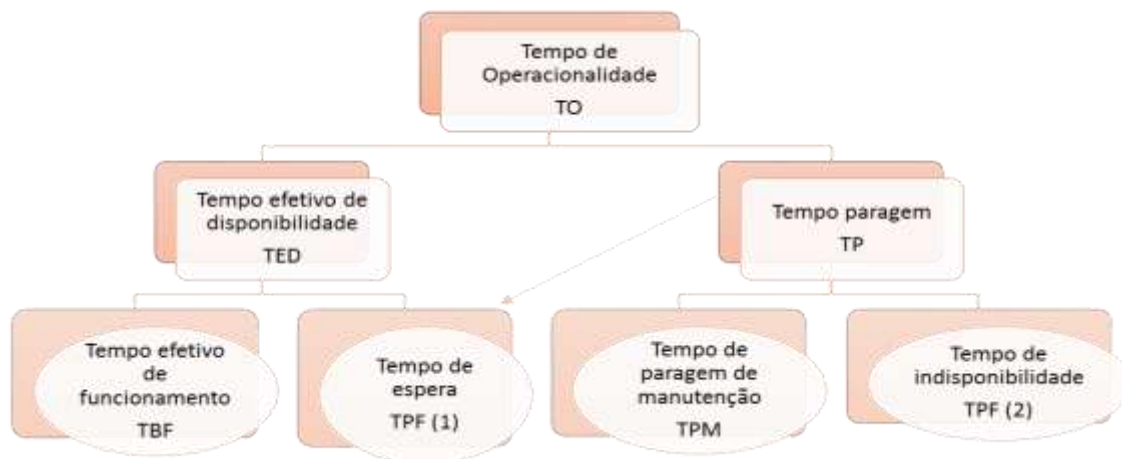


Figura 3- Tempos relativos à manutenção [Fonte: Monchy (1987)]

Segundo Ferreira (1998), a noção de tempo, fundamental em Manutenção, aparece, por vezes, sob a forma de unidades de utilização, que podem representar tempos “indiretos”, como sejam:

- quilómetros percorridos;
- quantidades produzidas;
- ciclos de funcionamento, entre outros.

2.1.7. Indicadores de desempenho, KPI

O desempenho da manutenção é influenciado por uma conjuntura de fatores económicos, teóricos e organizacionais, sendo o seu resultado real, ou previsto, representado por um sistema de gestão de indicadores, KPI (em inglês, *Key Performance Indicators*). A aplicação destes indicadores permite avaliar a eficiência e a eficácia da manutenção sobre os bens imobilizados.

A NP EN 15341:2009 define que o desempenho da manutenção é o resultado da utilização eficiente dos recursos para manter ou restabelecer a condição de um bem, para que ele possa cumprir a função requerida. Pode ser expresso como um resultado obtido ou esperado.

A mesma define ainda que este é conseguido pela implementação da manutenção corretiva, preventiva e de melhoria, usando mão-de-obra, informação, materiais, metodologias de organização, ferramentas e técnicas de execução (NP EN 15341:2009); de acordo com esta norma são definidos os seguintes conceitos:

- *Indicador* - característica medida (ou conjunto de características) de um fenómeno, de acordo com uma fórmula específica que avalia a sua evolução;
- *Quadro de bordo (scorecard)* - conjunto de indicadores associados, consistentes e complementares, que fornecem informação global e sintética;

É uma ferramenta para o desenvolvimento e a implementação de uma estratégia, e para a monitorização da evolução dos objetivos definidos nessa estratégia.

O desempenho da manutenção ao nível da gestão, através da implementação de objetivos e estratégias, permite à organização:

1. Medir, avaliar e comparar o desempenho do bem;
2. Diagnosticar os pontos fortes e fracos;
3. Controlar e melhorar ao longo de tempo.

De acordo com a norma acima referenciada, a medição e análise destes indicadores podem auxiliar a gestão a:

- a) Definir objetivos;
- b) Planear estratégias e ações;
- c) Partilhar resultados, a fim de informar e motivar as pessoas.

A periodicidade, pontual ou periodicamente, de utilização dos indicadores, depende da política interna de gestão e dos objetivos e estratégias definidos pela empresa.

Os indicadores (Figura 4) são estruturados em diferentes níveis (1, 2 e 3), como forma de identificação e não para indicar um grau de importância.

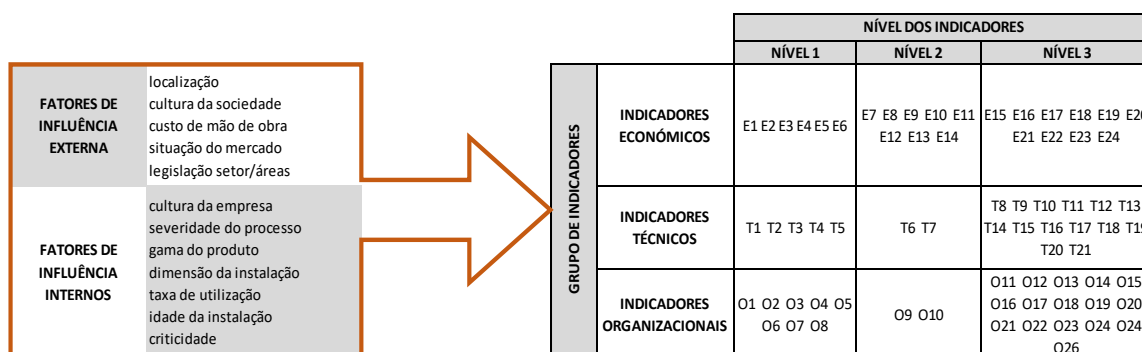


Figura 4- Fatores de influência da manutenção e indicadores de desempenho
[Fonte: NP EN 15341:2009]

Os indicadores assumem a terminologia E, T e O, consoante o grupo a que correspondem (E – indicador Económico; T – indicador Técnico; O – indicador Organizacional).

Nem todos os níveis dos indicadores (Figura 4) são aplicáveis às empresas, pelo que a seleção dos mesmos deve ser baseada nos objetivos, estratégias e política de gestão de manutenção de cada empresa, dado que, ao trabalhar com todos os indicadores na mesma escala temporal poderá indicar um cenário que não reflete a realidade da empresa. Contudo, alguns indicadores são comuns a todas as empresas, nomeadamente os indicadores técnicos (T), entre os quais o *T17 (MTBF)*, *T21 (MTTR)* e o *MWT*.

Para se poder aplicar o indicador *T17*, ou *MTBF*, deriva do inglês *Mean Time Between Failures*, e que corresponde ao tempo médio entre avarias, é importante definir outro conceito que lhe está subjacente, a Taxa de Avarias (λ).

Uma avaria significa a cessação de um bem para cumprir uma função requerida. Pelo que, depois da avaria, o bem tem uma falha, que poderá ser completa ou parcial. Sendo que “avaría” é um evento, a distinguir de “falha”, que é um estado (EN 13306:2010).

A taxa de avarias (λ), Tabela 3, exprime o número de avarias por unidade de utilização. Por exemplo, numa máquina, o número de avarias/hora, num veículo, o número de avarias por km. Para evitar números muito pequenos e pouco sugestivos é conveniente exprimir a taxa de avarias em nº avarias/1.000 horas; nº avarias/10.000km (Cabral, 2006).

Tabela 3- Taxa de avarias (λ) [Fonte: Cabral (2006)]

Taxa de Avarias (λ)	
Máquina (avarias /1.000 horas)	Veículo (avarias / 10.000 km)
$\lambda = (Nav / TF) * 1.000$	$\lambda = (Nav / km) * 10.000$
Nav- número de avarias no período de análise TF- tempo total de funcionamento no período	Nav- número de avarias no período de análise Km- total de quilómetros realizadas no período

O indicador MTBF, tempo médio entre avarias, de acordo com a NP EN 15341:2009, exprime o tempo total de funcionamento pelo número de avarias. Ou seja, o MTBF de uma máquina ou veículo, corresponde ao tempo que decorre entre a primeira e a segunda manutenção corretiva.

O MTBF, traduzido numa escala temporal e, segundo alguns autores, é o tempo que sucede entre o término de uma reparação e o início da próxima (Figura 5).

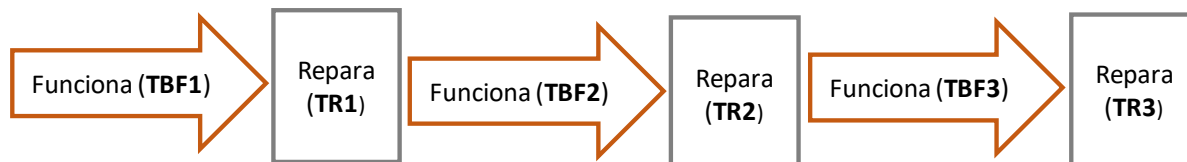


Figura 5- Tempos de funcionamento e de reparação [Fonte: Cabral (2006)]

O tempo entre avarias é medido em termos do tempo em que a máquina deveria estar a funcionar, e não em tempo de calendário (Cabral, 2006).

Face ao exposto, a expressão que traduz o cálculo do MTBF, para um determinado período de tempo, será:

$$MTBF = \frac{\sum_{i=0}^{Nav} TBF_i}{Nav} \quad (2)$$

Em que,

TBF_i - tempo de bom funcionamento no período i ;

Nav – número de avarias no período.

O $MTBF$ pode também ser traduzido como sendo igual ao inverso da taxa de avarias:

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

Outro dos indicadores mencionados, o *MTTR* (indicador *T21*), deriva do inglês *Mean Time to Repair*, e indica o tempo médio despendido para reparar uma avaria ou, pela definição de alguns autores, exprime a média dos tempos utilizados nas reparações no período em análise.

O *MTTR*, para um determinado período, pode ser interpretado pela seguinte equação:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=0}^{Nav} TR_i}{Nav} \quad (4)$$

Em que,

TR_i – tempos utilizados nas reparações no período;

Nav – número de avarias no período.

De acordo com a norma IEC 60050-192, o tempo das reparações corresponde ao intervalo de tempo durante o qual um bem está em estado de indisponibilidade devido a avaria.

A Taxa de reparação, μ , pode ser equacionada pela seguinte expressão:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (5)$$

Segundo Cabral (2006), podem-se considerar-se vários valores para o tempo utilizado nas reparações TR_i : o Tempo de Manutenção Corretiva (TMC), o Tempo De Reparação (TDR) ou o Período De Intervenção (PDI) conduzindo, naturalmente, a valores diferentes de *MTTR*. A formulação teórica prevê a utilização do TDR; porém, pode haver vantagem em escolher para a gestão outra formulação, como se depreenderá mais à frente.

A EN 13306:2010 define o Tempo de Manutenção Corretiva (TMC), como a parte do tempo durante o qual se realiza uma atividade de manutenção corretiva num bem, incluindo os tempos de natureza técnica e logística inerentes à manutenção.

Pela presente norma enunciada anteriormente, o Tempo De Reparação (TDR) corresponde à parte do tempo de manutenção corretiva ativa quando se realiza a reparação de um determinado bem. No TDR não estão incluídos os tempos de natureza técnica e logística.

Outro indicador, com relevo no contexto da reparação das avarias é o *MWT*, deriva do inglês *Mean Waiting Time*, que indica o tempo médio de espera entre a identificação da avaria e o início da intervenção da manutenção corretiva.

O *MWT* é traduzido na seguinte expressão:

$$MWT = \frac{\sum_{i=0}^{Nav} TE_i}{Nav} \quad (6)$$

Em que,

TE_i – tempos de espera no período;

Nav – número de avarias no período.

Qualquer que seja o indicador ou o conjunto de indicadores, selecionados pelo departamento de gestão da manutenção, serão uma mais valia à empresa pois permitem avaliar a política de manutenção implementada, realizar comparações entre diferentes períodos e identificar problemas.

2.1.8. Disponibilidade Operacional

A aptidão de um bem para estar em estado de executar uma função requerida, em condições determinadas, num dado instante ou em determinado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos necessários recursos externos, designa-se por disponibilidade (EN 13306:2010). Segundo alguns autores, a disponibilidade de um bem é definida como a percentagem de tempo durante o qual determinado bem está disponível para a operação.

Ao longo da vida de um bem (Figura 6) são desencadeados dois tipos de eventos, a avaria e a reparação, que se repercutem em dois conceitos, a Fiabilidade (probabilidade de bom funcionamento) e a Manutibilidade (probabilidade de duração de uma reparação correta), levando à definição do indicador Disponibilidade (a probabilidade de assegurar a função de um bem).



Figura 6- Noções base. [Fonte: Monchy (1987)].

A Fiabilidade é a probabilidade de um dispositivo ou componente de um sistema funcionar dentro dos parâmetros de qualidade definidos durante um determinado período de tempo, sob as condições de funcionamento pré-estabelecidas; a cessação do seu funcionamento, nestas condições, denomina-se falha (Farinha, 2011).

O MTBF é um rácio de Fiabilidade do bem, ou seja, correspondendo ao tempo médio de bom funcionamento do bem (EN 13306:2010).

Quando o bem não está apto a cumprir a sua função, desde logo se questiona a fiabilidade do mesmo, pressupondo que esta depende da taxa de falha e da variável Tempo (T). A expressão matemática que permite calcular a Fiabilidade de um bem durante a sua vida em funcionamento é apresentada considerando as seguintes variáveis:

$f(t)$ – função densidade de probabilidade de avarias

$F(t)$ – função acumulada de avarias

$R(t)$ - função fiabilidade

Pressupondo a variável aleatória T , até à avaria, é representada pela função de repartição desta variável:

$$F(t) = Prob (T < t) \quad (7)$$

A fiabilidade, função complementar de $F(t)$, será:

$$R(t) = Prob (T \geq t) \quad (8)$$

A densidade de probabilidade, $f(t)$, derivada da função $F(t)$, será:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = - \frac{dR(t)}{dt} \quad (9)$$

E,

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (10)$$

Considerando a taxa de avarias $\lambda(t)$ como a probabilidade de existência de avarias no instante t , e assumindo que não tenha ocorrido qualquer avaria até esse instante, tem-se que:

$$\lambda(t)dt = \frac{F(t+dt)-F(t)}{R(t)} \quad (11)$$

Ou, simplificando, a taxa instantânea de avarias pode ser dada por:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (12)$$

A maioria dos sistemas sofrem Manutenção, isto é, são reparados quando avariaram (Manutenção curativa) ou têm ações preventivas quando atingem um determinado grau de degradação (Manutenção preventiva) (Ferreira, 1998).

A manutibilidade pode ser simplesmente descrita como sendo a fiabilidade com que as reparações e o restante trabalho de Manutenção são efetuados, afetando diretamente a disponibilidade dos equipamentos para realizarem a função requerida (Ferreira, 1998).

O MTTR traduz uma medida de Manutibilidade do bem, que é a aptidão para ser mantido ou restaurado, para uma condição de bom funcionamento, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos (EN 13306:2010).

Segundo Farinha (2011), é nesta perspetiva que se torna imperioso ter presente o conceito de Manutibilidade desde o instante da decisão de fazer um investimento numa instalação ou equipamento, devendo, na seleção destes, ter em consideração os seguintes critérios:

- Ligados à Conceção
 - a. Padronização de instalações e equipamentos e dos seus componentes;
 - b. Modularidade;

- c. Indicadores de desgaste, de falha e dos limites de referência;
- d. Contadores de utilização;
- e. Tecnologia conhecida;
- f. Facilidade e tempo de diagnóstico e resolução de falhas;
- g. Facilidade e tempo de desmontagem e remontagem;
- h. Regulações de reposição.
- Ligados à Gestão do Utilizador
 - a. Normalização do parque de instalações e equipamentos;
 - b. Configuração das instalações e equipamentos;
 - c. Capacidade de fazer e gerir a manutenção.
- Ligados à Informação
 - a. Qualidade da documentação técnica do equipamento;
 - b. Normas de instalação, manutenção e utilização.
- Ligados aos Serviços Pós-Venda do Fornecedor
 - a. Evolução dos modelos ao longo do tempo;
 - b. Eficácia e seriedade do serviço pós-venda;
 - c. Aquisição de peças-de-reserva;
 - d. Garantia de continuidade dos fornecimentos.

A probabilidade de recuperar um sistema em determinadas condições específicas, nos períodos de tempo estabelecidos, depende das ações de manutenção tomadas. Contudo, existem sempre alguns fatores condicionantes, tais como os tempos técnicos de reparação (TTR). Os TTR, por norma, são definidos pelos seguintes tempos:

- Tempo de verificação de avaria (despiste, de averiguar se realmente é avaria);
- Tempo de diagnóstico;
- Tempo de acesso;
- Tempo de emitir uma Ordem de Trabalho (OT) para substituir e/ou reparar;
- Tempo de montagem;
- Tempo de teste e arranque.

À semelhança da Fiabilidade, a Manutibilidade pode ser definida de acordo com a seguinte função:

$$M(t) = Prob (TTR < t) \tag{13}$$

Sendo,

- t a duração da intervenção, variável aleatória;

- $g(t)$, densidade de probabilidade;
- $M(t) = \int g(t)dt$, função de repartição.

Ao conceito de Manutibilidade, está associada a taxa de reparações, $\mu(t)$, que neste contexto assume a seguinte expressão:

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{1-M(t)} \quad (14)$$

A aptidão de um bem para cumprir com a função requerida, disponibilidade (D), depende de inúmeros fatores, sendo que os fundamentais se prendem com o número de avarias, a duração da reparação, o tipo de manutenção e os recursos existentes (Figura 7).

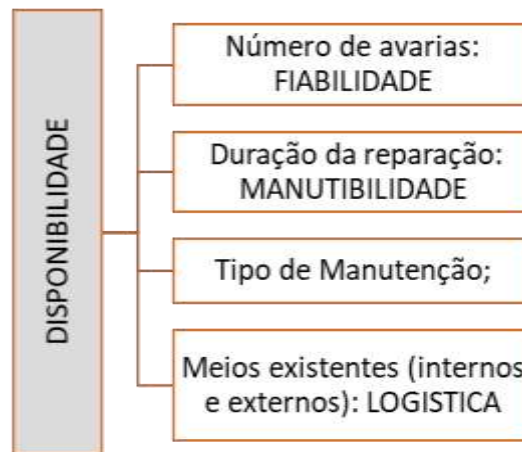


Figura 7- Disponibilidade vs fatores de influência.

Considerando o descrito anteriormente, a disponibilidade (D) define-se pela seguinte expressão:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (15)$$

Se se considerar o indicador tempo médio de espera, MWT, a disponibilidade (D) assume a seguinte forma:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR+MWT} \quad (16)$$

Os conceitos anteriores são fundamentais em qualquer ponto do ciclo de vida de um equipamento; porém, é fundamental tê-los presentes desde a altura da sua aquisição, o que possibilitará, desde logo, avaliar sobre a disponibilidade, os recursos necessários, e os respetivos custos e, por consequência, permitem decidir sobre a política mais adequada de manutenção (Farinha,2011).

A gestão da Manutenção só consegue otimizar a disponibilidade de um bem quando trabalha para os seguintes objetivos:

1. Aumentar o tempo de bom funcionamento (MTBF);
2. Diminuir os tempos de reparação (MTTR);
3. Diminuir os tempos de espera (MWT).

2.1.9. Análise dos custos de manutenção

A conjuntura económica, social e legal de uma empresa está diretamente relacionada com o tipo de manutenção nela praticado. Do ponto de vista económico, a manutenção visa rentabilizar os investimentos (instalações e equipamentos), prolongando o seu tempo de vida útil, ou seja, garantir que a operação ocorre durante o máximo tempo possível. Pela vertente social, a manutenção tem como objetivo dar resposta ou, pelo menos, tentar reduzir os efeitos nocivos ou incómodos causados nos grupos sociais afetados pela operação em si, dos equipamentos ou instalações. Na conformidade legal, a manutenção visa prevenir situações que possam constituir risco de acidente ou de incómodo causados pelo ruído, fumos, odores, derrames entre outros.

Erradamente, assume-se que a manutenção praticada numa empresa constitui um centro de custos e não uma fonte de receita. Contudo, se a mesma não existir as consequências que daí possam advir influenciarão negativamente a empresa ao nível económico, social e legal.

Uma das teorias mais utilizadas, na forma de abordar os custos inerentes à manutenção é a Teoria do Iceberg dos Custos de Manutenção (Figura 8). De acordo com alguns autores, estes atribuem à manutenção dois tipos de custos, os custos diretos e os custos indiretos.

Os custos diretos referem-se a:

- Custo de mão-de-obra;
- Custos gerais do serviço de manutenção (administrativos, comunicações ou climatização);
- Custo de posse de stock, de máquinas e ferramentas;
- Custos das peças consumíveis (valor das peças, do transporte e execução da encomenda);
- Custos dos contractos de manutenção (obrigações pecuniárias);
- Custos de trabalhos subcontratados.

Outra parte dos custos associados à manutenção são os custos indiretos que, segundo Monchy (1989), correspondem a:

- Custos de não produção - produtos não fabricados, produtos perdidos durante uma avaria, perda de qualidade, perda de produtos desclassificados;
- Custos de mão-de-obra da produção não ocupada - operador do equipamento que não pode produzir devido à avaria;
- Custos de não entrega das encomendas nos prazos previstos - perdas de clientes, de imagem e penalidades);
- Custos com o teste e arranque do processo produtivo.



Figura 8-Representação esquemática do Iceberg dos custos da manutenção. [Fonte: Tajiri, TPM Implementation- a Japanese Approach.]

Porém, numa cultura onde ainda não se descobriu uma unidade de medida diversa de uma quantificação numérica dos custos, convém reter a imagem gráfica do *Iceberg* dos custos verdadeiros da manutenção (Figura 8), em que a ponta visível representa os custos contabilísticos e a parte imersa - quatro vezes maior - representa todos os outros, não facilmente quantificáveis (Cabral, 2006).

Uma boa gestão da manutenção permitirá estabelecer metas e objetivos práticos em resultado do esforço colocado na manutenção, visando:

- A diminuição dos custos diretos devido à maior produtividade do trabalho planeado e ao menor custo em prevenir avarias em vez de repará-las;
- A diminuição do *stock* em peças de reserva, onde se procura ter só o que se vai precisar e encomendar quando necessário;
- A poupança de energia, resultante de uma melhor eficiência dos equipamentos;
- Os ganhos intangíveis devido a menores paragens de produção, aumentando a disponibilidade do bem.

2.1.10. O planeamento da manutenção

Pela EN 4483:2009, no planeamento da realização do serviço a direção da manutenção deve determinar, conforme apropriado, o seguinte:

- a) Objetivos da manutenção e requisitos para o serviço;
- b) Necessidade de estabelecer processos, documentos e de proporcionar os recursos específicos para o serviço;
- c) As atividades requeridas para verificação, validação, monitorização, inspeção e ensaio específicas do serviço e os seus critérios de aceitação;
- d) Os registos necessários para proporcionar a evidência de que os processos de realização e o serviço resultante observam aos requisitos.

A manutenção é um mecanismo de apoio, e subjacente a toda a cadeia de valor, apoiando e suportando todo o processo de produção. Analisando, pelo lado da produção, esta, normalmente, tem um prazo de visão curto em relação à manutenção; por analogia, a

manutenção deverá ter uma visão de médio a longo prazo no que respeita à vida útil dos equipamentos, bem como dos custos associados. Para alcançar os objetivos de máxima eficácia e eficiência, a manutenção e a produção devem complementar-se mutuamente, de modo a ter métodos de gestão eficazes e com bons resultados. Pelo que é fundamental que se verifiquem alguns requisitos estruturantes, tais como:

- Recursos humanos e organização interna;
- Gestão de ativos físicos (equipamentos e componentes);
- Planeamento da manutenção;
- Documentação Técnica;
- Subcontratação (opcional);
- *Software* de apoio à manutenção.

O planeamento da manutenção tem de ser capaz de responder às seguintes questões:

- Prever a cronologia do desenvolvimento das tarefas?
- Rentabilizar a utilização dos meios necessários e torná-los disponíveis?
- Monitorizar e controlar a evolução das tarefas, e comparar as diferenças existentes entre o planeado e o realizado?

Ferreira (1998) define cinco níveis do planeamento de manutenção, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4- Os cinco níveis do planeamento. [Fonte: Ferreira, (1998)].

NÍVEL	HORIZONTE	PARTES ENVOLVIDAS	OBSERVAÇÕES
1º PREVISÃO A LONGO PRAZO	1, 2, 3 ou mais anos	Direção da empresa e sua política	Em função das encomendas esperadas, consegue-se prever uma carga de trabalho (pessoal e os investimentos necessários).
2º PREVISÃO A MÉDIO PRAZO	1 a 12 meses	Direção da empresa e departamento de planeamento	Número de encomendas recebido, permite um plano de cargas mensais (stocks, plano de Manutenção dos equipamentos produtivos).
3º PREVISÃO A CURTO PRAZO	1 semana a 1 mês	Chefes de operação	Gestão do lançamento de ações de Manutenção.
4º LANÇAMENTO DA AÇÃO	1 hora a 2 dias	Chefe de operação	Verificação pelo chefe de operação dos efetivos e dos equipamentos necessários à ação a desencadear, nas condições previstas.
5º CONTROLO DO DESENVOLVIMENTO DA AÇÃO	Prazos estabelecidos	Operadores e chefias de Manutenção	Controlo permanente do avanço dos trabalhos, e estudo dos desvios em relação às previsões (adaptação a eventuais prazos).

A dependência da produção (paragens de fabricação), problemas de segurança, o acompanhamento dos trabalhos contratados a subempregados, o aprovisionamento de peças de reserva, a disponibilidade e/ou existência de meios de elevação, acondicionamento e transporte especiais e o diagnóstico e priorização das intervenções a efetuar são alguns dos problemas específicos que o planeamento da Manutenção visa resolver.

O Plano de Carga afeto aos trabalhos de planeamento de Manutenção pode ser compreendido como se ilustra na Figura 9.

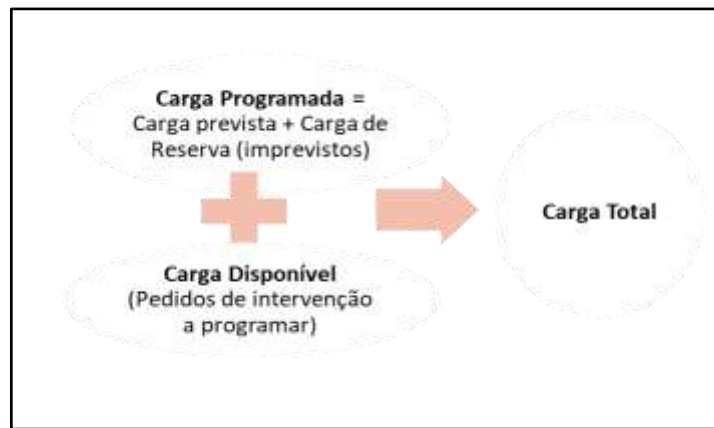


Figura 9- Plano de Carga dos trabalhos de Manutenção. [Fonte: Ferreira, (1998)].

Em geral, pode dizer-se que os trabalhos imprevistos representam cerca de 25% da capacidade teórica de um serviço de Manutenção, repartidos entre pequenas intervenções, intervenções de urgência e outros problemas aleatórios (ausências, intempéries, cortes de corrente elétrica...) (Ferreira, 1998).

2.2. Segurança na manutenção industrial

O termo “segurança” tem sido entendido de formas muito diversas, quer ao longo do tempo, reportando-se a culturas, civilizações, morais e conhecimentos científicos que evoluíram com a humanidade, quer em cada momento histórico-geográfico, com os níveis de linguagem utilizados nas relações sociais (Oliveira,2014).

A necessidade de atenuar todo o risco que ponha em causa a saúde e bem-estar do ser humano, fez com que, ao longo dos tempos, fossem desenvolvidos sistemas de gestão de Segurança e Saúde no Trabalho (SST).

De acordo com a NP 4397:2008, a segurança é o conjunto de fatores ou situação com potencial para o dano, em termos de lesões ou ferimentos para o corpo humano ou danos para a saúde, para o património, e para o ambiente do local de trabalho.

É em plena era da revolução industrial (final do século XVIII e início do século XIX), que surgem as primeiras preocupações relacionadas com as condições de Segurança e Saúde no Trabalho (SST). O aparecimento das primeiras máquinas, cuja finalidade era a produção em série, não contemplava uma série de questões relacionadas com as intervenções a efetuar, em caso de avaria, e com as limitações dos operadores em aceder e manobrar a máquina.

Devido à elevada taxa de mortalidade, em resultado, quer de acidentes quer de doenças profissionais que se registavam em todas as faixas etárias, desde crianças a idosos (cenário descrito nas obras de Charles Dickens- romancista inglês, 1812-1870, e pelo escritor português Soeiro Pereira Gomes 1909-1949), que surge a problemática da SST (Pinto, 2009).

Em 1919 é fundada a Organização Internacional do Trabalho (OIT) - do inglês *ILO International Labour Organization* - após a primeira Guerra Mundial, como parte do Tratado de Versalhes. Os fundadores da OIT reconheceram a importância da justiça social para assegurar a paz, num contexto de exploração dos trabalhadores nas nações industrializadas da

época. Houve também uma crescente compreensão da interdependência económica mundial e da necessidade de cooperação para obter similaridade das condições de trabalho nos países que competem pelos mercados (www.ilo.org, 2019).

O enquadrando no contexto nacional, de acordo com o 3º parágrafo do artigo 15º, do Decreto-Lei nº102/2009, de 10 de setembro, as medidas de prevenção implementadas devem ser antecedidas e corresponder ao resultado das avaliações dos riscos associados às várias fases do processo produtivo, incluindo as atividades preparatórias, de manutenção e reparação, de modo a obter como resultado níveis eficazes de proteção da segurança e saúde do trabalhador.

2.2.1. Os objetivos da segurança na manutenção industrial

As organizações, de todos os tipos, estão cada vez mais preocupadas em atingir e demonstrar um desempenho de SST sólido, através do controlo dos seus riscos para a SST, tendo em consideração a sua política e objetivos de SST. Estas preocupações surgem no contexto do aparecimento de legislação cada vez mais restritiva, do desenvolvimento de políticas económicas e de outras medidas que fomentam cada vez mais boas práticas de SST, e de um crescimento generalizado das preocupações de partes interessadas sobre questões de SST (OHSAS 18001:2007).

Segundo a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, a manutenção influencia a segurança e a saúde dos trabalhadores de duas maneiras:

1. Uma manutenção regular, corretamente planeada e executada, é essencial para manter as máquinas e o ambiente de trabalho seguros e fiáveis;
2. A própria manutenção deve ser executada de forma segura, com uma proteção adequada dos trabalhadores que a efetuam e das restantes pessoas presentes no local de trabalho.

A manutenção industrial é caracterizada como uma atividade de risco, pelo que a integração da segurança no planeamento e coordenação das operações de manutenção é fundamental. Os objetivos da segurança na manutenção industrial são:

1. Planeamento da segurança nas operações de manutenção;
2. Identificação e avaliação dos riscos;
3. Controlo operacional, ao nível da formação e coordenação das atividades dos agentes envolvidos;
4. Inspeção e verificação da conformidade legal de equipamentos de trabalho e de equipamentos de proteção individual;
5. Consignação dos equipamentos a intervir;
6. Planeamento das operações de manutenção, em caso de emergência.

A OSHAS 18001:2007, define avaliação de riscos como o processo de avaliação do(s) risco(s) resultante(s) de um perigo(s), tendo em consideração a adequação de quaisquer controlos já existentes e de decisão sobre se o risco é ou não aceitável.

A mesma caracteriza perigo, como fonte, situação ou ato com um potencial dano, em termos de lesões, ferimentos ou danos para a saúde, ou uma combinação destes.

2.2.2. A gestão dos serviços de SST na manutenção

Face aos novos desafios da sociedade atual, baseados no compromisso pela criação de valor económico e social, a maioria das organizações implementam sistemas de gestão baseados em referenciais normativos reconhecidos pelo mercado. Os sistemas de gestão de SST, com base nestes novos desafios, cada vez mais garantem o acesso a recursos e condições necessárias e adequadas ao cumprimento da legislação em vigor, identificando, avaliando e monitorizando os riscos associados à saúde e segurança dos trabalhadores.

Um Sistema de Gestão “é um conjunto de elementos interrelacionados necessários para estabelecer a política e os objetivos, e atingir esses objetivos. Um sistema de gestão inclui a estrutura organizacional, atividades de planeamento (incluindo, por exemplo, a apreciação do risco e a definição de objetivos), responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos (NP 4397:2008).

A norma OSHAS 18001:2007 define a Segurança e Saúde no Trabalho (SST) como as condições e fatores que afetam, ou podem afetar, a segurança e saúde dos empregados e de outros trabalhadores (incluindo os trabalhadores temporários e pessoal subcontratado), dos visitantes e de qualquer outra pessoa que se encontre no local de trabalho.

Face ao referido, entende-se por Sistema de Gestão de SST como parte do sistema de gestão de uma organização utilizada para desenvolver e implementar a política de SST e gerir os seus riscos para a SST (OSHAS 18001:2007).

A gestão dos riscos deve centrar-se na identificação dos perigos e salvaguardar a respetiva avaliação e monitorização dos riscos associados. De acordo com a norma NP 4397:2008, os conceitos de perigo e risco assumem a seguinte definição:

- Perigo - fonte, situação, ou ato com potencial para o dano, em termos de lesão ou afeção da saúde, ou uma combinação destes;
- Risco - combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento ou de exposição(ões) perigosas e da gravidade de lesões ou afeções da saúde que possam ser causadas pelo acontecimento ou pela(s) exposição(ões).

De acordo com a EN 13306:2010, as atividades de manutenção são executadas em todos os locais de trabalho e em todos os setores de atividade. Em regra, a manutenção engloba as atividades de montagem, inspeção, ensaio, lubrificação, substituição de peças e/ou componentes, afinação, reparação no local ou em oficina e limpeza.

Os trabalhos de manutenção, mesmo os de rotina, quando efetuados de forma descuidada, podem dar origem a acidentes graves. Para decorrerem com segurança, os trabalhos de manutenção devem ser precedidos por uma rigorosa planificação e só se devem considerar terminados quando a respetiva documentação estiver concluída (todos os registos devidamente preenchidos, datados e assinados) (Pinto, 2016).

Segundo, a PORDATA, entre os anos de 2010 e 2016, alguns dos setores onde se registou um maior índice de sinistralidade laboral foram: na indústria têxtil, do vestuário, do couro e dos produtos de couro; na indústria transformadora (reparação, manutenção e instalação de máquinas e equipamentos); na construção; no comércio por grosso e a retalho e nos transportes e armazenagem.

É na indústria transformadora que a manutenção, associada à reparação e instalação de máquinas e equipamentos, assume uma função estratégica, pois o controlo e a monitorização dos estados das operações tornam-se imprescindíveis dentro de qualquer empresa, permitindo ganhos ao nível da competitividade e da excelência operacional.

Segundo os dados do EUROSTAT, em Espanha e França, cerca de 6% da população ativa está envolvida em trabalhos de manutenção. De acordo com um estudo realizado no ano de 2005 em França, a manutenção é a função mais subcontratada da indústria.

A sinistralidade laboral na indústria transformadora em Portugal, entre os anos de 2010 e 2016, registou valores percentuais num intervalo de 24,5 % (ano 2016) a 26,8% (ano 2012).

No âmbito nacional, no período de 2010 a 2016, o ano com menor sinistralidade laboral, totalizando todos os ramos de atividade económica, foi o de 2013, com 195.578 acidentes de trabalho, dos quais 160 foram mortais. O ano com maior registo de sinistralidade laboral foi o de 2010, com 215.632 acidentes de trabalho, dos quais 208 foram mortais (GEP, 2019). A nível Europeu, Portugal situa-se entre a 6^a e a 7^a posição, no período acima mencionado (PORDATA, 2019).

Na atividade manutenção, os serviços de SST assumem um papel importante ao nível do planeamento e controlo da operação, essencialmente nos índices de sinistralidade laboral. A boa gestão da SST na manutenção, permite: a gestão e programação dos recursos necessários (humanos e materiais); a identificação dos perigos; a formação dos trabalhadores; a execução dos trabalhos, de acordo com as regras; a avaliação dos desempenhos da manutenção, nas fases do arranque, de teste e segurança; a redução do número de acidentes de trabalho e de não conformidades; e a avaliação da eficácia de toda a operação.

2.2.3. Principais perigos da atividade de manutenção

As empresas, por uma questão de otimização de recursos e dadas as próprias especificidades inerentes a grande parte dos trabalhos de manutenção, nomeadamente pelo investimento necessário em ferramentas e equipamentos de trabalho, opta pela subcontratação, total ou parcial, dos serviços de manutenção. Face ao contexto socioeconómico destas, ao adquirirem estrategicamente a fornecedores os serviços de manutenção, as mesmas têm como objetivo a consolidação de soluções integradas para a gestão das operações de manutenção, responsabilizando todos os seus fornecedores por eventuais falhas que possam surgir.

A prestação dos serviços de manutenção, quer sejam subcontratados ou não, e sendo responsável por garantir condições de trabalho seguras e evitar potenciais danos a outros, tem implícito uma série de riscos específicos, podendo ter consequências muito graves para quem

os executa. Uma vez que esta é realizada em diversos setores e locais de trabalho, e as suas tarefas são variadas, evidenciam-se os principais perigos e riscos associados, respetivamente:

- Perigo - manuseamento de ferramentas e equipamentos de trabalho.
 - Risco Mecânico - queda de objetos e ou pessoas, choque contra objetos, entalamento.
- Perigo - derrame de líquidos (óleos e lubrificantes).
 - Risco Químico - irritação ocular, cutânea e respiratória.
 - Risco Ambiental - contaminação de águas residuais.
- Perigo - exposição prolongada a ruído, vibrações, radiações ionizantes e não ionizantes, stress térmico.
 - Risco Físico - perda de audição, dormência dos membros inferiores e superiores, queimaduras cutâneas e oculares.
- Perigo - movimentação manual de peças, posturas incorretas adotadas face ao local de intervenção, sobre esforço.
 - Risco Ergonómico - lesões músculo-esqueléticas, fadiga visual, cansaço, desconforto músculo-esquelético.

As tarefas de manutenção, em paragem ou em produção, destacam-se pela diversidade dos perigos que comportam. Os trabalhadores de manutenção estão expostos a variadíssimos perigos, dos quais se destacam: (1) o ruído; (2) as vibrações; (3) as radiações ionizantes e não ionizantes; (4) o trabalho e a altura; (5) o contato com substâncias perigosas e preparações perigosas; (6) o contato com a eletricidade; (7) o contato com peças/equipamentos/objetos em movimento; (8) diversos tipos de constrangimentos físicos (Pinto, 2016).

De acordo com os dados da EUROSTAT, com base na metodologia ESAW (Estatísticas Europeias sobre Acidentes de Trabalho), as principais causas de acidentes nas operações de manutenção são referentes a:

- Montagem, preparação, instalação, desmontagem;
- Reparação, limpeza mecanizada ou manual de áreas de trabalho e máquinas;
- Monitorização, inspeção de procedimentos de fabricação, áreas de trabalho, meios de transporte, equipamentos - com ou sem equipamentos de monitorização.

Segundo a mesma fonte, os dados revelam que cerca de 20% de todos os acidentes na Bélgica (em 2013) estavam relacionados com operações de manutenção, assim como cerca de 18-19% na Finlândia, 14-17% em Espanha e 10-14% em Itália. (em 2003-2006). Além disso, os números de vários países europeus indicam que, em 2006, cerca de 10 a 15% de todos os acidentes fatais foram relacionados com operações de manutenção.

2.2.4. A adoção e implementação de medidas de SST

A norma NP 4397:2008 define que a organização deve identificar as operações e atividades que estão associadas aos perigos identificados e para as quais seja necessário implementar medidas de controlo para a gestão dos riscos da SST.

Referindo ainda que, para tais operações e atividades, a organização deve implementar e manter:

- Controlos operacionais, aplicáveis à organização e respetivas atividades; a organização deve integrar os controlos operacionais no respetivo sistema de gestão da SST;
- Controlos relacionados com produtos, equipamentos e serviços adquiridos;
- Controlos relacionados com os contratados e outros visitantes do local de trabalho;
- Procedimentos, documentados que abranjam situações nas quais a sua inexistência possa conduzir a desvios da política e dos objetivos da SST;
- Critérios operacionais bem definidos, onde a sua ausência possa conduzir a desvios da política e dos objetivos da SST.

A eficiência e a eficácia da implementação de medidas de SST, depende de um conjunto de fatores que, se não forem salvaguardados, influenciarão de forma negativa a deterioração das condições de segurança, o enfraquecimento da cultura de segurança, a desmotivação e a desconfiança dos trabalhadores.

Nem sempre é fácil a implementação de medidas de SST, principalmente se os serviços de manutenção forem subcontratados. Os principais fatores condicionantes da implementação de medidas de SST prendem-se com:

- As características das instalações;
- O estado das máquinas e equipamentos;
- A informação técnica sobre os equipamentos ou instalações;
- A imprevisibilidade de algumas tarefas e ritmos de trabalho;
- A cadeia de valor, ao nível da subcontratação, da adoção de diferentes políticas de SST, e das práticas e meios disponíveis na organização dos trabalhos.

Segundo a EU-OSHA, a maioria destes fatores afeta negativamente a formação da cultura de uma empresa, traduzindo-se em custos que não são visíveis (Figura 10).



Figura 10- Aspectos determinantes da cultura da empresa. [Fonte: OSHAS- EN 18001:2007 Sistemas de Gestão da Saúde e Segurança Ocupacional]

Os principais fatores a considerar na implementação de medidas de SST, são:

- 1) Empenho da gestão de topo - promovendo e disponibilizando os recursos necessários, em quantidade e qualidade, permitindo aos colaboradores a adoção de boas práticas de SST, como, por exemplo, na utilização correta dos equipamentos de proteção individual e coletiva;
- 2) Participação ativa dos colaboradores - o envolvimento e a participação de todos incrementa a motivação e corresponsabiliza cada colaborador no cumprimento das medidas de prevenção/proteção de forma a atingir os resultados estipulados pela organização (Pinto, 2016);
- 3) Planeamento da prevenção - na execução de qualquer trabalho deve-se, sempre, efetuar um levantamento dos perigos e fazer a avaliação dos riscos associados, utilizando a metodologia de análise e avaliação adequadas, de forma a salvaguardar a qualidade dos resultados alcançados. No planeamento da prevenção, as medidas devem ser determinadas e implementadas, considerando o princípio hierárquico das medidas de prevenção (Figura 11);



Figura 11- Princípio hierárquico das medidas de prevenção. [Fonte: Pinto, 2016].

- 4) Metodologia de trabalho definida - os procedimentos estabelecidos (rotina normal, emergência ou paragens programadas) devem ser claros, objetivos, de fácil interpretação e acessíveis a todos os operadores;
- 5) Supervisão - as chefias devem ter conhecimento do tipo de tarefas a seu cargo, assegurando que os procedimentos estabelecidos são cumpridos;
- 6) Comunicação eficaz e continuada entre todos os intervenientes;
- 7) Formação, informação e sensibilização de todos os trabalhadores envolvidos, quer sejam trabalhadores da empresa ou subcontratados;
- 8) Integração nas tarefas de manutenção no sistema global de gestão de SST - os trabalhos de manutenção e as suas condicionantes ao nível da SST devem fazer parte do sistema de gestão da SST, de modo a que possa haver desenvolvimentos e melhorias (desempenho ao nível da melhoria contínua).

2.2.5. Máquinas e equipamentos de trabalho

A introdução da tecnologia nos locais de trabalho originou mudanças na forma tradicional do acidente de trabalho, em que os trabalhadores são, simultaneamente, agentes e vítimas dos seus próprios atos (Reason, 1997). A máquina a vapor, introduzida na época da revolução industrial, proporcionou uma mudança de paradigma, ao nível do uso da tecnologia em larga escala.

A alínea a), do artigo 2º da Diretiva 2006/42/CE relativa às máquinas, define máquina como sendo um conjunto, equipado, ou destinado a ser equipado, com um sistema de accionamento diferente da força humana ou animal diretamente aplicada, composto por peças ou componentes ligados entre si, dos quais, pelo menos, um é móvel, reunidos de forma solidária com vista a uma aplicação definida.

O desenvolvimento de sistemas e mecanismos de controlo de máquinas, de modo a minimizar ou evitar possíveis acidentes, desencadeou o aumento da complexidade da tecnologia e o aumento da probabilidade de falhas.

A minimização do risco de acidentes associados à utilização de máquinas é um elemento essencial da política da União Europeia. A presença da marcação “CE” numa máquina é a garantia de que esta cumpre os requisitos harmonizados de segurança que permitem que a mesma seja comercializada em qualquer local do Espaço Económico Europeu (ASAEnews,2016).

A etapa de seleção e aquisição de máquinas e equipamentos de trabalho é de fundamental importância para assegurar a sua operação segura ao longo de toda a sua vida útil. Se a máquina ou equipamento não for adequada para o trabalho que se pretende realizar e apropriada ao ambiente onde vai ser instalada, dificilmente poderá ser operada de forma segura e ter a vida útil indicada pelo fabricante (Pinto,2016).

A ausência prolongada de manutenção, ou uma manutenção deficiente, tem repercussões graves nas máquinas e equipamentos de trabalho, causando situações de perigo e acidente. O processo

de manutenção deve começar na fase de conceção e planeamento das atividades a desenvolver, salvaguardando a identificação dos perigos e avaliação dos riscos, permitindo a adoção de um conjunto de medidas base de carácter preventivo.

A manutenção, para muitas empresas, é entendida como uma função subsidiária da produção, sendo a responsável pela intervenção nas máquinas, equipamentos e, até mesmo, de instalações (questões de *layout*) durante o período de vida dos mesmos.

A seleção e aquisição de máquinas e equipamentos de trabalho, novos ou usados, tem um impacto significativo e de larga permanência na vida das empresas (Pinto, 2016).

Segundo o disposto no artigo nº3 do decreto-lei 50/2005, de 25 de fevereiro, o empregador é responsável por:

- a) Assegurar que os equipamentos de trabalho são adequados, ou convenientemente adaptados, ao trabalho a efetuar e garantem a segurança e a saúde dos trabalhadores durante a sua utilização;
- b) Atender, na escolha dos equipamentos de trabalho, às condições e características específicas do trabalho, aos riscos existentes para a segurança e a saúde dos trabalhadores, bem como aos novos riscos resultantes da sua utilização;
- e) Assegurar a manutenção adequada dos equipamentos de trabalho durante o seu período de utilização, de modo a que os mesmos respeitem os requisitos mínimos de segurança constantes dos artigos 10.º a 29.º e não provoquem riscos para a segurança ou a saúde dos trabalhadores.

Face ao disposto no decreto-lei precedente, a manutenção dentro de uma empresa, considerando o nível de exigência e o tipo de intervenção a realizar em máquinas e equipamentos, respeitando os requisitos mínimos de segurança, poderá assumir duas áreas funcionais: primária e secundária:

- Na função primária estão implícitos os trabalhos diários efetuados pelo departamento de manutenção, relativos à inspeção, lubrificação, limpeza, e conceção de novas instalações de máquinas e equipamentos, bem como a construção dos mesmos;
- Na função secundária, os trabalhos, por regra, são realizados por empresas especializadas, adjudicadas pelo departamento de manutenção, sendo de carácter mais técnico e de pormenor.

É de realçar que algumas práticas, tais como o excesso de manutenção corretiva (em detrimento da preventiva), a repetição dos mesmos problemas de manutenção, a deficiente execução das tarefas, a total aceitação das recomendações do fabricante, sem considerar o real contexto em que se está inserido, mesmo após o período de garantia, e a deficiente aplicação das técnicas de manutenção para monitorização e controlo das condições de funcionamento, são alguns dos fatores que desencadeiam o desequilíbrio na função manutenção.

A manutenção segura serve assim os próprios interesses das entidades patronais. Uma boa gestão em matéria de segurança e de saúde no trabalho é boa para as empresas e caracteriza as organizações de eficientes. No caso da manutenção, existe também a relação entre uma boa

gestão de segurança e saúde no trabalho e os procedimentos de garantia da qualidade, pois uma máquina bem mantida tem mais possibilidades de fabricar um produto fiável (EU-OSHA, 2010).

A realização de trabalhos de manutenção em condições seguras exige que todos os dispositivos de corte e comando sejam previamente desligados e bloqueados, para proteger os colaboradores que realizam as operações de manutenção e que os espaços de trabalho sejam devidamente sinalizados e delimitados, de forma a não expor aos perigos os colaboradores que não intervêm diretamente nos trabalhos (Pinto, 2016).

Em termos de SST, por consignar uma máquina ou equipamento, entende-se como a transferência da responsabilidade de uma máquina, equipamento ou instalação, durante um intervalo de tempo definido e nas condições descritas documentalmente, do departamento responsável pela sua exploração para o departamento que irá efetuar a manutenção. O fluxograma do processo de consignação encontra-se mencionado no Anexo I.

Algumas atividades de manutenção são executadas nos equipamentos, sem serem salvaguardados os cortes das fontes de energia. Cerca de 76% dos acidentes identificados, ocorreram devido a intervenções em máquinas operando continuamente ou arranque não programado.

As operações de manutenção, quando concluídas, devem ser precedidas de inspeção e ensaios periódicos, tendo como base a metodologia definida no decreto-lei 50/2005, de 25 de fevereiro (lista de verificação específica), de modo a averiguar se a mesma foi convenientemente efetuada, e que não surgem novos riscos, garantindo que o equipamento, ou local de trabalho, se encontram nas condições mínimas de SST.

2.2.6. A formação dos trabalhadores como fator de sucesso

A organização deve assegurar que qualquer pessoa que esteja sob a sua tutela e que execute tarefas que possam causar impacto na SST, é competente com base numa adequada escolaridade, formação ou experiência, e deve manter os registos associados (OSHAS 18001:2007, ponto 4.4.2). Esta norma define que a organização deve identificar as necessidades de formação associadas aos seus riscos e ao sistema de gestão da SST, providenciando formação e ou o desenvolvimento de outras ações de modo a colmatar as necessidades identificadas, avaliando a sua eficácia, devendo sempre manter os registos associados.

As organizações, para além da formação legal obrigatória em matéria de SST, pelo disposto no artigo 8º, do decreto-lei 50/2005, de 25 de fevereiro de 2005, na utilização de máquinas e equipamentos, são responsáveis pela informação e formação dos seus trabalhadores em três momentos:

- 1) na aquisição da máquina ou equipamento;
- 2) nas alterações efetuadas à máquina ou equipamento;
- 3) na ocorrência de incidentes ou acidentes que estejam relacionados com a máquina ou equipamento.

A formação é entendida, pela EU-OSHA, como um fator de sucesso, uma vez que permite a qualquer empresa alcançar um aumento nos objetivos relacionados com a competitividade, a rentabilidade e a motivação dos trabalhadores.

A aplicação de um sistema de gestão da SST garante um enquadramento eficaz para prevenir ou minimizar acidentes e problemas de saúde (EU-OSHA,2008).

Segundo o estudo da EU-OSHA (FACTS 77, 2008), nas grandes empresas, o custo dos acidentes de trabalho e das doenças profissionais na UE-15 oscila entre os 2,6% e os 3,8% do produto interno bruto. O investimento numa boa política de SST pode proporcionar uma rentabilidade de 12:1 (um benefício de 12 euros por cada euro investido). O mesmo estudo afirma que, nas pequenas empresas, cerca de 60% das empresas que param a laboração por mais de nove dias acabam por fechar.

A formação, com base num planeamento contínuo e adaptado, face às necessidades reais das empresas em determinado momento, para além da melhoria ao nível da motivação, da cooperação e da moral dos trabalhadores, permite: métodos de trabalho mais produtivos e eficazes, diminuindo os custos; uma melhoria da qualidade do recrutamento dos trabalhadores; e uma diminuição das taxas de acidentes, incidentes e problemas de saúde, que tem como consequência uma redução dos prémios dos seguros.

O custo do seguro dos trabalhadores varia em função do tipo de empresa. Para o trabalho de escritório, os prémios são inferiores a 0,5% dos salários; no caso da indústria transformadora, os prémios são mais elevados, cerca de 5% dos salários (EU-OSHA,2008).

2.2.7. Enquadramento Legal da SST

Devido à relevância que os diplomas, no âmbito da SST, legais têm nas organizações e para o suporte do presente projeto, seguidamente apresenta-se uma síntese dos mesmos.

DIPLOMAS GERAIS DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO

- Lei 3/2014, de 28 de janeiro (altera a Lei nº 102/2004, de 10 de setembro) - Identifica o regime jurídico da promoção da segurança e da saúde no trabalho.

DIPLOMAS RELACIONADOS COM OS LOCAIS DE TRABALHO

- Decreto-Lei nº 347/93, de 1 de outubro - Transpõe para o direito interno a Diretiva nº 89/656/CEE, de 30 de novembro, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde para os locais de trabalho.
- Portaria nº 987/93, de 6 de outubro - Estabelece as normas técnicas de execução do Decreto-Lei nº 347/93, de 1 de outubro.
- Portaria nº 53/71, de 3 de fevereiro - Estabelece o Regulamento Geral de Higiene e Segurança do Trabalho para os Estabelecimentos Industriais.

DIPLOMAS RELACIONADOS COM OS AGENTES FÍSICOS (RUÍDO, VIBRAÇÕES)

- Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro - Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (ruído).
- Decreto-Lei nº 46/2006, de 24 de fevereiro - Transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2002/44/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de junho, relativa às prescrições mínimas de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores em caso de exposição aos riscos devidos a agentes físicos (vibrações).

DIPLOMAS RELACIONADOS COM OS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

- Regulamento (UE) 2016/425, do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de março de 2016 - (revoga a Diretiva 89/686/CEE do Conselho de 21 de dezembro, relativo aos equipamentos de proteção individual).
- Lei n.º 113/99, de 3 de agosto - (Procede à alteração do artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 348/93, de 1 de outubro, relativo à proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de proteção individual).
- Decreto-Lei nº 128/93, de 22 de abril - Transpõe para ordem jurídica interna a Diretiva nº 89/686/CEE, de 21 de dezembro, relativa às exigências técnicas de segurança a observar pelos equipamentos de proteção individual.
- Portaria nº 1131/93, de 4 de novembro - Estabelece as exigências essenciais relativas à saúde e segurança aplicáveis aos equipamentos de proteção individual, de acordo com o artigo 2º do D.L. nº 128/93, de 22 de abril.
- Decreto –Lei nº 348/93, de 1 de outubro - Transpõe para o direito interno a Diretiva nº 89/656/CEE, de 30 de novembro, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde na utilização de equipamentos de proteção individual.
- Portaria nº 988/93, de 6 de outubro - Estabelece as prescrições mínimas de segurança e saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de proteção individual, de acordo com o artigo 7º do D.L. nº 348/93, de 1 de outubro.

DIPLOMAS RELACIONADOS COM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DE TRABALHO

- Decreto-Lei nº 50/2005, de 25 de fevereiro - Relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho.
- Decreto-Lei nº 103/2008, de 24 de junho - Estabelece as regras relativas à colocação no mercado e entrada em serviço das máquinas e respetivos acessórios, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/42/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de maio, relativa às máquinas e que altera a Diretiva n.º 95/16/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Junho, relativa à aproximação das legislações dos Estados membros respeitantes aos ascensores.

DIPLOMAS RELACIONADOS COM A MOVIMENTAÇÃO MANUAL DE CARGAS

- Decreto – Lei nº 330/93, de 25 de setembro - Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva nº 90/269/CEE, do Conselho, de 29 de maio, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde na movimentação manual de cargas.

DIPLOMAS RELACIONADOS COM OS RISCOS QUÍMICOS

- Decreto-Lei nº 88/2015, de 28 de maio (Procede à alteração do Decreto -Lei nº 24/2012, de 6 de fevereiro, que consolida as prescrições mínimas em matéria de proteção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho e transpõe a Diretiva nº 2009/161/UE, da Comissão, de 17 de dezembro de 2009) e (Altera o Decreto -Lei nº 301/2000, de 18 de novembro, que regula a proteção dos trabalhadores contra os riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos durante o trabalho)
- Decreto-Lei nº 220/2012, de 10 de outubro - Relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e mistura.
- Decreto – Lei nº 98/2010, de 11 de agosto - Estabelece o regime a que obedece a classificação, embalagem e rotulagem das substâncias perigosas para a saúde humana ou para o ambiente.

ATMOSFERAS EXPLOSIVAS

- Decreto – Lei nº 112/96, de 5 de agosto - Estabelece as regras de segurança e de saúde relativas aos aparelhos e sistemas de proteção destinados a ser utilizados em atmosferas potencialmente explosivas.
- Decreto – Lei nº 236/2003, de 30 de setembro - Estabelece as prescrições mínimas destinadas a promover a melhoria da proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores suscetíveis de serem expostos a riscos derivados de atmosferas explosivas.

DIPLOMAS RELACIONADOS COM OS EQUIPAMENTOS DOTADOS DE VISOR

- Decreto – Lei nº 349/93, de 1 de outubro - Prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes ao trabalho com equipamentos dotados de visor.
- Portaria nº 989/93, de 6 de outubro - Ao abrigo do disposto no artigo 5.º do Decreto-Lei nº 349/93, de 1 de outubro, estabelece as normas técnicas para as prescrições mínimas de segurança e de saúde respeitantes ao trabalho com equipamentos dotados de visor.

DIPLOMAS RELACIONADOS COM A SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

- Decreto-Lei nº 141/95, de 14 de junho - Transpõe para o direito interno a Diretiva nº 92/58/CEE, de 24 de junho, relativa às prescrições mínimas para a sinalização de segurança e de saúde no trabalho.

- Decreto-Lei nº 88/2015, de 28 de maio - (Procede à alteração do Decreto-Lei nº 141/95, de 14 de junho, que estabelece as prescrições mínimas para a sinalização de segurança e de saúde no trabalho, alterado pela Lei n.º 113/99, de 3 de agosto).
- Portaria nº 1456-A/95, de 11 de novembro - Regulamenta o Decreto-Lei nº141/95 relativa às prescrições mínimas para a sinalização de segurança e de saúde no trabalho.
- Portaria nº 178/2015, de 15 de junho - (Procede à primeira alteração à Portaria nº 1456-A/95, de 11 de dezembro que regulamenta as prescrições mínimas de colocação e utilização da sinalização de segurança e saúde no trabalho).

2.3. Enquadramento do objetivo de estudo

Neste capítulo descreve-se os procedimentos metodológicos aplicados na realização deste trabalho abordando o método utilizado.

2.3.1 Metodologia adotada no objetivo de estudo

Nenhum fornecedor de máquinas ou equipamentos, por mais recente que seja a tecnologia de ponta utilizada, consegue assegurar à organização e/ou empresa que os adquire, que o mesmo não terá falhas. Pelo que, é crucial por parte das organizações, a criação de um programa de manutenção, que tenha como pressuposto a manutenção preventiva, de modo a assegurar a eliminação dos “desperdícios” e a melhoria da eficiência dos processos.

Com o intuito de delinear um programa de manutenção preventiva e a influência que as avarias das máquinas e/ou equipamentos podem ter no operador que lhe está diretamente afeto, serão estudadas duas empresas do setor alimentar. Foi acordado com ambas as empresas em estudo, que por questões de política interna, estratégia de marketing e mercado, as mesmas não seriam identificadas.

Ao nível da manutenção, a aplicabilidade do termo causa-efeito é sem dúvida uma mais valia. É com este pressuposto, que a metodologia adotada se dividiu em duas fases:

1. Ao nível da máquina/equipamento: identificar, classificar e analisar as avarias das máquinas e/ou equipamentos;
2. Ao nível da segurança: identificar e valorar o grau de importância crítica, com base na avaria identificada e classificada no ponto anterior, e identificar a influência da mesma no operador e na produção.

Para que o critério de classificação da avaria das máquinas e/ou equipamentos e a valoração do grau de importância crítica, fosse coerente e não houvesse dispersão dos resultados, foi elaborado um documento intitulado de “Ficha de Máquina / Equipamento” disponível para consulta no Anexo III.

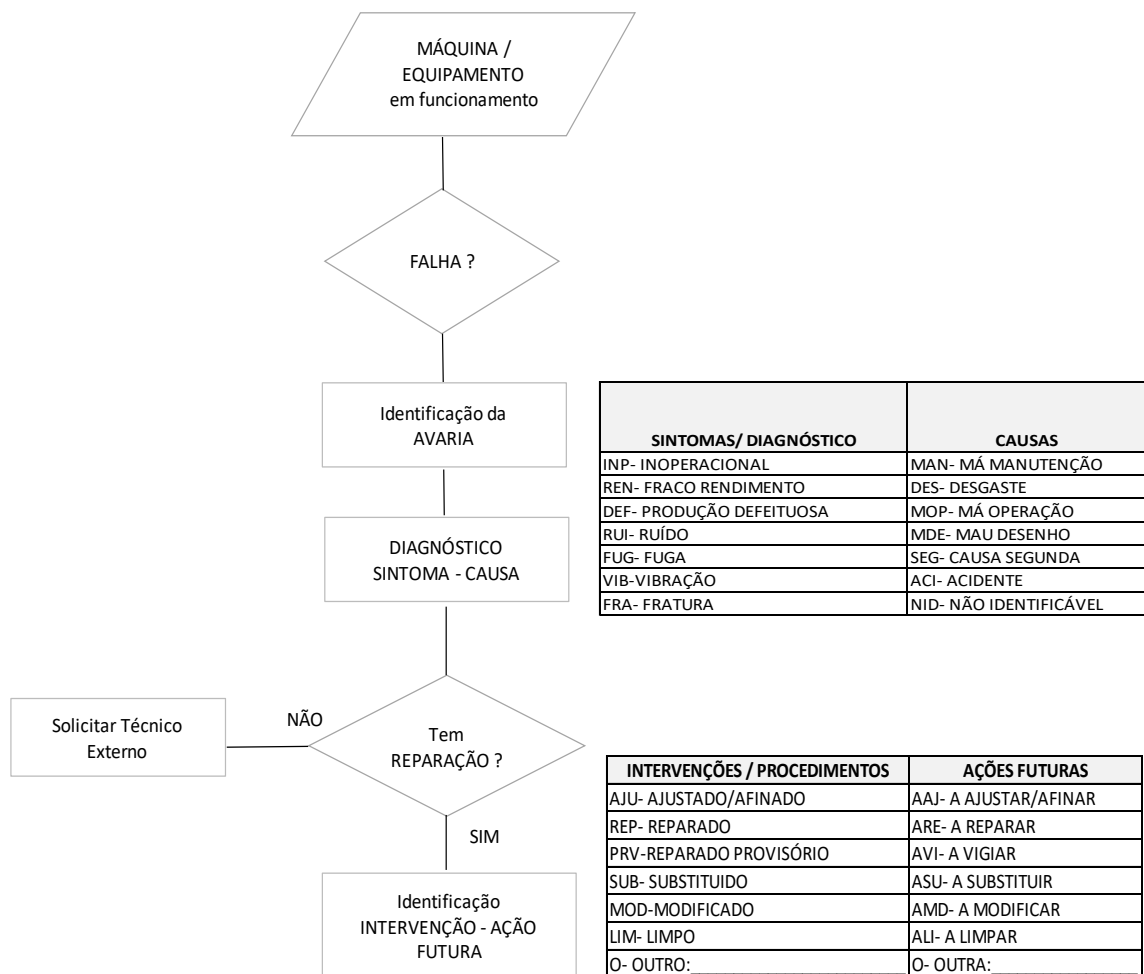


Figura 12- Metodologia adotada na identificação da avaria e intervenção, da máquina e/ou equipamento.

Com base neste documento, a metodologia utilizada ao nível da máquina/equipamento, encontra-se representada esquematicamente na Figura 12.

Desde que a falha é detetada até à identificação da intervenção – ação futura, considerar-se-á o fator tempo, permitindo estimar tempos associados a manutenção corretiva (alínea a e b) ou manutenção preventiva (alínea c):

- Tempo de espera, designado WT, tempo que decorre até que a intervenção seja iniciada;
- Tempo total da reparação / intervenção de manutenção não preventiva (MNP), designado de TTR MNP;
- Tempo de manutenção, designado de MP, caso a paragem da máquina / equipamento seja planeada;
- Tempo de perda de produção, que engloba o somatório dos anteriormente descritos;
- Tempo efetivo de operação, que corresponde à diferença entre o tempo total de operação e o tempo de perda de produção.

Considerando os tempos acima referenciados, estes podem ser interpretados de acordo com a seguinte linha temporal (Figura 13).

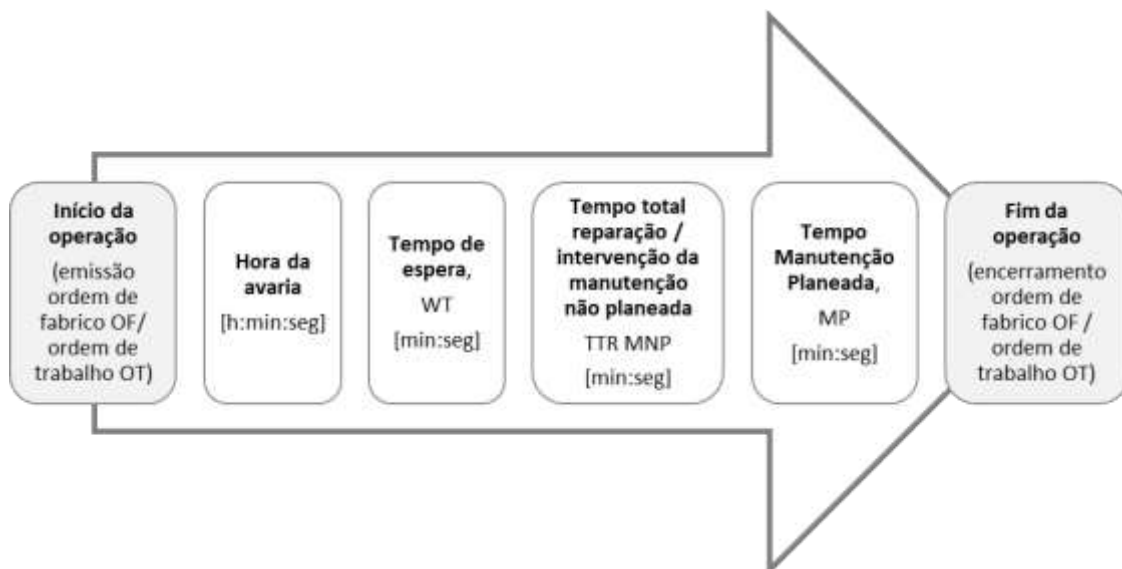


Figura 13- Linha temporal, dos tempos associados à manutenção.

No que respeita, à metodologia utilizada ao nível da segurança, consistiu na aplicação de uma fórmula matemática, baseada numa ferramenta de auxílio, Matriz de GUT, que visa priorizar um problema com base na gravidade (G), urgência (U) e tendência (T).

Para tal, considerou-se como objeto de estudo a conjugação de três fatores importantes:

1. Máquina (M), referente à imobilização com ou sem danos;
2. Segurança (S), com base no risco que a avaria do equipamento / máquina poderá causar ao(s) seu(s) operador(es);
3. Produção (P), relacionada com a capacidade do equipamento / máquina para produzir após identificação da avaria.

O grau de importância crítica, será valorado através da aplicação da Matriz de GUT (17):

$$\text{Grau de Importância Crítica} = G \times U \times T \quad (17)$$

Tabela 5- Valoração do grau de importância crítica baseado na Matriz de GUT.

PROBLEMA: Consequências da ações deocrridas pela prática da manutenção						
MÁQUINA	OPERADOR	PRODUÇÃO	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	GxUxT
IMOBILIZAÇÃO COM DANOS	RISCO DE MORTE	PARADA	5	5	5	125
	RISCOS PESSOAIS (FRATURAS EXPOSTAS E /OU FERIMENTOS)	PARADA	5	4	5	100
		REDUÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA	5	4	4	80
		NORMAL	4	4	4	64
	SEM RISCOS PESSOAIS	PARADA	3	4	5	60
		REDUÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA	3	3	3	27
NORMAL		3	3	2	18	
IMOBILIZAÇÃO SEM DANOS	RISCO DE MORTE	PARADA	5	5	5	125
	RISCOS PESSOAIS (FRATURAS EXPOSTAS E /OU FERIMENTOS)	PARADA	5	4	4	80
		REDUÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA	4	4	3	48
		NORMAL	4	3	3	36
	SEM RISCOS PESSOAIS	PARADA	3	3	4	36
		REDUÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA	2	3	2	12
NORMAL		1	1	1	1	

Para cada variável, considerou-se a seguinte escala, conforme tabela 6:

Tabela 6- Escala de classificação utilizada para cada variável.

GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
1- sem gravidade	1- pode esperar	1- não irá mudar
2- pouco grave	2- pouco urgente	2- irá piorar a longo prazo
3- grave	3- urgente, merece atenção no curto prazo	3- irá piorar a médio prazo
4- muito grave	4- muito urgente	4- irá piorar a curto prazo
5- extremamente grave	5- necessidade de ação imediata	5- irá piorar rapidamente

De acordo, com o valor obtido através da aplicação da expressão (17), definiu-se os seguintes graus de importância crítica:

- Muito crítico: 125-100
- Crítico: 99-60
- Moderado: 59-30
- Tolerável: 29-1

A título de exemplo, se se considerar os seguintes parâmetros, assinalados na Tabela 5:

1. Máquina: imobilização com danos,
2. Segurança: sem riscos pessoais,
3. Produção: redução da capacidade produtiva.

Tem-se que,

- Gravidade: grave (3),
- Urgência: urgente, merece atenção no curto prazo (3),
- Tendência: irá piorar a médio prazo (3).

Pelo que, pela aplicação direta da expressão (17) se obtém o grau de importância crítica tolerável (avaliação = 27).

3. Manutenção e Segurança – Casos de Estudo

3.1 Caracterização do caso de estudo 1

A empresa, denominada por empresa 1, dedica-se à produção de embalagens para produtos alimentares, e está sediada na zona Centro de Portugal, empregando atualmente 35 trabalhadores, num regime laboral de 8 horas diárias. As principais áreas de atuação, são na zona Centro e Lisboa – Vale do Tejo.

O processo produtivo da empresa 1, contempla 6 etapas, desde a receção da matéria-prima até à expedição do produto acabado, conforme evidenciado na Figura 14, possuindo 4 máquinas de embalagem vertical (EMB), designadas por EMB11, EMB12, EMB13 e EMB14, correspondendo à seguinte codificação:

EMB11 - máquina de embalagem vertical, linha 1, posição 1.

Fábrica	Etapas	Descrição das tarefas
Empresa 1	1.Receção MP	Receção da MP
		Despaletização
		Acondicionamento
		Encaminhamento
	2.Armazenamento	Armazenamento MP
	3.Abastecimento	Preparação da bobine de filme para máquina Alinhamento dos marcadores e etiquetadores
	4.Embalamento Vertical	Embalamento
		Rotulagem
		Recolha de amostra para testes qualidade
		Paletização
	5.Armazamento	Armazenamento do produto acabado
	6.Expedição	Encaminhamento produto acabado para cliente

Figura 14- Processo produtivo da empresa 1.

No Anexo II encontra-se disponível um esquema do tipo de embalagem realizado na empresa alvo de estudo.

3.1.1 Monitorização do caso de estudo

Com base nos dados recolhidos durante o período de 19 a 25 de março de 2019, sustentados na Ficha de Máquina / Equipamento (Anexo III), foram monitorizadas as 4 máquinas existentes na linha de produção.

A única máquina que foi monitorizada dois dias consecutivos foi a EMB12, dado que no primeiro dia o TTR e WT de todas as suas paragens de manutenção não planeada foi superior a uma hora.

Da monitorização realizada às quatro máquinas de embalagem vertical (Tabela 7), verifica-se que a EMB14 (dezasseis paragens) e a EMB12 (dez e oito paragens) foram as que contabilizaram mais paragens MNP. O número de paragens contabilizado em cada máquina

está diretamente relacionado com o número de vezes que o sintoma/diagnóstico foi identificado. Para tal, foram contabilizadas as seguintes paragens:

- EMB11: oito;
- EMB12: dez e oito;
- EMB13: três;
- EMB14 dezasseis.

Das paragens contabilizadas em cada máquina os sintomas/diagnóstico, causas, intervenções/procedimentos e ações de planeamento futuro com maior relevância foram:

- Sintomas: DEF, relativo a produção defeituosa, e INP, relativo a inoperacional;
- Causas: MOP, referente a má operação, e SEG, referente a causa segunda;
- Intervenções: AJU, que significa ajustado/ afinado, e O, que significa outra;
- Planeamento (Ações Futuras): O calibração, O sincronização, sendo o O respeitante ao conceito de outra, e AVI, respeitante ao conceito de a vigiar.

Tabela 7- Identificação das avarias nas máquinas e intervenções efetuadas.

Máquina	Data Intervenção	Sintomas / Diagnóstico	Causas	Intervenções / Procedimentos	Planeamento
EMB 11	20/03/2019	DEF 6	MOP 7	AJU 5	O calibração 5
		INP 2	SEG 1	SUB 1	O sincronização 2
				LIM 1	AVI 1
				O 1	
EMB 12	21/03/2019	DEF 9	MOP 9	AJU 10	O calibração 9
		REN 1	SEG 1		AVI 1
	22/03/2019	DEF 7	MOP 7	AJU 7	O calibração 7
		INP 1	NID 1	O 1	O 1
EMB 13	25/03/2019	DEF 3	MOP 3	AJU 3	O calibração 3
EMB 14	19/03/2019	DEF 10	MOP 11	AJU 13	O calibração 10
		REN 3	SEG 3	REP 2	O sincronização 1
		INP 3	NID 2	O 1	AVI 5

Com base nos sintomas/diagnóstico e causas identificados (Tabela 7) procedeu-se à identificação, em termos quantitativos, e descrição da anomalia detetada (Tabela 8) por máquina para cada paragem considerada. Das anomalias detetadas algumas delas são comuns, tais como etiquetagem, soldadura mal efetuada ao nível da embalagem e embalagem com excesso de ar.

Tabela 8- Descrição da anomalia detetada.

Descrição da anomalia detetada	Máquina			
	EMB 01	EMB 02	EMB 03	EMB 04
Etiquetagem	5	10	1	6
Falta de matéria-prima que bloqueou a máquina	2	-	-	1
Soldadura mal efetuada ao nível da embalagem	-	4	2	4
Embalagem com exceso de ar	-	1	-	3
Encravamento da bobine de filme: má soldadura que gerou a limpeza da máquina	1	-	-	-
Acerto de ajustamento da bobine de filme	-	2	-	-
Encravamento do tapete transportador	-	-	-	2
Falha da máquina não identificada (descida de temperatura afetou a soldadura)	-	1	-	-

Com base na análise anterior (Tabela 8) foi possível estabelecer uma distribuição, em valores percentuais, de cada anomalia detetada de acordo com a sua frequência de repetição. Das 8 anomalias descritas, para as quatro máquinas, a etiquetagem representou 49% das paragens não programadas, face às restantes 7, que no seu total assumiram o valor de 51% (Figura 15).

Da monitorização realizada a cada máquina de embalagem vertical, verificou-se que a manutenção não preventiva se sobrepõe à manutenção preventiva.

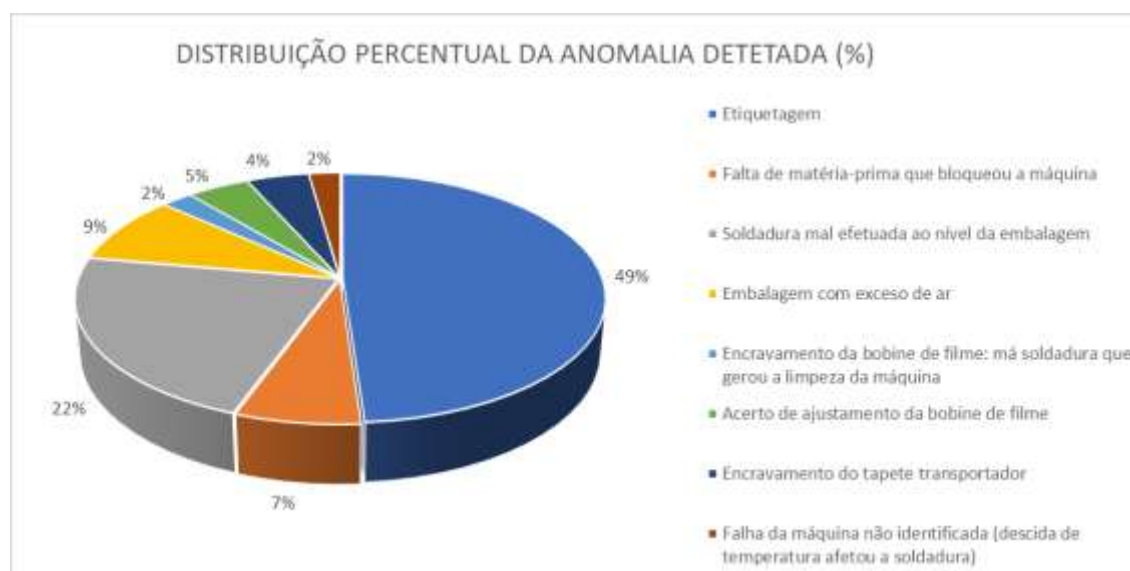


Figura 15- Distribuição percentual da anomalia detetada (%).

Considerando, a máquina EMB11 (Tabela 9) de todas as ordens de fabrico (OF) emitidas, referentes ao termo “tempo de operação”, registou-se paragens (avarias), variando entre duas e quatro. Para cada OF realizada, os tempos máximos de reparação (min:seg), TTR MNP, contabilizados foram de 3:26, 3:54 e 2:27, respetivamente. O tempo de perda de produção, para a EMB11 não teve grande representatividade face ao tempo de operação total.

Tabela 9- Monitorização dos tempos de paragens não programadas (avarias) na EMB11.

Máquina	Tempo de operação (início- fim) [h:min:seg]	Hora avaria [h:min:seg]	Tempo espera WT [min:seg]	Tempo reparação / intervenção TTR MNP [min:seg]	Tempo MP [min:seg]	Tempo perda produção [min:seg]	Tempo operação total [h:min:seg]	Tempo efetivo operação [h:min:seg]
EMB 11	08:25:00 - 11:01:00	09:53:00 10:20:00	00:00 00:00	03:26 03:26 02:00	00:00 00:00	03:26 05:26 02:00	02:36:00	02:30:34
	11:27:00 - 16:38:00	11:47:00 12:18:00 13:12:00 14:43:00	00:00 00:00 00:00 00:00	01:20 03:54 01:47 00:30 03:54	00:00 00:00 00:00 00:00	01:20 07:31 01:47 00:30 03:54	05:11:00	05:03:29
	16:53:00 - 18:57:00	17:23:00 18:51:00	00:00 00:00	02:18 02:27 02:27	00:00 00:00	02:18 04:45 02:27	02:04:00	01:59:15

A média dos tempos de reparação/intervenção, designados como TTR MNP, registada foi de 1min:45seg com um desvio-padrão na ordem de 1min:02seg.

Graficamente (Figura 16), através do *boxplot*, podemos verificar que as extremidades dos TTR MNP se situam em 00:30(min:seg), valor mínimo, e os 3:54 (min:seg), valor máximo.

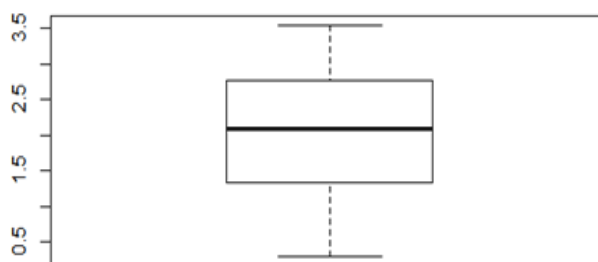


Figura 16- Representação gráfica (*boxplot*) dos TTR MNP da EMB11.

Das OF emitidas para a EMB12 (Tabela 10), registou-se um total de 18 paragens. Para cada OF realizada, os tempos máximos de reparação (min:seg), TTR MNP, registados foram de 3:53, 3:45, 4:00, 15:50, 3:03, no primeiro dia, e 3:03, 3:19, 14:37, 2:29, no segundo dia. O tempo de perda de produção contabilizado no primeiro e no segundo dia de monitorização, na EMB12 foi de 61:16 (min:seg) e 31:42(min:seg), respetivamente.

A OF do 12:59:00 (h:min:seg), na primeira avaria registada teve um WT de 10 minutos, tendo sido caso isolado.

A média dos tempos de reparação/intervenção, designados como TTR MNP, registada foi de 4:04 (min:seg) e um desvio-padrão de 5:02 (min:seg).

Tabela 10- Monitorização dos tempos de paragens não programadas (avarias) na EMB12.

Máquina	Tempo de operação (início- fim) [h:min:seg]	Hora avaria [h:min:seg]	Tempo espera WT [min:seg]	Tempo reparação / intervenção TTR MNP [min:seg]	Tempo MP [min:seg]	Tempo perda produção [min:seg]	Tempo operação total [h:min:seg]	Tempo efetivo operação [h:min:seg]	
EMB 12	08:40:00 - 09:58:00	08:40:00 09:25:00	00:00 00:00	02:10 03:53	00:00 00:00	02:10 03:53	01:18:00	01:11:57	
	10:09:00 - 11:04:00	10:09:00	00:00	03:45	03:45	03:45	00:55:00	00:51:15	
	11:24:00 - 12:35:00	11:50:00	00:00	04:00	04:00	04:00	01:11:00	01:07:00	
	12:59:00 - 14:51:00	13:40:00 14:15:00	10:00 00:00	15:00 15:50	15:50	25:00:00 40:50:00	01:52:00	01:11:10	
	15:14:00 - 18:16:00	15:58:00	00:00	03:03	00:00	03:03	03:02:00	02:55:22	
		16:45:00	00:00	01:46	00:00	01:46	06:38		
		17:31:00 17:42:00	00:00 00:00	00:58 00:51	00:00 00:00	00:58 00:51			
	09:00:00 - 12:19:00	09:35:00 10:33:00 11:10:00	00:00 00:00 00:00	01:57 03:03 01:32	03:03	00:00 00:00	01:57 03:03 01:32	03:19:00	03:12:28
		12:32:00 - 14:34:00	13:14:00	00:00	03:19	03:19	03:19	02:02:00	01:58:41
	14:50:00 - 16:17:00	15:43:00 15:59:00	00:00 00:00	14:37 03:58	14:37	00:00 00:00	14:37 03:58	01:27:00	01:08:25
16:32:00 - 18:32:00		16:33:00 17:52:00	00:00 00:00	00:47 02:29	02:29	00:47 02:29	02:00:00	01:56:44	

Da análise visual do gráfico, *boxplot* (Figura 17), verifica-se que as extremidades dos TTR MNP se situam nos 4 (min), valor máximo, e nos 00:47(min:seg), valor mínimo.

Contudo, existem três *outlier's*, 15,15:50 e 14:37 (min:seg), associados a avarias que ultrapassaram os 3:03(min:seg), valor da mediana⁵.

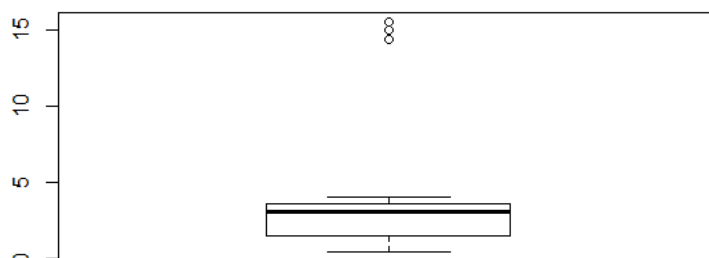


Figura 17- Representação gráfica (*boxplot*) dos TTR MNP da EMB12.

Da monitorização efetuada à EMB13 (Tabela 11), verificou-se que das três OF planeadas para a máquina, em cada uma delas se registou uma paragem. Os TTR MNP máximos que por sua vez são referentes aos únicos TTR MNP registados, foram de 04:06, 02:00 e 01:25 (min:seg), respetivamente, totalizando um tempo de perda de produção de 07:31 (min:seg).

Para os tempos de reparação/intervenção, TTR MNP, registou-se uma média de 2:20 (min:seg), e um desvio-padrão de 1:32 (min:seg).

⁵ Mediana: medida central para um conjunto de dados, indicando o valor de incidência de mais de metade dos dados da amostra.

Tabela 11-Monitorização dos tempos de paragens não programadas (avarias) na EMB13.

Máquina	Tempo de operação (início- fim) [h:min:seg]	Hora avaria [h:min:seg]	Tempo espera WT [min:seg]	Tempo reparação / intervenção TTR MNP [min:seg]	Tempo MP [min:seg]	Tempo perda produção [min:seg]	Tempo operação total [h:min:seg]	Tempo efetivo operação [h:min:seg]
EMB 13	12:23:00 - 12h:51:00	12:23:00	00:00	04:06 04:06	00:00	04:06 04:06	00:28:00	00:23:54
	12:57:00 - 13:45:00	13:10:00	00:00	02:00 02:00	00:00	02:00 02:00	00:48:00	00:46:00
	17:00:00 - 18:15:00	17:25:00	00:00	01:25 01:25	00:00	01:25 01:25	01:15:00	01:13:35

Analisando, os dados graficamente, *boxplot* (Figura 18), as extremidades dos TTR MNP situam-se nos 4:06 (min:seg), valor máximo, e nos 1:25 (min:seg), valor mínimo.

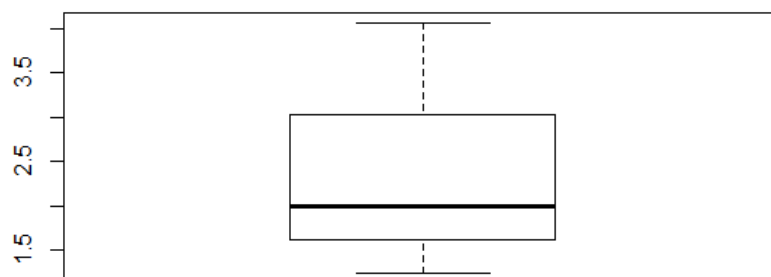


Figura 18- Representação gráfica (*boxplot*) dos TTR MNP da EMB13.

Na EMB14 (Tabela 12), para as 6 OF emitidas contabilizou-se um total de 16 paragens. Para cada OF efetuada, os tempos máximos de reparação (min:seg), TTR MNP, verificados foram de 9:51, 4:27, 1:33, 5:22, 2:30 e 3:10 (min:seg) .

A OF das 10:15:00 (h:min:seg), na quarta avaria registou um WT de 6 minutos. A média dos tempos de reparação/intervenção, TTR MNP, foi de 2:15 (min:seg), e o desvio-padrão de 2:16 (min:seg).

Tabela 12-Monitorização dos tempos de paragens não programadas (avarias) na EMB14.

Máquina	Tempo de operação (início- fim) [h:min:seg]	Hora avaria [h:min:seg]	Tempo espera WT [min:seg]	Tempo reparação / intervenção TTR MNP [min:seg]	Tempo MP [min:seg]	Tempo perda produção [min:seg]	Tempo operação total [h:min:seg]	Tempo efetivo operação [h:min:seg]
EMB 14	08:50:00 - 09:55:00	09:05:00	00:00	01:16	00:00	01:16	01:05:00	00:50:03
		09:32:00	00:00	09:51 09:51	00:00	09:51 14:57		
		09:50:00	00:00	03:50	00:00	03:50		
	10:15:00 - 13:07:00	10:25:00	00:00	01:30	00:00	01:30	02:52:00	02:36:47
		10:29:00	00:00	01:53 04:27	00:00	01:53 15:13		
		10:52:00	00:00	01:23	00:00	01:23		
		11:52:00	06:00	04:27	00:00	10:27		
	13:30:00 - 14:46:00	14:20:00	00:00	01:33 01:33	00:00	01:33 01:33	01:16:00	01:14:27
	14:50:00 - 15:12:00	14:55:00	00:00	05:22 05:22	00:00	05:22 05:22	00:22:00	00:16:38
	16:01:00 - 16:30:00	16:17:00	00:00	02:30	00:00	02:30 04:30	00:29:00	00:24:30
		16:22:00	00:00	02:00	00:00	02:00		
	16:42:00 - 18:13:00	16:42:00	00:00	00:34	00:00	00:34	01:31:00	01:22:44
		17:03:00	00:00	03:10	00:00	03:10		
		17:25:00	00:00	00:37 03:10	00:00	00:37 08:16		
		17:39:00	00:00	02:16	00:00	02:16		
		17:54:00	00:00	01:39	00:00	01:39		

Analisando graficamente o *boxplot* (Figura 19), constata-se que as extremidades dos TTR MNP se situam nos 5:22 (min), valor máximo, e nos 00:34 (min:seg), valor mínimo. Contudo, existe um *outlier*, 9:51 (min:seg), associado a uma avaria que ultrapassa 1:77 (min:seg), valor da mediana.

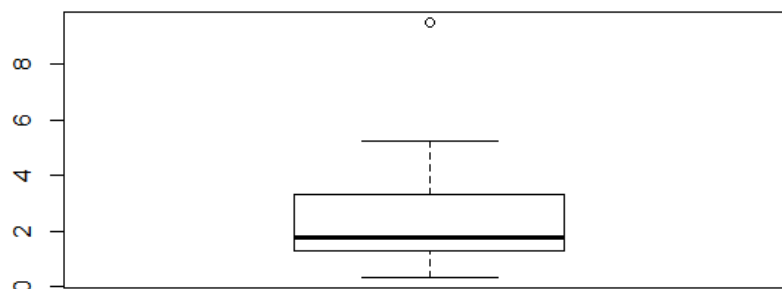


Figura 19- Representação gráfica (*boxplot*) dos TTR MNP da EMB14.

3.1.2 Análise dos Indicadores, *KPI*

De forma, a analisar o desempenho dos ativos (máquinas/equipamentos) da empresa procedeu-se ao cálculo dos indicadores técnicos da NP EN 15341:2009 (descritos no capítulo 2.1.7) MTBF, MTTR, MWT e da Disponibilidade. Neste caso, o fator tempo (Tabela 13) foi convertido para a unidade horas.

A disponibilidade de máquina, foi calculada com base na seguinte expressão (18):

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Soma do Tempo Efetivo}}{\text{Soma do Tempo Total}} \times 100\% \quad (18)$$

Na interpretação e análise dos *KPI*'s importa ressaltar que quanto maior for o MTBF, melhor será a confiabilidade da máquina/equipamento, por oposição quanto menor for o MTTR, melhor será a eficiência das ações corretivas tomadas.

No cálculo do MTBF o fator tempo considerado para efeitos de cálculo, foi o respeitante ao tempo total de operação, uma vez que as paragens não paralisavam a máquina no seu todo, mas sim numa determinada seção/módulo específico. E tendo como linha de orientação o descrito na NP EN 15341:2009 para este indicador, o fator tempo é o respeitante ao tempo total de funcionamento.

Considerando, a Tabela 13 verificamos que das 4 máquinas a única que apresenta uma disponibilidade superior a 95% é a EMB11, embora a EMB13 apresente um valor de 95%.

De todas as máquinas, a que apresenta um MTTR maior, ou seja, a que demonstrou uma menor eficiência ao nível das medidas corretivas adotadas foi a EMB12, com um valor de 0,08 horas. Indicando que a máquina poderá apresentar alguma falha, deixando-a indisponível por aproximadamente 5 minutos.

Por oposição, a máquina com o maior MTBF, foi a EMB11 com 1,23 horas, podendo-se interpretar que a máquina ao fim de 1 hora e 14 minutos poderá ter uma falha.

As máquinas que suscitaram menor confiabilidade foram a EMB12 e EMB14, pelas seguintes razões:

1. Maior número de avarias;

2. TTR MNP elevados, face às restantes máquinas;
3. Disponibilidade inferior a 95%, valor de referência literário defendido por alguns autores.

As razões para os resultados obtidos nestas duas máquinas poderão ser variadíssimas, no entanto convém ressaltar que:

- As máquinas poderão estar sobrecarregadas ao nível das OF;
- As ações desencadeadas ao nível da manutenção corretiva poderão não ter sido suficientes ou bem executadas;
- Ausência de manutenção preventiva ao nível da lubrificação e afinação, podendo algum componente da máquina estar mal calibrado/afinado, sendo necessário recorrer a manutenção externa especializada.

Tabela 13- KPI's vs disponibilidade da máquina.

Máquina	Nº Avarias Total	Tempo operação total [h:min:seg]	Tempo efetivo operação [h:min:seg]	Tempo espera WT [min:seg]	Tempo reparação / intervenção TTR MNP [min:seg]	Tempo MP [min:seg]
EMB 11	8	09:51:00	09:33:18	00:00	17:42	00:00
	KPI's [unidade:horas]		MTBF 1,23	MWT 0,00	MTTR 0,04	Disponibilidade 97%
EMB 12	18	16:06:00	14:33:02	10:00	82.58	00:00
	KPI's [unidade:horas]		MTBF 0,89	MWT 0,01	MTTR 0,08	Disponibilidade 90%
EMB 13	3	02:31:00	02:23:29	00:00	07:31	00:00
	KPI's [unidade:horas]		MTBF 0,84	MWT 0,00	MTTR 0,04	Disponibilidade 95%
EMB 14	16	07:35:00	06:47:09	06:00	41.51	00:00
	KPI's [unidade:horas]		MTBF 0,47	MWT 0,01	MTTR 0,04	Disponibilidade 89%

3.1.3. Valoração do Grau de Importância Crítica, IC

Com base, nas descrições das avarias/ anomalias detetadas verificou-se que os graus de importância crítica (IC) mais comuns foram crítico, moderado e tolerável (Tabela 14).

Tabela 14- Grau de Importância Crítica (IC) obtido em cada máquina.

Código Interno	Grau de IC	
	EMB 11	1
7		Moderado
EMB 12	5	Crítico
	11	Moderado
	2	Tolerável
EMB 13	1	Crítico
	2	Moderado
EMB 14	3	Crítico
	10	Moderado
	3	Tolerável

De acordo com os resultados obtidos para cada máquina, na sua maioria, verificaram-se as seguintes situações:

1. Máquina: imobilização sem danos;
2. Segurança: sem riscos pessoais;
3. Produção: parada.

Comparando, as 4 máquinas entre si, as que suscitaram situações de maior risco para o operador foram a EMB12 e a EMB14, baseada na frequência de repetição do grau IC crítico.

A Tabela referente à valoração do grau de importância crítica, IC, pode ser consultada na íntegra no Anexo V-Caso de Estudo 1.

Analisando da perspectiva do número de avarias que provocam acidentes pessoais (identificados no Anexo V-Caso de Estudo 1), podemos proceder à aplicação direta do indicador técnico (19) da NP EN 15341:2009.

$$T11 = \frac{N^{\circ} \text{ avarias que provocam acidentes pessoais}}{N^{\circ} \text{ total de avarias}} \times 100\% \quad (19)$$

Confrontando os resultados da Tabela 15, as máquinas que apresentaram maior valor percentual, foram a EMB12 (33%) e a EMB13 (67%).

Tabela 15- Indicador Técnico, T11, da NP EN 15341:2009.

Código Interno	T11
EMB 11	13%
EMB 12	33%
EMB 13	67%
EMB 14	19%

3.2 Caracterização do caso de estudo 2

A empresa, denominada por empresa 2, dedica-se à produção de bolsas *Bag-in-Box* na indústria alimentar, sediada na zona Norte de Portugal. Atualmente, emprega 22 trabalhadores, divididos por dois turnos de 8 horas. A bolsa é uma bolsa flexível com torneira e boquilha, acondicionada dentro de uma caixa (de cartão, madeira ou plástico).

O processo produtivo da empresa 2, contempla 6 etapas, desde a receção da matéria-prima à expedição do produto acabado, conforme evidenciado na Figura 20.

Fábrica	Etapa	Descrição das tarefas
Empresa 2	1.Receção MP	Receção da MP
		Despaletização
		Acondicionamento
		Encaminhamento
	2.Armazenamento	Armazenamento MP
	3.Abastecimento	Preparação da bobine de filme, torneiras
		Alinhamento das peças de soldadura e de impressão
	4.Embalamento Horizontal	Fabrico Bag-in-Box
		Recolha de amostra para testes qualidade
		Acondicionamento em caixa e paletização
	5.Armazeamento	Armazenamento do produto acabado
	6.Expedição	Encaminhamento produto acabado para cliente

Figura 20-Processo produtivo da empresa 2.

No Anexo II encontra-se disponível um esquema do tipo de embalagem realizado na empresa alvo de estudo.

3.2.1 Monitorização do caso de estudo

Durante o mês de abril de 2019 procedeu-se à monitorização da linha 1 e 2 de produção, com base no documento Ficha de Máquina / Equipamento (Anexo III). A máquina de cada linha é constituída por três módulos referentes às três principais etapas do processo: soldadura longitudinal, inserção de boquilha e soldadura transversal e corte.

Para a máquina referente à linha de produção 1, designada por L1, foram contabilizadas setenta e uma paragens (Tabela 16), sendo que o sintoma/diagnóstico mais referenciado foi DEF (produção defeituosa).

Tabela 16- Identificação das avarias na máquina e intervenções efetuadas.

Máquina	Data Intervenção	Sintomas / Diagnóstico	Causas	Intervenções / Procedimentos	Planeamento
L1	1/04/2019 - 30/04/2019	DEF 61	DES 50	AJU 16	AAJ e AVI 1
		INP 9	MAN 1	AJU e LIM 15	AVI 53
		REN 1	MOP 2	AJU,SUB e LIM 1	AVI e ALI 15
			NID 1	MOD e AJU 1	O_outra 2
			SEG 17	O_outro 4	
				SUB 15	
				SUB e LIM 19	

As causas mais comuns foram respeitantes ao desgaste (DES) e a causa segunda (SEG) relacionada com defeito na matéria-prima. Quanto às intervenções / procedimentos efetuados estes foram diversificados, e quase sempre tiveram duas ou três ações, sendo que os mais comuns foram AJU (ajustado), AJU e LIM (ajustado e limpo), SUB (substituído) e SUB e LIM (substituído e limpo). Face às intervenções realizadas, o planeamento das ações futuras a tomar ao nível da manutenção foram AVI (a vigiar) e AVI e ALI (a vigiar e a limpar).

No que respeita à linha de produção 2, designada por L2, registaram-se sessenta paragens (Tabela 17), com o sintoma/diagnóstico mais comum DEF (produção defeituosa). As causas mais associadas às paragens da linha de produção, foram DES (desgaste) e SEG (causa segunda devido a defeito na matéria-prima). As intervenções/ procedimentos adotados foram muito diversificados, sendo que os com maior predominância foram AJU (ajustado), O (outro) e SUB (substituído). Considerando os procedimentos realizados, o planeamento para as ações futuras a realizar foram AVI (a vigiar) e AVI e O (a vigiar e outro).

Tabela 17-Identificação das avarias na máquina e intervenções efetuadas.

Máquina	Data Intervenção	Sintomas / Diagnóstico	Causas	Intervenções / Procedimentos	Planeamento
L2	1/04/2019 - 30/04/2019	DEF 56	DES 43	AJU e SUB 1	AVI 50
		INP 4	SEG 13	AJU 8	AVI e O 10
			MOP 4	LIM 1	
				O 11	
				REP 1	
				SUB 35	
				SUB e LIM 3	

Com base nos sintomas/diagnóstico e causas identificados (Tabela 16 e 17) procedeu-se à identificação, em termos quantitativos, e descrição da anomalia detetada por linha de produção para cada paragem considerada. Das anomalias detetadas (Tabela 18) algumas delas são comuns às duas linhas, tais como boquilha encravada (defeito de soldadura na boquilha), limpeza e substituição de teflon no módulo da boquilha, matéria-prima não conforme, rodar teflon e substituição de teflon e limpeza.

O teflon, é uma tela têxtil utilizada nas zonas onde se efetua a soldadura, por forma a evitar que as barras de solda longitudinal, transversal e da boquilha assentem diretamente sobre a base metálica da máquina, tendo uma função de apaziguar o impacto das barras nessa base e na própria soldadura da embalagem, devido às altas temperaturas.



Figura 21- Exemplo da embalagem

Tabela 18- Descrição da anomalia detetada.

Descrição da anomalia detetada	Máquina	
	L1	L2
afinação na solda transversal (alinhamento das barras de solda)	2	-
afinação da ponteira da solda da boquilha e substituição de teflon	-	1
ajuste dos rolos de tração do fim de linha (defeito na soldadura transversal superior)	-	1
alinhamento de bobine	-	1
arranque de produção desalinhado	3	-
ajustes de máquina no módulo do corte (testes de qualidade- transição de bolsa automática para manual)	1	-
boquilha encravada (defeito da soldadura na boquilha)	3	1
bolsa com medida fora de especificação	-	2
defeito de soldadura (longitudinal direita superior)	1	-
falha de abastecimento energia (rede elétrica)	2	-
falha no abastecimento de componentes inerentes ao processo (boquilha)	1	-
limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha	11	-
limpeza e substituição de teflon no módulo da boquilha	1	4
manutenção do módulo das torneiras	-	2
matéria- prima não conforme, NC	2	8
presença de pregas na soldadura transversal superior	-	1
rodar teflon	15	4
substituição de teflon e limpeza	28	33
falha de impressão	1	1
testes de qualidade_ desvio de tendência no teste de rotura das bolsas	-	1

Contrariamente, ao caso de estudo anterior neste verificaram-se ações de manutenção preventiva para a linha de produção L1 e L2. Na L1 as ações desencadeadas ao nível da manutenção preventiva foram referentes à limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha (11 ações de MP), rodar teflon (3 ações de MP) e substituição de teflon e limpeza (23 ações de MP). À semelhança da L1 na L2 as ações realizadas de MP foram ao nível da limpeza e substituição de teflon no módulo da boquilha (3 ações MP), substituição de teflon e limpeza (32 ações de MP) e rodar teflon (2 ações de MP).

Considerando, a Tabela 18, foi possível estabelecer uma distribuição, em valores percentuais, de cada anomalia detetada de acordo com a sua frequência de repetição para cada linha de produção.

Na linha de produção 1, L1, (Figura 22), a anomalia com maior representatividade (42%) foi a substituição de teflon e limpeza, face às de menor representatividade (2%) tais como ajustes de máquina no módulo do corte (testes de qualidade- transição de bolsa automática para manual), defeito de soldadura (longitudinal direita superior), falha no abastecimento de componentes inerentes ao processo (boquilha), limpeza e substituição de teflon no módulo da boquilha e falha de impressão.

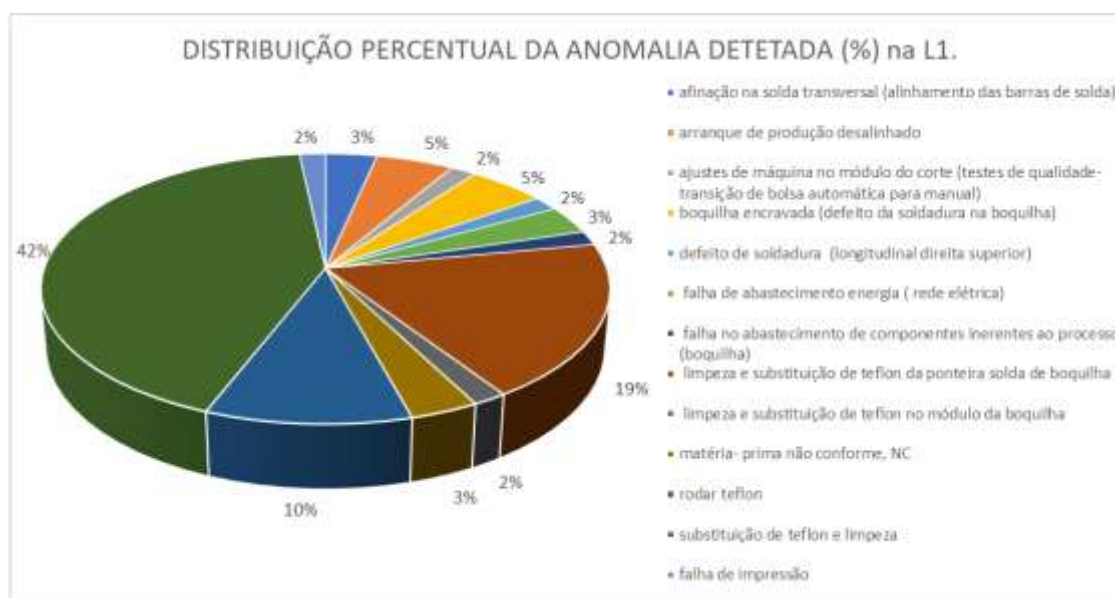


Figura 22- Distribuição percentual da anomalia detetada (%) na linha de produção 1.

Na linha de produção 2, L2, (Figura 23), as anomalias com menor representatividade (2%) foram ajuste dos rolos de tração do fim de linha (defeito na soldadura transversal superior), afinação da ponteira da solda da boquilha e substituição de teflon, alinhamento de bobine, falha de impressão, limpeza no módulo da boquilha, presença de pregas na soldadura transversal superior e testes de qualidade- desvio de tendência no teste de rotura das bolsas.

Por oposição, a anomalia com maior relevo foi a substituição de teflon e limpeza (55%).

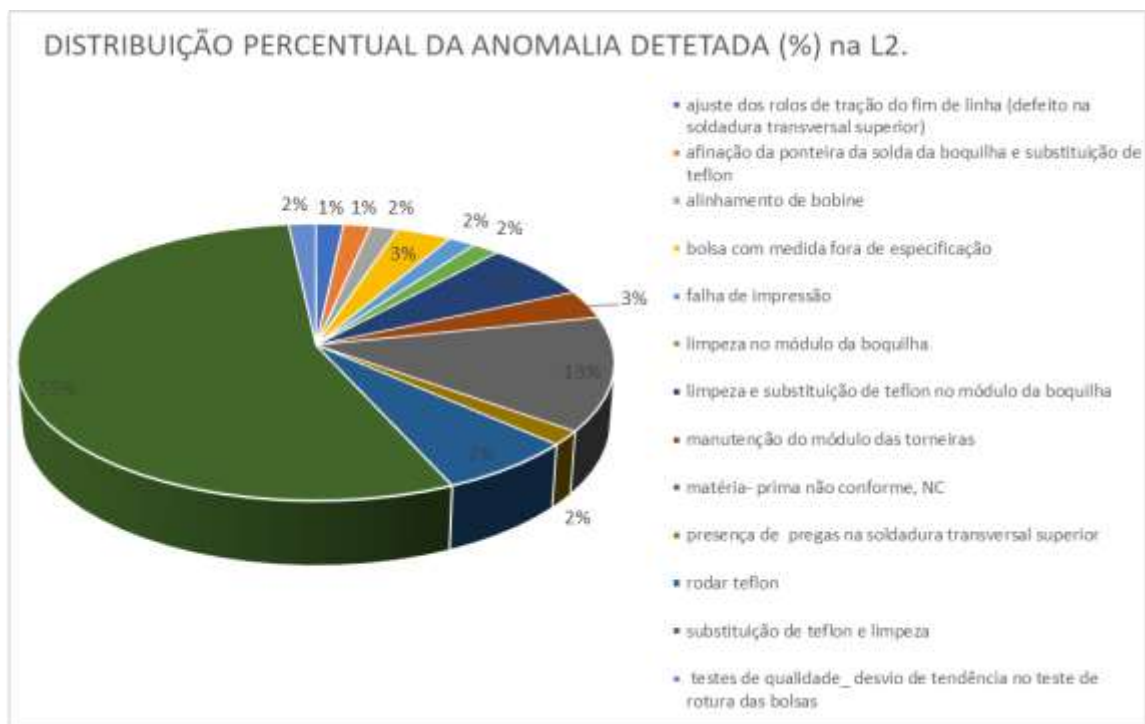


Figura 23-Distribuição percentual da anomalia detetada (%) na linha de produção 2.

Das 71 paragens registadas na linha de produção 1 (Tabela 19), tem-se que 34 são respeitantes a ações de manutenção não preventiva (MNP) e 37 a ações de manutenção preventiva (MP). De todas as ordens de fabrico (OF) emitidas, referentes ao termo “tempo de operação”, registou-se para as paragens (avarias) não programadas um TTR MNP mínimo de 4 minutos, e um TTR MNP máximo de 44 minutos. Na linha de produção 1 registaram-se 10 paragens com um TTR MPN superior a 20 minutos.

No que respeita às paragens programadas (MP), o TTR MP mínimo registado foi de 4 minutos e um TTR MP máximo de 33 minutos.

A ordem de fabrico onde se verificou um tempo de perda de produção total maior foi a respeitante ao dia 8/04/2019, contabilizando 120 minutos (2 horas), que se traduziu num tempo efetivo de operação de 12 horas e 8 minutos.

Tabela 19- Monitorização dos tempos de paragens na linha de produção 1.

Máquina	Data OF	Tempo de operação (início- fim) [h:min]	Hora avaria [h:min]	Tempo espera WT [min:seg]	Tempo reparação / intervenção TTR MNP [min:seg]	Tempo MP [min:seg]	Tempo perda produção [min:seg]	Tempo operação total [h:min]	Tempo efetivo operação [h:min]			
L1	01/04/2019	06:00-22:00	-	00:00 00:00	00:00 00:00	00:00 00:00	00:00 00:00	14.00	14.00			
	02/04/2019	06:00-22:00	-	00:00 00:00	00:00 00:00	00:00 00:00	00:00 00:00	14.00	14.00			
	03/04/2019	06:00-20:00 20:12-22:00	10:51 21:40	00:00 00:00	15:00 07:00	15:00	00:00 00:00	15:00 07:00	22:00	15.48	15.26	
	04/04/2019	06:00-15:18 16:00-22:00	06:00 -	00:00 00:00	11:00 00:00	11:00	00:00 00:00	11:00 00:00	11:00	15.18	15.07	
	05/04/2019	14:40-00:00	16.49 19.32 21.43 23.46	00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 00:00	00:00	12:00 12:00 07:00 09:00	12:00 12:00 07:00 09:00	40.00	9.20	8.40	
	06/04/2019	00:00-01.56 07.06-16.07	00:42 07.06 07.57 09.45 13.09 15.25 20:35	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	07:00 10:00 07:00 18:00 00:00 14:00 00:00	18:00	00:00 20:00 00:00 20:00 00:00 00:00 00:00	07:00 10:00 07:00 18:00 20:00 14:00 00:00	76.00	15.41	14.25
	08/04/2019	06:00-18:17	06:00 07:57 08:45 11.26 12:04 14:18 15:43 20:09-22:00	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 05:00 00:00 26.00 22:00 00:00 00:00	26.00	13:00 10:00 00:00 33.00 00:00 00:00 11:00 00:00	13:00 10:00 05:00 33.00 26.00 22:00 11:00 00:00	120.00	14.08	12.08
	09/04/2019	06:00-22:00	14:47	00:00 00:00	16:00 16:00	16:00	00:00 00:00	16:00	16:00	16.00	15.44	
	10/04/2019	06:00- 13:00 13:35- 22:00	- -	00:00 00:00	00:00 00:00	00:00 00:00	00:00 00:00	00:00 00:00	15.25	15.25		
	11/04/2019	06:00-11:07 11:30-20:00 20:23-00:00	06:00 - -	00:00 00:00 00:00	39:00 00:00 00:00	39:00	00:00 00:00 00:00	39:00 00:00 00:00	39.00	17.14	16.35	
	12/04/2019	00:00-00:00	22:13	00:00 00:00	09:00 09:00	09:00	00:00 00:00	09:00	24.00	23.51		
	13/04/2019	00:00-4:19 7:29-21:23	- 11:11 14:35 17:33	00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00	00:00 07:00	00:00 07:00 06:00 04:00	17:00	18.27	18.10	
	15/04/2019	14:47 -22:00	16:59 19:56	00:00 00:00	00:00 00:00	00:00 00:00	08:00 08:00	08:00 06:00	14:00	7.13	6.59	
	16/04/2019	06:00-22:00	06:00 08:58 11:28 13:46 14:39 16:07 18:22 20:36	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	23:00 00:00 00:00 00:00 08:00 00:00 00:00 00:00	23:00	00:00 11:00 09:00 07:00 00:00 07:00 07:00 06:00	23:00 11:00 09:00 07:00 08:00 07:00 07:00 06:00	79.00	16.00	14.41
	17/04/2019	06:00-17:23	06:00 08:03 11:26 13:43 14:46 18:39-22:00	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	04:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	04:00	00:00 11:00 05:00 04:00 05:00 00:00	04:00 11:00 05:00 04:00 05:00 00:00	28.00	14.44	14.16
	18/04/2019	06:00 - 20:07 20:11 - 22:00	10:45 -	00:00 00:00	04:00 04:00	04:00	00:00 00:00	04:00 00:00	15.56	15.52		
	22/04/2019	06:00-22:00	16:35 16:45	00:00 00:00	07:00 44:00	44:00	00:00 00:00	07:00 44:00	51.00	16.00	15.09	
	23/04/2019	06:00-10:43 10:43- 00:00	- 17:10 18:22	00:00 00:00 00:00	00:00 08:00 30:00	30:00	00:00 00:00 00:00	00:00 08:00 30:00	38.00	18.00	17.22	
	24/04/2019	00:00- 00:56 01:28-12:15 12:30-00:00	- 04:02 15:47 16:11	00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 07:00 08:00 30:00	30:00	00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 07:00 08:00 30:00	45.00	23.13	22.28	
	25/04/2019	00:00-06:00	00:04	00:00 00:00	05:00 05:00	05:00	00:00 00:00	05:00	6.00	5.55		
	26/04/2019	05:50-10:10 10:30-21:00 21:24-00:00	- - 22:53	00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 05:00	05:00	00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 05:00	05:00	16.56	16.51	
	27/04/2019	00:00-7:29 08:51-22:00	01:03 11:37 13:56 14:47 15:25 17:29 20:45	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	07:00 00:00 00:00 21:00 42:00 00:00 00:00	42.00	00:00 12:00 00:00 12:00 09:00	07:00 09:00 12:00 21:00 42:00 12:00 09:00	112.00	20.38	18.44
	29/04/2019	6:00-19:28	08:13 09:20 11:48 14:00 16:16 20:30-00:00	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 00:00 38.00	38.00	09:00 10:00 09:00 06:00 10:00 00:00	09:00 10:00 09:00 06:00 10:00 38.00	82.00	16.58	15.36
	30/04/2019	00:00-11:11	00:02 01:45 03:57 08:28 13:10 15:55 16:13	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00 00:00	00:00 00:00 00:00 39:00 00:00 15:00 11:00	39.00	05:00 15:00 05:00 00:00 07:00 00:00 00:00	05:00 15:00 05:00 00:00 07:00 15:00 11:00	97.00	21.47	20.10

A média dos tempos de reparação/intervenção, designados como TTR MNP, registada foi de 16min:32seg com um desvio-padrão na ordem de 12min:23seg. Para a MP, a média do TTR MP foi de 9min:24seg assumindo um desvio-padrão de 5min:11seg.

Graficamente (Figura 24), através do *boxplot*, podemos verificar que as extremidades dos TTR para MNP e MP se situam nos 4min (valor mínimo) e 44 min (valor máximo) para TTR MNP e de 15 min (valor máximo) para TTR MP. Contudo, existem dois *outlier's* na MP, de 20 min e 33 min associados a avarias que ultrapassaram os 9 min, valor da mediana.

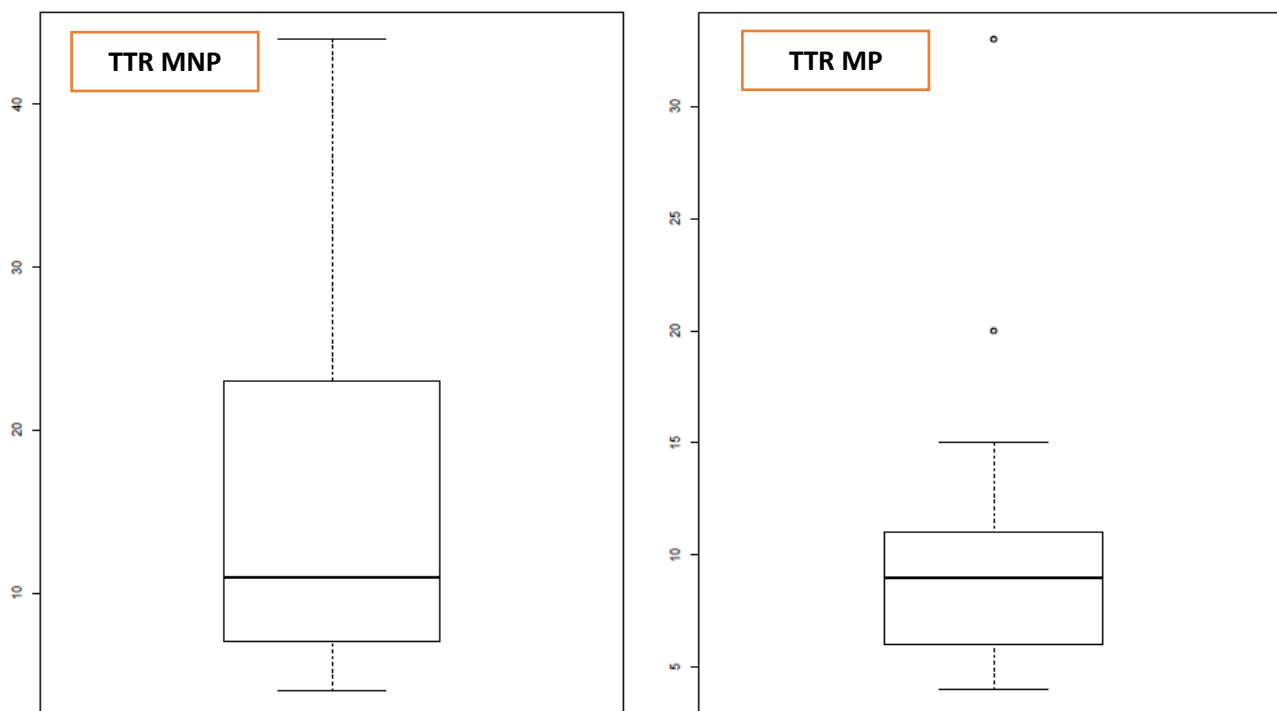


Figura 24- Representação gráfica (*boxplot*) dos TTR MNP e TTR MP da L1.

Analisando a linha de produção 2, das 60 paragens monitorizadas (Tabela 20), verificaram-se que 23 são respeitantes a ações de manutenção não preventiva (MNP) e 37 a ações de manutenção preventiva (MP).

Considerando as ordens de fabrico (OF) emitidas, registou-se para as paragens (avarias) não programadas um TTR MNP mínimo de 2 minutos, e um TTR MNP máximo de 72 minutos. Relativamente, às paragens programadas (MP), os TTR MP mínimo registado foram de 2 minutos e um TTR MP máximo de 22 minutos.

A ordem de fabrico para o qual se verificou um tempo de perda de produção total maior foi a respeitante ao dia 06/04/2019, contabilizando um tempo de perda de produção de 112 minutos (1h: 52min), que se traduziu num tempo efetivo de operação de 18 horas e 8 minutos.

Tabela 20- Monitorização dos tempos de paragens na linha de produção 2.

Máquina	Data OF	Tempo de operação (início- fim) [h:min]	Hora avaria [h:min]	Tempo espera WT [min:seg]	Tempo reparação / intervenção TTR MNP [min:seg]	Tempo MP [min:seg]	Tempo perda produção [min:seg]	Tempo operação total [h:min]	Tempo efetivo operação [h:min]	
L2	01/04/2019	06:00-20:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	15.10	15.10	
	01/04/2019	20:50 - 00:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00			
	02/04/2019	00:00-00:00	06:04	00:00 00:00	05:00	00:00	05:00			
	02/04/2019		07:20	00:00 00:00	17:00	00:00	17:00			
	02/04/2019		07:48	00:00 00:00	02:00	17:00	02:00	36.00	24.00	
	02/04/2019		10:45	00:00 00:00	05:00	00:00	05:00			
	02/04/2019		16:35	00:00 00:00	07:00	00:00	07:00			
	03/04/2019	00:00-4:12	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00			
	03/04/2019	07:24-00:00	09:13:00	00:00 00:00	14:00	00:00	14:00			
	03/04/2019		10:30:00	00:00 00:00	00:00	10:00	10:00			
	03/04/2019		13:00:00	00:00 00:00	00:00	10:00	10:00			
	03/04/2019		15:25:00	00:00 00:00	00:00	14:00	13:00	13:00	76.00	20.48
	03/04/2019		17:56:00	00:00 00:00	00:00	07:00	07:00			
	03/04/2019		18:03:00	00:00 00:00	00:00	07:00	07:00			
	03/04/2019		20:51:00	00:00 00:00	00:00	06:00	06:00			
	03/04/2019		23:12:00	00:00 00:00	00:00	09:00	09:00			
	04/04/2019	00:00-20:57	02:30:00	00:00 00:00	00:00	11:00	11:00			
	04/04/2019		04:55:00	00:00 00:00	00:00	07:00	07:00			
	04/04/2019		07:13:00	00:00 00:00	00:00	09:00	09:00			
	04/04/2019		08:55:00	00:00 00:00	00:00	05:00	00:00	05:00		
	04/04/2019		09:50	00:00 00:00	00:00	10:00	10:00			
	04/04/2019		12:42:00	00:00 00:00	00:00	10:00	11:00	08:00	85.00	23.29
	04/04/2019		15:03:00	00:00 00:00	00:00	07:00	07:00			
	04/04/2019		17:45:00	00:00 00:00	00:00	10:00	10:00			
	04/04/2019		17:55:00	00:00 00:00	10:00	00:00	10:00			
	04/04/2019	21:28 -00:00	23:41	00:00 00:00	00:00	08:00	08:00			
	05/04/2019	00:00 -08:36	01:44	00:00 00:00	00:00	12:00	12:00			
	05/04/2019		04:36	00:00 00:00	00:00	06:00	06:00			
	05/04/2019		06:37	00:00 00:00	00:00	07:00	07:00			
	05/04/2019	09:34 - 00:00	12:16	00:00 00:00	00:00	10:00	12:00	10:00	71.00	23.02
	05/04/2019		14:38	00:00 00:00	00:00	11:00	11:00			
	05/04/2019		16:40	00:00 00:00	00:00	11:00	11:00			
	05/04/2019		19:22	00:00 00:00	00:00	07:00	07:00			
	05/04/2019		21:19	00:00 00:00	00:00	07:00	07:00			
	06/04/2019	00:00- 22:00	04:30:00	00:00 00:00	00:00	09:00	09:00			
	06/04/2019		05:48:00	00:00 00:00	00:00	02:00	02:00			
	06/04/2019		07:03:00	00:00 00:00	00:00	10:00	10:00			
	06/04/2019		08:28:00	00:00 00:00	18:00	00:00	18:00			
	06/04/2019		09:10:00	00:00 00:00	00:00	12:00	12:00			
	06/04/2019		09:22:00	00:00 00:00	03:00	18:00	00:00	22:00	03:00	112.00
	06/04/2019		12:24:00	00:00 00:00	00:00	15:00	15:00			
	06/04/2019		14:37:00	00:00 00:00	00:00	08:00	08:00			
	06/04/2019		16:35:00	00:00 00:00	00:00	06:00	06:00			
	06/04/2019		19:05:00	00:00 00:00	00:00	07:00	07:00			
	06/04/2019		21:23:00	00:00 00:00	00:00	22:00	22:00			
	08/04/2019	06:00-11:45	06:00	00:00 00:00	60:00	60:00	00:00	07:00	60:00	67.00
	08/04/2019		09:02	00:00 00:00	00:00	07:00	07:00			
	09/04/2019	06:00-22:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
	10/04/2019	06:00-22:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
	11/04/2019	06:00 - 10:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
11/04/2019	10:38-19:53	18:26	00:00 00:00	06:00	06:00	00:00	00:00	06:00	06:00	
11/04/2019	20:00-22:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	
12/04/2019	06:00-22:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	
15/04/2019	06:00-22:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	
16/04/2019	06:00-22:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	
17/04/2019	06:00-22:00	19:27	00:00 00:00	08:00	08:00	00:00	08:00	08:00	15:00	
17/04/2019		21.12	00:00 00:00	07:00	08:00	00:00	08:00	07:00	15:00	
18/04/2019	06:00- 7:36	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	
22/04/2019	06:00-20:00	-	00:00 00:00	00:00	06:00	00:00	00:00	00:00	06:00	
22/04/2019	20:56 -00:00	23:15	00:00 00:00	06:00	06:00	00:00	00:00	06:00	06:00	
23/04/2019	00:00-6:36	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	
23/04/2019	06:36 - 22:00	12:08	00:00 00:00	72:00	72:00	00:00	00:00	72:00	85.00	
23/04/2019		13:50	00:00 00:00	13:00	00:00	00:00	13:00			
24/04/2019	06:00-14:24	06:03	00:00 00:00	00:00	00:00	15:00	15:00	15:00	15:00	
24/04/2019	15:00 - 22:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	15:00	00:00	15:00	
26/04/2019	7:39 - 22:00	13:00	00:00 00:00	20:00	00:00	00:00	20:00			
26/04/2019		13:35	00:00 00:00	00:00	07:00	07:00				
26/04/2019		14:43	00:00 00:00	15:00	20:00	00:00	11:00	15:00	62.00	
26/04/2019		17:14	00:00 00:00	00:00	09:00	09:00				
26/04/2019		21:40	00:00 00:00	00:00	11:00	11:00				
27/04/2019	05:57-9:26	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	
27/04/2019	9:26-22:00	13:46	00:00 00:00	10:00	22:00	00:00	00:00	10:00	32.00	
27/04/2019		17:39	00:00 00:00	22:00	00:00	00:00	22:00			
29/04/2019	06:00-13:13	09:30	00:00 00:00	05:00	16:00	00:00	00:00	05:00	21:00	
29/04/2019		10:59	00:00 00:00	16:00	00:00	00:00	16:00			
30/04/2019	06:00 - 22:00	-	00:00 00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	

Relativamente, aos TTR a média dos tempos de reparação/intervenção, designados como TTR MNP, registada foi de 15min:26 seg com um desvio-padrão na ordem de 17min:09 seg. A média do TTR MP foi de 9min:16 seg assumindo um desvio-padrão de 3min:23 seg.

Através do *boxplot* (Figura 25), podemos verificar que as extremidades dos TTR para MNP e MP se situam nos 2 min (valor mínimo) e 22 min (valor máximo) para TTR MNP e de 15 min (valor máximo) para TTR MP. Em ambos os *boxplot's* registaram-se *outlier's*, ou seja, tempos de reparação que ultrapassaram os valores associados ao tempo de reparação calculado para a medida central (mediana).

Na MNP existem dois *outlier's* de 60 e 72 minutos, associados a avarias que ultrapassaram os 10 minutos (valor da mediana), na MP registou-se um *outlier* de 22 minutos, face à medida central de 9 minutos (mediana).

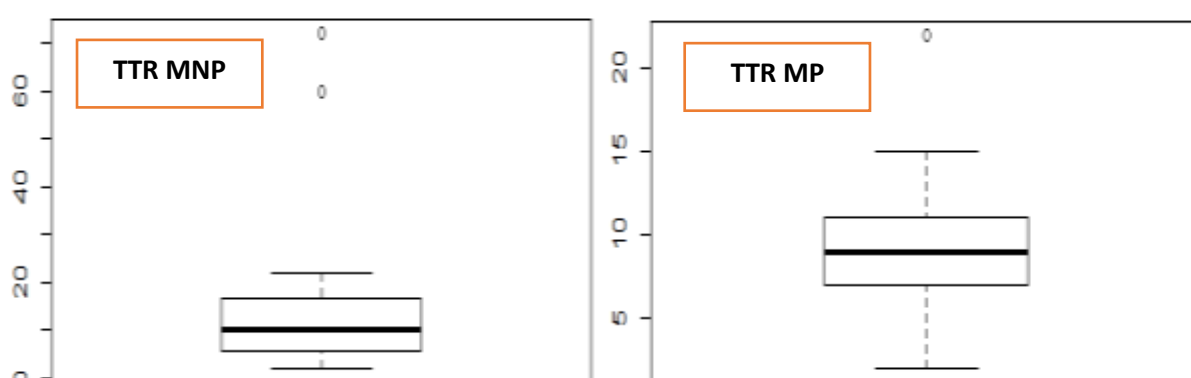


Figura 25- Representação gráfica (*boxplot*) dos TTR MNP e TTR MP da L2.

3.2.2 Análise dos Indicadores, KPI

Na análise dos indicadores, para o fator tempo (Tabela 21) considerou-se a unidade horas.

Neste caso, no cálculo do MTBF o fator tempo ponderado para efeitos de cálculo, foi também o tempo total de operação, porque as paragens não imobilizavam a máquina no seu todo, mas sim numa determinada seção/módulo específico.

Considerando, a Tabela 21 verificou-se que no mês de abril de 2019, que para as 2 linhas de produção, a disponibilidade (expressão 18) da máquina é de 96% (L1) e de 95% (L2), estando o valor dentro do valor teórico recomendado (igual ou superior a 95%).

A que apresenta um MTTR maior, ou seja, a que demonstrou uma menor eficiência ao nível das medidas corretivas adotadas foi a L1 com um valor de 0,28 horas, indicando que a máquina poderá apresentar alguma falha, deixando-a indisponível por aproximadamente 17 minutos.

A máquina com o maior MTBF, foi a L2 com 14,73 horas, podendo-se interpretar que a máquina ao fim de 14 horas e 44 minutos poderá ter uma falha.

A máquina que apresentou menor confiabilidade foi a L1, pelas seguintes razões:

1. Maior número de avarias;
2. MTTR maior;
3. MTBF menor

Os resultados obtidos para as duas linhas de produção foram muito similares, no entanto verifica-se que a L1 realizou mais manutenção corretiva do que preventiva face à L2.

A L1 para o mês de abril realizou cerca de 562 minutos (9h:24min) em manutenção corretiva (MNP) e 348 minutos de manutenção preventiva (5h:48min). No que respeita à L2, no mesmo mês realizou 346 minutos (5h:48min) de manutenção não preventiva e 343 minutos (5h:42min) de manutenção preventiva. Um fator, apontado pela empresa para a discrepância dos tempos associados a manutenção não preventiva, dado que o técnico que executa a manutenção é o mesmo e as máquinas são exatamente iguais, deve-se ao tipo de matéria-prima utilizada de acordo com a especificidades da encomenda e o padrão de qualidade definido pelo cliente.

Tabela 21- KPI's vs disponibilidade da máquina.

Máquina	Nº Avarias Total MNP	Tempo operação total [h:min]	Tempo efetivo operação [h:min]	Tempo espera WT [min]	Tempo reparação / intervenção TTR MNP [min]	Tempo MP [min]
L1	34	382.46	367.34	0	562	348
	KPI's		MTBF	MWT	MTTR	Disponibilidade
	[unidade:horas]		11,26	0	0,28	96%
L2	23	338.44	327.15	0	346	343
	KPI's		MTBF	MWT	MTTR	Disponibilidade
	[unidade:horas]		14,73	0	0,25	95%

3.2.3 Valoração do Grau de Importância Crítica, IC

De acordo com as descrições das avarias/ anomalias detetadas na MNP, com as paragens planeadas na MP, e considerando as ações realizadas *à posteriori* para que as máquinas retomassem ao seu ritmo de laboração normal, verificou-se que os graus de importância crítica (IC) identificados quer na L1 quer na L2 foram crítico e moderado (Tabela 22).

Tabela 22-Grau de Importância Crítica (IC) obtido em cada máquina.

Código Interno	Grau de IC		T11
L1	66	Crítico	93%
	5	Moderado	
L2	52	Crítico	87%
	8	Moderado	

De acordo com os resultados obtidos para cada máquina, na sua maioria, verificaram-se as seguintes situações:

1. Máquina: imobilização sem danos;
2. Segurança: riscos pessoais (ferimentos), sobretudo queimaduras devido à elevada temperatura das barras laterais de solda que vão assentar sobre o teflon;
3. Produção: parada.

Comparando, as 2 linhas de produção, a que gerou situações de maior risco para o operador foi a L1 com um índice de 93% (aplicação da expressão 19- indicador técnico T11 da NP EN 15341:2009).

A Tabela referente à valoração do grau de importância crítica, IC, pode ser consultada na sua íntegra no Anexo V- Caso de Estudo 2.

3.3. Estudo dos custos da manutenção

Considerando, os tempos totais de operação bem como os tempos despendidos na prática da manutenção preventiva (MP) e não preventiva (MNP) fez-se um pequeno estudo de qual o impacto que a manutenção preventiva (MP) e corretiva (MNP), ao nível de unidades monetárias, tem na produção.

Com base nos tempos recolhidos foi necessário convertê-los todos em minutos, por forma a facilitar o cálculo.

Assim sendo, no caso de estudo 1 (Tabela 23) verifica-se que os custos associados à prática da manutenção MNP não tem grande relevo face ao que seria o valor esperado para o valor real. Contudo a máquina com maior custo de MNP associado é a EMB12, com 92,97 u.m.

Convém ressaltar, que no caso de estudo 1 a monitorização foi de apenas 1 dia para cada máquina, à exceção da EMB12 que foram 2 dias, o que permite que os valores monetários (u.m.) não tenham grande significado. Se extrapolarmos, e tendo a EMB11 como exemplo, ao fim de 21 dias úteis do mês de março, teríamos um valor esperado de 12 411u.m, um valor real de 12 039,3 u.m. e um custo de MNP de 371,7 u.m. Por comparação, para a EMB12, se se considerar os dois dias de monitorização, teríamos um valor esperado de 10 143u.m, um valor real de 9 166,82 u.m. e um custo de MNP de 976,2 u.m.

Tabela 23- Custo em unidades monetárias (u.m) da manutenção.

Máquina	Tempo operação total	Valor Esperado [u.m./min]	Tempo efetivo operação	Valor Real [u.m./min]	TTR+WT	Custos MNP [u.m./min]
EMB 11	[h:min:seg] 09:51:00	591	09:33:18	573,3	17:42	17,7
	[min] 591		573,3		17,7	
EMB 12	[h:min:seg] 16:06:00	966	14:33:02	873,03	92.58	92,97
	[min] 966		873,03		92,97	
EMB 13	[h:min:seg] 02:31:00	151	02:23:29	143,48	07:31	7,52
	[min] 151		143,48		7,52	
EMB 14	[h:min:seg] 07:35:00	455	06:47:09	407,15	47.51	47,85
	[min] 455		407,15		47,85	

Analisando o caso de estudo 2 (Tabela 24), referente ao mês de abril, verifica-se que os valores monetários calculados para as duas linhas são muito semelhantes, contudo a L1 apresenta um custo de MNP mais elevado (564 u.m.) face á L2 (346 u.m). Neste caso, os custos da MP são inferiores aos custos de MNP para as duas linhas de produção.

A diferença entre o valor esperado e o valor efetivo não é muito significativa, devido ao facto de existir a prática de MP, sendo de 912 u.m. para a L1 e de 689 u.m. para a L2, face aos valores reais.

Tabela 24-Custo em unidades monetárias (u.m) da manutenção.

Máquina		Tempo operação total	Valor Esperado [u.m./min]	Tempo efetivo operação	Valor Real [u.m./min]	TTR MNP	Custos MNP [u.m./min]	TTR MP	Custos MP [u.m./min]
L1	[h:min	382.46	22966	367.34	22054	9.24	564	5.48	348
	[min]	22966		22054		564		348	
L2	[h:min	338.44	20324	327.15	19635	5.46	346	5.43	343
	[min]	20324		19635		346		343	

4. Conclusões e desenvolvimentos futuros

4.1 Conclusões

Do estudo efetuado às máquinas existentes nas duas empresas, pretendeu-se avaliar duas vertentes referentes à importância da manutenção na indústria e a segurança que as máquinas oferecem aquando da intervenção do operador responsável pela sua manutenção, planeada ou não.

A recolha dos tempos de paragens, quer planeadas ou não planeadas, a sua análise e interpretação permitiram calcular alguns indicadores base (MTBF, MTTR, MWT) comuns a todos os setores industriais, e que permitem ao gestor de manutenção tirar conclusões importantes sobre a fiabilidade das máquinas e a eficiência das ações corretivas e/ou preventivas tomadas.

Embora o objetivo de qualquer departamento de manutenção passe por encontrar o ponto de equilíbrio, importa equacionar a manutenção preventiva e a manutenção corretiva, o que implica que este nem sempre é possível. Na maioria dos casos, o parque industrial já possui uma idade avançada, onde o tempo de vida útil e económico das máquinas já foram ultrapassados, tornando-se urgente substituí-la, mas, por indisponibilidade financeira adia-se a sua substituição.

Outro motivo poderá estar relacionado com a aquisição de máquinas em segunda mão, onde o risco associado a pequenos defeitos das mesmas serão maiores, uma vez que a garantia do fornecedor poderá não estar salvaguardada.

É com base em alguns destes pressupostos que as empresas apostam em equipas de técnicos de manutenção incumbindo-lhes duas tarefas fundamentais: a primeira, de planear a manutenção preventiva e, a segunda, de atuar na manutenção corretiva.

Contudo, na manutenção não basta delegar a tarefa de ir corrigir a avaria, no caso da manutenção corretiva, ou de ir fazer a inspeção de rotina, no caso da manutenção preventiva, tem de se planear a forma como se vai fazer, como se vai aceder e o que se precisa de consignar. Pelo que, a segunda parte do projeto dedicou-se à segurança do operador na manutenção da máquina, tentando perceber e identificar se para cada avaria em estudo o operador estava exposto a riscos pessoais ou não.

No que concerne às duas empresas em estudo, na primeira a maioria das intervenções efetuadas pelo operador não o colocavam em risco, pois prendiam-se mais com questões de *layout* da embalagem (etiquetagem). Em contrapartida, na segunda, dados os acessos aos diferentes módulos da máquina onde era detetada a avaria, esta poderia causar pequenos danos pessoais, mais relacionados com queimaduras, uma vez que as barras para soldadura não arrefeciam em tempo útil, e a maioria das ações eram respeitantes a rodar e a substituir o *teflon*.

Em simultâneo com este estudo, conclui-se ainda que:

- No caso de estudo 1, as máquinas não estavam preparadas para todos os tipos de embalagens nem produtos devido às falhas que ocorriam no *layout* (etiquetagem) e soldadura;
- No caso de estudo 2, verificou-se que em alguns casos o tipo de matéria-prima utilizada estava relacionado com a avaria da máquina, sendo a seleção de fornecedores um fator determinante para o aumento da rentabilidade da máquina.

Assim sendo, para além da manutenção otimizar os tempos associados ao processo de produção pode ainda ser útil na avaliação e seleção de fornecedores.

4.2 Proposta de trabalhos futuros

Na sequência do trabalho desenvolvido, nomeadamente na identificação dos tempos realizados na manutenção preventiva e corretiva, impõe-se ainda a necessidade de serem desenvolvidas novas ações por forma a implementar um plano de manutenção (Anexo VI) que englobe as intervenções efetuadas, os tempos de intervenção, as perdas ao nível de produção, em tempo e em produto, a mobilização em recursos humanos - hora, e os custos de manutenção repartidos por MNP e MP. Por consequência, propõe-se o desenvolvimento ou o aperfeiçoamento das metodologias já existentes que permitam melhorar os procedimentos e atividades do departamento de manutenção.

Numa primeira fase propõe-se o desenvolvimento ao nível documental (Anexo III, IV e V) da manutenção e, com base nesse suporte, o desenvolvimento ou aquisição de um *software* onde seja possível identificar o tipo de manutenção realizado por máquina e planear ações futuras ao nível de recursos humanos, calendário e investimento. Através da recolha dos dados e a sua introdução em sistema, ou a sua recolha *on-line*, possibilitará um apoio estratégico às decisões de manutenção, fomentando celeridade e assertividade das ações tomadas.

Algumas ações que podem ser alvo de ponderação por parte do departamento de decisão estratégica interno de cada empresa, e que podem ser realizadas em simultâneo com esta primeira fase do projeto são:

- Implementação das ferramentas LEAN ao nível do chão de fábrica (delimitações das máquinas, matéria-prima e produto acabado, bem como zona indicada para o colaborador operar);
- Criação de um quadro (suporte físico) e sua afixação na linha de produção, com mapas de balanceamento ao nível produtivo, acidentes de trabalho e de paragens de máquinas (ferramentas KAIZEN).

Numa segunda fase poder-se-á extrapolar este suporte informático para a implementação de um sistema de identificação de peças-de-reserva, com classificação em classes de prioridade, diminuindo os tempos de espera (Waiting Times - WT) associados, maximizando a disponibilidade dos equipamentos.

No caso de estudo 2, outras medidas mais específicas poderão ser tomadas ao nível da manutenção preventiva, tais como, a automatização da peça que faz rodar o *teflon*, atenuando

o erro humano devido a este ser rodado manualmente (por excesso ou defeito), e a aplicação de sensores de alinhamento automático de bobines no início do processo, ajustando e guiando as mesmas, pois com as vibrações causadas pela máquina estas tendem a desviar-se.

Referências Bibliográficas

- AFNOR FD X 60-000:2002 Maintenance Industrielle- Fonction Maintenance.
- ASAE news (2016): <http://www.asae.gov.pt/fiscalizacao-economica/medidas-restritivas/maquinas-potencialmente-perigosas.aspx>.
- BRITO, Mário (2003). Manutenção, Manual Pedagógico PRONACI. Leça da Palmeira, AEP. ISBN 972-8702-12-4.
- CABRAL, J.P.S. (2006) - Organização e gestão da manutenção: dos conceitos à prática. Lisboa: 6ª Edição, Lidel - Edições Técnicas.
- CAMPBELL, J.D.; JARDINE, A.K.S. (2001). Maintenance Excellence: optimizing equipment, life-cycle decisions. Edição: Marcel Dekker, Inc. ISBN 0-8247-0497-5.
- Decreto – Lei nº 50/2005, de 25 de abril de 2005 - Regula as prescrições mínimas de segurança e saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de trabalho.
- Decreto-Lei nº 102/2009, de 10 de setembro de 2009 – Regulamenta o Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho.
- DUNN, S. (1998). Reinventing the maintenance process: towards zero downtime”, Queensland Maintenance Conference Proceedings. Queensland, Australia. ISBN
- EN 13306:2010 (Ed.2) Maintenance. Maintenance terminology. Julho 2010, ICS 01.040.03; 03.080.10.
- EU-OSHA (2008). Factsheet 77 - The business benefits of good occupational safety and health, disponível em <https://osha.europa.eu/pt/tools-and-publications/publications/factsheets/77/view>.
- EU-OSHA (2010). Factsheet 90 – Manutenção, segurança e saúde no trabalho: uma imagem estatística, disponível em <https://osha.europa.eu/pt/tools-and-publications/publications/factsheets/90/view>).
- EUROSTAT: <https://ec.europa.eu/eurostat>.
- FARINHA, J.M.T. (2011). Manutenção- A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão. Lisboa: 1ª Edição, Monitor- Projecto e Edições, Lda. ISBN 9789729413827.
- FERREIRA, L.A. (1998). Uma Introdução à Manutenção. Porto: 1ª Edição, Publidisa. ISBN 972-95794-4-X.
- HELMANN, K.S. (2006). Ponderação sobre os critérios considerados para suportar a tomada de decisão quanto ao momento de se efetuar a manutenção preventiva em processos industriais. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26., 2006, Fortaleza. Anais. Fortaleza: ABEPRO, 2006 1 CD-ROM KARDEC, A., NASCIF, J. (2004). Manutenção Função Estratégica. 2ª Edição: Editora Quality.
- KOMONEN, K. (2002). A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking. International Journal of Production Economics, 2002 – Elsevier, disponível em [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00187-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00187-0).
- MONCHY, F. (1987). La Fonction Maintenance. Masson:Paris. ISBN 2 225 80757 4.
- MONCHY, F. (1989). A Função Manutenção- Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. SÃO PAULO: EBRAS. ISBN 978-1258521394.

- Norma Internacional CEI IEC 60050 (192), “Vocabulaire Electrotechnique International, Chapitre 192: Sûreté de fonctionnement”. Commission Electrotechnique International, Idem, Ibidem, Ibidem, 2015.
- NP 4397:2008 Sistemas de gestão da segurança e saúde do trabalho. Requisitos. 2ªEdição: IPQ
- NP 4483:2009 Guia para a implementação do sistema de gestão da manutenção. Novembro 2009, ICS 03.080.10; 03.100.01; 03.120.10.
- NP EN 15341:2009 Maintenance Key Performance Indicators. Novembro 2009, ICS 03.100.99.
- NP EN 13269:2007 Manutenção. Instruções para a preparação de contratos de manutenção. CT 94 (APMI), Instituto Português da Qualidade, Portugal.
- OLIVEIRA, C.G. (2014). Avaliação de Riscos Profissionais. Uma reflexão conceptual e metodológica. Lisboa: Chiado Editora. ISBN 978- 989- 51- 0810- 7.
- OSHAS 18001:2007 Sistemas de Gestão da Saúde e Segurança Ocupacional. ICS 03.100.01; 13.100.
- PINTO, A. e SOARES, I. (2009). Sistemas de Gestão da Qualidade. Guia para a sua Implementação. Edições Sílabo. ISBN 9789726185321.
- PINTO, A. (2016). Manual de Segurança na Manutenção. Lisboa:1ª Edição, Edições Sílabo. ISBN 978- 972- 618- 845- 2.
- PORDATA: <https://www.pordata.pt/>.
- SACRISTÁN, F.R. (1975). Gestión de Mantenimiento en Industrias y Talleres. Edições CETOP. ISBN 978-8432934049.
- SOUSA, J. P. (2011). Organização do Sistema de Manutenção em Empresa de Lavandaria Industrial.
- SOURIS, J.P. (1990). La Maintenance, Souce de Profis. Les Editions D’organisation. ISBN 972-9018-25-1.
- SOURIS, J.P. (1992). Manutenção Industrial -Custo ou Benefício? Lisboa: LIDEL Edições Técnicas. ISBN 972- 9018- 25- 1.
- SUZAKI, K. (2010). Gestão de Operações Lean: metodologias kaizen para a melhoria contínua. LeanOP. ISBN 9789892020846.
- REASON, J.T. (1997). Managing the Risks of Organizational Accidents. Edição: Ashgate Publishing. ISBN 978- 1840- 141- 054.
- WIREMAN, T. (1990). World Class Maintenance Management. Edição 713 de Creative manufacturing engineering program: Industrial Press. ISBN 9780831130251.

Anexos

Anexo I- Fluxograma de consignação dos equipamentos e máquinas

Anexo II- Esquema produtivo dos casos de estudo

Anexo III- Ficha de máquina / equipamento

Anexo IV- Ficha de caracterização máquina / equipamento

Anexo V- Valoração do Grau de Importância Crítica

Anexo VI- Mapa Evolutivo de Manutenção

Anexo I – Fluxograma de consignação dos equipamentos e máquinas

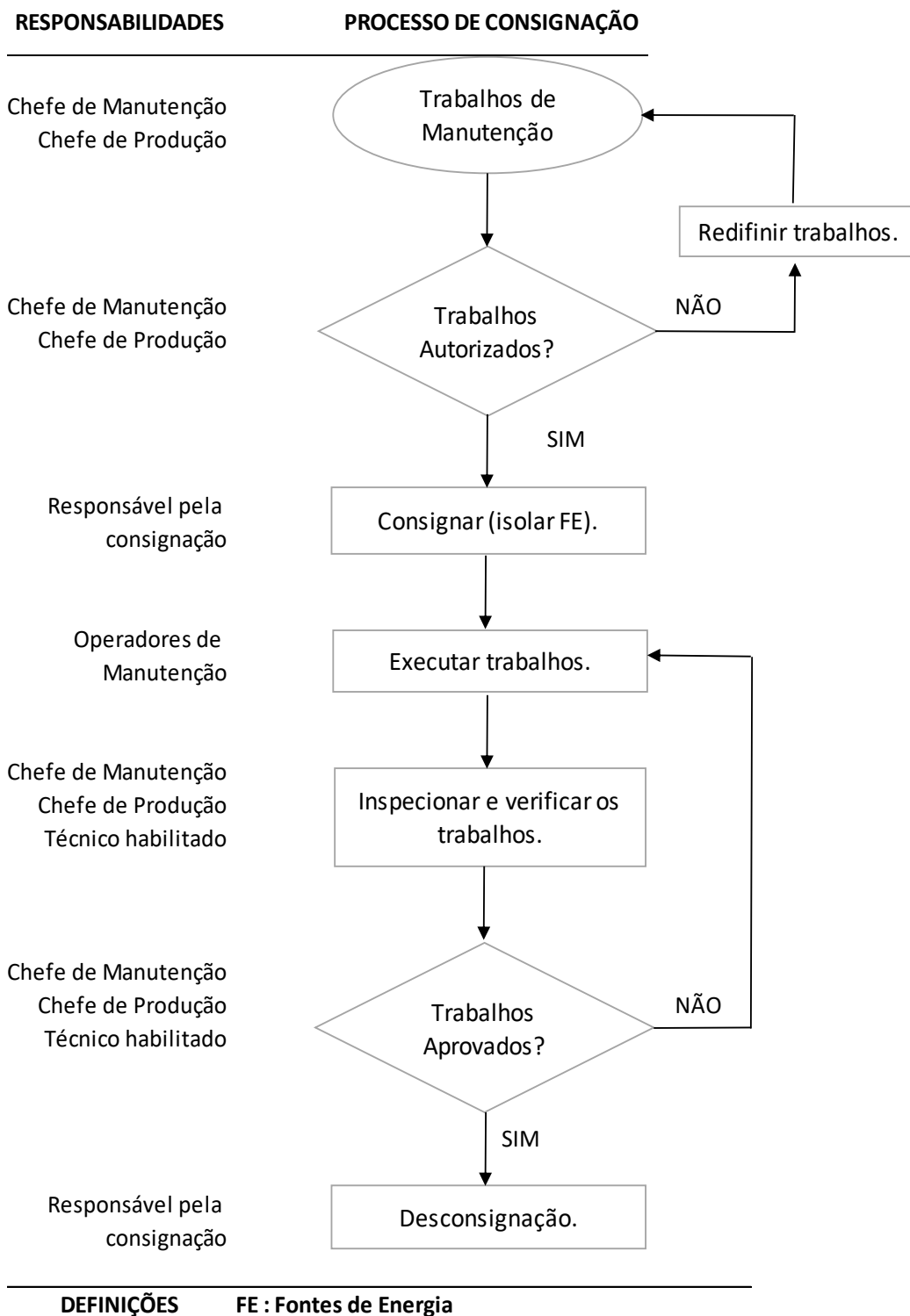


Figura 26- Fluxograma do procedimento de consignação de máquinas/equipamentos.

Anexo II – Esquema produtivo dos casos de estudo

Esquema produtivo do caso de estudo 01

EMBALAMENTO VERTICAL

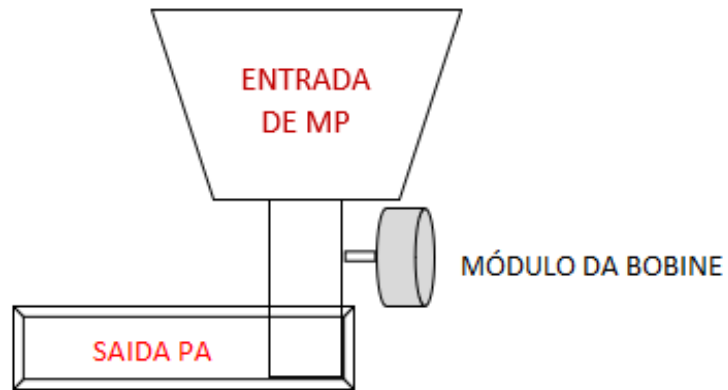


Figura 27- Processo de embalagem vertical.

Esquema produtivo do caso de estudo 02

EMBALAMENTO HORIZONTAL

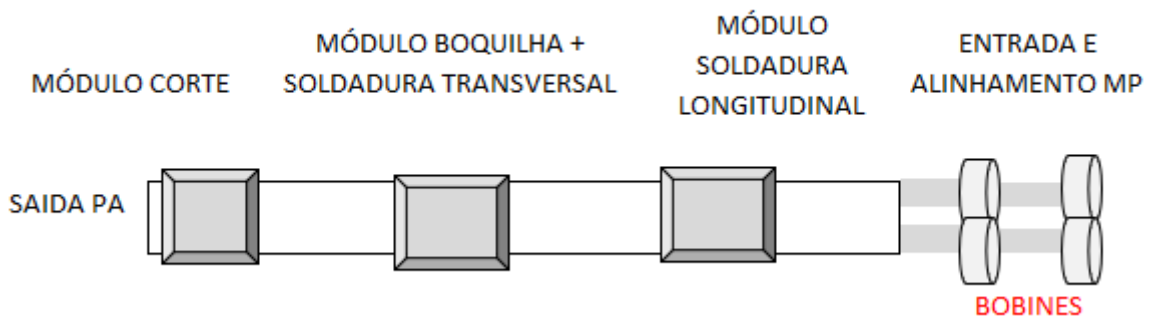


Figura 28- Processo de embalagem horizontal.

SIGLAS:

MP- matéria-prima

PA- produto acabado

Anexo III – Ficha de Máquina / Equipamento

FICHA DE MÁQUINA / EQUIPAMENTO			Cód.:	
			Data:	
IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO				
EQUIPAMENTO:		CÓDIGO INTERNO: (se aplicável)		
ASPETOS A CONSIDERAR				
SEGURANÇA:				
AMBIENTE:				
REGISTOS:				
IDENTIFICAÇÃO DE SINTOMAS E CAUSAS				
NÚMERO DE HORAS DE FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO:		DATA ÚLTIMA MANUTENÇÃO:		
* HORAS DE FUNCIONAMENTO DO BEM: parâmetro pelo o qual é registada a utilização do bem.				
		DATA DA ÚLTIMA AVARIA:		
SINTOMAS/ DIAGNÓSTICO	CAUSAS	IDENTIFICAR SINTOMA E CAUSA		
INP- INOPERACIONAL	MAN- MÁ MANUTENÇÃO			
REN- FRACO RENDIMENTO	DES- DESGASTE			
DEF- PRODUÇÃO DEFEITUOSA	MOP- MÁ OPERAÇÃO	DESCRICÃO DA ANOMALIA		
RUI- RUÍDO	MDE- MAU DESENHO	FOTO		
FUG- FUGA	SEG- CAUSA SEGUNDA			
VIB-VIBRAÇÃO	ACI- ACIDENTE			
FRA- FRATURA	NID- NÃO IDENTIFICÁVEL			
INTERVENÇÕES E AÇÕES FUTURAS				
INTERVENÇÕES / PROCEDIMENTOS	PLANEAMENTO	IDENTIFICAR INTERVENÇÃO EFETUADA		
AJU- AJUSTADO/AFINADO	AAJ- A AJUSTAR/AFINAR			
REP- REPARADO	ARE- A REPARAR			
PRV-REPARADO PROVISÓRIO	AVI- A VIGIAR			
SUB- SUBSTITUIDO	ASU- A SUBSTITUIR	IDENTIFICAR AÇÃO FUTURA		
MOD-MODIFICADO	AMD- A MODIFICAR			DATA PROGRAMADA: / /
LIM- LIMPO	ALI- A LIMPAR			
O- OUTRO:	O- OUTRA:			
DISPONIBILIDADE (SELECIONAR A-AVARIA OU P- PARAGEM)				
HORA INICIO - HORA FIM	TEMPO ESPERA PARA INICIAR A INTERVENÇÃO/REPARAÇÃO	TEMPO INTERVENÇÃO/ REPARAÇÃO	TEMPO TOTAL MANUTENÇÃO	TEMPO PERDA DE PRODUÇÃO (CASO NÃO SEJA PLANEADA A INTERVENÇÃO)
A-P				
A-P				
A-P				
A-P				
TÉCNICOS DE INTERVENÇÃO (NOMES)			IDENTIFICAR SE A MANUTENÇÃO FOI INTERNA OU EXTERNA (SUBCONTRATADOS)	DATA INTERVENÇÃO
TOTAL RECURSOS HUMANOS: _____				

Figura 29- Exemplo do modelo de ficha de máquina, parte 1.

Anexo III – Ficha de Máquina / Equipamento

GRAU DE IMPORTÂNCIA CRÍTICA (MATRIZ DE GUT)			
MÁQUINA (M)	SEGURANÇA (S)	PRODUÇÃO (P)	VALORAÇÃO DO GRAU = M*S*P MUITO CRÍTICO: 125 - 100 CRÍTICO: 99 - 60 MODERADO: 59 - 30 TOLERÁVEL: 29 - 1
IMOBILIZAÇÃO* COM DANOS	RISCO DE MORTE	PARADA	
IMOBILIZAÇÃO* SEM DANOS	RISCOS PESSOAIS (FERIMENTOS)	REDUÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA	
	SEM RISCOS PESSOAIS	NORMAL	
GRAU DE IMPORTÂNCIA CRÍTICA: IDENTIFICAR GRAU			
OBSERVAÇÕES: *IMOBILIZAÇÃO REFERENTE AO EQUIPAMENTO / MÁQUINA.			
DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS			
TAREFAS	MATERIAIS CONSUMÍVEIS		
ESTIMATIVA DE CUSTOS			
MÃO-DE-OBRA	MATERIAIS CONSUMÍVEIS		
REPARAÇÃO			
CONCLUÍDA:	INDICAR MOTIVO DO RE-AGENDAMENTO:		
RE-AGENDADA:			
IDENTIFICAÇÃO EM CASO DE ACIDENTE/ INCIDENTE DE TRABALHO DO OPERADOR			
CARACTERIZAÇÃO:			
ZONA ATINGIDA:			
OUTRAS INFORMAÇÕES: IDENTIFICAR SE O COLABORADOR É INTERNO OU EXTERNO: _____ IDENTIFICAR SE O COLABORADOR TEM FORMAÇÃO TÉCNICA ESPECIALIZADA: _____ IDENTIFICAR ANTIGUIDADE DO COLABORADOR NA EMPRESA: _____ IDENTIFICAR SEXO E IDADE DO COLABORADOR: _____			
VALIDAÇÃO			
RESPONSÁVEL EXECUÇÃO	RESPONSÁVEL TÉCNICO	VALIDAÇÃO CLIENTE	

Figura 30- Exemplo do modelo de ficha de máquina, parte 2.

Anexo IV – Ficha de Caracterização Máquina / Equipamento

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO MÁQUINA / EQUIPAMENTO			Cód.:	MANUAL DE UTILIZAÇÃO EM PORTUGUÊS (QUANDO APLICÁVEL)		
			Data:			
1. IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO						
EQUIPAMENTO:		CÓDIGO INTERNO: (se aplicável)		REQUISITOS MÍNIMOS OBRIGATÓRIOS (DL 50 / 2005, DE 25 DE FEVEREIRO)	ESTADO GERAL DO EQUIPAMENTO	OK / N / OK
ESPECIALIDADE:					ESTADO GERAL DAS PEÇAS / COMPONENTES	OK / N / OK
FAMILIA/ SUBFAMILIA:		MARCA:			LIMPEZA DO EQUIPAMENTO	OK / N / OK
MODELO:		Nº SÉRIE:			ESTADO DA SINALIZAÇÃO SONORA.	OK / N / OK
LOCALIZAÇÃO:					ESTADO DOS SINAIS LUMINOSOS (SE APLICÁVEL).	OK / N / OK
					ESTADO DAS LIGAÇÕES /CABOS DE PROTEÇÃO À TERRA.	OK / N / OK
2. ASPETOS A CONSIDERAR						
POSSUI PROCEDIMENTOS, PLANOS OU OUTROS DOCUMENTOS ASSOCIADOS						
SEGURANÇA:						
AMBIENTE:						
REGISTOS ASSOCIADOS:						
3. RECOMENDAÇÕES DE FABRICANTE						
4. ESTADO DO EQUIPAMENTO						
ANO DE AQUISIÇÃO DO EQUIPAMENTO						
MARCAÇÃO CE VISÍVEL	SIM / NÃO	FOTO				
CERTIFICADO DE CONFORMIDADE	SIM / NÃO					
DECLARAÇÃO DE HABILITAÇÕES DO MANOBRADOR (SE APLICÁVEL)	SIM / NÃO					
VALIDAÇÃO						
RESPONSÁVEL EXECUÇÃO		RESPONSÁVEL TÉCNICO		VALIDAÇÃO CLIENTE		

Figura 31- Exemplo de modelo de ficha de caracterização de máquina/equipamento segundo o DL50/2005.

Anexo V – Valoração do Grau de Importância Crítica

Caso de Estudo 1

Código Interno	Descrição da intervenção	Grau de IC		Máquina (M)		Segurança (S)			Produção (P)		
				Imobilização com danos	Imobilização sem danos	Risco de morte	Riscos Pessoais (ferimentos)	Sem riscos pessoais	Parada	Capacidade reduzida	Normal
EMB 14	soldadura mal efetuada ao nível da embalagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 14	soldadura mal efetuada ao nível da embalagem; má etiquetagem na embalagem	80	Crítico		x		x		x		
EMB 14	soldadura mal efetuada ao nível da embalagem; má etiquetagem na embalagem	80	Crítico		x		x		x		
EMB 14	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 14	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 14	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 14	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 14	soldadura mal efetuada	80	Crítico		x		x		x		
EMB 14	embalagem com excesso de ar	12	Tolerável		x			x		x	
EMB 14	embalagem com excesso de ar	12	Tolerável		x			x		x	
EMB 14	embalagem com excesso de ar	12	Tolerável		x			x		x	
EMB 14	tapete transportador encravou	36	Moderado		x			x	x		
EMB 14	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 14	falta de matéria-prima bloqueou a máquina	36	Moderado		x			x	x		
EMB 11	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 11	má soldadura que gerou a limpeza da máquina, devido ao encravamento da ajustamento da bobine de filme	80	Crítico		x		x		x		
EMB 11	falta de matéria-prima bloqueou a máquina	36	Moderado		x			x	x		
EMB 11	falta de matéria-prima bloqueou a máquina	36	Moderado		x			x	x		
EMB 11	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 11	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 11	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 11	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 11	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	acerto de ajustamento da bobine de filme	80	Tolerável		x		x		x		
EMB 12	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	soldadura mal efetuada ao nível da embalagem; má etiquetagem na embalagem	80	Crítico		x		x		x		
EMB 12	embalagem com excesso de ar	12	Tolerável		x			x		x	
EMB 12	soldadura mal efetuada ao nível da embalagem; má etiquetagem na embalagem	80	Crítico		x		x		x		
EMB 12	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	acerto de ajustamento da bobine de filme	80	Crítico		x		x		x		
EMB 12	soldadura mal efetuada ao nível da embalagem; má etiquetagem na embalagem	80	Crítico		x		x		x		
EMB 12	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	falha da máquina não identificada (descida de temperatura que fez com que a soldadura não ficasse feita)	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		
EMB 12	soldadura mal efetuada	80	Crítico		x		x		x		
EMB 13	soldadura mal efetuada ao nível da embalagem ; má etiquetagem na embalagem	80	Crítico		x		x		x		
EMB 13	soldadura mal efetuada	80	Crítico		x		x		x		
EMB 13	etiquetagem	36	Moderado		x			x	x		

Figura 32-Valoração do Grau de IC, caso estudo 1.

Anexo V – Valoração do Grau de Importância Crítica

Caso de Estudo 2, linha 1

Código Interno	Descrição da intervenção	Grau de IC		Máquina		Segurança			Produção		
				Imobilização com danos	Imobilização sem danos	Risco de morte	Riscos Pessoais (ferimentos)	Sem danos	Parada	Capacidade reduzida	Normal
L1	matéria-prima NC	36	Moderado		x			x	x		
	rodar teflon da SLE (solda longitudinal esquerda inferior)	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon da SLE (solda longitudinal esquerda inferior)	80	Crítico		x		x		x		
	ajuste de medidas	36	Moderado		x			x	x		
	substituição de teflon na solda da boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	limpeza e substituição de boquilhas	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de cartucho impressora	36	Moderado		x			x	x		
	rodar teflon da SLE (solda longitudinal esquerda inferior)	80	Crítico		x		x		x		
	limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon dos cantos, rodar teflon SLE inferior e limpeza da boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	arranque de produção desalinhado	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon da solda transversal superior e inferior	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon e limpeza	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon e limpeza	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon e limpeza	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon e limpeza	80	Crítico		x		x		x		
	falha de abastecimento energia_ que provocou atraso na elevação da temperatura para solda transversal	36	Moderado		x			x	x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon da solda transversal inferior, solda	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	arranque de produção desalinhado	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon e limpeza	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon e limpeza	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon e limpeza	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon e limpeza	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon da solda transversal superior e inferior	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon solda transversal superior e inferior	80	Crítico		x		x		x		
	afinação na solda transversal (alinhamento das barras de solda)	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon da solda transversal superior e inferior	80	Crítico		x		x		x		
	afinação da solda transversal inferior e rodar borracha batente	80	Crítico		x		x		x		
	defeito da solda longitudinal direita superior	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon da solda transversal inferior, superior e longitudinal direita, esquerda	80	Crítico		x		x		x		
	matéria-prima NC_Triplex P1	80	Crítico		x		x		x		
	falha de abastecimento energia_ que provocou atraso na elevação da temperatura para solda transversal	36	Moderado		x			x	x		
	rodar teflon da solda transversal superior e inferior	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon da solda transversal superior e inferior	80	Crítico		x		x		x		
	limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	Boquilha encravada, substituição de teflon e limpeza da ponteira	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon na solda da boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	ajustes de máquina no módulo do corte (testes de qualidade- transição de bolsa automática para manual)	80	Crítico		x		x		x		
	limpeza e substituição de teflon da ponteira solda de boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon da solda transversal inferior, solda longitudinal esquerda superior, e limpeza de boquilha	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	Boquilha encravada, substituição de teflon e limpeza da ponteira	80	Crítico		x		x		x		
	substituição de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	falha no abastecimento de componentes inerentes ao processo (boquilha)	80	Crítico		x		x		x		
	Boquilha encravada, substituição de teflon e limpeza da ponteira	80	Crítico		x		x		x		

Figura 33- Valoração do Grau IC, caso estudo 2, linha 1.

Anexo V – Valoração do Grau de Importância Crítica

Caso Estudo 2, linha 2

Código Interno	Descrição da intervenção	Grau de IC		Máquina		Segurança			Produção		
				Imobilização com danos	Imobilização sem danos	Risco de morte	Riscos Pessoais (ferimentos)	Sem danos	Parada	Capacidade reduzida	Normal
L2	ajuste dos rolos de tração do fim de linha (defeito na soldadura transversal superior)	80	Crítico		x		x		x		
	MP não conforme_ falha de estanquidade	80	Crítico		x		x		x		
	MP não conforme_ falha de estanquidade	80	Crítico		x		x		x		
	pregas na soldadura transversal superior	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon na soldadura longitudinal inferior	80	Crítico		x		x		x		
	afinação da ponteira da solda da boquilha e troca de teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	rodar teflon da soldadura longitudinal	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	rodar o teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	bolsa com medida fora de especificação	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	bolsa com medida fora de especificação	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x		
	rodar o teflon	80	Crítico		x		x		x		
substituição do teflon	80	Crítico		x		x		x			
limpeza de boquilha	80	Crítico		x		x		x			
MP NC (defeito de laminação da bobine)	36	Moderado		x				x	x		
MP NC (defeito de laminação da bobine)	36	Moderado		x				x	x		
MP NC (defeito de laminação da bobine)	36	Moderado		x				x	x		
manutenção do módulo das torneiras	80	Crítico		x		x		x			
manutenção do módulo das torneiras	80	Crítico		x		x		x			
troca de teflon solda longitudinal direita superior	80	Crítico		x		x		x			
Testes de qualidade_ desvio de tendência no teste de rotura das bolsas	36	Moderado		x				x	x		
limpeza e troca de teflon da boquilha	80	Crítico		x		x		x			
MP NC (defeito de laminação da bobine)	36	Moderado		x				x	x		
limpeza e troca de teflon da boquilha	80	Crítico		x		x		x			
limpeza e troca de teflon da boquilha	80	Crítico		x		x		x			
boquilha encravada_ defeito da solda boquilha	80	Crítico		x		x		x			
substituição de bobine defeito (penicula com	80	Crítico		x		x		x			
alinhamento da bobine	36	Moderado		x				x	x		
MP NC (defeito de laminação da bobine)	36	Moderado		x				x	x		

Figura 34-Valoração do Grau IC, caso estudo 2, linha 2.

A descrição da intervenção assinalada a azul indica ações de manutenção preventiva.

Anexo VI – Mapa Evolutivo de Manutenção

ANO															
MANUTENÇÃO NÃO PLANEADA -AVARIAS															
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	MÉDIA	
Intervenções (nº)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempo de intervenção (horas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perdas de Produção (horas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mobilização (HH)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Custos de Manutenção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MANUTENÇÃO PLANEADA															
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	MÉDIA	
Intervenções (nº)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempo de intervenção (horas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perdas de Produção (horas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mobilização (HH)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Custos de Manutenção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DA MANUTENÇÃO															
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	MÉDIA	
Intervenções (nº)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempo de intervenção (horas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perdas de Produção (horas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mobilização (HH)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Custos de Manutenção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DA MANUTENÇÃO															
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	% TOTAL	% MÉDIA	
% Nº avarias	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
% Esforço em HH em avarias	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
% Custos em avarias	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Figura 35- Mapa evolutivo de manutenção.