



Gestão da Manutenção Preventiva numa Empresa Têxtil

VÍTOR HUGO LOBO LEITE

dezembro de 2021

GESTÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NUMA EMPRESA TÊXTIL

Vítor Hugo Lobo Leite
1160587

2020/2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica





GESTÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NUMA EMPRESA TÊXTIL

Vítor Hugo Lobo Leite
1160587

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação da Doutora Rafaela Casais, Professora Adjunta, e Coorientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva, Professor Coordenador com Agregação do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2020/2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor Rui Pedro Cardoso da Silva Martinho
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

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

Arguente

Doutor Eusébio Manuel Pinto Nunes
Professor Auxiliar, Universidade do Minho

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, à Lameirinho – Indústria Têxtil, S.A., pela oportunidade de estágio proporcionada, onde pude desenvolver a minha tese e ter um contacto muito próximo com tudo o que constitui um departamento da Manutenção, desde as intervenções à gestão do mesmo. Deixo também um agradecimento em especial ao Eng.º Alcino Sampaio, responsável máximo do departamento em questão, pelo acompanhamento e confiança depositada.

Ao Sr. Abílio Brandão, responsável da Oficina Mecânica e da Oficina dos Acabamentos, por toda a paciência que demonstrou e conhecimento que transmitiu durante o acompanhamento quase permanente que me deu. A todos os colaboradores do departamento da Manutenção, em especial aos mecânicos da Oficina dos Acabamentos.

À minha orientadora, Doutora Rafaela Casais, pelas indicações e apoio no desenvolvimento deste trabalho, e, em especial, pela motivação para que a entrega fosse cumprida.

Aos meus pais, Carlos e Sílvia, e à minha avó, Maria do Carmo, pelo apoio e motivação, e por me terem proporcionado todas as condições para levar os meus estudos avante.

Aos meus amigos do ISEP, em especial a todos os meus colegas de praxe, por terem feito com que o percurso académico fosse um período diferenciado e gratificante, e por todas as experiências que vivemos nestes cinco anos.

PALAVRAS-CHAVE

Gestão da Manutenção; Manutenção Preventiva; KPI's; Avaria; Têxtil

RESUMO

A gestão da Manutenção é cada vez mais um aspeto essencial no sucesso de qualquer empresa que envolva produção. O tempo de fazer intervenções nos equipamentos apenas quando estes avariaram está ultrapassado.

O trabalho aqui apresentado foi desenvolvido durante um período de estágio, em ambiente industrial, na Lameirinho – Indústria Têxtil, S.A., no departamento da Manutenção. Este trabalho foi desenvolvido devido à necessidade de a empresa evoluir no aspeto da Manutenção e de perceber, e quantificar quando possível, o estado atual do seu departamento.

De forma resumida, o trabalho desenvolvido consiste numa análise aos equipamentos das secções mais críticas, no que à quantidade de avarias diz respeito, e posterior seleção dos equipamentos mais críticos das secções em questão. A partir dos equipamentos selecionados foram analisados os indicadores correspondentes a cada um deles e quais os problemas mais comuns que estes enfrentam. Com estes dados foram sugeridas algumas soluções com vista à melhoria dos indicadores estudados e, por consequência, à melhoria do estado do departamento.

KEYWORDS

Maintenance Management; Preventive Maintenance; KPI's; Breakdown; Textile

ABSTRACT

Maintenance management is increasingly an essential aspect in the success of any company that requires production. The “fix it when it broke” time is over.

The work presented here was developed during an internship period, in an industrial environment, at Lameirinho – Indústria Têxtil, SA, in the Maintenance department. This work was developed due to the need for the company to evolve in the aspect of Maintenance and to understand, and quantify, when possible, the current state of its department.

In summary, the work carried out consists of an analysis of the equipment in the most critical sections, regarding the number of breakdowns, and subsequent selection of the most critical equipment in the sections in question. After the selected equipment,

the indicators corresponding to each of them and the most common problems they face were analyzed. With these data, some solutions were suggested with a view to improving the indicators studied and, consequently, improving the state of the department.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CBM	Manutenção Baseada na Condição (<i>Condition Based Maintenance</i>)
CMP	Cumprimento da Manutenção Preventiva
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KPI	Indicador-Chave de Desempenho (<i>Key Performance Indicator</i>)
MC	Manutenção Corretiva
MCE	Manutenção Corretiva de Emergência
MCP	Manutenção Corretiva Planeada
MP	Manutenção Preventiva
MPC	Manutenção Preventiva Condicionada
MPd	Manutenção Preditiva
MPS	Manutenção Preventiva Sistemática
MTBF	Tempo Médio Entre Falhas (<i>Mean Time Between Failures</i>)
MTTR	Tempo Médio de Reparação (<i>Mean Time To Repair</i>)
OEE	Eficiência Geral do Equipamento (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)
RH	Recursos Humanos
TPM	Manutenção Produtiva Total (<i>Total Productive Maintenance</i>)

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – CICLO INVESTIGAÇÃO-AÇÃO, ADAPTADO DE (SUSMAN & EVERED, 2014)	5
FIGURA 2 – TIPOS DE MANUTENÇÃO, ADAPTADO DE GULATI (2012)	9
FIGURA 3 – ORGANOGRAMA DO DEPARTAMENTO DA MANUTENÇÃO, ADAPTADO DE (LAMEIRINHO - INDÚSTRIA TÊXTIL, 2020)	27
FIGURA 4 – QUANTIDADE DE AVARIAS POR EQUIPAMENTO	30
FIGURA 5 – PROGRAMA <i>SICMEC</i> , DESENVOLVIDO INTERNAMENTE NA EMPRESA	36
FIGURA 6 – RÂMOLA 4: ZONA DE ENTRADA DO TECIDO NA ESTUFA, ATRAVÉS DO CADEADO	37
FIGURA 7 – RÂMOLA 4: ZONA DE SAÍDA DO TECIDO DA ESTUFA, COM PASSAGEM DO TRANSPORTE CADEADO PARA ROLO	37
FIGURA 8 – MÁQUINA DE BRANQUEAR KÜSTERS: ZONA DE ENTRADA DO TECIDO	39
FIGURA 9 – ROLOS DE UM FOULARD (À ESQUERDA), FOULARD COM SISTEMA DE APERTO PNEUMÁTICO (AO CENTRO) E FOULARD COM SISTEMA DE APERTO HIDRÁULICO (À DIREITA)	40
FIGURA 10 – CHAPAS DE VEDAÇÃO DO <i>FLEXNIP</i> (À ESQUERDA) E SISTEMA DE BORRACHAS QUE PRESSIONAM AS CHAPAS (À DIREITA)	40
FIGURA 11 – CARDA 7, COMPOSTA POR DOIS CONJUNTOS DE CARDAS COM DOIS TAMBORES NA VERTICAL POR CONJUNTO	41
FIGURA 12 – EXEMPLO DE ROLO PUADO (À ESQUERDA) E DE UM TAMBOR DE CARDA COMPOSTO POR ROLOS PUADOS (À DIREITA)	42
FIGURA 13 – TEMPO TOTAL DE UTILIZAÇÃO, EM HORAS, POR EQUIPAMENTO	44
FIGURA 14 – TEMPO TOTAL DE AVARIA POR EQUIPAMENTO	46
FIGURA 15 – DISPONIBILIDADE POR EQUIPAMENTO	47
FIGURA 16 – PLANO DE MP DA SEMANA 24 (À ESQUERDA) E ROLO DA KÜSTERS RETIRADO NO FINAL DA MESMA SEMANA (À DIREITA)	48
FIGURA 17 – MTTR POR EQUIPAMENTO	49
FIGURA 18 – MTBF POR EQUIPAMENTO	51
FIGURA 19 – TIPO DE AVARIAS DA CARDA 5, EM PERCENTAGEM	58
FIGURA 20 – TIPO DE AVARIAS DA CARDA 6, EM PERCENTAGEM	58
FIGURA 21 – TIPOS DE AVARIAS DA CARDA 7, EM PERCENTAGEM	59
FIGURA 22 – TIPOS DE AVARIAS DA RÂMOLA 4, EM PERCENTAGEM	59
FIGURA 23 – TIPOS DE AVARIAS DA RÂMOLA 5, EM PERCENTAGEM	60
FIGURA 24 – TIPOS DE AVARIAS DA RÂMOLA 6, EM PERCENTAGEM	60
FIGURA 25 – TIPOS DE AVARIAS DA MÁQUINA DE BRANQUEAR KÜSTERS, EM PERCENTAGEM	63

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO (MOUBRAY, 2000)	8
TABELA 2 – NÍVEIS DE MANUTENÇÃO, ADAPTADO DE (BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 2017)	11
TABELA 3 – ARTIGOS RELACIONADOS COM GESTÃO DA MANUTENÇÃO	17
TABELA 4 – AVALIAÇÃO CRÍTICA POR PARTE DA PRODUÇÃO	29
TABELA 5 – LIMITES DOS INTERVALOS DAS CATEGORIAS	31
TABELA 6 – AVALIAÇÃO CRÍTICA POR PARTE DA MANUTENÇÃO	32
TABELA 7 – MATRIZ DE RESULTADOS DA AVALIAÇÃO CRÍTICA: PRODUÇÃO X MANUTENÇÃO	33
TABELA 8 – MÁQUINAS SELECIONADAS COMO CRÍTICAS, APÓS AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO E DA MANUTENÇÃO	34
TABELA 9 – AVARIAS COMUNS DAS RÂMOLAS 4, 5 E 6	38
TABELA 10 – AVARIAS COMUNS DA MÁQUINA DE BRANQUEAR KÜSTERS	41
TABELA 11 – AVARIAS COMUNS DAS CARDAS 5, 6 E 7	42
TABELA 12 – TEMPOS DE LABORAÇÃO, EM HORAS	45
TABELA 13 – TEMPOS DE AVARIA, EM HORAS	46
TABELA 14 – RESULTADOS DO INDICADOR DISPONIBILIDADE	46
TABELA 15 – DADOS PARA O CÁLCULO E VALORES DO MTTR, EM HORAS	50
TABELA 16 – DADOS PARA O CÁLCULO E VALORES DO MTBF, EM HORAS	52
TABELA 17 – PROPOSTAS DE MELHORIA PARA OS PROBLEMAS DOS EQUIPAMENTOS INDIVIDUALIZADOS	56
TABELA 18 – REGISTO DE AVARIAS “S/ INFO” POR EQUIPAMENTO, EM PERCENTAGEM	57
TABELA 19 – TEMPOS MÉDIOS DE ESPERA E RESOLUÇÃO POR EQUIPAMENTO, EM HORAS	61
TABELA 20 – GANHOS DO INDICADOR DISPONIBILIDADE PARA AS RÂMOLAS	62
TABELA 21 – TEMPO MÉDIO DE RESOLUÇÃO DAS AVARIAS “FLEXNIP”	64
TABELA 22 – TEMPO GANHO COM PROPOSTA PARA AS AVARIAS “FLEXNIP”	64
TABELA 23 – TEMPO MÉDIO DE RESOLUÇÃO DAS AVARIAS COM ROLAMENTOS	65
TABELA 24 – TEMPO GANHO COM PROPOSTA PARA AS AVARIAS “ROLAMENTOS”	65
TABELA 25 – GANHOS DO INDICADOR DISPONIBILIDADE PARA A M.B. KÜSTERS	65

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
<u>ÍNDICE</u>	XIX
1. INTRODUÇÃO	2
1.1 Objetivos	2
1.2 Metodologia	2
1.3 Estrutura do Relatório	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Metodologia Investigação-Ação	5
2.2 Matriz de Priorização GUT	6
2.3 Manutenção	6
2.3.1 Evolução do Conceito de Manutenção.....	7
2.3.2 Tipos de Manutenção.....	9
2.3.2.1 Manutenção Planeada e Não Planeada.....	9
2.3.2.2 Manutenção Preventiva (MP).....	10
2.3.2.3 Manutenção Preventiva Sistemática (MPS)	10
2.3.2.4 Manutenção Preventiva Condicionada (MPC).....	10
2.3.2.4.1 Manutenção Preditiva (MPd)	10
2.3.2.4.2 Manutenção Corretiva (MC)	10

2.3.2.6 Manutenção Corretiva Planeada (MCP)	11
2.3.2.7 Manutenção Corretiva de Emergência (MCE)	11
2.3.3 Níveis de Manutenção.....	11
2.4 Indicadores de Desempenho da Manutenção	12
2.4.1 Custos de Manutenção.....	13
2.4.2 OEE	13
2.4.2.1 Disponibilidade	13
2.4.2.2 Taxa de Produção	13
2.4.2.3 Taxa de Qualidade	14
2.4.3 MTTR	14
2.4.4 MTBF	14
2.4.5 Outros Indicadores	15
2.5 Gestão da Manutenção	16
2.6 Estado da Arte	17
3. ANÁLISE DO PROBLEMA, PROPOSTAS DE MELHORIA E RESULTADOS	27
3.1 Apresentação da Empresa	27
3.2 Análise de Criticidade de Máquinas	28
3.2.1 Análise Crítica do ponto de vista da Produção	28
3.2.2 Análise Crítica do ponto de vista da Manutenção.....	30
3.2.3 Análise Crítica Ponderada.....	33
3.2.4 Seleção das Máquinas Críticas	34
3.3 Situação Atual	35
3.3.1 Ponto de Situação das Máquinas	35
3.3.1.1 Râmolos 4, 5 e 6.....	37
3.3.1.2 Máquina de Branquear Küsters	39
3.3.1.3 Cardas 5, 6 e 7	41
3.3.2 Ponto de Situação dos Indicadores	43
3.3.2.1 Disponibilidade	44
3.3.2.2 Cumprimento da Manutenção Preventiva	48
3.3.2.3 MTTR.....	49
3.3.2.4 MTBF.....	51
3.4 Propostas de Melhoria	53
3.5 Análise dos Resultados	57
3.5.1 Cardas 5, 6 e 7	58
3.5.2 Râmolos 4, 5 e 6	59
3.5.3 Máquina de Branquear Küsters.....	63

3.5.3.1 Aspeto financeiro.....	66
4. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	69
4.1 CONCLUSÕES	69
4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	71
5. BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	75
6. ANEXOS.....	81
6.1 Anexo 1 – Análise de Criticidade dos Equipamentos da Branqueação	81
6.2 Anexo 2 – Análise de Criticidade dos Equipamentos dos Acabamentos	82
6.3 Anexo 3 – Custos por Hora de Cada Equipamento Analisado	83

INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

1.2 Metodologia

1.3 Estrutura do Relatório

1 INTRODUÇÃO

No âmbito da unidade curricular Dissertação/Estágio/Projeto, do Mestrado em Engenharia Mecânica, ramo de Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, foi efetuado um estudo sobre a “Gestão da Manutenção Preventiva numa Indústria Têxtil”. Este estudo foi desenvolvido num estágio curricular de 6 meses, de janeiro de 2021 a junho de 2021 na empresa Lameirinho – Indústria Têxtil, S.A..

1.1 Objetivos

O grande objetivo deste trabalho passa por alcançar uma melhoria significativa da disponibilidade e da qualidade de produção das máquinas pertencentes à secção dos Acabamentos da empresa em questão, a Lameirinho – Indústria Têxtil, S.A.

Posto isto, para se atingir o objetivo principal devem ser cumpridos também outros objetivos intermédios ao longo do desenvolvimento do projeto, entre os quais:

- Recolha e tratamento de dados – máquinas críticas para o processo;
- Análise do modo de funcionamento da Manutenção:
 - Análise da manutenção preventiva – negligência no cumprimento de prazos e/ou tarefas definidas e inadequabilidade com as indicações dos fabricantes;
 - Análise da manutenção corretiva – avarias parcial ou momentaneamente resolvidas, sem investigação da origem da mesma;
- Melhoria dos principais indicadores de desempenho adotados;
- Melhoria da disponibilidade e qualidade de produção, traduzidos no OEE.

1.2 Metodologia

Face ao projeto em questão, a metodologia adotada, por se pensar ser a mais adequada, é a metodologia “Investigação-Ação”. Esta metodologia é muito utilizada quando se trata de projetos práticos e casos reais. A metodologia consiste numa pesquisa inicial, normalmente prática e aplicada à situação, e na procura de uma solução específica para o caso real em estudo.

1.3 Estrutura do Relatório

O relatório desenvolvido encontra-se dividido em quatro capítulos principais, podendo estes estar divididos em subcapítulos, quando se considera pertinente.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Metodologia Investigação-Ação

2.2 Matriz de Priorização GUT

2.3 Manutenção

2.4 Indicadores de Desempenho da Manutenção

2.5 Gestão da Manutenção

2.6 Estado da Arte

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada uma revisão de toda a bibliografia necessária ao desenvolvimento do projeto. Antes de partir para os temas alvo de desenvolvimento no trabalho, inicia-se este capítulo com uma revisão sobre a metodologia adotada para esse mesmo desenvolvimento. Posteriormente são abordados os temas Manutenção, e os seus diversos tipos, Indicadores de Desempenho da Manutenção e Gestão da Manutenção. No final do capítulo apresenta-se um resumo do Estado da Arte com os mais recentes artigos sobre os temas explorados.

2.1 Metodologia Investigação-Ação

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho, e já referida anteriormente, é a metodologia “Investigação-Ação”. Este método caracteriza-se por uma pesquisa, geralmente prática e aplicada, e rege-se pela necessidade de resolução de casos reais (Coutinho *et al.*, 2009). De acordo com (Stringer, 2007), esta metodologia foca-se essencialmente em situações reais e específicas, procurando soluções concretas para cada situação.

Esta metodologia tem a particularidade de ser cíclica, ou seja, a investigação desenvolve-se segundo uma espiral de ciclos, onde as descobertas iniciais dão origem a possíveis mudanças que, após implementação e avaliação, dão origem a novas descobertas, e assim sucessivamente (Coutinho *et al.*, 2009).

O ciclo desta metodologia é composto por 5 fases (Figura 1): diagnóstico do problema, planeamento, implementação e avaliação das ações e, por fim, uma tomada de decisão.

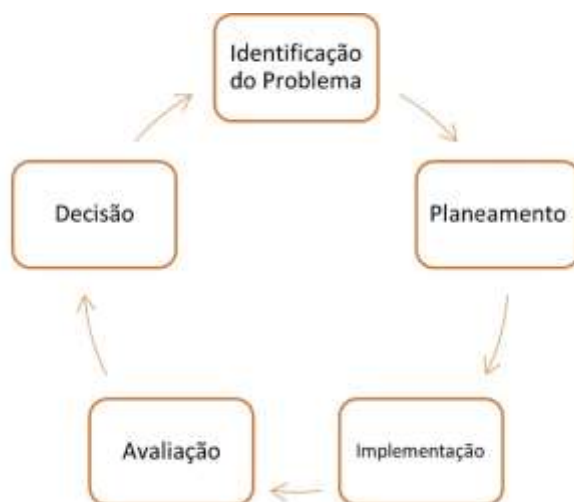


Figura 1 – Ciclo Investigação-Ação, adaptado de (Susman & Evered, 2014)

Este último passo pode variar conforme os resultados obtidos: se os resultados são positivos e não há a identificação de um novo problema ou oportunidade de melhoria encerra-se então o ciclo; se os resultados são negativos, identifica-se o novo problema ou oportunidade de melhoria e inicia-se um novo ciclo, até se obterem os resultados pretendidos (Susman & Evered, 2014).

2.2 Matriz de Priorização GUT

A priorização, neste caso, de equipamentos pode ser efetuada de diversas maneiras diferentes. A matriz de priorização GUT foi a selecionada para este estudo. A matriz original analisa três fatores, tal como a sigla GUT indica: Gravidade, Urgência e Tendência. Esta ferramenta é, frequentemente, utilizada por empresas para com o intuito de definir que atividades ou problemas têm prioridades uns sobre os outros (Novaski *et al.*, 2020).

Quando existem diversos problemas que não são possíveis de serem resolvidos simultaneamente, surge a necessidade de priorizá-los. A grande vantagem desta ferramenta é o auxílio nesta priorização, atribuindo classificações quantitativas aos problemas, permitindo obter uma comparação entre eles e assim definir prioridades (Pestana *et al.*, 2017).

2.3 Manutenção

Outrora desvalorizada, atualmente a função manutenção é vista como uma operação relevante para o bom funcionamento e competitividade duma empresa, procurando evitar interrupções e quebras de qualidade na produção.

Segundo a EN 13306:2017, manutenção é uma combinação de diversas ações, técnicas, administrativas e de gestão, que têm como objetivo manter, ou restaurar, o equipamento num estado no qual este é capaz de continuar a cumprir a função, ou conjunto de funções, para a qual foi desenvolvido (British Standards Institution, 2017).

Por outras palavras, o objetivo da manutenção passa por assegurar que os equipamentos fazem, ou continuam a fazer, aquilo que os seus utilizadores pretendem que eles façam (Moubray, 2000). De acordo com (Kobbacy & Murthy, 2008), a manutenção consiste no conjunto de atividades que são necessárias para que os ativos físicos se mantenham nas condições de operações pretendidas, ou para restaurá-los de volta para essas mesmas condições, que vai de encontro à definição de manutenção segundo a norma europeia citada anteriormente.

A importância desta função aos olhos das administrações das empresas sofreu uma grande alteração, sendo agora vista como uma função bastante relevante. Segundo (Oliveira *et al.*, 2016), com a introdução da nova filosofia *Lean Manufacturing*, a produção tornou-se mais exigente e a manutenção começou a revelar-se fundamental

quer ao nível da produtividade das máquinas, evitando interrupções no sistema, quer ao nível da qualidade do produto.

2.3.1 Evolução do Conceito de Manutenção

A manutenção como hoje se conhece é uma função mais completa e exigente do que era nos seus primórdios. Esta função ganha alguma importância apenas no século XIX, aquando da Revolução Industrial e, até à atualidade, a sua evolução, apesar de contínua, pode ser dividida em três gerações diferentes (Moubray, 2000).

A primeira geração caracteriza-se por um pensamento “*fix it when it broke*”. Geralmente com equipamentos sobredimensionados, as manutenções consistiam apenas em limpezas e lubrificações, sendo o equipamento alvo de reparação em caso de avaria. Numa altura em que os equipamentos era ainda algo rudimentares, resolver as avarias era também uma tarefa simples (Moubray, 2000).

A segunda geração coincide com a Segunda Guerra Mundial. O nível de mecanização subiu por força da demanda provocada pela guerra e o número máquinas começou a crescer, tal como a complexidade das mesmas. Com a indústria a tornar-se dependente das máquinas, pela primeira vez o tempo de falha da máquina começou a ser tido em conta e surgiu a ideia de que a falha podia e devia ser evitada. Surge assim o conceito de manutenção preventiva. No entanto, os custos com a manutenção cresceram de tal forma em comparação com outros custos de operação que levaram também ao crescimento dos sistemas de planeamento e controlo da própria manutenção (Moubray, 2000).

Quanto à terceira geração, a questão do tempo de avaria de uma máquina alcança uma maior importância uma vez que, devido às novas técnicas e filosofias *just-in-time* que exigem uma redução de *stocks* de peças intermédias, o tempo de paragem de uma máquina rapidamente condena toda a produção a uma interrupção (Moubray, 2000). O aumento da automação na indústria em geral levou a que o número de ativos físicos e, por sua vez, quanto maior é o número de ativos físicos maior é o risco de avaria de algum deles. Estes fatores fazem com que a produção possa ficar comprometida quer em quantidade, com a redução da disponibilidade dos equipamentos, quer em qualidade, com o aumento da produção defeituosa ou não-conforme.

Para concluir o subcapítulo da evolução histórica da manutenção, a Tabela 1 mostra como as técnicas de manutenção foram mudando de geração em geração (Moubray, 2000).

Tabela 1 – Evolução das técnicas de manutenção (Moubray, 2000)

1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração
Consertar quando o equipamento avaria	Revisões programadas	Monitorização da condição
		Design direcionado para a fiabilidade e manutenção
	Sistemas de planeamento e controlo	Estudos de perigo
		Computadores pequenos e rápidos
		Modos de falha e análises de efeito
	Computadores grandes e lentos	Sistemas especializados
Polivalência e trabalho de equipa		

2.3.2 Tipos de Manutenção

Manutenção em si trata-se de um conceito diversificado que se pode acabar por dividir em dois grandes grupos – manutenção planeada e manutenção não planeada. Por sua vez, estes dois grupos dividem-se, também eles, em vários conceitos. Manutenção planeada pode ser dividida em três tipos – manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção corretiva. Quanto ao outro grande grupo, manutenção não planeada, este consiste apenas num tipo de manutenção, a corretiva. Na Figura 2 apresenta-se um resumo dos tipos de manutenção acima referidos e a sua hierarquia (Gulati, 2012).



Figura 2 – Tipos de Manutenção, adaptado de Gulati (2012)

Os tipos de manutenção e as suas relações, como explicitado anteriormente, podem variar conforme os autores. Existe quem defenda que a manutenção se divide apenas em manutenção preventiva e corretiva. Por sua vez, a manutenção preventiva divide-se entre pré-determinada, e por isso planeada, ou de acordo com a condição, podendo esta ser planeada, a pedido ou contínua. A manutenção corretiva divide-se também em dois subgrupos, a imediata e a diferida (Márquez, 2007).

2.3.2.1 *Manutenção Planeada e Não Planeada*

Os conceitos de manutenção planeada, ou proativa, e manutenção não planeada, ou reativa, são basicamente o oposto um do outro.

A manutenção proativa, tal como indica o seu nome, engloba todas as ações que têm como objetivo prevenir a falha de um dado ativo ou identificar condições defeituosas que podem dar origem a uma falha (Gulati, 2012). Manutenção preventiva e preditiva são os tipos de manutenção planeada mais comuns, no entanto também existe manutenção corretiva planeada, como se demonstra posteriormente.

Por sua vez, a manutenção não planeada acontece como uma resposta imediata a uma falha (Gulati, 2012). E, uma vez que a falha já se verificou e é necessário o reparo do equipamento, não há tempo para o planeamento das ações.

2.3.2.2 Manutenção Preventiva (MP)

Manutenção preventiva é um tipo de manutenção que, normalmente, é efetuada num intervalo de tempo fixo e consiste na substituição e revisão de componentes, normalmente peças de desgaste, independentemente da sua condição aquando da manutenção. Além destas ações, a inspeção consta neste tipo de manutenção, pelo que uma preventiva pode originar numa corretiva planeada se forem detetadas condições anormais de algum equipamento e se justifique alguma ação corretiva (Gulati, 2012).

2.3.2.3 Manutenção Preventiva Sistemática (MPS)

A manutenção preventiva sistemática, ou pré-determinada, é realizada segundo intervalos de tempo ou número de utilizações predefinidos (Márquez, 2007). Este tipo de manutenção é, por isso, planeado, no entanto não tem em conta a condição do equipamento aquando da intervenção, pelo que podem estar a ser efetuadas intervenções, e substituições de peças inclusive, em pontos do equipamento que não necessitavam de intervenção naquela altura, por apresentarem ainda boa condição.

2.3.2.4 Manutenção Preventiva Condicionada (MPC)

Este tipo de manutenção preventiva, tal como indica o seu nome, tem em conta as condições do equipamento, que são monitorizadas em intervalos de tempos predefinidos, por solicitação ou continuamente (Márquez, 2007). Neste tipo de manutenção inclui-se também a manutenção preditiva.

2.3.2.4.1 Manutenção Preditiva (MPd)

A manutenção preditiva, sendo parte integrante da manutenção preventiva condicionada, caracteriza-se por ser uma manutenção baseada na condição do equipamento que se realiza segundo uma previsão que deriva da análise e avaliação de parâmetros significativos de degradação do equipamento (Márquez, 2007).

2.3.2.5 Manutenção Corretiva (MC)

Segundo (Gulati, 2012), manutenção corretiva consiste no conjunto de ações que se tomam após se detetarem, ou medirem, condições anormais de um equipamento. Esta manutenção pode ocorrer antes ou depois da avaria do equipamento, daí manutenção corretiva estar presente nas manutenções planeadas e não planeadas. Por estas razões, manutenção corretiva existe nos dois grandes grupos.

2.3.2.6 Manutenção Corretiva Planeada (MCP)

Manutenção corretiva planeada tratam-se das ações corretivas que acontecem após a deteção de alguma condição anormal e são efetuadas numa paragem previamente planeada, anterior a alguma avaria (Gulati, 2012).

2.3.2.7 Manutenção Corretiva de Emergência (MCE)

Manutenção corretiva de emergência, também chamada de manutenção reativa, consiste nas ações corretivas tomadas como resposta imediata, ou assim que possível, a uma avaria do equipamento. Devido ao carácter de urgência que estas ações apresentam, normalmente não são planeadas (Gulati, 2012).

2.3.3 Níveis de Manutenção

Segundo a norma europeia (*British Standards Institution, 2017*), existem cinco níveis de manutenção definidos por ordem crescente de complexidade das tarefas correspondentes. Na Tabela 2 apresentam-se os níveis e o tipo de tarefas e qualificação do responsável pela mesma, associadas a cada nível.

Tabela 2 – Níveis de Manutenção, adaptado de (*British Standards Institution, 2017*)

Nível	Tipo de Tarefa	Qualificação Exigida
1	Ações simples	Treino mínimo
2	Ações básicas	Pessoal qualificado com recurso a procedimentos detalhados
3	Ações complexas	Pessoal técnico qualificado com recurso a procedimentos detalhados
4	Ações que implicam <i>know-how</i> de alguma técnica ou tecnologia	Pessoal técnico especializado
5	Ações que implicam o conhecimento do fabricante ou de uma empresa especializada	Pessoal, normalmente externo, com os conhecimentos necessários – da empresa fabricante ou duma empresa especializada

2.4 Indicadores de Desempenho da Manutenção

A produtividade da Manutenção, tantas vezes relegada para segundo plano, é um ponto fulcral no balanço das atividades da produção. Atualmente, as organizações tratam a Manutenção como parte integrante do negócio uma vez que esta acrescenta valor ao processo (Ben-Daya *et al.*, 2009). A preocupação com os custos de Manutenção, que podem chegar aos 50% do total de custos de produção dependendo do nível de mecanização da empresa, começou a figurar entre as maiores das organizações e, por isso, surgiu também a necessidade de conseguir quantificar a produtividade desta função, através de indicadores de desempenho da mesma (Ben-Daya *et al.*, 2009).

A medição do desempenho pode ser vista por três prismas diferentes: eficácia, que mede a satisfação das necessidades do consumidor; eficiência, a nível económico e do uso dos recursos internos da empresa; e mutabilidade, relacionada com a capacidade para lidar com a mudança (Ben-Daya *et al.*, 2009).

A seleção dos indicadores adequados é uma decisão de extrema importância. Os indicadores devem ser capazes de dar *feedback* e permitir compreender o estado atual, servindo também de motivação para se alcançar o estado pretendido, e não devem ser usados como forma de controlo de cima para baixo. O foco da seleção deve estar voltado para um pensamento sistemático que contribua para uma mudança estrutural e aprendizagem organizacional. Por vezes estabelecem-se indicadores que não fazem muito sentido ou que têm como objetivo uma atribuição da culpa, e este tipo de indicadores não favorecem a evolução da organização. No geral, estes KPI's devem ser entendidos por todos os que para eles contribuem para que eles também se possam alinhar com os objetivos definidos pelos seus superiores. Desta forma, os colaboradores participam de maneira ativa e entusiasmada no processo de melhoria contínua (Márquez, 2007).

De seguida apresentam-se os indicadores selecionados como KPI's neste trabalho, bem como as suas fórmulas de cálculo. Existem indicadores que se desdobram em diversas parcelas, podendo estas por si só serem um indicador também.

2.4.1 Custos de Manutenção

O indicador dos custos de manutenção é de importância superior para se perceber o impacto que da função na organização a nível financeiro e assim, tendo em conta os resultados positivos ou negativos da função, entender se existem fundos elevados a serem gastos com a função sem esta ser capaz de apresentar resultados positivos. Este indicador permite uma análise crítica da situação atual da função (Márquez, 2007). Na Equação 1 apresenta-se a fórmula de cálculo deste indicador (Ben-Daya *et al.*, 2009).

$$\frac{\text{Custo Total de Manutenção}}{\text{Custo Total de Produção}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

2.4.2 OEE

O indicador OEE (Eficiência Geral do Equipamento) consiste numa avaliação do equipamento tendo em conta três aspetos: disponibilidade (D), produção (P) e qualidade (Q). O cálculo do OEE é feito pela Equação 2 (Ben-Daya *et al.*, 2009).

$$D \times P \times Q \quad \text{Equação 2}$$

2.4.2.1 Disponibilidade

A disponibilidade do equipamento, calculada através da Equação 3, quantifica o tempo em que o equipamento esteve efetivamente disponível para produção num dado período de tempo planeado para o seu funcionamento. Assim é possível avaliar o tempo que o equipamento esteve avariado ou em reparação (Ben-Daya *et al.*, 2009).

$$\frac{\text{Tempo Planeado} - \text{Tempo de Avaria}}{\text{Tempo Planeado}} \quad \text{Equação 3}$$

2.4.2.2 Taxa de Produção

A taxa de produção consiste numa avaliação da cadência do equipamento. Como mostra a Equação 4, este indicador é um rácio entre o tempo que o equipamento precisaria para produzir uma certa quantidade e o tempo que precisou na realidade (Ben-Daya *et al.*, 2009).

$$\frac{\text{Tempo Standard 1 Und} \times N^{\circ} \text{ Unds Produzidas}}{\text{Tempo de Operação}^1} \quad \text{Equação 4}$$

¹ Tempo de Operação = Tempo Planeado – Tempo de Avaria

2.4.2.3 Taxa de Qualidade

Um equipamento num estado de degradação significativo pode continuar a produzir, mas com defeitos. A taxa de qualidade avalia a qualidade de produção do equipamento em questão. Este indicador calcula-se pela Equação 5 (Ben-Daya *et al.*, 2009).

$$\frac{\text{Total Produzido} - \text{Total de Defeituosos}}{\text{Total Produzido}} \quad \text{Equação 5}$$

2.4.3 MTTR

O MTTR, tempo médio de reparação, tal como sugere o seu nome indica quanto tempo, em média, se gasta para realizar uma reparação de um equipamento. Este indicador não considera atrasos logísticos que não são responsabilidade da Manutenção (Smith, 1997). A Equação 6 mostra a fórmula para o cálculo do MTTR (Ben-Daya *et al.*, 2009).

$$\frac{\text{Tempo Total em Reparação}}{\text{Número de Avarias}} \quad \text{Equação 6}$$

2.4.4 MTBF

O MTBF, tempo médio entre falhas, é um indicador que informa qual o valor médio do período de tempo que decorre entre falhas consecutivas (Ben-Daya *et al.*, 2009). Este indicador permite avaliar, entre outras situações, se os técnicos estão a efetuar uma reparação efetiva da avaria ou a fazer apenas um arranjo temporário. A fórmula de cálculo é apresentada na Equação 7.

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de Horas em Operação}}{\text{Número de Avarias}} \quad \text{Equação 7}$$

2.4.5 Outros Indicadores

Além destes indicadores principais, muitos outros podem ser adotados pela organização para conseguir avaliar e quantificar o desempenho, neste caso, da Manutenção.

Um destes indicadores, que é recorrente em muitas organizações, é a taxa de cumprimento da manutenção preventiva (CMP), calculada através da Equação 8. Este indicador mostra se as tarefas de manutenção preventiva são efetuadas dentro do prazo estabelecido ou se estão a ser efetuadas tarde demais, podendo levar a avarias por falta de manutenção a tempo. Para definir se uma tarefa está dentro ou fora do prazo recorre-se à “Regra dos 10%”, que afirma que uma tarefa deve ser efetuada dentro de 10% da sua frequência estabelecida. Ou seja, numa tarefa mensal (assumindo que 1 mês corresponde a 30 dias) a tarefa deve ser efetuada num período compreendido entre 3 dias e 3 dias depois do dia programado (Gulati, 2012).

$$CMP(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de Tarefas Executadas}}{N^{\circ} \text{ de Tarefas Planeadas}} \times 100 \quad \text{Equação 8}$$

Outros indicadores úteis na organização da Manutenção são a utilização e a eficiência da mão-de-obra. Estes indicadores ajudam a perceber se existe pouca, muita ou a adequada mão-de-obra e se esta está a ser utilizada de forma eficiente. Em algumas situações pode existir quantidade de mão-de-obra adequada, mas um planeamento deficiente, provocando uma utilização excessiva em alguns setores das organizações e, por consequência, reduzindo a eficiência da mesma, enquanto noutros setores existe quantidade de mão-de-obra superior à necessária. A eficiência da mão-de-obra pode também relacionar-se com o nível de qualificação e formação que esta possui (Ben-Daya *et al.*, 2009).

2.5 Gestão da Manutenção

Gestão da Manutenção é, na sua essência, o processo de liderar e orientar a organização da manutenção. Tendo em conta também a própria definição de manutenção, a sua gestão consiste na gestão de todos os ativos físicos da organização com o objetivo de maximizar o retorno do investimento feito em cada um (Márquez, 2007). Gerir a Manutenção é, no fundo, determinar os objetivos, as prioridades, as estratégias e as responsabilidades, implementar os pontos determinados através do planeamento, controlo e supervisão e, por fim, tentar melhorar os métodos utilizados, incluindo nos aspetos económicos (Márquez, 2007).

Uma boa gestão e organização da função Manutenção pode variar de caso para caso. Fatores como o tipo de negócio, o tamanho e estrutura e os objetivos da empresa aliados à responsabilidade que esta atribui à própria função podem resultar em diferentes estratégias (Ben-Daya *et al.*, 2009).

Um aspeto fundamental na organização da Manutenção passa por uma boa gestão da sua capacidade. Esta capacidade pode ser proveniente de recursos internos, de recursos externos, também chamado de *outsourcing*, ou de uma combinação dos dois. A decisão da origem dos recursos depende de fatores estratégicos, tecnológicos e económicos (Ben-Daya *et al.*, 2009).

A gestão de *spare-parts* é outro ponto fulcral para a gestão da Manutenção. Alcançar um balanço ótimo entre o custo de encomenda e armazenamento e o custo de rutura é o grande desafio de gestão de *spare-parts* (Kelly, 2006). Esta tarefa é particularmente difícil pois existe uma variedade e complexidade de componentes que, por sua vez, têm custos, prazos de entrega e taxas de uso variáveis. Por isso, cada peça deve ter a sua política de *stock*, tendo em conta todas as variáveis referentes à mesma. Como forma de contornar os prazos de entrega demasiado voláteis, surge a opção de se recondicionar, quando possível, uma peça num local devidamente apropriado (Kelly, 2006). O armazenamento excessivo de *spare-parts* pode resultar em custos elevados, pelo que, por vezes, é rentável efetuar parcerias com lojas ou empresas locais para que a organização possa ter a peça desejada em tempo aceitável sem ter que assumir o seu custo de armazenamento (Gulati, 2012).

2.6 Estado da Arte

Neste último subcapítulo da revisão bibliográfica é feita uma revisão ao estado da arte. Esta revisão consiste numa breve análise de artigos relativamente recentes Tabela 3, que pode indicar o estado atual dos temas que se abordaram já anteriormente e serão de grande utilidade no desenvolvimento do futuro projeto. Nesta breve análise, denominada “Descrição do Trabalho” apresentam-se os principais dados do artigo como os objetivos e os resultados do mesmo e ainda o local onde se desenvolveu, que pode ser relevante na sua contextualização.

Tabela 3 – Artigos Relacionados com Gestão da Manutenção

Referências Bibliográficas	Descrição do Trabalho
(M. Oliveira <i>et al.</i> , 2016)	Este artigo, desenvolvido em Manaus, Brasil, consiste numa análise de comportamentos das empresas questionadas quanto à utilização de indicadores de desempenho na área da manutenção. Os resultados deste estudo demonstram que, no geral, a utilização destes indicadores é reduzida e que esta depende diretamente do número de equipamentos, da adoção da estratégia TPM e do recurso à gestão informatizada da manutenção. Além destas conclusões, o estudo mostra também que este comportamento sobre os indicadores é diferente entre empresas locais e internacionais.
(Guariente <i>et al.</i> , 2017)	O setor automóvel é um dos mais exigentes do mercado e por isso a procura pela redução de custos e aumento de produtividade torna-se cada vez mais incessante. Neste estudo, desenvolvido em Portugal, pretendia-se um aumento da disponibilidade dos equipamentos através da implementação de manutenção autónoma. As inovações implementadas resultaram num aumento de 10 % de disponibilidade numa dada linha de produção e de 8 % do OEE, no mesmo período de análise. Estes resultados foram possíveis graças à redução da taxa de avarias e do MTTR.
(Pinto <i>et al.</i> , 2019)	Este trabalho surge como resposta à da implementação de KPI's como meio de controlo imposta pela norma IATF 16949:2016. O propósito deste trabalho é exatamente a implementação de KPI's de forma a cumprir a norma e, além disto, a criação de um modelo de gestão de <i>spare-parts</i> . Como resultado, foram implementados os indicadores MTBF, MTTR e OEE que passaram a ser recolhidos e calculados de forma rotineira. Quanto à gestão de <i>spare-parts</i> , foi proposto um

	<p>novo procedimento e novas regras de acesso a armazém, que tornaram o acesso às peças mais adequado.</p>
(Martins <i>et al.</i> , 2020)	<p>Desenvolvido em Portugal numa empresa de soluções energéticas, este projeto foi realizado com o objetivo de melhorar o processo de Gestão da Manutenção Preventiva. Através de diversas ações, como a classificação de equipamentos e respetiva criticidades e combinação do plano de manutenção com as necessidades da produção, verificaram-se diversos ganhos: redução de 66 % das falhas de equipamentos, aumento de 12 % no cumprimento dos planos e redução de custos em 120 060 €</p>
(Ferreira <i>et al.</i> , 2019)	<p>O presente trabalho, efetuado em Portugal, centra-se no papel dos KPI's e na gestão da obsolescência nas operações de manutenção. Foi desenvolvido um indicador que relaciona o trabalho da manutenção com o da produção. Este KPI resulta numa matriz de decisão que fornece uma avaliação qualitativa do trabalho efetuado. Criou-se também uma ferramenta de tomada de decisão que avalia quais os componentes em maior risco de se tornarem obsoletos e as repercussões para mitigar essa obsolescência. As ferramentas desenvolvidas foram postas em prática e cumpriram os objetivos traçados</p>
(Santos <i>et al.</i> , 2019)	<p>A indústria alimentar, nomeadamente em Portugal, requer equipamentos avançados e complexos em ótimas condições. Neste trabalho foi desenvolvido, e posteriormente aplicado, um método de classificação de equipamentos quanto à sua criticidade e importância para o processo produtivo. O método contempla cinco fatores: qualidade, disponibilidade, segurança e meio ambiente, custos e complexidade tecnológica. A classificação em diferentes categorias permitiu definir estratégias diferentes para cada uma delas. Deste trabalho resultou um método de classificação de criticidade de ativos que pode ser utilizado noutra tipo de indústrias.</p>
(Muchiri <i>et al.</i> , 2011)	<p>O artigo em questão, desenvolvido na Europa Central, sobre indicadores de desempenho pretende demonstrar que estes não devem ser definidos de forma isolada. Estes devem partir de uma análise cuidada da interação da função manutenção com as restantes funções da organização, com especial atenção à produção. Este artigo propõe uma estrutura conceptual que fornece as diretrizes para a seleção dos indicadores, alinhando os objetivos das diversas funções da organização.</p>

(Teixeira <i>et al.</i> , 2018)	A gestão de <i>spare-parts</i> surge como uma função de suporte à gestão da manutenção. Neste artigo, desenvolvido em Portugal, é apresentada uma metodologia de classificação com base em diversos critérios e combinando as perspetivas de manutenção e logística no que toca à diferenciação e agrupamento das peças, definindo posteriormente a política de gestão de <i>stocks</i> mais adequada. Segundo a metodologia apresentada, primeiro deve-se atribuir um nível de criticidade à peça, conforme a sua função e impacto na produção, e depois deve-se classificar a peça quanto ao preço e prazo de entrega.
(Pires <i>et al.</i> , 2018)	Tendo como assunto principal a manutenção de máquinas e respetivos componentes e o desafio que esta representa para o planeamento da manutenção devido a vidas úteis distintas, este artigo, que foi desenvolvido no setor metalúrgico nacional, apresenta um modelo conceptual para definição de <i>clusters</i> e intervalos dinâmicos. A aplicação coleta os dados necessários automaticamente e indica ao utilizador quando deve ser efetuada a manutenção preventiva. O aplicativo indica também que componentes devem ser substituídos preventivamente quando a máquina para por avaria ou por fim de produção.
(Marcelo Albuquerque Oliveira & Lopes, 2019)	Com o intuito de desenvolver um novo modelo de maturidade para identificação do estado atual da manutenção numa organização e direcionamento das ações para o aumento da eficiência e eficácia, surgiu o artigo que se apresenta. A ferramenta desenvolvida permite uma autoavaliação e fornece conhecimento sobre que comportamentos ou práticas levam ao estado de classe mundial. Para facilitar a identificação de ações de melhoria, foi definido, para cada fator, o estado pretendido de alcançar com base em comportamentos em vez de valores de indicadores.
(Pires <i>et al.</i> , 2016)	O trabalho em questão, realizado no setor metalúrgico em Portugal, tem como principal objetivo efetuar o planeamento e programação de atividades que devem ser desempenhadas para que o trabalho de manutenção seja mais do tipo preventivo do que corretivo. Para tal desenvolveram uma aplicação para computador que coleta os dados necessários para o planeamento da manutenção preventiva, monitoriza os trabalhos efetuados e determina os indicadores de desempenho. Como resultado deste trabalho conseguiu-se a implementação da aplicação que, não estando ainda a

	<p>funcionar no seu auge, permitirá, no futuro, efetuar também estudos de fiabilidade e definir intervalos de manutenção ou substituição.</p>
(Marcelo A Oliveira <i>et al.</i> , 2013)	<p>Neste artigo é discutido o processo de gestão da função manutenção tendo em conta o grau de maturidade da organização quanto à função em causa. Identificar o grau de maturidade permite um melhor planeamento de ações para implementação da estratégia mais adequada e propõe as ferramentas informatizadas e os indicadores mais adequados. O modelo desenvolvido permite determinar diversos indicadores como taxa de frequência de avaria, MTTR, disponibilidade e custo.</p>
(Vilarinho <i>et al.</i> , 2017)	<p>As empresas procuram o método mais adequado para melhorar as decisões ao nível da manutenção e a tecnologia é um fator chave na mudança. A partir disso, este artigo vem relatar um procedimento de apoio ao planeamento de intervenções preventivas sendo integradas numa gestão da manutenção informatizada. Como resultado deste trabalho, conseguiu-se um novo procedimento que permite a determinação da periodicidade da reposição preventiva de forma mais objetiva.</p>
(Carvalho & Lopes, 2015)	<p>Desenvolvido na fábrica de mobiliário em Portugal, o trabalho realizado para este artigo pretende uma melhoria da eficiência das ações preventivas e uma redução do número de avarias, paragens de equipamentos e de custos de manutenção. Inicialmente, a percentagem de CMP era baixa e a distribuição de tarefas pelos recursos disponíveis bastante desequilibrada. Do trabalho realizado resultaram novas instruções padrão de manutenção preventiva e uma alocação de tarefas mais equilibrada, que culminou com um aparente impacto positivo no aumento do CMP. A duração do projeto não permitiu, no entanto, recolher dados suficientes para se quantificar a melhoria.</p>
(Antão <i>et al.</i> , 2018)	<p>Este artigo vem propor um sistema de manutenção contínua, que consiste numa monitorização contínua do desempenho do equipamento, prevendo quando e onde poderá ocorrer uma falha. Com este sistema deverá ser possível uma redução do tempo de inatividade bem como a aplicação da melhor estratégia de manutenção. O sistema é proposto juntamente com um módulo de manutenção preditiva, que permite prever que componente falhará, com módulos de otimização, que</p>

encontra os valores de referência para melhor equilíbrio entre a taxa de produção e degradação, e de simulação, que examina os efeitos da programação da manutenção para cada máquina.

(Shamayleh *et al.*,
2020)

Realizado num hospital nos Emirados Árabes Unidos, este trabalho aborda a manutenção preditiva como ajuda no diagnóstico de falhas para equipamentos com falhas bastante distintas em modo e frequência. É também proposta a transformação da manutenção tradicional em PdM, apoiada por uma análise económica que comprova a sua viabilidade e eficiência. Os resultados deste trabalho, tendo em conta o equipamento onde foi aplicado, demonstram que o modo de falha predominante é o deslizamento da correia do braço de medição e este acontece devido ao desgaste da correia ou ao movimento das polias. O artigo mostra também que é possível antecipar estas falhas através do uso de sinais de vibração.

(Shohet & Nobili,
2017)

O tema do artigo são os KPI's e o objetivo é a implementação dos mesmos, em 42 clínicas de Israel, com a finalidade de avaliar o desempenho da manutenção, estabelecer políticas de gestão de manutenção e definir prioridades no plano de manutenção. No fim, com a mudança de política, devem observar-se uma melhoria de desempenho, uma diminuição da taxa de avarias e uma redução de custos de manutenção. Foi também desenvolvida uma ferramenta de definição de prioridade do trabalho de manutenção. O método apresentado deve ser aplicado ciclicamente, de forma a existir uma melhoria contínua do desempenho e eficiência da instalação.

(Mehmeti *et al.*,
2018)

O presente artigo apresenta os resultados de uma pesquisa sobre a gestão da manutenção e a importância da manutenção em empresas de manufatura do Kosovo. Segundo o artigo, as empresas estudadas revelam uma taxa de 81 % de manutenção planeada e apenas 19 % de manutenção corretiva, que se revelam bons resultados. Isto pode ser também explicado pela idade dos equipamentos avaliados: 77 % tem menos de 10 anos. Quanto à qualificação dos seus técnicos, os resultados pioram, com apenas 44 % das empresas a dotar os seus técnicos de qualificação necessária. Outro dado preocupante é existirem ainda cerca de 20 % de empresas que não coletam dados de avarias.

(Parra <i>et al.</i> , 2020)	As normas ISO 55000 de Gestão de Ativos pretendem apoiar um tipo de gestão direcionado para a valorização de ativos. Este artigo vai de encontro a essa família de normas, visando a implementação adequada do Modelo de Gestão da Manutenção segundo os requisitos da norma. Com isto deve conseguir uma melhoria na tomada de decisões, uma redução de custos, maior qualidade das operações e maior rentabilidade do negócio. A organização conseguirá assim maximizar o valor dos seus ativos durante o ciclo de vida útil de cada um deles.
(Kent <i>et al.</i> , 2018)	Este artigo irlandês aborda os conhecimentos e qualificações dos técnicos para o trabalho que estes efetuam, tocando também num ponto importante, a drenagem de conhecimentos importantes com a aposentação dos técnicos mais experientes, com estes a não serem passados para quem dá continuidade do trabalho. O artigo conclui que é essencial a boa qualificação do trabalhador para garantir a gestão do conhecimento e desenvolvimentos necessário ao sucesso. É importante ter uma abordagem sistémica e procedimental, com registo de todo o conhecimento e informações diárias.
(Brundage <i>et al.</i> , 2018)	As ordens de serviço de manutenção contêm informações muito importantes sobre o trabalho desenvolvido como avaria, a solução, o equipamento em causa, o técnico que executou a reparação e a data da avaria, e devem ser anotadas pelos próprios técnicos e, caso seja possível, registadas no <i>software</i> devido. Este artigo aborda o tema descrito e como as informações podem ser inconsistentes ou imprecisas. Por isso, neste trabalho foram descritos KPI's de manutenção desenvolvidos a partir das ordens de serviço para tornar a coleta de dados mais consistente e precisa. Os KPI's tomados como adequados para o efeito derivam de ordens de serviço dos fabricantes reais dos equipamentos. O artigo foi desenvolvido nos Estados Unidos da América.
(Brundage <i>et al.</i> , 2018)	Desenvolvido em Itália, este artigo tem como objetivo a proposta de um sistema de apoio à decisão para a gestão da manutenção de um veículo de serviço de limpeza rodoviária. A proposta permite a tomada de decisão em tempo real sobre as intervenções em cada componente do veículo com base nos alertas sensoriais. Em suma, esta proposta ajuda no planeamento, na execução e na monitorização de

intervenções, avaliando também a eficiência das ações de manutenção preventiva dos componentes em análise.

(Costantino *et al.*,
2018)

Otimizar o *stock* de *spare-parts* de alto valor pode permitir uma redução significativa de custos e conseqüentemente melhor alocação de recursos na gestão da manutenção. Apesar de existirem métodos de previsão de demanda, este tipo de peças de alto valor tem, normalmente, uma procura irregular. A proposta deste artigo, desenvolvida em Itália, passa por adotar uma distribuição amplamente adotada na área da saúde – o Poisson Zero-Inflated. Numa amostra de 1745 itens de uma companhia aérea europeia, o método proposto no artigo superou os resultados do método com o qual estava a ser comparado, método METRIC, que adota a distribuição de Poisson simples.

(Bounou *et al.*,
2017)

A continuidade de um serviço de manutenção pode depende do *stock* de peças. A inexistência de *stock* pode levar ao aumento do *downtime*. Por isso, a gestão de *spare-parts* torna-se fundamental para as organizações. Neste artigo, desenvolvido em Marrocos, consiste numa revisão da literatura sobre modelos de gestão de *spare-parts*. Segundo o artigo, as principais causas de rutura de *stocks* são nos tempos de entrega e procuras variáveis.

ANÁLISE DO PROBLEMA, PROPOSTAS DE MELHORIA E RESULTADOS

3.1 Apresentação da Empresa

3.2 Análise de Criticidade de Máquinas

3.3 Situação Atual

3.4 Propostas de Melhoria

3.5 Análise dos Resultados

3 ANÁLISE DO PROBLEMA, PROPOSTAS DE MELHORIA E RESULTADOS

3.1 Apresentação da Empresa

Este relatório foi desenvolvido na Lameirinho – Indústria Têxtil, S.A., uma empresa situada no concelho de Guimarães e fundada em 1948 por Joaquim Martins Coelho Lima. A empresa, que integra o setor têxtil, dedica-se, na sua essência, ao fabrico de têxteis-lar.

Com uma capacidade produtiva de cerca de 5 milhões de peças por ano e uma verticalidade praticamente total, dado que é responsável por garantir quase todo o processo desde tecelagem até expedição, a empresa detém uma posição de destaque nos mercados nacional e internacional, fruto também de uma aposta forte no Design e Inovação. Com grande parte da sua produção destinada a exportação, cerca de 90 %, atualmente a empresa encontra-se presente nos 5 continentes.

Além das questões já referidas, a preocupação com a sustentabilidade e proteção do ambiente está também muito presente na agenda da empresa, com esta a investir de forma regular em certificações e processos produtivos que reflitam essa mesma preocupação.

Este trabalho em específico foi desenvolvido no departamento de Gestão da Manutenção. Na Figura 3 apresenta-se o seu organograma. O foco da segunda parte deste projeto, a dissertação de mestrado, estará na secção dos Acabamentos onde, por norma, os equipamentos tendem a ser mais problemáticos quer pela quantidade de avarias e respetivos tempos de paragem, quer pela criticidade dos mesmos pela importância que estes possuem para o processo de produção.



Figura 3 – Organograma do Departamento da Manutenção, adaptado de (Lameirinho - Indústria Têxtil, 2020)

3.2 Análise de Criticidade de Máquinas

Apesar do trabalho incidir apenas em duas secções da empresa, branqueação e acabamentos, o parque de máquinas destas continua a ser de dimensões consideráveis, o que levou à necessidade de reduzir ainda mais a abrangência do estudo. Avançou-se então para uma análise que fosse capaz de dar algum *feedback* sobre quais as máquinas mais importantes para a empresa.

Esta análise de criticidade tem como objetivo a seleção das máquinas para análise das intervenções de manutenção a que estas têm sido sujeitas e o porquê de continuarem a ser problemáticas de forma recorrente. Quando existem diversos equipamentos do mesmo tipo e muito semelhantes entre si e que apresentam números de avarias também eles similares, trata-se destes equipamentos como um grupo, possibilitando assim mais dados disponíveis para análise do tipo de equipamentos em causa.

A análise, com base no método GUT, consiste numa avaliação ponderada de dois pontos de vista: da Produção e da Manutenção. De forma a priorizar as máquinas-alvo, atribuiu-se uma classificação de importância do ponto de vista produtivo a cada máquina e outra do ponto de vista da Manutenção. A avaliação final consiste no produto de ambas as avaliações, sendo que quanto mais elevado for o resultado mais crítica é a máquina em questão, o que a torna prioritária.

3.2.1 Análise Crítica do ponto de vista da Produção

Para obter o coeficiente da Produção, foram efetuados dois questionários aos responsáveis por cada uma das secções em causa. Neles, os responsáveis deveriam classificar de 1 a 5 cada máquina do seu setor tendo em conta a importância relativa entre todas elas. Esta classificação engloba diversos aspetos como a procura da máquina, bem como se esta procura é constante ou existem determinados períodos onde a máquina é mais necessária do que noutros, a quantidade existente de máquinas idênticas, e a possibilidade de efetuar o mesmo processo noutra máquina em caso de indisponibilidade da mesma, a possibilidade de causar defeitos se ocorre uma avaria com o tecido em processamento – o contacto do tecido em tempo excessivo com os produtos químicos dos banhos podem provocar alterações de tonalidade da cor, entre outros. Ainda nos questionários, presentes em 6.1 e 6.2, foi possível também acrescentar algum tipo de informação por parte dos responsáveis que estes considerem relevantes em relação ao equipamento. Os resultados de ambos os questionários estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Avaliação Crítica por parte da Produção

Secção	Nº	Nome	Classif.	Secção	Nº	Nome	Classif.
Acabamentos	8400	M. Esmerilar Lafer	4	Branqueação	8115	M. Mercerizar	5
	8413	Râmola 4* ²	4		8121	Gasadeira 2	5
	8414	Râmola 5*	4		8130	M. Lavar Artos	4
	8415	Râmola 6	5		8131	M. Branquear Küsters	5
	8418	Râmola 8	5		8132	M. Secar Artos	3
	8423	Carda 1 (Lamperti)	5		8222	Jigger 1	5
	8425	Laminador 1	5		8223	Jigger 3	3
	8426	Carda 5*	4		8231	M. Secar Omez	4
	8427	Laminador 2	5		8232	M. Lavar Benninger	5
	8428	Carda 6*	4		8233	Secadeira Wumag 3	3
	8429	Carda 7*	4		8260	Jet Norflow 1	5
	8432	Calandra 3 (Ramish)	3		8261	Jet Norflow 2	5
	8433	Calandra 4 (Küsters)	3		8266	Jet Thies	5
	8461	Sanfor	5		8267	M. Abrir Malha Bianco	5
8471	Vaporizador Stork	5	8250	Foguetão	1		
			8263	Hidro	4		
			8264	Secadeira Santex	2		
			8265	Barca	1		
			8211	Foulard Ting. Babcock	5		
			8212	Foulard Ting. Küsters	4		
				Tumblr	2		

² Todos os equipamentos marcados com * foram classificados com 4 embora sejam de importância 5 numa altura de pico de produção. Assim, em caso de um empate no resultado final da avaliação que envolva algum destes equipamentos, estes serão tidos como prioritários.

3.2.2 Análise Crítica do ponto de vista da Manutenção

Do ponto de vista da Manutenção, os equipamentos podem ter uma importância diferente entre si uma vez que, com os dados históricos, é possível perceber que existem algumas máquinas que são consideravelmente mais problemáticas e que avariaram recorrentemente, quando comparadas com as restantes. Para tornar esta avaliação mais simplista, consideraram-se apenas o número de avarias de cada máquina ao longo do período analisado, desde 1 de janeiro de 2020 até 16 de abril de 2021, apresentados de seguida no Figura 4. Os equipamentos aparecem representados apenas pelo seu número interno, para melhor perceção da informação presente no gráfico, e esses mesmos números podem ser consultados na Tabela 4.



Figura 4 – Quantidade de Avarias por Equipamento

Numa análise superficial do gráfico apresentado, desde logo se percebe que existem equipamentos bastante disparem no que ao dado analisado diz respeito. Num extremo encontram-se as râmolas 4, 5 e 6, equipamento 8413, 8414 e 8415 respetivamente, apresentando um elevado número de avarias, superior a 300. No extremo oposto encontram-se a máquina de esmerilar Lafer (8400), a máquina de secar Artos (8132), os Jiggers 1 (8222) e 3 (8223) e as calandras 3 (8432) e 4 (8433) ao apresentarem valores inferiores a 50 avarias para cada uma destas máquinas.

Uma vez determinado o número de avarias de todas as máquinas em análise e que possuem dados históricos, determinaram-se também a respetiva média ($\bar{x} = 138$ avarias) e desvio-padrão ($\mu = 111$ avarias). Para atribuir um valor a cada equipamento, como aconteceu com a Produção, fez-se uma divisão em 5 categorias conforme o número de avarias de cada equipamento. O processo de categorizar as avarias partiu de uma aproximação dos dados a uma distribuição normal, com média e desvio-padrão referidos anteriormente, e posterior divisão tendo em conta estes dois valores, como explicitado na Tabela 5. Para se obter diferenças significativas na atribuição de categorias a cada equipamento, testaram-se algumas divisões, tendo-se chegado a uma divisão (Tabela 5) que permite a obtenção de categorias diferenciadas de forma significativa.

Tabela 5 – Limites dos Intervalos das Categorias

Categoria	Nº mínimo de Avarias		Nº Máximo de Avarias	
1	0		$\bar{x} - 1\mu$	27
2	27+1	28	$\bar{x} - \frac{1}{2}\mu$	82
3	82+1	83	$\bar{x} + \frac{1}{2}\mu$	193
4	193+1	194	$\bar{x} + 1\mu$	249
5	249+1	250	+∞	

A partir destes intervalos das categorias, classificaram-se todos os equipamentos em análise com a atribuição do valor correspondente (Tabela 6). Alguns equipamentos da amostra inicial não se encontram no programa onde se obtiveram os dados das avarias pelo que estes equipamentos foram excluídos da amostra a partir deste momento.

Tabela 6 – Avaliação Crítica por parte da Manutenção

Secção	Nº	Nome	Classif.	Secção	Nº	Nome	Classif.
Acabamentos	8400	M. Esmerilar Lager	1	Branqueação	8115	M. Mercerizar	2
	8413	Râmola 4	5		8121	Gasadeira 2	3
	8414	Râmola 5	5		8130	M. Lavar Artos	3
	8415	Râmola 6	5		8131	M. Branquear Küsters	4
	8418	Râmola 8	3		8132	M. Secar Artos	1
	8423	Carda 1 (Lamperti)	3		8222	Jigger 1	2
	8425	Laminador 1	3		8223	Jigger 3	2
	8426	Carda 5	4		8231	M. Secar Omez	3
	8427	Laminador 2	3		8232	M. Lavar Benninger	3
	8428	Carda 6	4		8233	Secadeira Wumag 3	2
	8429	Carda 7	4		8260	Jet Norflow 1	s/ dados
	8432	Calandra 3 (Ramish)	2		8261	Jet Norflow 2	s/ dados
	8433	Calandra 4 (Küsters)	2		8266	Jet Thies	s/ dados
	8461	Sanfor	3		8267	M. Abrir Malha Bianco	s/ dados
8471	Vaporizador Stork	3	8250	Foguetão	s/ dados		
			8263	Hidro	s/ dados		
			8264	Secadeira Santex	s/ dados		
			8265	Barca	s/ dados		
			8211	Foulard Ting. Babcock	2		
			8212	Foulard Ting. Küsters	2		
				Tumblr	s/ dados		

3.2.3 Análise Crítica Ponderada

Com o intuito de obter um resultado que considere ambas as avaliações atribuídas por cada uma das partes, decidiu-se efetuar uma avaliação crítica ponderada. Como referido anteriormente, esta avaliação ponderada consiste na multiplicação de ambas as avaliações obtidas e, com os valores obtidos, permite efetuar uma priorização de equipamentos. Uma vez calculados todos os valores finais, a priorização de equipamentos é determinada seguindo uma ordem decrescente dos resultados obtidos. Posto isto, os equipamentos com avaliação final de 25 serão desde logo selecionados uma vez que lhes foi atribuída uma prioridade máxima. A partir daí, selecionam-se os restantes equipamentos conforme a pontuação obtida vai diminuindo. No caso de existir um empate e não haver a possibilidade de seleção de ambos os equipamentos, serão tidas em conta as diversas notificações fornecidas pela produção, como por exemplo os casos em que o pico de produção implica um aumento de importância. Na Tabela 7 é apresentada a matriz que demonstra todos os casos possíveis para a ponderação final tendo em conta as pontuações atribuídas pela Manutenção e pela Produção. Para uma identificação mais simples e rápida, foram atribuídas cores a cada valor obtido para a criticidade ponderada. Estas cores seguem escala gradual que tem início no verde-claro, correspondente ao valor 1 – criticidade mínima, e varia até ao vermelho vivo, correspondente ao valor 25 – criticidade máxima.

Tabela 7 – Matriz de Resultados da Avaliação Crítica: Produção x Manutenção

Matriz		Manutenção				
		1	2	3	4	5
Produção	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

3.2.4 Seleção das Máquinas Críticas

Concluído o cálculo da avaliação crítica ponderada, foi possível chegar a um número reduzido de equipamentos passíveis de análise (Tabela 8), tendo sido definido que se reduziria o número de equipamentos, ou conjunto de equipamentos, a apenas três, com o objetivo de não tornar o estudo extenso demais para o período de estudo disponível. Como os equipamentos com avaliação final mais elevada são todas referentes a máquinas em tudo semelhantes – râmolas, decidiu-se agrupar estas três máquinas visto que as medidas a adotar nelas serão também muito semelhantes. Também com avaliação final elevada surgiu a Máquina de Branquear Küsters e por essa questão será também ela alvo de uma análise mais profunda sobre a sua situação atual e tratamento que tem recebido. Por fim, e tal como aconteceu com as râmolas, surgem três cardas, pelo que se adotou a mesma estratégia – tratar destes equipamentos como um grupo visto serem muito similares.

Tabela 8 – Máquinas selecionadas como críticas, após avaliação da Produção e da Manutenção

Secção	Nº	Nome	Produção	Manutenção	Final
Acabamentos	8415	Râmola 6	5	5	25
Acabamentos	8413	Râmola 4	4	5	20
Acabamentos	8414	Râmola 5	4	5	20
Branqueação	8131	Máq. Branquear Küsters	5	4	20
Acabamentos	8426	Carda 5	4	4	16
Acabamentos	8428	Carda 6	4	4	16
Acabamentos	8429	Carda 7	4	4	16

Outro aspeto curioso e importante nesta seleção é perceber o porquê destas râmolas e destas cardas se encontrarem com valores tão semelhante no que diz respeito a número de avarias. Quanto às râmolas, numa amostra inicial com quatro máquinas deste tipo, apenas três surgem com valores semelhantes. Esta situação, que não é coincidência, deve-se ao facto das râmolas 4, 5 e 6 terem uma idade consideravelmente superior à râmola 8, o que por si só já acumula um maior desgaste. Para esta diferença contribui também o facto de a máquina só estar em funcionamento desde meados de 2020, quando o período analisado foi desde o início de 2020. Por sua vez, a questão das cardas não se deve a fatores temporais. Neste caso, a questão principal no que diz respeito à diferença de valores entre as cardas críticas, 5, 6 e 7, e a carda 4 (Lamperti) tem a ver com a diferença entre a máquina em si, bem como da qualidade. As cardas tidas como críticas são máquinas mais complexas, sendo constituídas por quatro tambores, agrupados dois a dois e em altura, enquanto a carda 4 tem apenas um tambor e este

encontra-se ao nível do solo. Estes fatores podem ajudar a explicar a diferença no número de avarias uma vez que o aumento de complexidade e de componentes leva a que mais falhas possam ocorrer bem como o facto de existirem tambores colocados em altura não garante tanta estabilidade à máquina no seu todo, promovendo ainda mais vibrações numa máquina que funciona essencialmente pela rotação do seu grande tambor bem como de todos os rolos nele contidos.

3.3 Situação Atual

Uma vez selecionadas as máquinas mais críticas, surge a necessidade de perceber o estado atual das mesmas, para se entender também, pelo menos em parte, o estado atual da Manutenção na empresa. Assim, neste subcapítulo, será feita uma análise às avarias de cada máquina, ou conjunto de máquinas, crítica, com o intuito de determinar quais as mais frequentes e onde se pode intervir ou delinear estratégias para redução ou controlo dessas mesmas avarias.

Após averiguação do estado das máquinas, serão determinados alguns indicadores de Manutenção, que darão uma melhor perceção do estado do departamento. Estes indicadores poderão ser algo imprecisos devido à utilização deficiente do programa, desenvolvido internamente, que regista as avarias e tempos a elas associados.

3.3.1 Ponto de Situação das Máquinas

Quanto à situação das máquinas, o objetivo passa por determinar as suas avarias mais frequentes para, posteriormente, se delinear estratégias que visem a redução, quer em número, quer no impacto que estas têm para a Produção. Numa situação ideal, estas avarias mais frequentes seriam determinadas através do programa interno de registo de avarias. Como se pode ver pela Figura 5, o programa fornece alguma informação como o tempo total da avaria, com a hora de registo da avaria por parte do operador e a hora a que a máquina teve luz verde por parte dos técnicos para voltar a operar, o tempo total de intervenção, com a hora de chegada e saída do técnico da máquina.

Tipo de Avaria	Secção	Máquina	Estado Avari	Oficina	Prioridade	Hora Avaria	Dia Avaria	Tempo Avaria	Técnico	Ocupação Técnica	Saída Técnica	Tempo Espera
1	Acabos	Calandra nº 3 (172.20.2.137) (B432)	32 Parafuso A	MECÂNICA	IMEDIATO	2021-03-11 2		19:59				4:41
1	Acabos	Máquina de Banquear Surtos (172.20.2.138) (B433)	10 Avaria W	MECÂNICA	IMEDIATO	2021-03-12 1		8:19	JOSE PAULI	2021-03-12		
1	Acabos	Carta nº 5 (B426)	32 Parafuso A	MECÂNICA	IMEDIATO	2021-03-12 1		2:41				
1	Acabos	Máquina nº 3 Enfiadoras (172.20.2.139) (B434)	32 Parafuso A	MECÂNICA	IMEDIATO	2021-03-12 1		1:02				
1	Acabos	Tirante nº 5 (172.20.2.134) (B434)	37 Tampa Tm	MECÂNICA	IMEDIATO	2021-03-12 1		1:15				
1	Acabos	Sorte nº 1 (172.20.2.131) (B431)	32 Parafuso A	MECÂNICA	URGENTE	2021-03-12 1						
					4							
					Tempo Avaria			21:37				
					Tempo Espera			28:55				
					Tempo Total			5:41				

Figura 5 – Programa SicMec, desenvolvido internamente na empresa

Estes dados possibilitam também outras informações, como o tempo de espera por um técnico ou o tempo de espera por alguma peça ou componente que não esteja dentro da responsabilidade dos técnicos. No entanto, o programa não fornece, de forma direta, informação sobre o tipo de avaria em si, além de ser uma avaria mecânica, elétrica ou de fluidos. Já de uma forma indireta, o programa permite aos técnicos descreverem a avaria e eventuais substituições de componentes, entre outras informações que possam ser pertinentes. O problema é que a descrição, ou informação, dada pelo técnico só é possível ser feita no computador de cada oficina, enquanto o registo de avarias e entradas e saídas dos técnicos nas máquinas é todo efetuado diretamente num ecrã no local da máquina. Assim sendo, e uma vez resolvida a avaria, os técnicos não tem qualquer preocupação em descrever ou informar sobre o trabalho realizado e, por essa razão, são muito raras as vezes em que se encontram as descrições das avarias ou do trabalho efetuado.

De forma a contornar este obstáculo, encontrou-se outra forma de determinar estas avarias, recorrendo-se, por isso, à observação dos acontecimentos mais frequentes durante o período de estágio e, acima de tudo, à muita experiência do chefe da oficina dos Acabamentos, a oficina responsável pelas secções analisadas neste trabalho.

3.3.1.1 Râmolas 4, 5 e 6

As râmolas (Figura 6 e Figura 7) são máquinas que fazem a secagem do material de forma plana. Nelas é possível, ainda, fazer ajustes e correções quer à largura quer a outras características através de um banho. Estas máquinas caracterizam-se por ter uma zona de entrada, onde o material é fixo ao cadeado por picos ou pinças, pela zona de secagem, composta por vários campos de queimadores, e por uma zona de saída, onde o material volta a ser enrolado num carrinho. O transporte é efetuado por um cadeado, de picos ou de pinças, dependendo das características do material, que é ajustável em largura.



Figura 6 – Râmola 4: zona de entrada do tecido na estufa, através do cadeado



Figura 7 – Râmola 4: zona de saída do tecido da estufa, com passagem do transporte cadeado para rolo

Quanto às avarias comuns destas máquinas, enunciadas na Tabela 9, estas acontecem essencialmente em dois pontos: na zona de entrada da máquina (escovas, correia e anéis de borracha) e no cadeado (picos ou pinças e regulação de largura). No que diz respeito à zona de entrada, é considerada uma zona crítica pelo número de intervenções necessárias e não tanto pela complexidade das mesmas. As escovas são um componente de desgaste, uma vez que fazem a fixação do tecido aos picos, e por isso exigem uma

substituição frequente. Em algumas situações, o problema das escovas não é o desgaste mas sim a acumulação de demasiadas linhas e sujidades ao ponto começarem a deixar passar tecido sem o conseguirem fixar e, nesse caso, não há necessidade de substituição mas é preciso remover as escovas para efetuar a limpeza e, depois, voltar a montar. Ainda sobre as escovas, estas podem ser de dois materiais diferentes: poliamida e aço. Conforme o tecido que passa na máquina, pode existir a necessidade de trocar o tipo de escovas para que a fixação aos picos não implique danos ou defeitos no tecido. Todas estas situações exigem um técnico e uma paragem da máquina. Quanto à correia dentada e aos anéis de borracha, que também fazem parte da zona de entrada, são componentes que ajudam a guiar o tecido e a iniciar a sua fixação e, por vezes, são também alvo de ajuste ou substituição. Em relação ao cadeado, as avarias consistem no desaperto ou empeno dos seus picos ou pinças, devido à própria tensão do tecido, e na dificuldade em abrir a largura, uma vez que a maioria dos fusos que fazem esta regulação encontram-se na zona de secagem da máquina, zona fechada onde se encontram os queimadores e por isso submetida a altas temperaturas, e carecem de uma lubrificação cuidada.

Tabela 9 – Avarias comuns das Râmolas 4, 5 e 6

Avarias Comuns	
Râmolas 4, 5 e 6	Escovas – limpeza de linhas, substituição por desgaste ou troca do tipo de escova
	Correia dentada – ajuste de tensão
	Anéis de borracha – desgaste provoca deslizamento por falta de atrito
	Picos ou pinças – empenados ou desapertados
	Regulação da largura do cadeado – fusos presos
	Saída do cadeado – tecido enrolado

3.3.1.2 Máquina de Branquear Küsters

A máquina de branquear Küsters (Figura 8) é uma máquina de extrema importância do ponto de vista produtivo por ser uma máquina única e por onde tem de passar quase toda a tela. Como o seu nome indica, esta máquina tem como função principal o branqueio do pano, sendo também capaz de fazer lavagem do tecido. A máquina é composta por diversas caixas, sendo cada uma delas composta por uma caixa de banho, com vários rolos de transporte de tecido, alguns deles submersos e sujeitos a altas temperaturas, e respetivo *foulard*³ (Figura 9), com rolos espremedores de borracha e respetivo mecanismo de pressão, seja ele pneumático ou hidráulico. Além destas caixas, existe ainda uma outra, que difere das demais e que se revela ainda mais problemática, onde se encontra a tecnologia *FlexNip*⁴ (Figura 10). Apesar desta tecnologia ter várias vantagens no processo produtivo, este sistema de retenção de banho do pano põe em contacto um sistema pneumático de borrachas com banhos corrosivos, além de outros fatores por vezes desajustados como a pressão do ar, o que leva ao rebentamento frequente das mesmas.



Figura 8 – Máquina de Branquear Küsters: zona de entrada do tecido

³ Um Foulard é um sistema, normalmente um conjunto de dois rolos, um fixo e um móvel, associados a um sistema hidráulico ou pneumático, onde a tela é espremida, com a pressão desejada, de forma que a quantidade de banho que fica na tela seja a pretendida. Serve também para poupança de banho, sendo este espremido para dentro da caixa de banho novamente, na maioria dos casos.

⁴ O *FlexNip* é uma tecnologia desenvolvida pela Küsters e a sua função é em tudo semelhante à do *Foulard*. A diferença está na forma como o banho é espremido, o que neste caso acontece pela dilatação de borrachas quando nelas se insere ar comprimido e conseqüente aperto entre as chapas que formam a caixa de banho.



Figura 9 – Rolos de um foulard (à esquerda), foulard com sistema de aperto pneumático (ao centro) e foulard com sistema de aperto hidráulico (à direita)



Figura 10 – Chapas de vedação do *FlexNip* (à esquerda) e sistema de borrachas que pressionam as chapas (à direita)

Na Tabela 10 apresentam-se as avarias mais comuns deste equipamento. Tendo em conta a constituição e o propósito da máquina, é perceptível que rolamentos e chumaceiras são componentes críticos e, aliados a uma manutenção preventiva deficiente, sujeitam a máquina a diversas paragens em produção. Em conjunto com o desgaste destes componentes existe também o desgaste das espigas dos rolos. Quando não é detetada a deficiência no rolamento a tempo, começa a afetar também a espiga do rolo e, quando não é detetada atempadamente, sujeita a máquina a uma paragem ainda mais prolongada uma vez que a remoção, reparação e montagem do rolo é muito mais demorada que a simples substituição de rolamentos. Ainda no que diz respeito aos rolos, neste caso aos que se encontram nas caixas de banho e submersos, estes possuem buçins metálicos que, estando sujeitos a diversos banhos com produtos químicos, acabam também por começar a falhar na sua função e deixam verter o banho para fora da caixa. Outro problema deste equipamento, não tão comum como os já referidos, deve-se ao rebentamento das borrachas do *FlexNip*. O *FlexNip* está presente apenas numa caixa de banho, diferentes das demais, e é responsável por deixar passar o tecido com a quantidade certa de banho. O rebentamento das borrachas que unem as chapas faz com o banho vaze da caixa e o tecido fique sem tratamento. Os problemas no *FlexNip*

implicam, geralmente, paragens mais prolongadas devido à complexidade da sua resolução, à necessidade de diversos técnicos e à própria localização desta caixa de banho especial, que se situa numa espécie de primeiro andar, por cima da restante máquina, que, por sua vez, se situa ao nível do solo.

Tabela 10 – Avarias comuns da Máquina de Branquear Küsters

Máquina de Branquear Küsters	Avarias Comuns
	Rolamentos/chumaceiras – desgaste
	Espigas dos rolos – espigas rotas (redução do diâmetro da espiga e conseqüente folga)
	Bucins – problemas na vedação
	<i>FlexNip</i> – borrachas rotas

3.3.1.3 Cardas 5, 6 e 7

As cardas (Figura 11) são as máquinas responsáveis pelo processo de cardação. No contexto interno da empresa, uma carda, deste grupo de cardas em particular, é composta por um conjunto de quatro cardas agrupadas aos pares e em altura. Cada carda possui então quatro tambores principais que contêm muitos rolos puados⁵ (Figura 12). Além disto, têm ainda vários rolos de alimentação de tecido e outros rolos complementares ao processo, como os rolos das escovas que fazem a limpeza dos rolos puado.



Figura 11 – Carda 7, composta por dois conjuntos de cardas com dois tambores na vertical por conjunto

⁵ Os rolos puados são rolos revestidos com banda de espinhos que raspam na tela fazendo com que o pelo abra e fique levantado.

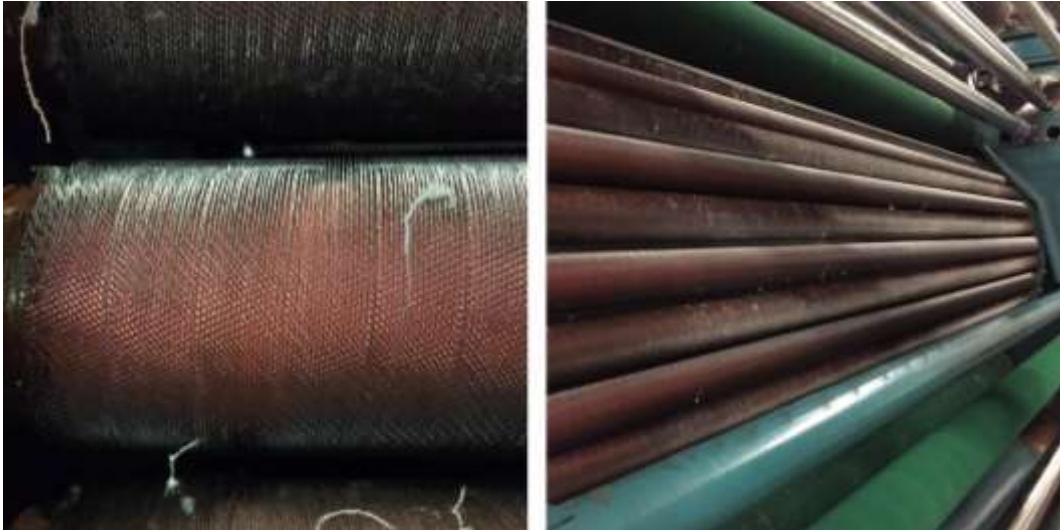


Figura 12 – Exemplo de rolo puado (à esquerda) e de um tambor de carda composto por rolos puados (à direita)

As avarias comuns destes equipamentos, apresentadas na Tabela 11, são, desde logo, o grande desgaste a nível de rolamentos e chumaceiras, devido à elevada carga horária e contínua da máquina aliada à grande vibração dos tambores, e a nível de correias, sejam elas do motor principal, do registo ou do tambor. No entanto, a maior razão de paragem e consequente solicitação de técnicos prende-se com a afinação dos rolos das escovas. Isto acontece porque o rebentamento do tecido nas cardas é uma situação relativamente frequente e é, normalmente, acompanhado de uma desafinação das escovas. A máquina possui ainda células que detetam esta situação e impedem o funcionamento da máquina até nova afinação, para que a qualidade da cardagem não seja posta em causa devido ao excesso de sujidade nos rolos puados.

Tabela 11 – Avarias comuns das Cardas 5, 6 e 7

Avarias Comuns	
Cardas 5, 6 e 7	Escovas – afinar ou atracar
	Correias motor/registo/tambor – rebentamento
	Rolamentos/chumaceiras dos rolos puados – desgaste
	Rolos pelo e contrapelo – substituição do puado

3.3.2 Ponto de Situação dos Indicadores

Os indicadores de Manutenção são um ponto chave do trabalho desenvolvido. No entanto, a sua implementação na atualidade é praticamente inexistente, o que se explica pela falta de um programa atual de gestão da Manutenção. Atualmente a empresa utiliza um programa desenvolvido internamente que tem algum potencial de utilização se no futuro for mais explorado. Nele os operadores podem registar a avaria, e efetuar a chamada de um técnico da oficina que melhor se ajustar – mecânica, fluidos ou elétrica. O programa faz o registo temporário do início da avaria, das entradas e saídas dos técnicos na máquina para resolução ou tentativa de resolução da avaria, e, por fim, do fim da avaria. Com estes registos é possível determinar o tempo total de avaria da máquina, bem como o tempo de espera pelo técnico e, conseqüentemente, o tempo de resolução da avaria. É também possível determinar o tempo que decorre entre cada avaria, uma vez que as avarias ficam registadas no histórico do programa. Estes cálculos são possíveis, mas de momento, não são efetuados, nem de forma automática nem por alguém que tenha essa responsabilidade, pelo que existe muita informação contida no programa que não se encontra devidamente explorada. Assim sendo, para efeitos deste trabalho, analisaram-se os dados do período já referido anteriormente e determinaram-se os indicadores possíveis. Para o futuro, a empresa deve considerar o desenvolvimento de uma ferramenta que, com os dados exportados do programa interno, calcule e apresente os resultados dos indicadores num dado espaço temporal, como um trimestre, por exemplo.

Quanto a outros indicadores como a relação entre as manutenções preventivas e o total das manutenções efetuadas, a situação é ainda mais complicada. No programa interno é possível categorizar o tipo de avaria, sendo uma das opções a “Manutenção Preventiva”. Na prática, os operadores não têm o hábito de se preocuparem com a categoria da avaria, o que faz com que não se saiba que tipo de avaria realmente aconteceu. Para inverter esta situação, os responsáveis das áreas produtivas devem instruir os seus operários e sensibilizar para a importância que a categorização de avarias pode ter para os responsáveis da Manutenção.

Posto isto, de forma geral ou individualizada por máquina, são apresentados, de seguida, os indicadores que foram possíveis de calcular, com as devidas restrições já acima mencionadas.

3.3.2.1 Disponibilidade

A disponibilidade de uma máquina é vista como o indicador mais importante dos indicadores em estudo. É mais importante ainda se revela tendo em conta as necessidades de produção que a empresa tem tido nos últimos tempos e que enfrenta nos próximos anos. Mesmo nos casos em que existem um conjunto de máquinas semelhantes, e onde à partida se poderia pensar que não seriam tão imprescindíveis, todas as máquinas se encontram com elevada taxa de ocupação para os próximos dois ou três anos. Por estas razões, é imperativo atingir um nível de disponibilidade elevado.

O indicador da disponibilidade, calculado pela fórmula presente no ponto 2.3.2.1., exige dois dados: o tempo de produção planeado para a máquina em questão e o tempo de avaria da mesma.

Com os dados fornecidos por parte da Produção, foi possível saber o tempo real de operação de cada uma das máquinas analisadas, que corresponde à subtração do tempo de avaria ao tempo total planeado para uma dada máquina. Quanto ao tempo de avaria, esse é obtido a partir do programa interno da Manutenção. Efetuando a soma do tempo total de trabalho com o tempo de avaria obtém-se o tempo planeado, dado necessário ao cálculo deste indicador. Nas Figura 13 e Tabela 12 apresentam-se os dados obtidos no que ao tempo real de laboração diz respeito, das máquinas em questão. É importante ainda referir que ao período inicialmente analisado, início de janeiro de 2020 até meados de abril de 2021, foram retirados os dados de laboração de janeiro e fevereiro de 2020, uma vez que o programa da parte da manutenção não contemplava dados das avarias nesse período. A ausência de dados no período em questão deve-se ao início de funcionamento e consequente período de adaptação, quer pelos técnicos quer pelos operadores, ao novo programa.



Figura 13 – Tempo Total de Utilização, em horas, por Equipamento

Tabela 12 – Tempos de Laboração, em horas

Equipamento	Tempo Laboração Mar-Dez 2020 (h)	Tempo Laboração Jan-Abr 2021 (h)	Tempo Total Laboração (h)
Carda 5	2720	1112,5	3832,5
Carda 6	3177	1269,5	4446,5
Carda 7	3076	1357,5	4433,5
Küsters	2079	1035	3114
Râmola 4	4390	1002	5392
Râmola 5	3810	877	4687
Râmola 6	3417	865	4282

Quanto aos tempos de avaria, é possível trabalhar com os dados registados no programa e é de referenciar que os tempos em que a máquina está parada para manutenção sem que tenha acontecido uma paragem forçada durante a produção não estão a ser registados, pelo que a disponibilidade que se consegue calcular poderá estar longe daquela que é a disponibilidade real. No futuro, todas as intervenções efetuadas devem ficar registadas e, para tal, o programa deve permitir registar uma intervenção na máquina, quer seja ela preventiva ou corretiva planeada, sem dar indicação à produção de que a mesma esteja parada por avaria em funcionamento. De momento, a pouca manutenção planeada que é feita é decidida apenas pelo responsável da oficina, não havendo registos nenhuns desse planeamento nem do que e quando foi realmente feito. De acordo com o programa, os tempos de avaria para as máquinas analisadas são os apresentados na Tabela 13 e na Figura 14.

Tabela 13 – Tempos de Avaria, em horas

Equipamento	Carda 5	Carda 6	Carda 7	M.B. Küsters	Râm. 4	Râm. 5	Râm. 6
Tempo Total de Avaria (h)	457	695	656	485	338	417	272



Figura 14 – Tempo Total de Avaria por Equipamento

Após a obtenção de todos os dados necessários ao cálculo do indicador Disponibilidade, foi, então, calculado o indicador correspondente para cada uma das máquinas, sendo os resultados apresentados na Tabela 14 e na Figura 15.

Tabela 14 – Resultados do indicador Disponibilidade

Equipamento	Carda 5	Carda 6	Carda 7	M.B. Küsters	Râm. 4	Râm. 5	Râm. 6
Disponibilidade (%)	89,3	86,5	87,1	86,5	94,1	91,8	94,0



Figura 15 – Disponibilidade por Equipamento

Fazendo uma breve análise aos resultados referente à situação encontrada no departamento, o indicador assume valores bastante satisfatórios. No entanto, importa referir uma vez mais que só são assumidas, nestes cálculos, as avarias ocorridas em período de laboração e, caso fossem assumidos todos os tempos de paragem que impedem a laboração normal do equipamento, os valores obtidos estariam, com certeza, uns furos abaixo dos obtidos neste momento. Outra questão pertinente prende-se com a diferença nos valores obtidos por cada tipo de máquina. É perceptível uma semelhança nos valores quando se tratam de equipamentos semelhantes entre si, ou seja, as cardas e as râmolas apresentam valores de disponibilidade próximos entre si, no entanto quando se compara equipamentos de tipos diferentes verificam-se algumas oscilações, onde se salienta o facto de todas as râmolas apresentarem valores superiores a 90% e de todos os outros equipamentos, râmolas e máquina de branquear Küsters, ficarem aquém da marca dos 90%.

3.3.2.2 Cumprimento da Manutenção Preventiva

Uma vez que as tarefas levadas a cabo por parte da equipa de manutenção não são devidamente categorizadas nem existe um programa adequado à gestão da Manutenção, não se verificam as condições necessárias ao cálculo deste indicador, tido como um dos mais importantes para a averiguação do estado atual do departamento. Ainda assim, apesar da impossibilidade do cálculo do mesmo, através da observação levada a cabo durante o período de estágio, é possível entender que a manutenção preventiva é descurada de forma extremamente preocupante. Os planos de manutenção preventiva existem, ainda que nem sempre sejam os mais adequados, e preveem intervenções do tipo preventivo abrangendo as três áreas de manutenção presentes na empresa – mecânica, elétrica e fluidos. Os planos não só existem como são devidamente preenchidos, dando uma falsa sensação de cumprimento. Se a avaliação deste indicador fosse efetuada através da realização atempada dos planos existentes, este indicador apresentaria valores muito bons, aproximando-se da perfeição. No entanto esta situação não passa de uma realidade virtual, uma vez que, com a experiência e a observação efetuada presencialmente, a manutenção preventiva existente é quase nula. Na Figura 16 pode-se ver um exemplo do referido acima: o plano de MP da semana 24, onde se encontra planeada uma manutenção mensal da máquina de branquear Küsters, e o estado da espiga de um rolo desta máquina, retirado no final de semana em questão. A deteção desta situação seria de tal forma fácil que demonstra bem a falta de manutenção levada a cabo.

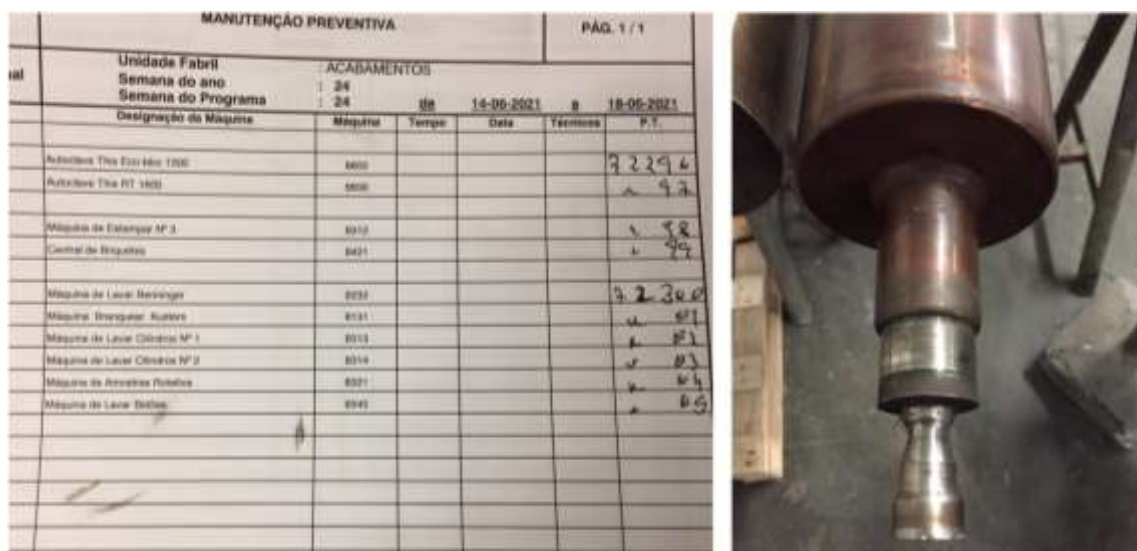


Figura 16 – Plano de MP da semana 24 (à esquerda) e rolo da Küsters retirado no final da mesma semana (à direita)

Atualmente, a única manutenção preventiva que se vai realizando é uma manutenção centrada na condição, condição esta que poderia ser detetada durante a vistoria prevista no PMP mas é apenas detetada pelo chefe da oficina ou pelos técnicos quando estes são informados pelos operadores de algum sinal anormal, como ruídos ou vibrações, ou por alguma passagem fortuita pelas máquinas onde foi possível fazer a deteção.

Quando a deteção destes sinais é feita atempadamente, existe, de facto, alguma preocupação com o planeamento de alguma intervenção que previna a paragem da máquina em plena produção. Este planeamento também se revela, normalmente, algo complexo devido à necessidade de constante produção por partes das máquinas, estando a empresa a atravessar um período de grande produção. Esta falta de tempo proporcionado pela Produção para paragem das máquinas pode ser vista como um fator atenuante à falta de MP, apesar de não justificar por completo o estado atual.

3.3.2.3 MTTR

O MTTR é um indicador que o programa interno permite calcular, embora não o faça automaticamente, uma vez que o programa permite saber o número total de avarias bem como o tempo total despendido nas mesmas. Mais uma vez, o uso deficiente do programa não permite uma avaliação muito precisa, pois é bastante comum o técnico não registar a sua chegada à avaria logo que, efetivamente, chega à ocorrência. Em muitas situações o que acontece é o técnico nem chegar a registar o início da sua intervenção, lembrando-se apenas de registar o fim da avaria, o que faz com que a hora de início e fim sejam praticamente iguais, resultando num tempo de resolução nulo. Por estas razões, as avarias que tiverem tempo de resolução inferiores a 2 minutos serão anuladas, para efeitos de cálculo, na tentativa de obter um valor mais preciso.

Como referido anteriormente, para o cálculo do MTTR são necessários dois dados: o número total de avarias e o tempo total dessas avarias, neste caso em horas. Na Figura 17 apresentam-se os valores calculados para o MTTR para cada equipamento analisado e na Tabela 15 são ainda pormenorizados os dados utilizados para o respetivo cálculo. Apresentam-se os valores do indicador para todos os equipamentos de forma individualizada, bem como um MTTR médio para as cardas e as râmolas como um conjunto. Fez-se esta associação como um conjunto pois a semelhança e idade das máquinas é tal que as avarias são também muito semelhantes. No entanto não se calculou um MTTR geral pois a diferença do tipo e complexidade das avarias entre máquinas resultaria num valor com pouco significado para o indicador em questão.



Figura 17 – MTTR por Equipamento

Tabela 15 – Dados para o cálculo e valores do MTTR, em horas

Equipamento	Tempo Total de Avaria (h)	Nª Total de Avarias	MTTR (h)
Carda 5	457	115	3h58
Carda 6	695	139	5h00
Carda 7	656	169	3h52
Conj. Cardas	-	-	4h17
Küsters	485	138	3h30
Râmola 4	338	153	2h12
Râmola 5	417	179	2h19
Râmola 6	272	113	2h24
Conj. Râmolas	-	-	2h18

Uma análise breve aos valores obtidos para o MTTR, desde logo se entende que a complexidade da máquina e por consequência das suas avarias, quer das cardas quer da máquina de branquear Küsters, é maior do que a das râmolas visto que a diferença do tempo médio de reparação é bastante significativa entre elas. Um fator que ajuda a explicar também grande parte desta diferença prende-se com a grande simplicidade e rapidez de um grande número de intervenções que poderiam até passar a ser responsabilidade dos operadores, questão se que será tratada mais à frente. No caso das cardas, quer no seu conjunto quer de forma individual, estas apresentam tempos médios de reparação de cerca de 4h, o que corresponde a meio turno de laboração e consequentemente perdas significativas de produção.

3.3.2.4 MTBF

Tal como o MTTR, o MTBF é passível de ser calculado usando a informação disponibilizada pelo programa interno, mas não de forma automática, de momento. Como foi já referido anteriormente, o mau uso do programa faz com que os dados providenciados pelo mesmo possam não corresponder à informação mais exata e, por isso, os valores calculados para este indicador pode também não ser o mais correto.

Para calcular o MTBF são necessários dois dados: o tempo total de utilização das máquinas e o número total de avarias decorridas durante o período em análise. O total de avarias, dado utilizado previamente, é fornecido pelo programa, enquanto o tempo total de utilização terá de ser calculado a partir de uma estimativa. O tempo total de utilização é obtido a partir da subtração do tempo total de avaria, dado conseguido pelo programa, ao tempo total em trabalho previsto para cada máquina, dado fornecido por parte da Produção. Na Figura 18 são apresentados os resultados do cálculo do indicador para cada equipamento e, de seguida, na Tabela 16 são também pormenorizados os dados usados no cálculo. Neste caso, e ao contrário do que se fez com o MTTR, não se procurou obter um indicador para um conjunto de máquinas semelhantes pois este indicador tem um significado próprio para cada uma das máquinas.



Figura 18 – MTBF por Equipamento

Tabela 16 – Dados para o cálculo e valores do MTBF, em horas

Equipamento	Tempo Total Utilização (h)	N^a Total de Avarias	MTBF (h)
Carda 5	3832,5	115	33h19
Carda 6	4446,5	139	31h59
Carda 7	4433,5	169	26h14
Küsters	3114	138	22h33
Râmola 4	5392	153	35h14
Râmola 5	4687	179	26h11
Râmola 6	4282	113	37h53

Os resultados obtidos para o MTBF mostram que as máquinas não têm períodos contínuos de produção muito elevados e isto, aliado às paragens normais de produção por pausas obrigatórias dos operadores ou outras situações, pode prejudicar de forma significativa o planeamento por parte da Produção. Analisando os resultados, e tendo em conta que as máquinas funcionam em três turnos de 8 horas por dia, o melhor resultado acontece com a râmola 6 que consegue fazer cerca de 4,5 turnos seguidos, em média. Pelo contrário, a máquina de branquear Küsters, em média, não consegue produzir um dia completo de forma consecutiva, obrigando a intervenções diárias e, normalmente, demoradas, tendo em conta o seu MTTR calculado anteriormente.

3.4 Propostas de Melhoria

Após uma averiguação do que é a realidade atual do departamento da Manutenção, é necessário intervir em alguns aspetos no que à gestão da manutenção preventiva diz respeito. Neste sentido, algumas propostas foram efetuadas, quer a nível geral, ou seja, propostas de mudança e evolução no departamento em si e no modo como a manutenção tem sido vista e efetuada, quer a nível particular, com sugestões específicas para os equipamentos analisados anteriormente.

Desde logo, à cabeça da mudança deve estar um novo e completo programa de gestão da manutenção. A empresa deve considerar a aquisição de um programa que seja capaz de permitir o correto planeamento das intervenções de manutenção, com interligação com o planeamento por parte da Produção. O programa deve ser capaz de lidar com diversos tipos de manutenção e os utilizadores devem ser capazes de categorizar corretamente cada intervenção, quer seja preventiva ou corretiva, quer seja planeada ou de emergência. Estes programas são ainda capazes de conter informação detalhada sobre cada ativo da empresa, podendo inclusive chegar a possuir uma lista de peças com referências das próprias peças, o que ajudaria na hora de saber quais as peças de substituição mais corretas, uma vez que algumas avarias danificam de forma irreconhecível as peças.

Outra mudança de importância extrema está na forma como a manutenção é vista dentro da empresa, a começar desde logo pelos responsáveis máximos. O facto de a Produção ser soberana não pode fazer com que se abandone qualquer tipo de manutenção preventiva, sob pena de se ter os equipamentos parados para inspeções e intervenções preventivas. Este tipo de manutenção é imprescindível para o bom funcionamento a longo prazo de cada máquina e, mais cedo ou mais tarde, se colhe frutos do bom ou mau cumprimento dos planos de manutenção preventiva. Em caso de uma boa taxa de cumprimento, a redução das paragens compensará o tempo que se investiu na prevenção das avarias. No caso contrário, o tempo ganho com a não intervenção preventiva acabará por ser pouco comparado com o aumento de paragens em pleno funcionamento.

Quanto aos equipamentos alvo de uma análise individual, foram propostas algumas alterações no que à Manutenção diz respeito. Desde a aplicação da manutenção autónoma, com a passagem de tarefas simplistas para a responsabilidade dos operadores, desde que com a devida formação para tais tarefas e disponibilização das ferramentas adequadas, ao cumprimento dos PMP existentes atualmente, e posterior avaliação da eficácia dos planos definidos, pois é importante perceber se os planos atuais são ou não eficazes, quando cumpridos. Só após serem postos em prática se pode avançar com a respetiva avaliação e correção ou melhoria em caso de necessidade.

De seguida é feita uma explicação de quais as propostas de melhoria para cada caso em específico e a razão das mesmas. Depois, na Tabela 17, no fim da explicação de cada caso, apresentam-se todas estas propostas de forma resumida.

Alguns dos problemas que foram detetados na análise anterior são consequência da má utilização dos equipamentos por parte dos operadores e para estes casos estão a ser pensadas e preparadas soluções por parte do departamento *FabLab*⁶, em conjunto com a Manutenção. Estas soluções consistem em equipamentos que permitam a deteção do erro humano e que façam a paragem da máquina antes que esta possa sofrer danos.

No caso em específico, os problemas com o rebentamento de correias ou a necessidade de afinar ou atracar as escovas nas cardas deve-se essencialmente ao rebentamento do tecido em pleno funcionamento. O momento de inércia do tambor é tão grande que, com a paragem repentina, provocada pelo rebentamento do tecido que por sua vez faz com que as balanças atinjam o limite mínimo e parem a máquina, faz com que as correias sofram um tensionamento excessivo, uma vez que os motores a elas associado foram desligados, mas o tambor não para imediatamente.

Estes esticões constantes que as correias sofrem provocam um desgaste prematuro das mesmas. Quanto às escovas, o problema tem a mesma origem. Quando o motor que aciona as escovas é desligado repentinamente, o momento de inércia dos rolos das escovas é significativamente menor que o do tambor principal, originando uma paragem desalinhada entre eles. Como as escovas têm obrigatoriamente que estar no alinhamento correto, porque têm um sensor que impede o acionamento da máquina quando isto não acontece, a máquina não arranca. Em relação à origem do rebentamento, esta deve-se, essencialmente, a pequenos defeitos na tela ou costuras que não foram reforçadas. Ambas as situações podem ser detetadas pelos operadores, mas seria necessário estarem 100% dedicados à deteção das mesmas, o que não é possível dada a complexidade do posto de trabalho. Para colmatar esta situação, o *FabLab* encontra-se, de momento, a desenvolver um equipamento que permite a deteção destes defeitos numa fase anterior à entrada na máquina, fazendo com que esta pare quando deteta algum dos defeitos em questão. Desta forma, o operador pode fazer o reforço adequado da zona do defeito e voltar ao funcionamento normal da máquina.

Para a máquina de branquear Küsters, a evolução no que à sua manutenção diz respeito deve estar no cumprimento dos planos de manutenção para ela definidos. Uma vez que a deteção de espigas rotas e de problemas com os rolamentos ou chumaceiras são relativamente fáceis, uma manutenção baseada na condição regular permitiria detetar atempadamente estes problemas e permitir o planeamento da sua resolução. Outro grande problema desta máquina prende-se com o *FlexNip* e a solução encontrada para

⁶ O *FabLab* é um departamento da empresa que visa o estudo e desenvolvimento de soluções que resolvam problemas mais complexos ou tornem uma tarefa mais simples ou produtiva

tentar melhorar a situação passa por uma revisão completa ao sistema a cada trimestre – fazendo-se a substituição de todas as borrachas, a calibração as pressões e a limpeza da chapa de vedação, que vai acumulando sujidade sólida e impede a vedação.

No que às râmolas diz respeito, o maior ganho pode estar na passagem de umas tarefas muito simples, como trocar ou limpar as linhas das escovas, para a responsabilidade da Produção, neste caso para os operadores. Apesar da simplicidade dessas tarefas, é frequente os tempos de resolução das mesmas serem elevados, isto porque nem sempre estão disponíveis técnicos e o tempo de espera pelos mesmo pode chegar a ser 3 ou 4 vezes superiores ao próprio tempo de resolução. Com esta alteração, o tempo de espera poderia ser eliminado para esta situação. Outra evolução estaria no cumprimento rigoroso do plano de lubrificação, uma vez que a máquina possui uma série de veios que fazer a regulação da largura dos cadeados nos diversos campos da estufa e que trabalham constantemente sob altas temperaturas.

Tabela 17 – Propostas de melhoria para os problemas dos equipamentos individualizados

Equipamento	Problema	Solução
Cardas	Rebentamento de correias (do motor, do registo, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> Ajuste de tensão das correntes semanalmente Equipamento em desenvolvimento pelo <i>FabLab</i>
	Chumaceiras dos rolos puados	<ul style="list-style-type: none"> Verificação mensal de folgas e ruídos nas chumaceiras
	Escovas – afinar ou atracar	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento em desenvolvimento pelo <i>FabLab</i>
	Escovas – substituição ou limpeza de linhas	<ul style="list-style-type: none"> Operação efetuada pelo operador
Râmolas	Fusos de abertura do cadeado presos	<ul style="list-style-type: none"> Cumprir com o Plano de Lubrificação
	Cadeado e guias	Revisão geral, com desmontagem completa, a cada 3 anos no máximo
	Picos e pinças	<ul style="list-style-type: none"> Revisão geral anual, com substituição de peças danificadas e aperto de folgas
	Espigas rotas (causadas por rolamentos/chumaceiras desgastadas)	<ul style="list-style-type: none"> Cumprimento do PMP e do Plano de Lubrificação
Küsters	<i>FlexNip</i> – borrachas rotas	<ul style="list-style-type: none"> Verificar o estado das borrachas semanalmente Substituir as borrachas num determinado período (trimestral possivelmente) Controlar as pressões - calibração

3.5 Análise dos Resultados

Dada a impossibilidade de implementar as propostas de melhoria apresentadas, quer por falta de aceitação por parte de chefias quer por falta de tempo para a obtenção de resultados práticos, foram feitas estimativas de possíveis ganhos no que à disponibilidade dos equipamentos diz respeito. Para tal, durante cerca de dois meses e meio, entre meados de abril e fins de julho de 2021, foi indicado aos técnicos da Oficina dos Acabamentos, responsáveis pelas intervenções nos equipamentos em estudo, que fizessem o devido registo do tipo de avaria em questão. Embora se tenha notado alguma evolução neste aspeto, os resultados não foram satisfatórios, com os dados a demonstrarem uma média de quase 70% de avarias registadas sem informação, como se apresenta na

Tabela 18.

Nesta análise de resultados, visto que as medidas se tornaram teóricas e sem resultados práticos visíveis, só foram contemplados os ganhos no que à disponibilidade dos equipamentos diz respeito. No entanto, são expectáveis melhorias em relação ao MTBF, uma vez que o aumento de disponibilidade por redução do número de avarias se reflete em períodos de laboração mais extensos. Quanto ao MTTR, para as râmolas é expectável uma evolução negativa, uma vez que se exclui as tarefas de resolução mais simples e rápida da responsabilidade da oficina. Para os restantes equipamentos, não existe informação que permita prever alguma evolução em qualquer sentido deste mesmo indicador.

Tabela 18 – Registo de avarias “S/ info” por equipamento, em percentagem

Equipamento	% Avarias “S/ info”	Equipamento	% Avarias “S/ info”
Carda 5	60,9	Râmola 4	71,4
Carda 6	59,6	Râmola 5	73,3
Carda 7	66,7	Râmola 6	87,8
M.B. Küsters	65,6	Média	69,3

3.5.1 Cardas 5, 6 e 7

No caso das cardas, cujos resultados se apresentam nas Figura 19, Figura 20 e Figura 21, revelou-se praticamente impossível prever qualquer tipo de ganho uma vez que os maiores problemas surgem por má utilização, ou falta de deteção, por parte dos operadores e a medida que mais impacto pode ter nesta situação é uma ferramenta ainda em desenvolvimento. Neste momento é impossível ter informação sobre a real capacidade da ferramenta em efetuar uma deteção eficaz dos defeitos na tela e de que forma a ferramenta, no seu global, terá impacto real na diminuição destes acontecimentos. Por sua vez, a verificação mensal dos ruídos e folgas nas chumaceiras pode levar à resolução de vários problemas antecipadamente.

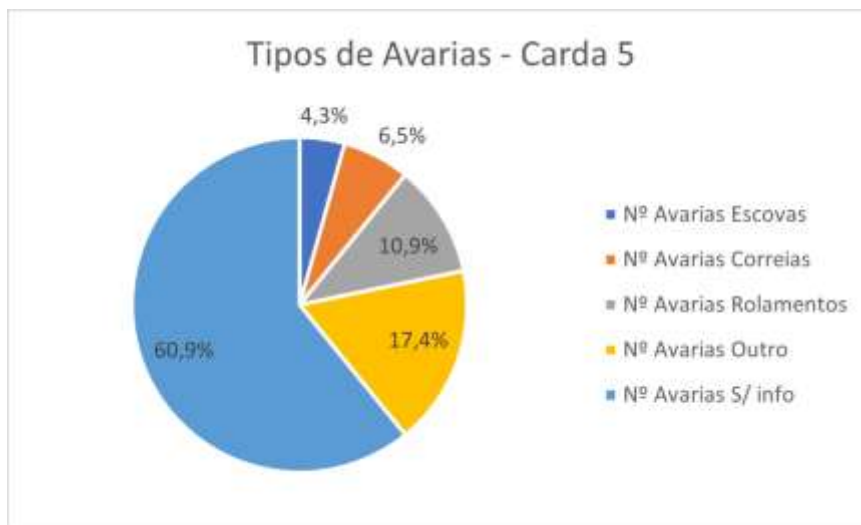


Figura 19 – Tipo de Avarias da Carda 5, em percentagem

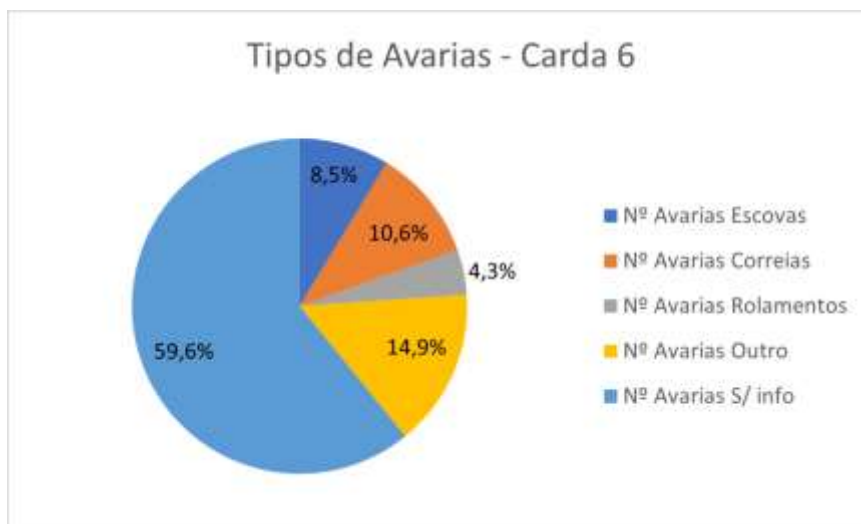


Figura 20 – Tipo de Avarias da Carda 6, em percentagem



Figura 21 – Tipos de Avarias da Carda 7, em percentagem

3.5.2 Râmolas 4, 5 e 6

Quanto às râmolas, os tipos de avarias registados vão de encontro ao que foi previamente identificado, como mostram as Figura 22, Figura 23 e Figura 24. A avaliação da eficácia e a quantificação de ganhos nestes equipamentos foi ainda mais difícil, e distorcida da realidade, devido à, ainda mais, elevada percentagem de avarias sem informação.

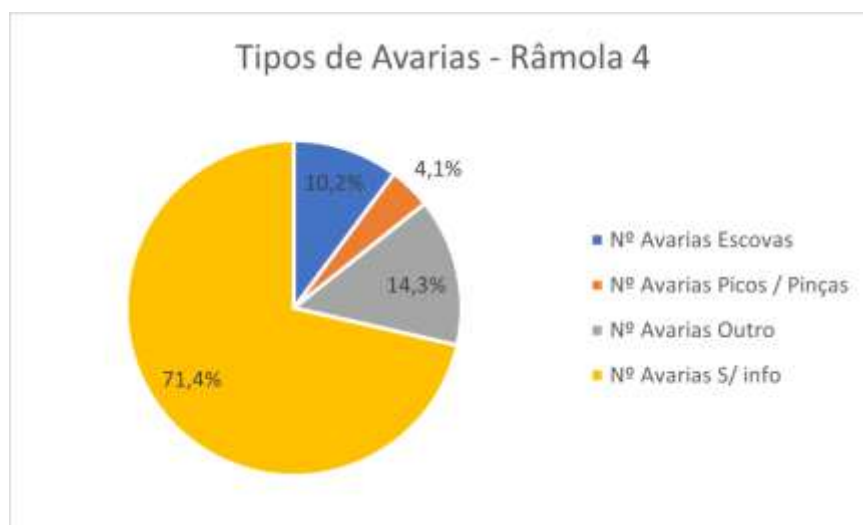


Figura 22 – Tipos de Avarias da Râmola 4, em percentagem

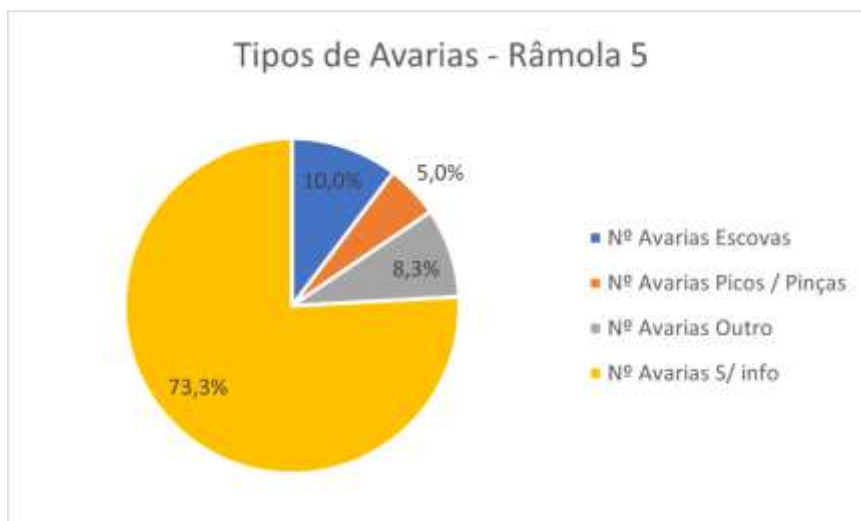


Figura 23 – Tipos de Avarias da Râmola 5, em percentagem

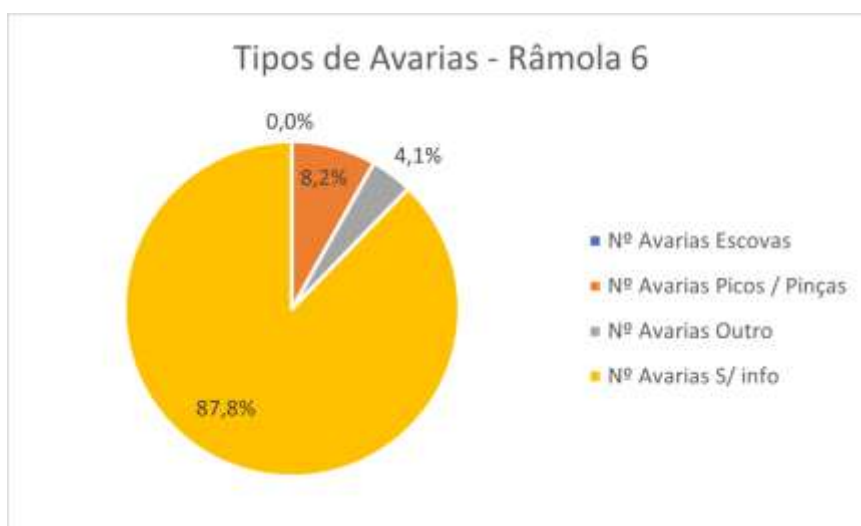


Figura 24 – Tipos de Avarias da Râmola 6, em percentagem

Neste caso, para a proposta de mudança de responsabilidades da tarefa de trocar ou limpar escovas para a Produção é possível quantificar os ganhos de forma mais concreta. O grande ganho desta mudança está na eliminação do tempo de espera e, através dos registos das avarias, é possível saber o tempo total de espera para este tipo de avaria, durante o período analisado. Na Tabela 19 apresentam-se os tempos médios de espera e de resolução de cada uma das râmolas.

Tabela 19 – Tempos Médios de Espera e Resolução por equipamento, em horas

Equipamento	Tempo Médio de Espera (min.)	Tempo Médio de Resolução (min.)
Râmola 4	6,3	38,6
Râmola 5	14,2	24,8
Râmola 6	S/ info	S/ info
Média	10,25	31,7

Com uma breve análise aos resultados obtidos a partir da pequena amostra recolhida, podemos concluir que uma avaria nas râmolas que esteja relacionada com as escovas tem um tempo de resolução médio de 31,7 minutos, sendo que sensivelmente um terço (32,33%) deste tempo é exclusivamente tempo de espera por um técnico. Com a proposta efetuada, é possível, no futuro, cortar este tempo de espera na totalidade e conseguir um tempo médio de resolução de 21,5 minutos.

Para se conseguir uma ideia do impacto desta proposta, recorreu-se aos dados utilizados na primeira fase do estudo, que se aproximam a um prazo de um ano, e com o número total de avarias das três râmolas determinou-se quantas dessas avarias estariam relacionadas com as escovas. De acordo com os resultados obtidos nos gráficos acima apresentados, cerca de 10% das avarias ocorridas na râmola 4 e 5 estão relacionadas com escovas. Sobre a râmola 6 não existe nenhuma indicação de avarias nas escovas, mas esta râmola apresenta uma elevadíssima percentagem de avarias sem informação, pelo que se decidiu considerar os 10% de avarias relacionadas para o cálculo pretendido. Na Tabela 20 apresentam-se os resultados do tempo ganho para cada râmola com a adoção desta medida.

Tabela 20 – Tempo Ganho com a Extinção do Tempo de Espera para as Râmolos

Equipamento	Total de Avarias	Avarias “Escovas”	Tempo Ganho (h)
		(10% do total de avarias)	(10,25 min. / avaria)
Râmola 4	409	41	7
Râmola 5	422	42	7,2
Râmola 6	329	33	5,6
		Média	6,6

Apesar de ainda existir uma taxa elevada de desconhecimento no que diz respeito às avarias sobre as râmolos, com o pouco que se conhece é possível prever um aumento médio de 6,5 horas de disponibilidade em cada máquina, aproximadamente. De referir que este valor é obtido por comparação com o mesmo período analisado inicialmente, de março de 2020 a abril de 2021, ou seja, este valor representa o ganho de disponibilidade nesse período caso as medidas tivessem sido implementadas previamente. O valor não parece muito significativo, mas deve ser considerado que nem um terço das avarias apresentam informação sobre as mesmas. É de prever que este valor seja, na realidade, consideravelmente superior. Posto isto, na Tabela 21 são apresentados os ganhos acima referidos, mas traduzidos no indicador disponibilidade.

Tabela 21 – Ganhos do indicador Disponibilidade para as Râmolos

Equipamento	Tempo Total de Avaria (h)		Disponibilidade (%)	
	Original	Estimado após aplicação das medidas	Original	Estimada após aplicação das medidas
Râmola 4	338	331	94,1	94,2
Râmola 5	417	409,8	91,8	92
Râmola 6	272	266,4	94,0	94,1

Como seria expectável, o ganho em termos brutos é residual, o que se traduz em ganhos de 0,1 e 0,2%. Em relação a esta medida, o ganho está na extinção do tempo de espera. Tal como referido anteriormente, é preciso ter em conta que a taxa de desconhecimento ainda se encontra muito elevada. Outro fator importante prende-se com o facto de o período analisado ser relativamente pequeno. Com um período mais alargado seria possível perceber se o valor médio do tempo de espera é de facto de cerca de 10 minutos ou consideravelmente maior.

Quanto às restantes medidas propostas anteriormente, quantificar o ganho de disponibilidade associado a cada uma delas é, neste momento, impossível de efetuar pois não foi possível um estudo mais aprofundado sobre essas mesmas avarias e não se conseguiu obter um valor estimado para a redução do número de avarias com a aplicação das medidas.

3.5.3 Máquina de Branquear Küsters

A Máquina de Branquear Küsters apresenta dois grandes tipos de avarias (Figura 25): problemas com o *FlexNip* e problemas com rolamentos ou chumaceiras e consequentemente possíveis problemas com espigas de rolos. No entanto ambos os problemas foram já devidamente identificados e têm soluções propostas.

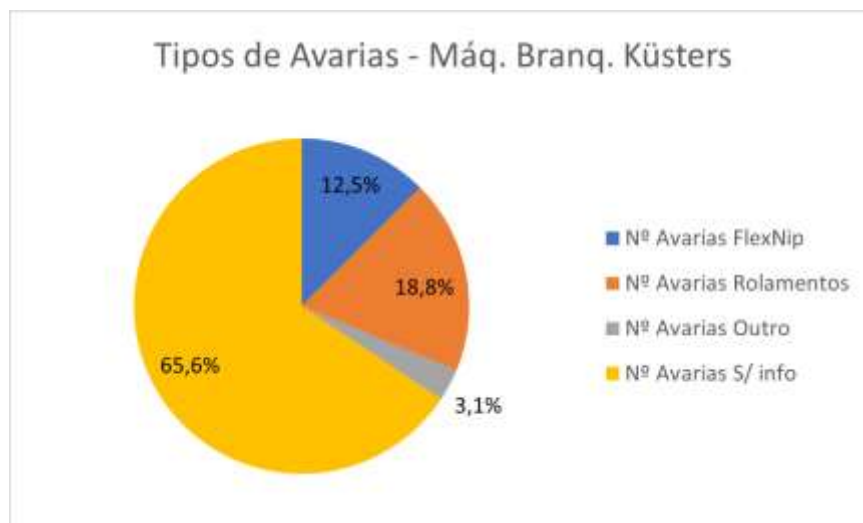


Figura 25 – Tipos de Avarias da Máquina de Branquear Küsters, em percentagem

Em relação às avarias relacionadas com o *FlexNip*, as medidas propostas, que visam uma verificação semanal do estado das borrachas, a substituição das borrachas a cada trimestre e uma calibração das pressões mais frequente, podem levar a uma redução de cerca de 50% nas avarias relacionadas com este problema. É difícil quantificar com precisão mas através dos conhecimentos e experiência do atual responsável pela Oficina dos Acabamentos chegou-se a uma conclusão de que se poderia reduzir em metade este tipo de problemas. A redução não é maior porque existem fatores externos à manutenção que podem levar a um deterioramento mais rápido das borrachas, como a composição dos banhos.

Tal como efetuado no caso das râmolas, primeiro determinou-se o tempo que se ganharia por cada avaria, sendo que neste caso, por cada avaria eliminada o tempo ganho corresponde ao tempo de resolução da própria avaria (Tabela 22). Assim sendo, calculou-se o tempo médio de resolução a partir das avarias com informação na amostra.

Tabela 22 – Tempo Médio de Resolução das Avarias “FlexNip”

Equipamento	Tempo Médio de Resolução (h)
M.B. Küsters	6

Posto isto, efetuou-se o cálculo do tempo ganho (Tabela 23). A partir do total de avarias contabilizado na primeira amostra, tal como sucedido anteriormente com as râmolas, estimou-se o número de avarias relacionadas com o *FlexNip*, para depois se considerar uma redução deste número para metade e perceber a quanto tempo ganho corresponderia esta redução.

Tabela 23 – Tempo Ganho com Proposta para as Avarias “FlexNip”

Equipamento	Total de Avarias	Avarias “FlexNip” (12,5% do total de avarias)	Tempo Ganho (h) (50% das avarias eliminadas + 6h / avaria)
M.B. Küsters	220	28	84

Com estes dados, é possível concluir que esta proposta permitiria um ganho de 84 horas de disponibilidade do equipamento, o que corresponde mais de três dias e meio de produção.

Além das soluções apresentadas para o *FlexNip*, no caso deste equipamento fez-se também uma proposta de melhoria no que diz respeito aos problemas com rolamentos ou chumaceiras, e os consequentes problemas com as espigas dos rolos. Esta situação é uma das mais flagrantes demonstrações da falta de cumprimento do PMP e do plano de lubrificação. A principal causa para o início deste problema deve-se à falta de lubrificação e o que faz com que o problema se estenda até obrigar a uma paragem forçada da máquina é falta de MP que detetaria facilmente a questão, visto que o problema é de fácil deteção. Tendo tudo isto em conta, prevê-se, de acordo com o responsável da Oficina, uma redução em cerca de 75% do número de avarias deste tipo, e este valor considerável deve-se essencialmente à simplicidade de prevenção e deteção

dos problemas. O tempo ganho por cada avaria reduzida corresponde ao tempo de resolução da própria avaria (Tabela 24). Posteriormente, na Tabela 25, apresentam-se os ganhos brutos que esta medida providenciaria.

Tabela 24 – Tempo Médio de Resolução das Avarias com Rolamentos

Equipamento	Tempo Médio de Resolução (h)
M.B. Küsters	1

Tabela 25 – Tempo Ganho com Proposta para as Avarias “Rolamentos”

Equipamento	Total de Avarias	Avarias Rolamentos	Tempo Ganho (h)
		(18,8% do total de avarias)	(75% das avarias eliminadas + 1h / avaria)
M.B. Küsters	220	41	30,75

Uma vez efetuados os cálculos, é estimado um ganho de 30,75 horas com as medidas propostas, o que equivale a mais de um dia de produção.

Após determinar o ganho de disponibilidade em bruto, foi feito um novo cálculo para o indicador disponibilidade para se perceber, em comparação com a situação atual, qual seria o ganho percentual do mesmo com a aplicação das soluções propostas. Os resultados deste cálculo são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Ganhos do indicador Disponibilidade para a M.B. Küsters

Equipamento	Tempo Total de Avaria (h)		Disponibilidade (%)	
	Original	Estimado após aplicação das medidas	Original	Estimada após aplicação das medidas
M.B. Küsters	485	370,25	86,5	89,4

Analisando os resultados obtidos, verificam-se ganhos significativos na disponibilidade da máquina de branquear Küsters. Com a adoção destas medidas, seria possível um ganho de sensivelmente 3% neste indicador, que corresponde, em termos brutos, a um ganho de quase 115 horas. Tendo em conta os períodos de laboração da empresa, 115 horas ganhas em termos de disponibilidade representam quase cinco dias de trabalho, ou seja, uma semana completa, com 24 horas de trabalho por dia. Os valores apresentados são obtidos por comparação com o período entre março de 2020 e abril de 2021, como referido já anteriormente, caso as medidas fossem implementadas antes do mesmo.

3.5.3.1 *Aspeto financeiro*

Com a colaboração do Departamento de Custos da empresa, determinaram-se os custos indiretos para cada equipamento em análise, como se apresenta em 6.3. Nos casos anteriores, dada a falta de informação ou a reduzida significância dos ganhos obtidos, não foi avaliado qualquer aspeto financeiro relacionado com as propostas. No caso da máquina de branquear Küsters, o ganho de disponibilidade já foi considerado significativo, pelo que se estimou a poupança que as medidas propostas permitiriam à empresa. Segundo a informação fornecida pelos Custos, este equipamento tem um custo de 28,24€ por hora, entre custos diretos e alguns indiretos. Na Tabela 27 apresenta-se a possível poupança com as medidas propostas.

Tabela 27 – Poupança Permitida com a Adoção das Medidas Propostas

Equipamento	Ganho de Disponibilidade (h)	Poupança (€)
M.B. Küsters	115	3247,6

Posto isto, é possível prever uma poupança de cerca de 3250€ caso se adote as medidas propostas. De notar ainda que nestes custos não se encontram contempladas as perdas em termos de produção, ou seja, perdas relacionadas com o atraso na produção ou com a necessidade de reprocessamentos de material.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões retiradas do trabalho desenvolvido, assim como o estado de cumprimento dos objetivos propostos. A tabela 28 ilustra de forma resumida toda essa informação.

Tabela 28 – Conclusões e Cumprimento de Objetivos

Objetivo	Descrição	Resultado
Selecionar os equipamentos críticos	Antes da seleção propriamente dita, foi necessário determinar um método de seleção. Determinou-se que a seleção seria feita segundo uma ponderação de classificações de importância atribuídas a cada equipamento por parte da Manutenção e da Produção. Uma vez efetuada a ponderação, foi feita a seleção dos equipamentos críticos para um estudo mais aprofundado.	Sim
Analisar os dados dos equipamentos selecionados e obter indicadores referentes aos mesmos	Após a seleção dos equipamentos, fez-se uma análise dos dados existentes relativamente às avarias dos mesmos. Foi notória a falta de informação mais específica sobre as avarias, mas os registos existem e os indicadores foram calculados segundo a informação obtida.	Sim
Recolher informação mais precisa sobre as avarias dos equipamentos selecionados num determinado período	Com intuito de se entender mais e melhor as avarias de cada equipamento em estudo, quer seja o tipo de avaria, quer seja a frequência da mesma, foi determinado um período, embora curto, de recolha de dados mais precisos. Este objetivo foi apenas parcialmente cumprido, tendo se obtida uma taxa de avarias sem a informação pretendida de cerca de 70%.	Parcial
Efetuar propostas de melhoria de forma individualizada	Após se conhecerem as avarias de forma mais aprofundada, foi possível entender algumas das causas das mesmas. Com esta informação, foram	Sim

tendo em conta cada equipamento	propostas várias medidas para tentar solucionar as causas específicas de cada problema.	
Implementar as propostas de melhoria	Uma vez efetuadas as propostas de melhoria, o plano inicial passava por tentar implementá-las e verificar a sua eficácia. Por diversos motivos, como falta de tempo para implementação a tempo de obter resultados e alguma resistência por parte de superiores hierárquicos, as propostas não foram implementadas.	Não
Estudar os possíveis ganhos com a implementação das propostas de melhoria	Dada a impossibilidade de implementação das propostas, tentou-se perceber de forma teórica que impacto teriam as medidas. Em alguns casos, foi possível fazer este estudo teórico, mas noutros, devido à falta de informação e experiência com as questões em causa, não se conseguiu chegar a nenhuma conclusão.	Parcial

A realização deste estudo foi um trabalho exigente, até porque não era o foco principal do estágio, o que provocou um acumular de coisas para fazer. No entanto, a empresa, e em particular o Eng.º. Alcino e o Sr. Abílio, possibilitaram tudo para que todos os objetivos, meus e da empresa, fossem atingidos.

A experiência foi especialmente enriquecedora no que à gestão de um departamento de manutenção diz respeito, um setor que é, frequentemente, desvalorizado nas indústrias. Este período de estágio foi também importante para perceber como lidar com a parte humana, neste caso os técnicos de manutenção e os responsáveis da produção, e perceber como interagem as diversas secções e departamentos da própria empresa, além da interação com entidades externas.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Dado o estado atual do departamento, existe ainda pela frente um caminho longo com muito por onde evoluir. Para tal, sugere-se, de seguida, alguns aspetos a serem trabalhados futuramente.

Em primeiro lugar, é importante haver um seguimento do trabalho iniciado neste estudo. É, por isso, necessário conseguir-se a implementação das medidas que não passaram do papel à prática. Posto isto, deve-se continuar o mesmo tipo de estudo, ou seja, partir da avaliação de criticidade já efetuada e continuar o processo de análise de equipamentos e respetivas falhas para depois se conseguirem medidas de melhoria. Além da continuidade do trabalho na secção em questão, também faz sentido aplicar este tipo de estudo nas restantes secções da empresa.

Outro aspeto descuido prende-se com a definição de stocks de segurança. Foram várias as vezes em que foram presenciadas demoras prolongadas na resolução das avarias por falta de componentes em stock. Além da definição desses mesmos stocks, é também crucial manter os componentes organizados. Aconteceram também algumas situações em que apesar de estar dentro de portas, a procura pelos componentes foi demasiado demorada, pois os componentes não têm lugar específico e é recorrente apenas um ou dois técnicos, os que arrumaram as peças, saberem onde está o componente em questão.

Por fim, e ainda bem distante, é extremamente aconselhada a implementação de indicadores chave que permitam em poucos números perceber o estado do departamento. Apesar dos indicadores serem uma parte importante deste trabalho, eles não se encontram implementados no departamento. Mas para se começarem a ter indicadores disponíveis de forma automatizada será preciso recorrer a um sistema de gestão da manutenção computadorizado e dar uma boa formação a todos os intervenientes.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Antão, L., Reis, J., & Gonçalves, M. G. (2018). *Continuous Maintenance System for Optimal Scheduling Based on Real-Time Machine Monitoring*

Ben-Daya, M., Duffuaa, S. O., Raouf, A., Knezevic, J., & Ait-Kadi, D. (2009). *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. Springer

Bounou, O., El Barkany, A., & El Biyaali, A. (2017). Inventory models for spare parts management: A review. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 28, 182–198. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.28.182>

British Standards Institution. (2017). *BS EN 13306:2017 Maintenance - Maintenance terminology*. 98. <http://hadidavari.com/wp-content/uploads/2018/12/BS-EN-13306-2017.pdf>

Brundage, M. P., Morris, K., Sexton, T., Moccozet, S., & Hoffman, M. (2018). *DEVELOPING MAINTENANCE KEY PERFORMANCE INDICATORS FROM*. 1–9

Carvalho, B. A., & Lopes, I. S. (2015). Preventive maintenance development: A case study in a furniture company. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2218, 978–983

Costantino, F., Di Gravio, G., Patriarca, R., & Petrella, L. (2018). Spare parts management for irregular demand items. *Omega (United Kingdom)*, 81, 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.09.009>

Coutinho, C., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M., & Vieira, S. (2009). *Investigação-ação : metodologia preferencial nas práticas educativas*

Ferreira, S., Silva, F. J. G., Casais, R. B., Pereira, M. T., & Ferreira, L. P. (2019). KPI development and obsolescence management in industrial maintenance. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1427–1435. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.145>

Guariente, P., Antonioli, I., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, 13, 1128–1134. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174>

Gulati, R. (2012). *Maintenance and Reliability Best Practices*. <https://books.google.com/books?id=fwuDBgAAQBAJ&pgis=1>

Kelly, A. (2006). *Managing Maintenance Resources*

- Kent, M. D., Costello, O., Phelan, S., & Petrov, K. (2018). Cost Oriented Maintenance Management Systems for Manufacturing Processes. *IFAC-PapersOnLine*, 51(30), 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.244>
- Kobbacy, K. A. H., & Murthy, D. N. P. (2008). Complex System Maintenance Handbook. In *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4588-2>
- Lameirinho - Indústria Têxtil, S. A. (2020). *Manual da Qualidade*.
- Márquez, A. C. (2007). The Maintenance Management Framework. In *Springer Series* (Vol. 49). https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2757-4_5
- Martins, L., Silva, F. J. G., Pimentel, C., Casais, R. B., & Campilho, R. D. S. G. (2020). Improving Preventive Maintenance Management in an Energy Solutions Company. *Procedia Manufacturing*, 51(2019), 1551–1558. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.216>
- Mehmeti, X., Mehmeti, B., & Sejdiu, R. (2018). The equipment maintenance management in manufacturing enterprises. *IFAC-PapersOnLine*, 51(30), 800–802. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.192>
- Moubray, J. (2000). *Reliability-centered Maintenance*
- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>
- Novaski, V., Freitas, J. L., & Billig, O. A. (2020). Aplicação de Matriz GUT e Gráfico de Pareto para Priorização de Perdas no Processo Produtivo de uma Panificadora. *International Journal of Development Research*.
- Oliveira, M., Lopes, I., & Rodrigues, C. (2016). Use of Maintenance Performance Indicators by Companies of the Industrial Hub of Manaus. *Procedia CIRP*, 52, 157–160. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.071>
- Oliveira, Marcelo A, Lopes, I., & Figueiredo, D. L. (2013). *MAINTENANCE MANAGEMENT PROPOSAL BASED ON ORGANIZATION MATURITY LEVEL*. 2(4), 1–10
- Oliveira, Marcelo Albuquerque, & Lopes, I. (2019). Evaluation and improvement of maintenance management performance using a maturity model. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(3), 559–581. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-07-2018-0247>
- Parra, C., González-Prida, V., Candón, E., De la Fuente, A., Martínez-Galán, P., & Crespo, A. (2020). *Integration of Asset Management Standard ISO55000 with a Maintenance Management Model*
- Pestana, M. D., Veras, G. P., Ferreira, M. T. M., & da Silva, A. R. (2017). Aplicação Integrada da Matriz GUT e da Matriz da Qualidade em uma Empresa de Consultoria

Ambiental. Um Estudo de Caso para Elaboração de Propostas de Melhorias. In *Gestão de Serviços*

Pinto, G. F. L., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Casais, R. B., Fernandes, A. J., & Baptista, A. (2019). Continuous improvement in maintenance: A case study in the automotive industry involving Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1582–1591. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.127>

Pires, C. R., Lopes, I. S., & Basto, L. P. (2018). Approach for preventive maintenance planning of machine tools. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 7, 966–975. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-898-3-966>

Pires, C. R., Lopes, I. S., & Oliveira, J. A. (2016). Management and Planning of Tools Maintenance Activities in a Metalworking. *Procedia CIRP*, 57, 265–269. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.046>

Santos, T., Silva, F. J. G., Ramos, S. F., Campilho, R. D. S. G., & Ferreira, L. P. (2019). Asset priority setting for maintenance management in the food industry. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1623–1633. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.122>

Shamayleh, A., Awad, M., & Farhat, J. (2020). IoT Based Predictive Maintenance Management of Medical Equipment. *Journal of Medical Systems*

Shohet, I. M., & Nobili, L. (2017). Application of key performance indicators for maintenance management of clinics facilities. *International Journal of Strategic Property Management*, 21(1), 58–71. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2016.1245684>

Smith, D. J. (1997). Reliability, Maintainability and Risk. *Reliability, Maintainability and Risk*, 29–37. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-096902-2.00003-9>

Stringer, E. T. (2007). *Action Research, 3rd Edition*

Susman, G. I., & Evered, R. D. (2014). *An Assessment of the Scientific Merits of Action Research*. 23(4), 582–603. <https://doi.org/10.2118/169428-ms>

Teixeira, C., Lopes, I., & Figueiredo, M. (2018). Classification methodology for spare parts management combining maintenance and logistics perspectives. *Journal of Management Analytics*, 5(2), 116–135. <https://doi.org/10.1080/23270012.2018.1436989>

Vilarinho, S., Lopes, I., & Oliveira, J. A. (2017). Preventive Maintenance Decisions through Maintenance Optimization Models: A Case Study. *Procedia Manufacturing*, 11, 1170–1177. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.241>

ANEXOS

- 6.1 Anexo 1 – Análise de Criticidade dos Equipamentos da Branqueação
- 6.2 Anexo 2 – Análise de Criticidade dos Equipamentos dos Acabamentos
- 6.3 Anexo 3 – Custos por Hora de Cada Equipamento Analisado

