



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Sara Iolanda Pereira Gonçalves

**IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO
PRODUTIVA TOTAL NO SETOR DE ESTIRAGEM
DE UMA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE PERFIS DE
AÇO INOXIDÁVEL**

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na especialidade de Produção e Projeto orientada pela Professora Doutora Dulce Maria Esteves Rodrigues e pelo Professor Doutor Ivan Galvão apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Julho de 2021

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Implementação da manutenção produtiva total no setor de estiragem de uma empresa de produção de perfis de aço inoxidável

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto

Implementation of Total Productive Maintenance in the cold drawing sector of a stainless steel production company

Autor

Sara Iolanda Pereira Gonçalves

Orientador

Professora Doutora Dulce Rodrigues

Coorientador

Professor Doutor Ivan Galvão

Júri

Presidente	Professora Doutora Cristina Maria Gonçalves dos Santos Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra
Orientador	Professora Doutora Dulce Maria Esteves Rodrigues Professora Associada com Agregação da Universidade de Coimbra Professor Doutor Carlos Miguel Almeida Leitão
Vogais	Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa Engenheiro Pedro Miguel Heleno Pereira Diretor de Engenharia de Equipamentos da Böllinghaus Steel Lda.

Colaboração Institucional



Böllinghaus Steel Lda.

Coimbra, julho, 2021

“Para melhorar temos de mudar;
Para sermos perfeitos temos de estar em constante mudança.”

Hartwig Härtel

Presidente do conselho de administração da Böllinghaus Steel Lda.

Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento.

Ao Engenheiro Pedro Pereira, ao Engenheiro João Nabeiro, e ao Engenheiro Nélio Mourato pela orientação fornecida durante este período, demonstrando sempre uma grande disponibilidade para ajudar, e por todo o apoio e conhecimentos transmitidos desde o primeiro dia.

À Professora Doutora Dulce Rodrigues e ao Professor Doutor Ivan Galvão, pela disponibilidade demonstrada ao longo de todo o projeto.

A todos os colaboradores da Böllinghaus Steel, por toda a paciência e disponibilidade que tiveram ao me integrar na equipa, pela colaboração e apoio, tornaram possível a realização deste trabalho.

Aos meus pais e aos meus irmãos, que sempre me apoiaram e incentivaram a dar o melhor de mim.

Aos meus amigos, por estarem, presentes neste meu percurso.

Por fim, um agradecimento a todos aqueles que não referi mas que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Considerando a crescente necessidade de produção eficiente, decorrente do aumento da competitividade e da crescente exigência dos requisitos dos clientes, as empresas necessitam de garantir que a sua produção mantém níveis próximos da sua capacidade máxima. Seguindo esta lógica, cada vez mais empresas implementam sistemas de gestão da manutenção, de modo a reduzir o número de paragens, a sua duração e o seu custo.

A manutenção produtiva total, usualmente designada por TPM é uma das metodologias que têm sido adotadas pelas empresas para atingir os objetivos anteriormente mencionados, tendo mostrado em várias ocasiões efeitos positivos após a sua implementação. Esta metodologia é implementada através do desenvolvimento dos seus oito pilares: Manutenção Autónoma; Manutenção Planeada; Manutenção da Qualidade; Melhoria Contínua; Controlo Inicial; Educação e Formação; Higiene e Segurança e TPM Administrativo.

O trabalho que se descreve nesta dissertação teve como objetivo implementar a metodologia TPM no setor de estiragem da empresa Böllinghaus Steel Lda., produtora de perfis de aço inoxidável. Para alcançar este objetivo foi utilizada a metodologia DMAIC de modo a implementar de forma estruturada as estratégias da manutenção produtiva total. A metodologia DMAIC assenta em cinco ações: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

Com a implementação da metodologia TPM, foi possível registar uma redução geral do tempo médio de avarias dos equipamentos, assim como a redução dos custos operacionais e de manutenção da linha de estiragem intervencionada no âmbito desta dissertação.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total, Eficiência Global dos Equipamentos, Manutenção, Manutenção Autónoma, Manutenção Planeada, Böllinghaus Steel Lda.

Abstract

Considering the growing need for efficient production, due to the increase in competitiveness between companies, and the growing demand of customer requirements, companies need to ensure that production occurs as close as possible to its maximum capacity.

Subsequently, an increasing number of companies is implementing maintenance management systems in order to reduce the number of breakdowns, their duration and their costs.

Total Productive Maintenance, usually designated as TPM, is one of the methodologies being adopted by companies looking to achieve the previously mentioned objectives, having often shown positive effects after implementation. This methodology is implemented through the development of its eight pillars: Autonomous Maintenance; Planned Maintenance; Quality Maintenance; Focused Improvement; Early Equipment Management; Training and Education; Safety, Health and Environment and TPM administration.

The work described in this dissertation aimed to implement the TPM methodology in the cold drawing sector of the company Böllinghaus Steel Lda., which produces stainless steel profiles.

In order to achieve this goal the methodology was used allowing for the structured implementation of TPM strategies. The DMAIC methodology is based on five actions: Define, Measure, Analyse, Improve and Control

With the implementation of the TPM methodology it was possible to register a reduction of the mean times between breakdowns and of the maintenance and operational costs of the cold drawing line.

Keywords Total Productive Maintenance, Overall Equipment Efficiency, Maintenance, Autonomous Maintenance, Planned Maintenance, Böllinghaus Steel Lda.

Índice

Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	xi
Simbologia e Siglas	xiii
Simbologia.....	xiii
Siglas	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Böllinghaus Steel Lda.	1
1.1.1. História da empresa	2
1.1.2. Produtos	2
1.1.3. Matérias-primas	3
1.2. Processo de fabrico	4
1.3. Motivações e objetivos	5
1.4. Estrutura da dissertação	6
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	7
2.1. <i>Total Productive Maintenance</i>	7
2.1.1. As seis grandes perdas	7
2.1.2. Os oito pilares da TPM.....	8
2.2. A metodologia 5 S	10
2.3. Metodologia Seis Sigma	11
2.4. A metodologia DMAIC	12
2.5. Indicadores de manutenção.....	13
2.5.1. Fiabilidade	14
3. FASE DEFINIR.....	15
3.1. Definição da equipa	15
3.2. Descrição do setor de estiragem	16
3.2.1. <i>Layout</i> da segunda linha de estiragem.....	16
3.2.2. Principais etapas do processo de estiragem.....	17
3.2.3. SIPOC.....	20
3.3. Definição do problema.....	20
4. FASE MEDIR	23
4.1. Avarias e tempos de paragem	23
4.2. Tipos de manutenção	24
4.2.1. Prevenção de avarias	25
4.3. Medição do OEE.....	26
5. FASE ANALISAR	29
5.1. Avarias	29
5.2. Ações de manutenção preventiva condicional.....	32
5.3. Ações de manutenção preventiva sistemática.....	35

6.	FASE MELHORAR.....	37
6.1.	Manutenção preventiva.....	37
6.1.1.	Otimização das ações de manutenção preventiva sistemática	37
6.1.2.	Redução de custos e tempos de manutenção.....	38
6.2.	Melhoria contínua.....	39
6.2.1.	Sessões de <i>Brainstorming</i>	39
6.2.2.	Medição de vibrações.....	41
6.2.3.	Controlo de temperatura da máquina de lavar	42
6.3.	Manutenção autónoma.....	43
6.4.	Higiene e segurança.....	43
6.5.	Educação e formação.....	43
6.5.1.	Análise e afinação dos consumos elétricos das turbinas do jato	44
7.	FASE CONTROLAR.....	45
7.1.	Controlo de indicadores.....	45
7.2.	Resultados obtidos.....	47
8.	CONCLUSÕES.....	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
	ANEXO A.....	53
	ANEXO B	55
	ANEXO C	57
	APÊNDICE A	59
	APÊNDICE B	61
	APÊNDICE C	63
	APÊNDICE D	65
	APÊNDICE E.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. História da empresa.....	2
Figura 1.2. Exemplos de perfis fabricados pela empresa (Böllinghaus Steel Lda., 2021)....	3
Figura 1.3. Fluxograma do processo da empresa (Nabeiro, 2015).....	5
Figura 2.1. Estrutura da TPM.	8
Figura 2.2. Implementação dos 5 S.	10
Figura 2.3. Ciclo de implementação da metodologia DMAIC.....	12
Figura 3.1. Equipa selecionada utilizando a metodologia DMAIC.....	15
Figura 3.2. Planta da segunda linha de estiragem.	16
Figura 3.3. Aplicação do óleo de auxílio à estiragem.	18
Figura 3.4. Estiragem da barra.....	18
Figura 3.5. Superfície da barra (a) antes do processo de lavagem, (b) após o processo de lavagem.	19
Figura 3.6. Ponta da barra após o corte.	19
Figura 4.1. Evolução dos custos em relação ao tipo de manutenções realizadas.....	25
Figura 5.1. Análise de Pareto do número de avarias ocorridas em 2020.	29
Figura 5.2. Análise de Pareto das avarias ocorridas na máquina de estirar em 2020: (a) número de avarias; (b) horas de paragem por tipo de avaria.....	30
Figura 5.3. Análise de Pareto das avarias ocorridas no jato de granalha em 2020 (a) número de avarias; (b) horas de paragem por tipo de avaria.....	31
Figura 5.4. Análise de Pareto das avarias na máquina de lavar em 2020 (a) número de avarias; (b) horas de paragem por tipo de avaria.....	31
Figura 5.5. Análise de Pareto do número de intervenções de manutenção preventiva condicional existentes na linha de estiragem em 2020.....	32
Figura 5.6. Análise de Pareto das ações de manutenção preventiva condicional efetuadas na máquina de estirar em 2020 (a) número de intervenções; (b) horas de mão-de-obra por tipo de intervenção.....	33
Figura 5.7. Análise de Pareto das ações de manutenção preventiva condicional efetuadas na máquina de lavar em 2020 (a) número de intervenções; (b) horas de mão-de-obra por tipo de intervenção.....	34
Figura 5.8. Análise de Pareto das ações de manutenção preventiva condicional efetuadas no jato de granalha em 2020 (a) número de intervenções; (b) horas de mão-de-obra por tipo de intervenção.....	34

Figura 5.9. Análise do número e horas de ações de manutenção preventiva planeadas e realizadas em 2020.....	35
Figura 6.1. Componentes de desgaste desenhados.....	39
Figura 6.2. Causas afixadas durante as sessões de <i>Brainstorming</i>	39
Figura 6.3. Bombas de água pertencentes à máquina de lavar.....	41
Figura 6.4. Novo sistema de fornecimento de ar-comprimido à máquina de cintar.	43
Figura 7.1. Eficiência global dos equipamentos mensal.	45
Figura 7.2. Indicadores de manutenção mensais.....	46
Figura 7.3. Custos operacionais e de manutenção por tonelada de material produzido.	46
Figura 7.4. Variação dos indicadores de desempenho e manutenção alcançada e respetivas metas traçadas.	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Qualidades utilizadas na produção de perfis laminados e estirados.	3
Tabela 2	Codificação utilizada para identificar os vários equipamentos da segunda linha de estiragem.	17
Tabela 3	Objetivos traçados para a implementação da TPM	21
Tabela 4	Histórico das avarias desde janeiro de 2020 até ao final de janeiro de 2021.	24
Tabela 5	Trabalhos de manutenção realizados na prevenção de avarias.....	26
Tabela 6	Cálculo da eficiência global dos equipamentos em janeiro de 2021.....	28
Tabela 7	Ações de manutenção preventiva com frequência reduzida.....	38
Tabela 8	Soluções de redução/ eliminação de avarias a serem realizadas.	40
Tabela 9	Soluções de redução/ eliminação de ações de manutenção condicional a serem realizadas.	41

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

$\lambda(t)$ – Taxa de avarias

Siglas

AISI – American Iron and Steel Institute

AS – Aerospace Standards

CD1 – Cold Drawing 1

CD2 – Cold Drawing 2

DMAIC – Define, Measure, Analyse, Improve, Control

EN – European Norm

FMEA – Failure Mode and Effect Analysis

ISO – International Organization for Standardization

JISQ – Japanese Industrial Standards division Q

M – Mês

MTBF – Mean Time Between Failures

MTTF – Mean Time To Failure

MTTR – Mean Time To Repair

OEE – Overall Equipment Efficiency

OHSAS – Occupational Health and Safety Assessment Series

PM – Productive Maintenance

ROI – Return of investment

S – Semana

SCR – Silicon Controlled Rectifier

SIPOC – Supplier, Input, Process, Output, Client

SSR – Solid State Relay

TA – Trem Aberto

TC – Trem Contínuo

TDR – Tempo de Reparação

TPM – Total Productive Maintenance

TT – Tratamento Térmico

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi realizada no âmbito de um estágio curricular na empresa Böllinghaus Steel Lda., que se dedica à produção de barras de aço inoxidável com variados perfis, recorrendo às técnicas de laminagem a quente e estiragem a frio.

Hoje em dia, a necessidade de produção eficiente é cada vez mais sentida por todas as empresas, devido ao progressivo aumento da competitividade e à crescente exigência dos pedidos dos clientes. Para alcançar custos mais competitivos uma empresa deve garantir que a sua produção decorre o mais próximo possível da sua capacidade máxima.

Um dos principais focos para obtenção de uma produção altamente eficiente é a eliminação de todas as paragens de produção provocadas por avarias dos equipamentos. Para enfrentar este problema, têm-se desenvolvido metodologias como a manutenção produtiva total (TPM, *Total Productive Maintenance*), que, segundo (Wireman, 2004), tem como objetivo aumentar a eficiência dos equipamentos, melhorar a eficiência e eficácia da equipa de manutenção, gerir e prevenir a manutenção dos equipamentos, aumentar os conhecimentos de todas as pessoas envolvidas e incluir os operadores em ações de manutenção rotineiras.

1.1. Böllinghaus Steel Lda.

A Böllinghaus Steel Lda. é uma empresa especializada na produção de perfis de aço inoxidável. Os perfis são fabricados utilizando os processos de laminagem a quente e estiragem a frio, apresentando atualmente mais de 700 tipologias na sua gama de produtos. Hoje, a Böllinghaus Steel Lda. emprega mais de 250 trabalhadores, dispersos por diferentes países, nomeadamente, Alemanha, Portugal, Estados Unidos da América e, mais recentemente, Itália.

1.1.1. História da empresa

Na Figura 1.1 destacam-se alguns acontecimentos chave da história da empresa (Nabeiro, 2015) (Coelho, 2019) (Böllinghaus Steel Lda., 2021).



Figura 1.1. História da empresa.

1.1.2. Produtos

Na Figura 1.2 estão representados os principais perfis fabricados pela Böllinghaus Steel. Os perfis podem ser categorizados com base na geometria da sua secção transversal, em quadrados, retangulares, hexagonais e perfis especiais, sendo os últimos desenvolvidos em conjunto com o cliente, de modo a responder às suas necessidades. O cliente pode seleccionar o comprimento dos perfis, o qual pode variar entre 3 e 6,5 m.

Os produtos da Böllinghaus Steel são utilizados pelas indústrias química; da energia; farmacêutica; aeroespacial; de tecnologia médica; de construção naval; do petróleo e gás; entre outras.

A Böllinghaus Steel tem o seu sistema de gestão da qualidade certificado de acordo com a AS/EN/JISQ 9100, a norma de qualidade de indústria aeroespacial, cumprindo também outras normas internacionais como ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, respetivamente, nas áreas da qualidade e do ambiente, da saúde e da segurança no trabalho.



Figura 1.2. Exemplos de perfis fabricados pela empresa (Böllinghaus Steel Lda., 2021).

1.1.3. Matérias-primas

No parque de matérias-primas da empresa, podem ser identificadas três famílias principais de materiais: os aços inox, as ligas de níquel e as ligas de titânio. Dentro destas, a produção apresenta uma grande variedade de qualidades padrão apresentadas na Tabela 1, no entanto, a empresa encontra-se em constante desenvolvimento de novos produtos com novas qualidades de materiais.

Tabela 1 Qualidades utilizadas na produção de perfis laminados e estirados.

Qualidades utilizadas			
AISI 416	AISI 303	AISI 431	AISI 309
AISI 304/L	Duplex	316 Ti	AISI 310
Lean Duplex	AISI 316/L	15-5 PH	Alloy 400
AISI 420	17-4 PH	AISI 430F	Alloy 825

Para garantir que os perfis têm as propriedades necessárias ao longo do processo de conformação, e as propriedades finais requeridas pelos clientes, os perfis são sujeitos a ensaios mecânicos e químicos no laboratório de qualidade existente na empresa.

1.2. Processo de fabrico

O processo de fabrico da Böllinghaus Steel representado na Figura 1.3, tem início com a receção da matéria-prima sob a forma de lingotes de secção quadrada ou de perfis de secção circular. Sob qualquer uma das formas, a matéria-prima necessita de ser cortada para que possa ser aquecida nos fornos. De seguida, os lingotes de secção quadrada são laminados no trem de laminagem aberto (TA), enquanto que, no trem de laminagem contínuo (TC), são processadas matérias-primas com os dois tipos de secção transversal.

O trem aberto é utilizado para o fabrico de perfis com maiores dimensões, que, ao serem laminados, são submetidos a múltiplas passagens em cada caixa. No fim da laminagem, os perfis sobre a forma de barras são segmentados em comprimentos definidos previamente. No trem contínuo, a matéria-prima é de uma dimensão menor e é processada continuamente através de cilindros em sequência, passando apenas uma vez em cada conjunto de cilindros. Neste caso, as dimensões produzidas são também muito menores do que aquelas produzidas no trem aberto.

Após o processamento no trem aberto, ou no trem contínuo são formados lotes, designados por atados, os quais são compostos por uma certa quantidade de barras de dimensão e perfil solicitadas por um determinado cliente. A constituição dos atados tem por objetivo facilitar o transporte e processamento de cada encomenda. Uma vez constituídos, os atados são transportados para o tratamento térmico (TT), sendo, posteriormente, transportados para o setor de desempenho, onde as barras são processadas individualmente.

Depois do desempenho, é realizado transporte dos atados para a estação de decapagem química, que é realizada através da imersão das barras numa solução ácida.

O passo seguinte do processo de fabrico consiste na eliminação de defeitos superficiais profundos através da rebarbagem da superfície.

Uma vez removidos os principais defeitos da superfície das barras, os atados são transportados para serem processados no jato de granalha. Após a decapagem mecânica, no jato, as barras podem seguir três fluxos diferentes de processamento. Podem ser encaminhadas para a primeira linha de estiragem (CD1), para a segunda linha de estiragem (CD2) ou para a máquina de embalar, sendo que nesta última opção, são posteriormente transportadas para a expedição. Os perfis processados nas duas linhas de estiragem, são também embalados e enviados para a expedição após a estiragem.

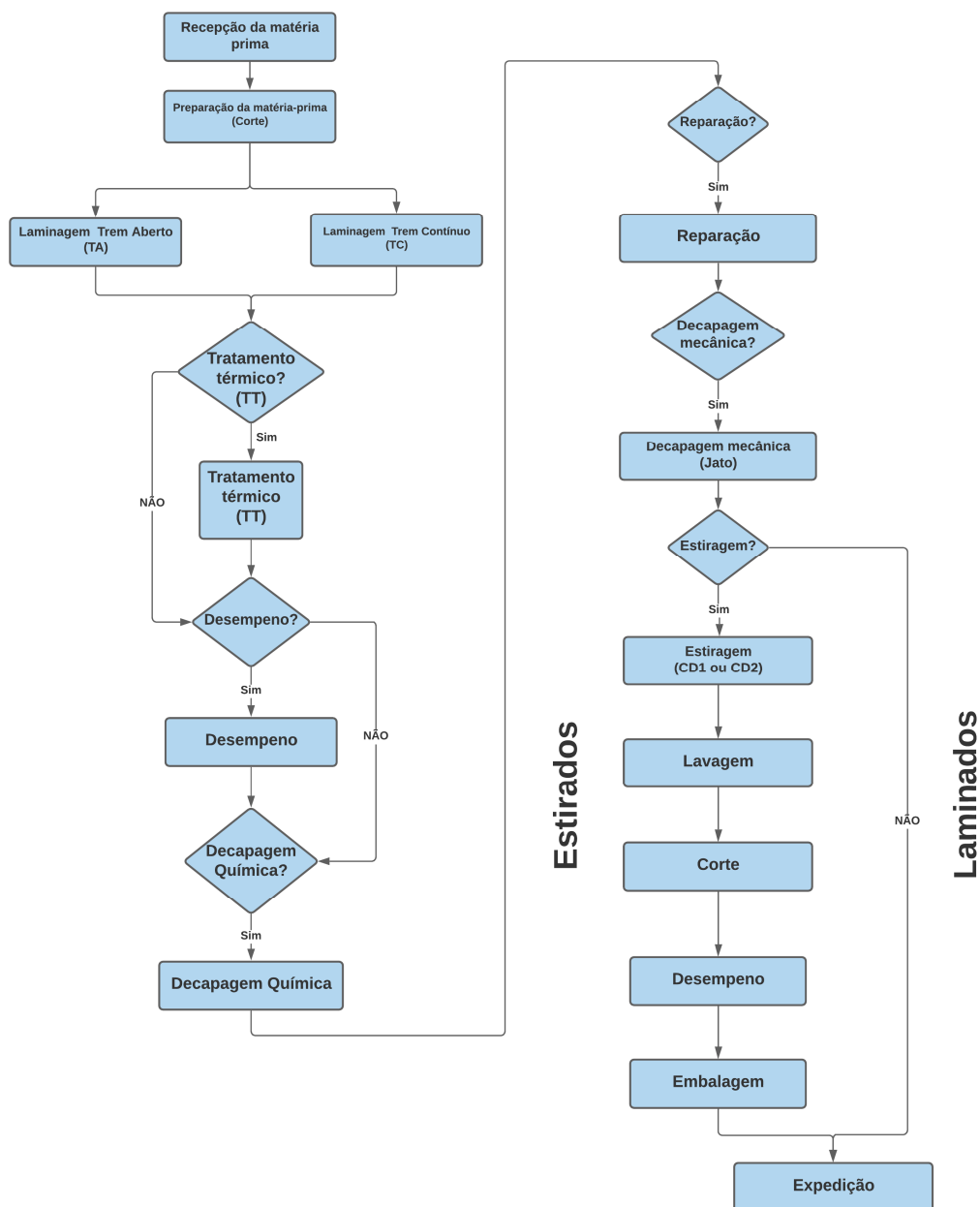


Figura 1.3. Fluxograma do processo da empresa (Nabeiro, 2015).

1.3. Motivações e objetivos

Ao longo dos anos tem-se imposto a necessidade de a indústria produzir de forma mais eficiente, de modo a reduzir os custos de fabrico dos seus produtos. Com esse objetivo foram desenvolvidas metodologias, como a manutenção produtiva total, que visam a melhoria da produtividade através da eliminação ou otimização das operações de manutenção.

Conforme abordado no subcapítulo 1.2, na Böllinghaus Steel, o processo de estiragem é a última grande transformação a ser aplicada aos produtos, apresentando nesta fase muitas transformações com adição de valor. Considerando este aspeto, torna-se importante otimizar o processo de estiragem de modo a que não ocorram perturbações na última fase do processo de fabrico que impeçam todo o valor acrescentado de ser aproveitado. Assim, com o intuito de aumentar a eficiência do setor de estiragem, e reduzir as paragens existentes na linha, associadas a avarias o presente estudo teve por objetivo implementar a TPM na sua segunda linha.

1.4. Estrutura da dissertação

No capítulo introdutório foi apresentada uma breve contextualização histórica da empresa, foram descritos os produtos e o processo produtivo da mesma, e foi explicada a motivação e os objetivos do trabalho realizado.

No segundo capítulo será fornecido um enquadramento teórico relativo às metodologias utilizadas para a execução dos objetivos descritos.

Os capítulos 3 a 7 descreverão, sequencialmente, cada uma das fases da metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) utilizada para desenvolver este trabalho.

Por fim, no oitavo capítulo, serão apresentadas as conclusões dos trabalhos desenvolvidos no âmbito da dissertação.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo, é abordada não só a metodologia implementada (TPM), mas também, a metodologia utilizada para a sua implementação (DMAIC).

2.1. *Total Productive Maintenance*

A metodologia *Total Productive Maintenance*, mais conhecida por TPM, foi desenvolvida no Japão entre 1960 e 1970. A manutenção produtiva total consiste de uma adaptação da manutenção produtiva (PM, *Productive Maintenance*), desenvolvida nos Estados Unidos da América, na década de 50. Esta iniciativa, distingue-se das suas predecessoras, pelo envolvimento total na sua execução, quer daqueles que interagem com os equipamentos, quer daqueles que interagem com as instalações, durante a sua implementação (Pinto J. P., 2013).

Em linha com os objetivos da sua predecessora, a TPM visa alcançar o aumento da eficácia e do lucro do processo, através da eliminação de defeitos e avarias. Para atingir estes objetivos, a metodologia TPM procura eliminar todo o tipo de perdas que possam existir na fábrica, concentrando-se, para isso, nas seis perdas principais (Japan Institute of Plant Maintenance, 1996).

2.1.1. As seis grandes perdas

As seis grandes perdas são definidas de modo a agregar os principais fatores que contribuem para a redução da produtividade. Deste modo, ao serem eliminadas essas perdas, que se descrevem de seguida, é aumentada a eficiência da produção.

O primeiro tipo de perda, designado por avaria ou falha engloba qualquer paragem do equipamento que impeça a continuação da produção dentro dos horários programados.

O segundo tipo de perda, designado por tempo de *set-up* engloba todas as perdas relativas a paragens por períodos de tempo significativos, durante os quais a produção é interrompida para que possam ser executadas afinações ou mudanças de *set-up*.

O terceiro tipo de perda designado por pequenas paragens e funcionamento sem carga, engloba todas as perdas decorrentes de paragens curtas do equipamento, para a resolução de problemas associados ao mesmo, pelo operador, e sem intervenção da equipa de manutenção.

O quarto tipo de perda, designado quebra de velocidade engloba as perdas de produção associadas ao mau estado dos equipamentos, que não permite que estes funcionem à sua velocidade ideal.

O quinto tipo de perda, designado por produtos defeituosos, está associado à produção de produtos não conformes, que podem ter como destino a sucata ou ser objeto de reparação, durante a produção estável.

O sexto tipo de perda, designado por arranque das máquinas, está associado à produção de produtos defeituosos no arranque da produção antes de se iniciar a produção estável.

2.1.2. Os oito pilares da TPM

Tal como se apresenta na Figura 2.1, a implementação da TPM apoia-se em 8 pilares que consistem em iniciativas a ser desenvolvidas, em simultâneo, de modo a eliminar todas as perdas descritas no item anterior.

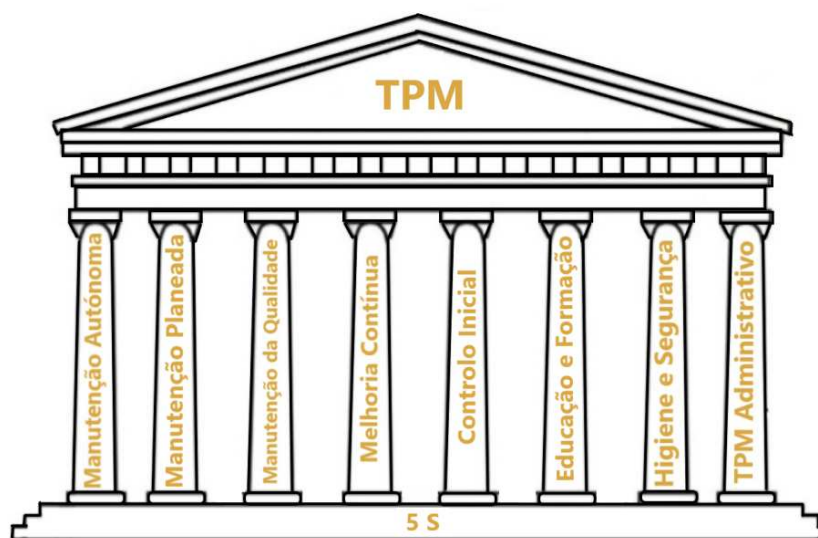


Figura 2.1. Estrutura da TPM.

A Manutenção autónoma consiste em atribuir tarefas simples de manutenção aos operadores dos equipamentos, dando-lhes uma maior responsabilidade sobre os mesmos, assim como um maior sentido de titularidade. Ao efetuar esta transferência de tarefas de manutenção, aumenta-se a disponibilidade dos membros da equipa de manutenção para a execução de operações que exijam maiores níveis de formação.

A Manutenção planeada, por sua vez, consiste em efetuar um planeamento cuidadoso das ações de manutenção. A calendarização das intervenções de manutenção, tem como objetivo a prevenção de avarias, através da realização de intervenções que não se sobreponham aos períodos destinados à produção. A manutenção planeada possibilitará o aumento da disponibilidade dos equipamentos, assim como o aumento dos tempos médios entre falhas (MTBF, *Mean Time Between Failure*).

A Manutenção da Qualidade consiste em executar ações de manutenção que permitam reduzir defeitos nos produtos provocados pela condição das máquinas, enquanto a Melhoria Contínua consiste na realização de intervenções específicas através das quais os equipamentos e/ou as instalações são melhorados. Para isso devem ser identificadas áreas prioritárias, de modo a que o impacto seja significativo e os custos/esforços sejam menores (Pinto J. P., 2013).

O Controlo Inicial consiste no estudo cuidadoso dos equipamentos, ainda na fase de aquisição, assegurando que estes apresentam boa “manutibilidade”. Ou seja, selecionando equipamentos que requeiram pouca manutenção ou cuja manutenção seja de fácil execução. O mesmo conceito pode ser aplicado às instalações.

Naturalmente, a implementação dos pilares anteriores requer a execução de tarefas de Educação e Formação dos trabalhadores, devendo esta ser fornecida para que a TPM possa ser executada de uma forma correta.

A implementação de regras de Higiene e Segurança permite por sua vez garantir que as melhorias anteriormente implementadas cumprem as normas de segurança e de higiene e ambiente. Tem também como função melhoria das condições de higiene e segurança existentes.

Finalmente, o último pilar, designado por TPM Administrativo, atua na eliminação das perdas nos processos administrativos e tem como objetivo aumentar a eficiência do sistema de operações. A implementação da metodologia TPM pode revelar

problemas no planeamento dos processos, nas compras, na documentação ou nos procedimentos de trabalho.

Para além de se apoiar nos pilares já descritos, a TPM necessita do suporte da metodologia 5 S para que seja implementada corretamente.

2.2. A metodologia 5 S

Apesar de ser um conceito simples, que alguns considerariam apenas bom senso, a ideologia 5 S raramente é encontrada em ambiente industrial. A implementação desta ideologia tem como objetivo a redução do desperdício e a melhoria do desempenho das pessoas e dos processos, ao requerer a manutenção de condições ótimas nos locais de trabalho (Pinto J. P., 2013). As cinco ações que caracterizam a metodologia dos 5 S devem ser executadas repetidamente como representado na Figura 2.2.



Figura 2.2. Implementação dos 5 S.

O nome 5 S provém das cinco palavras japonesas que a geram (Pinto J. , 2009): *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*.

A ação *Seiri* (eliminar) consiste na separação do útil e do inútil. Ou seja, nos postos de trabalho são deixados apenas os elementos essenciais às operações a executar, removendo tudo o que estiver presente e seja desnecessário.

Após a remoção de todos os elementos desnecessários é fundamental organizar os restantes, tornando a sua utilização eficiente. A execução desta tarefa corresponde à ação *Seiton* (organizar).

Os locais de arrumação dos materiais devem ser assinalados, para que se identifique facilmente o modo correto de arrumação e a possível ausência de algum dos equipamentos.

A ação *Seiso* (limpar) tem como objetivo não só a limpeza de qualquer tipo de sujidade existente no espaço de trabalho, como também a criação de mecanismos de deteção da mesma. A limpeza nos postos de trabalho facilita a deteção de anomalias e deve ser realizada de forma reiterada.

A ação *Seiketsu* (padronizar) consiste na definição de padrões de comportamento para os trabalhadores nos postos de trabalho, que promovam a realização das ações acima descritas ao longo do tempo. Estas devem especificar o modo como as ações devem ser executadas.

Finalmente, a ação *Shitsuke* (respeitar e melhorar), visa a conservação das ações descritas, a qual deve ser encorajada pela empresa. Para isso, são realizadas auditorias periódicas, a fim de certificar a realização das ações propostas e detetar situações alvo de possíveis melhorias.

Como se encontra representado na Figura 2.2, as cinco ações que caracterizam a metodologia 5 S devem ser executadas repetidamente, e, por isso, apesar de ser uma das metodologias mais fáceis de implementar, esta é também uma das metodologias mais difíceis de manter, já que depende da dedicação dos trabalhadores. Sendo assim, torna-se necessária a existência de uma comunicação eficaz com os colaboradores no sentido de os sensibilizar para a importância da aplicação desta ideologia.

2.3. Metodologia Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma é utilizada para medir a qualidade de um processo, ao identificar erros que possam gerar defeitos e ao implementar novos sistemas de gestão após a correção dos mesmos. O método foi designado de Seis Sigma na década de oitenta pelo engenheiro Bill Smith, da empresa Motorola, (i Six Sigma-Editorial, s.d.) (Lucid Chart Content Team, s.d.).

A metodologia Seis Sigma é aplicada utilizando a abordagem DMAIC, cujo conceito será desenvolvido no subcapítulo 2.4.

As equipas responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos Seis Sigma são constituídas por diferentes intervenientes, aos quais são atribuídas as denominações e funções : *Champion*, *Black-Belt*, *Green Belt*, *Yellow Belts* e *White Belts*.

O interveniente *Champion* tem como objetivo gerir projeto a nível executivo, e promover a ideologia Seis Sigma. O interveniente *Black Belt* tem como objetivo liderar e orientar as equipas de modo a reduzir erros e variações, enquanto o interveniente *Green Belt* lidera o projeto na resolução de problemas, na implementação estratégica, e na tomada de decisões. Os intervenientes *Yellow Belts* executam a definição, medição, análise, melhoria e controlo do modelo DMAIC. Finalmente os intervenientes *White Belts* trabalham em conjunto com os outros membros da equipa, nas ações de resolução de problemas, enquanto apoiam as decisões tomadas no resto do projeto.

2.4. A metodologia DMAIC

A metodologia DMAIC, desenvolvida por Edwards Deming, é utilizada na melhoria de processos, sendo, normalmente, usada na execução de projetos Seis Sigma. Apesar disso, esta metodologia pode também ser utilizada na organização de outros tipos de projetos (Terry, 2010).

Tal como a metodologia 5 S, a metodologia DMAIC deve ser implementada ciclicamente, ou seja impondo critérios progressivamente mais restritos e melhorando continuamente as soluções encontradas para os problemas. A implementação desta metodologia está ilustrada pela Figura 2.3.

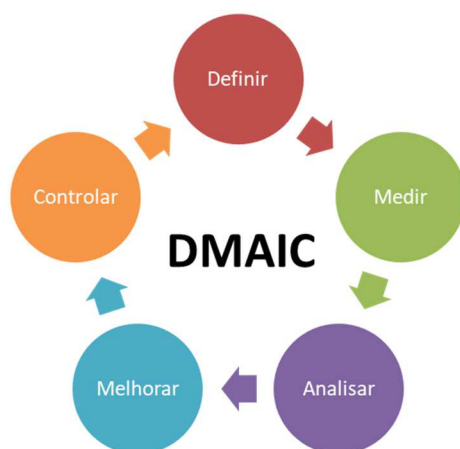


Figura 2.3. Ciclo de implementação da metodologia DMAIC.

A primeira fase da metodologia DMAIC, “definir”, começa com a identificação do problema que necessita de ser solucionado e termina com a definição dos objetivos a alcançar ao longo do projeto. Nesta fase, é realizado o diagrama SIPOC (*Supplier; Input; Process; Output; Client*) e a medição do OEE (*Overall Equipment Efficiency*) e de outros indicadores que possam dar esclarecimentos sobre o estado inicial de implementação. Estes contribuem para que se possam definir metas e funcionam como referência na comparação com resultados futuros (Villa Nova University, 2021).

A segunda fase, “medir”, requer a recolha de informação sobre os problemas a corrigir, de modo a que se compreenda mais profundamente os processos envolvidos, as expectativas dos clientes, as especificações e os locais onde podem surgir problemas. Nesta etapa, são executadas as medições de indicadores de desempenho (Tanner, 2021).

De seguida, é executada a análise dos dados, ou seja a fase “analisar”, que tem por objetivo encontrar as origens dos problemas a solucionar, identificando as razões pelas quais a eficiência dos processos não é mais elevada. Podem ser utilizadas ferramentas que permitem saber onde se encontram os maiores problemas, como os gráficos ABC (gráficos de Pareto). Pode também ser executada uma análise FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) ou um diagrama de Ishikawa para determinar as causas dos problemas existentes (Tanner, 2021).

Sabendo as causas principais dos problemas, devem ser encontradas soluções que permitam eliminar estas causas e por fim eliminar os problemas, melhorando assim o processo. Normalmente, na fase “melhorar”, são realizadas sessões de *Brainstorming*, envolvendo equipas interdisciplinares com o objetivo de encontrar e implementar as soluções (Nabeiro, 2015).

A última e não menos importante etapa, “controlar”, pretende garantir que tudo o que foi aplicado anteriormente não deixa de ser praticado, impedindo o retrocesso à situação anterior à implementação da metodologia DMAIC (Tanner, 2021).

2.5. Indicadores de manutenção

A manutenção, ou a necessidade desta pode ser avaliada por vários indicadores, que darão auxílio à tomada de decisões de gestão e de planeamento da manutenção.

2.5.1. Fiabilidade

A fiabilidade é definida como a probabilidade de um equipamento cumprir a sua função em condições específicas de funcionamento durante um certo período de tempo (Nakajima, 1989). A quantificação da fiabilidade é normalmente executada recorrendo ao cálculo do parâmetro MTBF (*Mean Time Between Failures*).

Existem ainda outros indicadores de manutenção como a taxa de avarias $\lambda(t)$, o tempo médio de falha (MTTF), e o tempo médio de reparação (MTTR). Estes indicadores permitem ter uma noção exata de qual o estado dos equipamentos e auxiliar na tomada de decisão.

O parâmetro MTBF, em português, tempo médio entre avarias, consiste no tempo médio que decorre entre as avarias dos equipamentos (Cabral, 2006). Este parâmetro pode ser calculado recorrendo à equação:

$$\text{MTBF} = \frac{\sum \text{Tempos de funcionamento no período}}{N^{\circ} \text{ de avarias no período}} \quad (2.1)$$

Para componentes que não podem ser reparados, considera-se o tempo médio até à falha, MTTF (*Mean Time To Failure*), que representa o tempo estimado de duração do componente.

A taxa de avarias ($\lambda(t)$) pode ser descrita pelo número de avarias que ocorreram durante um determinado período de tempo (Cabral, 2006). Este indicador pode ser calculado a partir da equação:

$$\lambda(t) = \frac{N^{\circ} \text{ de avarias durante o período de análise}}{\text{Período de análise}} \quad (2.2)$$

O parâmetro MTTR (*Mean Time To Repair*), em português, tempo médio de reparação, consiste no tempo médio necessário para reparar uma avaria (Cabral, 2006). O MTTR pode ser calculado recorrendo à equação(2.3):

$$\text{MTTR} = \frac{\sum \text{Tempos de reparação no período}}{N^{\circ} \text{ de avarias no período}} \quad (2.3)$$

É de notar que o cálculo de todos estes indicadores requer a utilização de um histórico de avarias de confiança. Sem este, o cálculo dos indicadores não será fiável.

3. FASE DEFINIR

Ao seguir a metodologia DMAIC, começa-se pela fase “definir”.

Nesta fase, procede-se à definição da equipa e do problema a abordar, delineando um plano a ser implementado. Assim, a equipa foi definida considerando a metodologia seis sigma, o plano foi executado com recurso ao gráfico de Gantt, apresentado no APÊNDICE A, e a definição do problema foi executada usando a metodologia de análise SIPOC.

3.1. Definição da equipa

A aplicação da metodologia DMAIC obriga à constituição de uma equipa com elementos de diferentes níveis de hierarquia da empresa, tal como se esquematiza na Figura 3.1. Na seleção da equipa para a implementação da metodologia TPM procurou-se incluir elementos com conhecimentos relativos ao processo de estiragem, como o supervisor da produção e os colaboradores do setor, assim como elementos com conhecimentos relativos aos equipamentos, como o diretor de engenharia A autora da dissertação foi enquadrada na equipa como o elemento integrador de ambos os ramos.



Figura 3.1. Equipa selecionada utilizando a metodologia DMAIC.

Tabela 2 Codificação utilizada para identificar os vários equipamentos da segunda linha de estiragem.

Referência	Descrição
MG-0005	Mesa de carga do jato de granalha
EJ-0001	Jato de granalha
MG-0004	Mesa de descarga do jato de granalha
CR-0041	Caminho de rolos jato – pré-coating
TT-0002	Correntes de transporte pré-coating
TQ-0014	Tanque pré-coating
MG-0030	Mesa de carga da máquina de estirar
QE-0029	Quadro elétrico da linha de estiragem
ME-0214	Motor de tração do carro
EE-0002	Máquina de estirar
ME-0213	Motor da corrente principal
TF-0006	Correntes de transporte estiragem - lavagem
CR-0037	Caminho de rolos de entrada na lavagem
LP-0007	Máquina de lavagem
CR-0038	Caminho de rolos lavagem - corte
TT-0003	Correntes de transporte do corte
CR-0042	Caminho de rolos do corte
MQ-0020	Máquina de corte Kasto
MQ-0055	Máquina de corte WAC 70-1
MQ-0056	Máquina de corte WAC 70-2
CR-0043	Caminho de rolos corte-desempeno
TT-0004	Correntes de transporte para o desempenho
MG-0013	Mesa de carga do desempenho
DE-0007	Máquina de desempenho
IM-0002	Máquina de estampar
MG-0047	Mesa de descarga automática do desempenho

3.2.2. Principais etapas do processo de estiragem

A linha de estiragem considerada inclui um jato de granalha, cuja função é remover óxidos e outras imperfeições existentes na superfície das barras através da projeção de granalha. Esta operação tem também como objetivo aumentar a rugosidade das barras de modo a facilitar o processo de lubrificação posterior. Sendo esta uma máquina cujo objetivo é provocar desgaste, é inevitável a existência de desgaste autoinfligido. Este aspeto apresenta-se como a maior causa de avarias neste equipamento.

Após o processo de decapagem mecânica, as barras são transportadas através de um tanque, sendo submersas na solução de pré-coating. Ao saírem do tanque, deixando de estar submersas, resíduos da solução na superfície da barra formam uma camada protetora que trabalhará em conjunto com o óleo de lubrificação durante a estiragem da barra (Figura 3.3), impedindo a formação de riscos na superfície dos materiais. No

equipamento de submersão das barras, os maiores problemas são fugas e o desgaste das correntes que transportam as barras.



Figura 3.3. Aplicação do óleo de auxílio à estiragem.

As barras já revestidas são posteriormente colocadas na máquina de estirar, uma a uma, e conformadas com recurso à fieira que pode ser observada na Figura 3.3. Esta ação é executada, num primeiro momento, por mordentes que empurram a barra através da fieira e, posteriormente, por um carro que puxa a barra até à sua estiragem completa (Figura 3.4). Na máquina de estirar, os principais problemas são as fugas hidráulicas e os componentes que partem devido aos impactos e demais esforços associados ao processo de conformação.



Figura 3.4. Estiragem da barra.

O equipamento de estiragem é provido de um conjunto de braços que vão avançando, de modo a suportarem a barra à medida que esta sai da fieira. Estes braços realizam a descarga das barras estiradas para a mesa de carga da máquina de lavar. As barras são, então, conduzidas por um túnel de lavagem, onde produtos de limpeza e água

são bombeados contra as mesmas removendo resíduos de óleo provenientes do processo anterior, como se evidencia na Figura 3.5.



Figura 3.5. Superfície da barra (a) antes do processo de lavagem, (b) após o processo de lavagem.

Depois da lavagem, as pontas das barras são removidas em máquinas de corte e o restante comprimento é seccionado de acordo com as dimensões requeridas pelo cliente. Os problemas nas máquinas de corte são maioritariamente associados a falhas de *software*, uma vez que duas delas funcionam automaticamente. O processo de corte representa também o *bottleneck* da linha de estiragem, sendo a operação de estiragem interrompida recorrentemente, para que as máquinas de corte possam acompanhar a sua produção.



Figura 3.6. Ponta da barra após o corte.

Quando já seccionadas, as barras passam pela máquina de desempenho, onde lhes é conferida a linearidade imposta pelo cliente. Sendo os esforços realizados por este equipamento elevados, as avarias mais comuns são as de rotura dos componentes mecânicos e a existência de fugas de óleo.

3.2.3. SIPOC

Segundo (S. Parkash, et al, 2011) a utilização de tabelas SIPOC permite a identificação de aspetos chave dos processos, facilitando a sua análise durante a implementação de melhorias necessárias.

O SIPOC do processo de estiragem, começando na decapagem mecânica das barras e terminando no desempenho pode ser observado no APÊNDICE B

3.3. Definição do problema

Os trabalhos efetuados no âmbito da dissertação focaram-se na redução dos tempos de paragem da segunda linha do setor de estiragem, assim como na diminuição do número de paragens não planeadas provocadas por avarias. A implementação da metodologia TPM visou aumentar a eficiência deste setor, a qual é aferida através da metodologia OEE.

Na Tabela 3 são apresentados os objetivos quantitativos a alcançar com a implementação da metodologia TPM. Estes objetivos foram decididos numa reunião com vários membros da equipa, sendo baseados na experiência dos mesmos. As metas de MTBF e OEE foram traçadas decompondo a segunda linha de estiragem em dois segmentos: o jato e os restantes equipamentos (CD2). Esta decomposição foi realizada devido aos diferentes tempos de funcionamento destes dois segmentos. O MTTR e os custos de manutenção e de operação foram calculados considerando a segunda linha de estiragem, na sua globalidade, devido à independência destes indicadores dos tempos de funcionamento.

Tabela 3 Objetivos traçados para a implementação da TPM

Objetivos mensais		Inicial	Meta	Varição
Aumento do MTBF [h]	CD2	14,9	20,8	40 %
	Jato	64,9	90,9	40 %
Aumento do OEE	CD2	60,7 %	63,7%	5 %
	Jato	83,5%	85,2%	2 %
Redução do MTTR [h]	Geral	1,38	1,10	20 %
Custos de manutenção [€/ton]	Geral	47,02	37,62	20 %
Custo operacional [€/ton]	Geral	242,94	194,35	20 %

4. FASE MEDIR

Como referido no subcapítulo 2.4, nesta fase, foi realizada a recolha de informação relativa aos problemas a abordar, de modo a obter uma melhor perspetiva sobre os mesmos.

Nesta secção é apresentada a quantificação do número de avarias, dos tempos de paragem a elas associados, e do número de ações de manutenção realizadas ao longo do período em análise.

Será também apresentado o cálculo da eficiência global dos equipamentos de jatear e de estiragem que, por terem períodos de funcionamento diferentes, têm de ser calculados separadamente.

Recorrendo ao *software* que regista os pedidos de manutenção na empresa, assim como os trabalhos efetuados, foram listadas todas as ações de manutenção executadas na segunda linha de estiragem, desde o início de janeiro de 2020 até ao final de janeiro de 2021. Este intervalo alargado de tempo, mas ainda recente, permitiu a recolha de dados em número suficiente para fundamentar as conclusões da análise, e ao mesmo tempo, suprimir o estudo de dados relacionados com acontecimentos não relevantes na atualidade.

4.1. Avarias e tempos de paragem

Na Tabela 4 apresenta-se o resumo de todas as avarias e dos respetivos tempos de reparação (TDR), registados durante o período em causa, para cada equipamento. A tabela permite concluir que, no período em análise, ocorreram 210 avarias, as quais se traduziram a um total de 287 horas de paragem da linha de produção. É também possível notar que a maior parte das avarias se concentraram em três equipamentos.

Tabela 4 Histórico das avarias desde janeiro de 2020 até ao final de janeiro de 2021.

Equipamento	Referência	Número de avarias	TDR [h]
Mesa de carga do jato de granalha	MG-0005	7	5,3
Jato de granalha	EJ-0001	53	90,0
Mesa de descarga do jato de granalha	MG-0004	13	8,3
Caminho de rolos jato - <i>pré-coating</i>	CR-0041	2	1,1
Correntes de transporte <i>pré-coating</i>	TT-0002	2	1,5
Tanque <i>pré-coating</i>	TQ-0014	11	9,9
Mesa de carga da máquina de estirar	MG-0030	3	2,9
Máquina de estirar	EE-0002	57	73,5
Caminho de rolos de entrada na lavagem	CR-0037	0	0,0
Máquina de lavagem	LP-0007	39	75,5
Caminho de rolos lavagem - corte	CR-0038	0	0,0
Correntes de transporte do corte	TT-0003	1	2,5
Caminho de rolos do corte	CR-0042	1	0,3
Máquina de corte Kasto	MQ-0020	2	0,7
Máquina de corte WAC 70-1	MQ-0055	2	3,8
Máquina de corte WAC 70-2	MQ-0056	5	2,9
Caminho de rolos corte-desempeno	CR-0043	3	2,8
Correntes de transporte para o desempenho	TT-0004	0	0,0
Mesa de carga do desempenho	MG-0013	5	2,8
Máquina de desempenho	DE-0007	3	2,2
Máquina de estampar	IM-0002	1	1,2
Mesa de descarga automática do desempenho	MG-0047	0	0,0
Total		210	287,0

4.2. Tipos de manutenção

Na Böllinghaus Steel, estão implementados quatro tipos de ações de manutenção, nomeadamente, Manutenção Preventiva Sistemática, Manutenção Preventiva Condicional, Manutenção Corretiva e Manutenção de Melhoria. Na Manutenção Preventiva Sistemática, estão incluídas todas as ações de manutenção que são realizadas periodicamente, seguindo quer as recomendações dos fabricantes dos equipamentos, quer diretrizes desenvolvidas com base na experiência adquirida no decurso da utilização dos mesmos. A Manutenção Preventiva Condicional inclui todos os trabalhos de manutenção que visam recuperar, para o estado ótimo, equipamentos cujo funcionamento esteja condicionado. A Manutenção Corretiva abrange os trabalhos de restauro dos equipamentos, quando estes perdem a sua aptidão para produzir. Finalmente, a Manutenção de Melhoria, visa a substituição/modificação de componentes específicos dos equipamentos com o objetivo de melhorar o seu funcionamento ou eliminar/reduzir avarias com eles relacionadas.

4.2.1. Prevenção de avarias

Na Figura 4.1 é representada a evolução dos custos de manutenção em função da percentagem de realização de atividades de manutenção preventiva e corretiva. A figura permite concluir que na existência de uma manutenção totalmente corretiva, os custos de manutenção aumentam devido às paragens associadas às avarias registadas. Por outro lado, na existência de uma manutenção totalmente preventiva, os custos de paragem tornam-se nulos devido à inexistência de paragens não planeadas. No entanto os custos de manutenção serão elevados, devido à elevada utilização de recursos associada a este tipo de manutenção. De acordo com a figura, a minimização dos custos de manutenção passa pela implementação, de forma equilibrada, das duas formas de manutenção. Considerando este equilíbrio, no presente trabalho, para além da contabilização do número de avarias, foram também contabilizadas as operações levadas a cabo para as evitar. Na Tabela 5 apresenta-se o número de ações de manutenção realizadas ao longo do ano, assim como as horas de mão-de-obra consumidas na sua realização.

O estudo da tabela revela a existência de 401 trabalhos de manutenção sistemática, 210 ações corretivas, 138 ações de manutenção condicional e 4 ações de melhoria, equivalendo a um total de 1274,1 horas de mão-de-obra por parte da equipa de manutenção. Este total perfaz cerca de 12% do tempo de atividade da equipa de manutenção, sendo apenas superado pelo tempo de intervenção no trem aberto de laminagem, que contou com 2685,63 horas de mão-de-obra (23,4%).

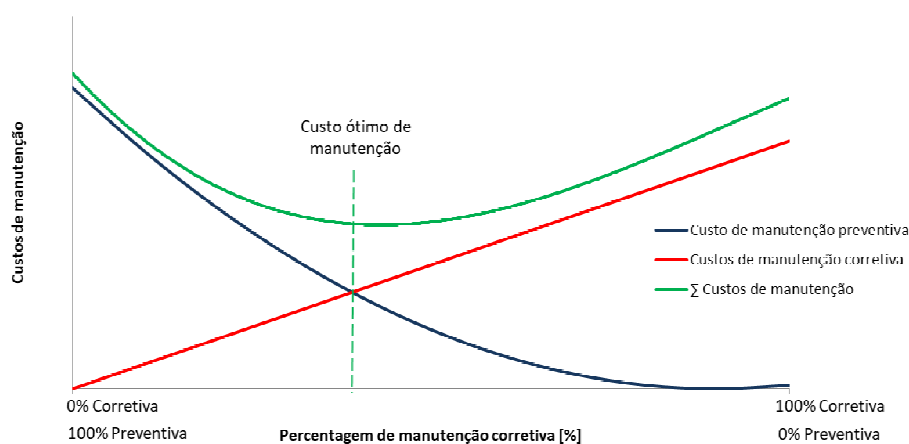


Figura 4.1. Evolução dos custos em relação ao tipo de manutenções realizadas.

Tabela 5 Trabalhos de manutenção realizados na prevenção de avarias.

Objeto	Número de intervenções					Mão -de-obra [h]				
	Preventiva Sistemáticas	Corretiva	Preventiva Condicional	Melhoria	Total	Preventiva sistemática	Corretiva	Preventiva condicional	Melhoria	Total
MG-0005	0	7	2	1	10	0,0	5,3	0,9	1,5	7,7
EJ-0001	78	53	17	0	148	73,0	132,9	111,4	0,0	317,3
MG-0004	0	13	2	0	15	0,0	9,5	1,2	0,0	10,7
CR-0041	0	2	0	0	2	0,0	1,1	0,0	0,0	1,1
TT-0002	19	2	0	0	21	22,1	1,5	0,0	0,0	23,6
TQ-0014	6	11	7	0	24	15,0	15,1	17,5	0,0	47,6
MG-0030	19	3	2	0	24	24,3	3,7	4,0	0,0	32,0
EE-0002	48	57	36	2	143	79,4	0,0	41,2	15,2	135,8
TF-0006	20	0	0	0	20	19,6	0,0	0,0	0,0	19,6
CR-0037	18	0	0	0	18	19,1	95,4	0,0	0,0	114,5
LP-0007	19	39	30	0	88	32,2	97,1	140,4	0,0	269,6
CR-0038	18	0	2	0	20	18,8	0,0	6,0	0,0	24,8
TT-0003	17	1	2	0	20	12,7	2,5	11,9	0,0	27,1
CR-0042	18	1	1	0	20	13,0	0,3	2,0	0,0	15,4
MQ-0020	22	2	13	0	37	25,3	0,7	15,7	0,0	41,6
MQ-0055	20	2	6	0	28	28,7	4,5	5,4	0,0	38,6
MQ-0056	19	5	5	0	29	27,0	3,4	7,2	0,0	37,5
CR-0043	18	3	2	0	23	12,1	2,8	0,8	0,0	15,7
TT-0004	18	0	2	0	20	11,3	0,0	5,0	0,0	16,3
MG-0013	10	5	0	0	15	10,3	2,8	0,0	0,0	13,0
DE-0007	11	3	8	0	22	46,1	4,0	9,4	0,0	59,5
IM-0002	1	1	1	0	3	0,0	1,2	1,0	0,0	2,2
MG-0047	2	0	0	1	3	1,5	0,0	0,0	1,5	3,0
Total	401	210	138	4	753	491,3	383,7	380,9	18,2	1274,1

4.3. Medição do OEE

A medição do OEE permitiu quantificar o efeito das paragens por avaria na produtividade da linha em estudo. Recorrendo aos dados já existentes na base de dados da empresa pôde determinar-se o OEE para o mês de janeiro de 2021.

O cálculo deste indicador teve de ser determinado separando o jato de granalha e a estiragem, devido aos diferentes períodos de funcionamento. Os parâmetros de cálculo dos indicadores de produtividade e de qualidade foram também calculados de forma diferente, devido ao diferente modo de contabilizar as suas produções.

Começando pelo cálculo da eficiência global do equipamento do jato, a disponibilidade (**D**) foi determinada usando a equação:

$$D = \frac{\text{tempo de produção efetivo [h]}}{\text{tempo de produção programado [h]}} \quad (4.1)$$

Na equação anterior, *tempo de produção programado* representa o número de turnos realizados, tendo cada turno 7 horas. O *tempo de produção efetivo* consiste no

tempo que sobra quando se retiram os tempos de paragem por avaria e por *set-up* ao **tempo de produção programado**.

A produtividade da linha do jato (P_{Jato}) foi calculada através da contabilização **tempo previsto de processamento** e do **tempo real de processamento** dos atados, de acordo com a relação:

$$P_{Jato} = \frac{\text{tempo previsto de processamento [h]}}{\text{tempo real de processamento [h]}} \quad (4.2)$$

O **tempo previsto de processamento** é calculado a partir do comprimento das barras, do número de divisões do atado necessárias para o processar completamente e da velocidade de processamento do atado, de acordo com a equação:

$$\text{tempo previsto de processamento} = \text{divisões do atado} \times \frac{\text{comprimento das barras [mm]} + 100}{1000 \times \text{velocidade } \left[\frac{m}{s}\right]} \quad (4.3)$$

O número de divisões do atado é imposto pela capacidade máxima da máquina, pela velocidade de processamento que é selecionada pelo operador da mesma, recorrendo à especificação técnica apresentada no ANEXO A, e pela à distância mínima requerida entre divisões do atado, sendo que esta é constante (100 mm).

O **tempo real de processamento** é o tempo obtido nos registos de lançamento efetuados no princípio e no fim do processamento do atado.

A qualidade (Q) do jato de granalha é um parâmetro difícil calcular, uma vez que os defeitos provocados pelo jato são dificilmente detetáveis. Normalmente, apenas depois de as barras terem sido processadas noutra equipamento é que os defeitos associados à decapagem mecânica são detetados, não podendo assim ser diretamente atribuídos a esta operação. Por este motivo, a qualidade de processamento do jato foi assumida como 99%.

No que concerne à eficiência global da operação de estiragem, a disponibilidade (D) foi determinada utilizando a equação (4.1) da mesma forma que no processo de decapagem mecânica.

Por sua vez, o cálculo da produtividade da linha de estiragem (P_{CD2}) foi efetuado a partir da **velocidade real** e da **velocidade ideal** de processamento, recorrendo à equação:

$$P_{CD2} = \frac{\text{velocidade real } [\frac{\text{barras}}{\text{h}}]}{\text{velocidade ideal } [\frac{\text{barras}}{\text{h}}]} \quad (4.4)$$

A *velocidade real* foi calculada a partir do número de barras processadas durante o período em estudo e do tempo efetivo de processamento. A *velocidade ideal* que corresponde à velocidade a que a linha conseguiria produzir em condições ideais, foi assumida como sendo igual a 30 barras/hora.

A qualidade (**Q**) de processamento da linha de estiragem foi calculada utilizando a equação:

$$Q = 1 - \frac{\text{quantidade não conforme [kg]}}{\text{quantidade produzida [kg]}} \quad (4.5)$$

a partir da *quantidade não conforme* e da *quantidade produzida*, contabilizadas com base nos valores obtidos a partir dos lançamentos realizados durante a produção.

Por fim, o OEE foi calculado pela multiplicação destes três parâmetros.

$$OEE = D \times P \times Q. \quad (4.6)$$

Na Tabela 6, são apresentados os cálculos realizados para a determinação do OEE do jato de granalha e da linha de estiragem no mês de janeiro de 2021. A Tabela 6 permite concluir que os OEE do jato e da linha de estiragem, respectivamente, se encontram a 83,5% e 60,7%.

Tabela 6 Cálculo da eficiência global dos equipamentos em janeiro de 2021.

Jato	<i>Tempo de produção efetivo</i> = 389,7 [h]	D = 97,7%	OEE = 83,5%
	<i>Tempo de produção programado</i> = 7 × 57 = 399 [h]		
	<i>Tempo previsto de processamento</i> = 277,37 [h]	P = 86,4%	
	<i>Tempo real de processamento</i> = 321,13 [h]		
		Q = 99,0%	
Estiragem	<i>Tempo de produção efetivo</i> = 236,98 [h]	D = 91,9%	OEE = 60,7%
	<i>Tempo de produção programado</i> = 7 × 37 = 259 [h]		
	<i>Velocidade real</i> = 19,97 [barras/h]	P = 66,6%	
	<i>Velocidade ideal</i> = 30 [barras/h]		
	<i>Quantidade não conforme</i> = 2151,32 [kg]	Q = 99,2%	
<i>Quantidade produzida</i> = 27415 [kg]			

5. FASE ANALISAR

5.1. Avarias

As avarias existentes durante o período em estudo foram analisadas de modo a determinar quais os equipamentos responsáveis pela maior parte das paragens não planeadas da linha. Com este objetivo foi realizada a análise de Pareto, representada na Figura 5.1, a qual permitiu evidenciar os equipamentos críticos.

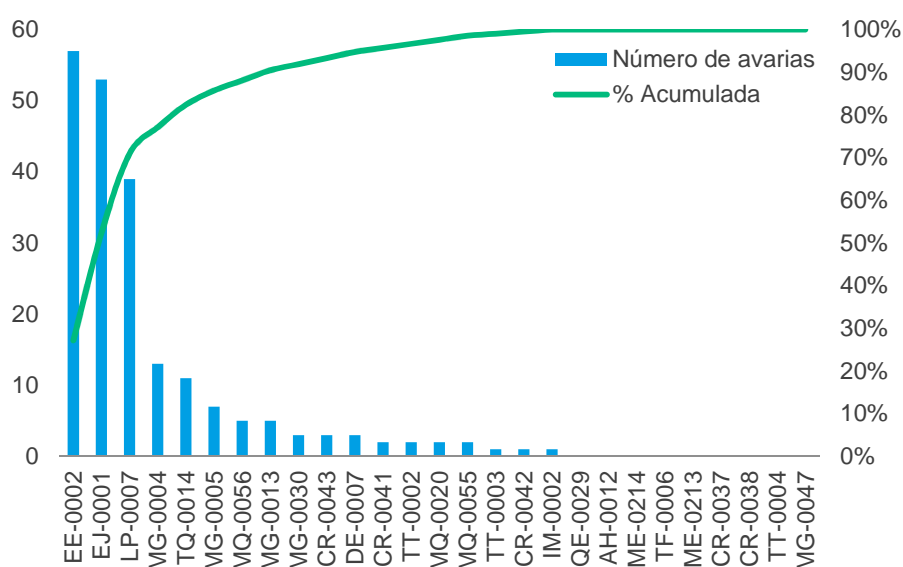


Figura 5.1. Análise de Pareto do número de avarias ocorridas em 2020.

A análise efetuada permitiu determinar que os equipamentos que provocam 80% das paragens na linha são a máquina de estirar, o jato de granalha, e a máquina de lavar. Com base nesta constatação, foi possível efetuar uma análise mais profunda das avarias existentes em cada um destes três equipamentos críticos, sendo também realizada uma análise de Pareto dos tipos de avarias existentes em cada um destes três equipamentos apresentadas nas Figura 5.2, Figura 5.3 e Figura 5.4, para a máquina de estirar, o jato e a máquina de lavar, respetivamente.

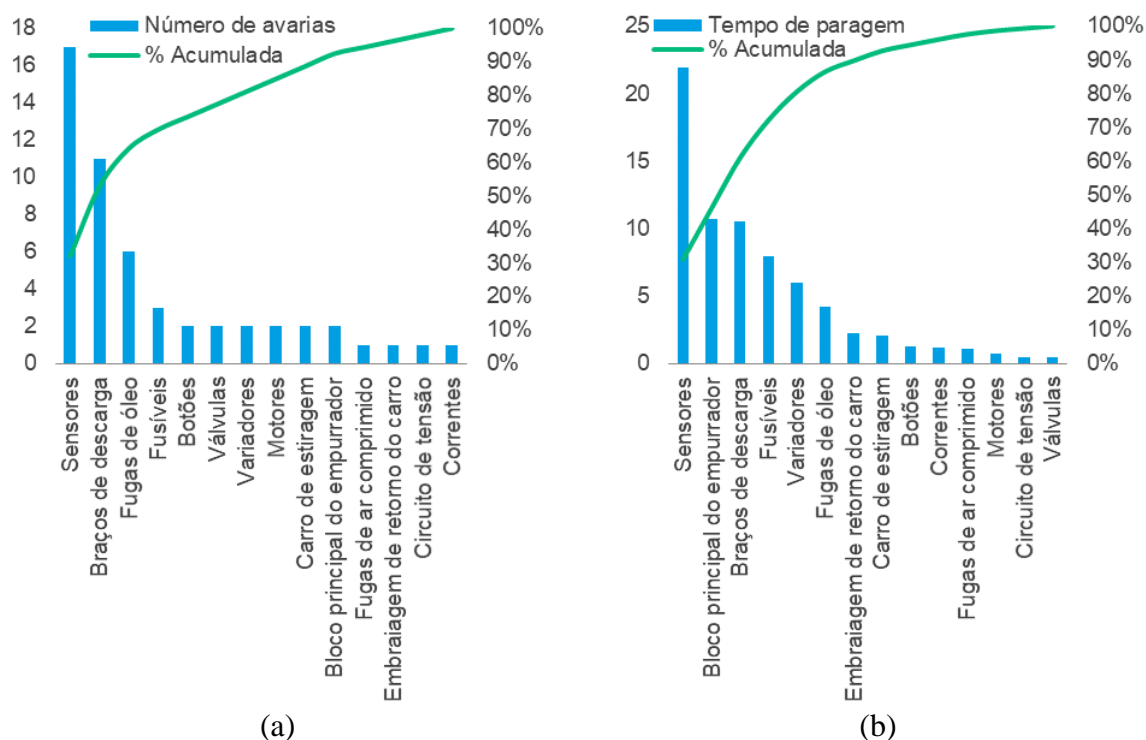


Figura 5.2. Análise de Pareto das avarias ocorridas na máquina de estirar em 2020: (a) número de avarias; (b) horas de paragem por tipo de avaria.

Na máquina de estirar (Figura 5.2), determinou-se que as avarias com maior número de ocorrências estavam relacionadas com os sensores, os braços de descarga e as fugas de óleo. Relativamente às horas de paragens da linha por avaria, determinou-se que as avarias que, ao todo, provocaram mais horas de paragem, estiveram relacionadas com os sensores, o bloco principal do empurrador das barras e com os braços de descarga das barras.

No caso do jato de granalha (Figura 5.3), as avarias com maior ocorrência incidiram nas laterais das turbinas, nas correntes de transmissão de movimento dos rolos e nas turbinas de projeção da granalha. As avarias responsáveis pelo tempo de paragem mais longo da linha relacionaram-se com as laterais das turbinas, com as palhetas das turbinas e com o sem-fim de recolha da granalha.

Na máquina de lavar (Figura 5.4), verificou-se que a maior parte das avarias ocorreram devido à falha das resistências de aquecimento do líquido de lavagem, à deterioração dos cabos elétricos e a fugas de água. A maior parte do tempo de paragem derivou de avarias relacionadas com as resistências de aquecimento do líquido de lavagem, com as bobines das electroválvulas e com as bombas doseadoras do produto desengordurante.

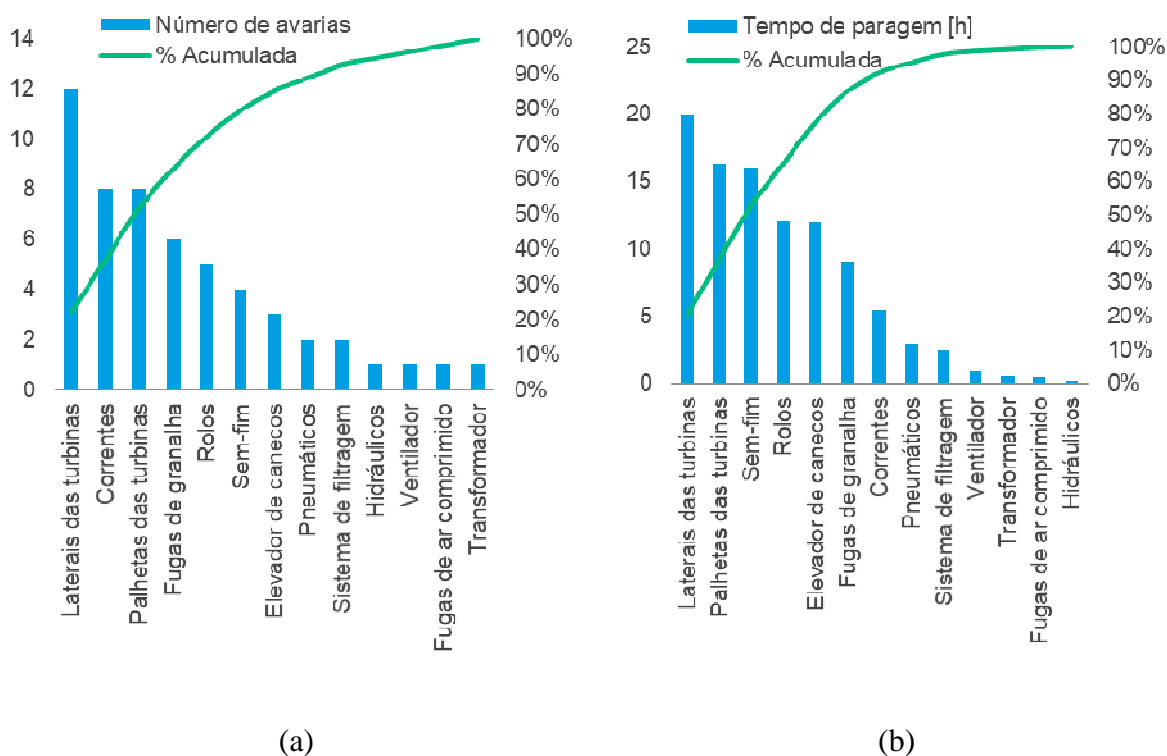


Figura 5.3. Análise de Pareto das avarias ocorridas no jato de granalha em 2020 (a) número de avarias; (b) horas de paragem por tipo de avaria.

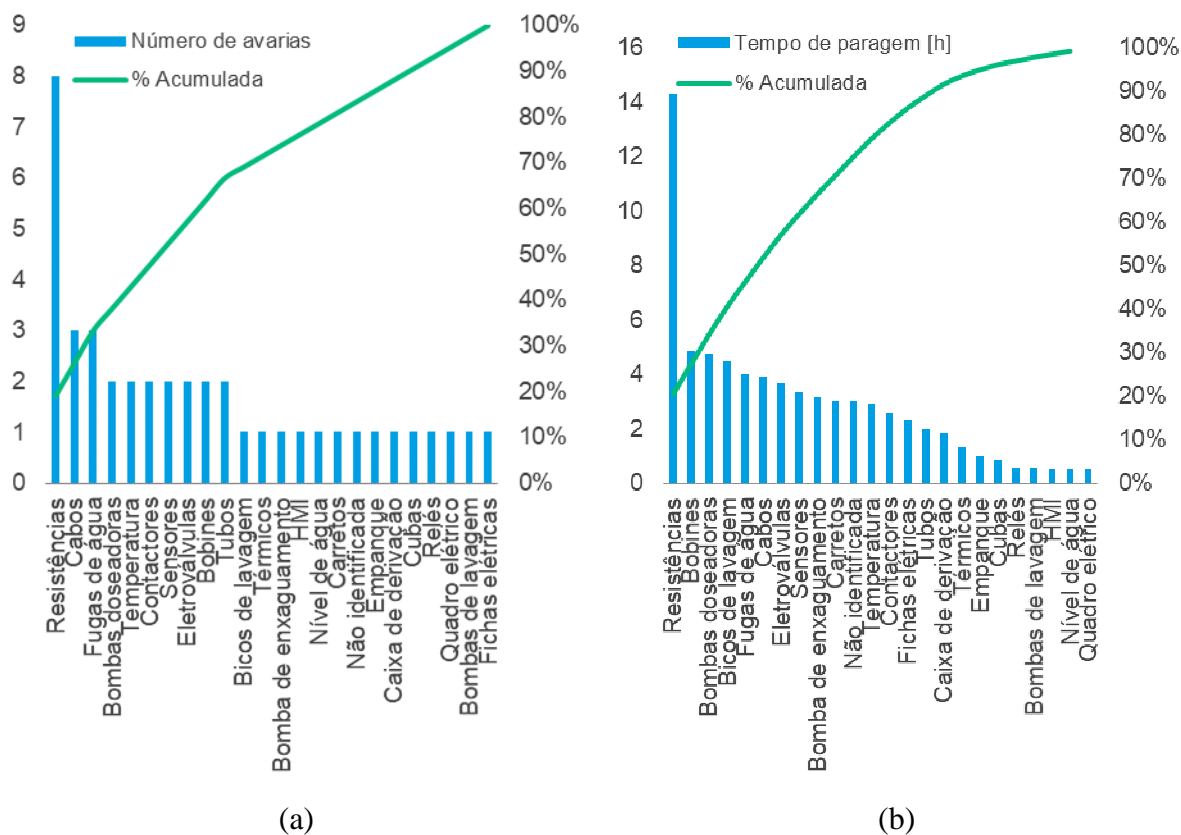


Figura 5.4. Análise de Pareto das avarias na máquina de lavar em 2020 (a) número de avarias; (b) horas de paragem por tipo de avaria.

5.2. Ações de manutenção preventiva condicional

De forma semelhante à análise apresentada na subsecção anterior, foi realizada uma análise às ações de manutenção preventiva condicional realizadas em 2020. Os resultados dessa análise, apresentados na Figura 5.5, permitiram identificar quais foram determinados os equipamentos com maior número de intervenções deste tipo.

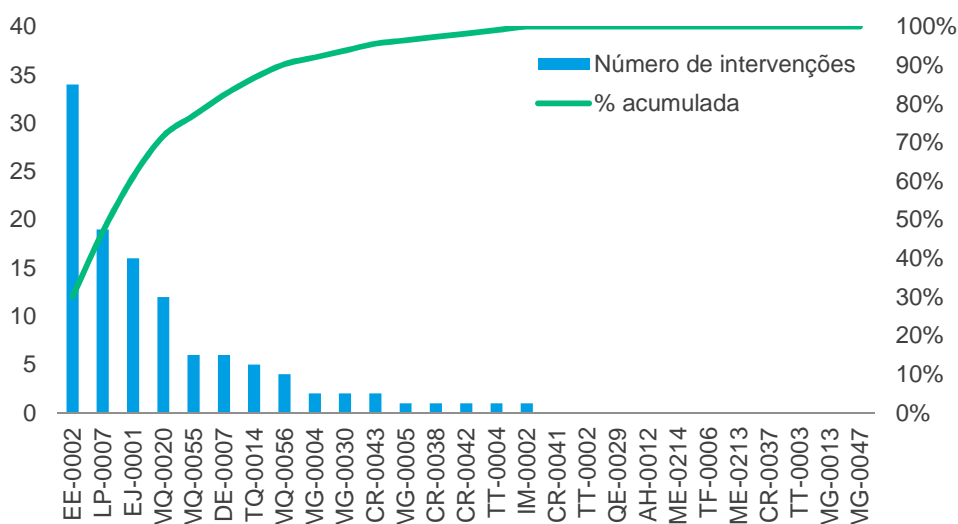


Figura 5.5. Análise de Pareto do número de intervenções de manutenção preventiva condicional existentes na linha de estiragem em 2020.

Esta análise permitiu concluir que, os equipamentos com maior número de intervenções, são os mesmos para os quais foi detetado o maior número de avarias, nomeadamente, a máquina de estirar, a máquina de lavar e o jato de granalha, ainda que com criticidades diferentes.

Seguindo o mesmo procedimento da análise das avarias, foi realizada uma análise das intervenções de manutenção condicional em cada um destes equipamentos críticos, a qual permitiu identificar a relação entre as intervenções realizadas e os componentes intervencionados. Os resultados destas análises, encontram-se representados nas Figura 5.6, Figura 5.7 e Figura 5.8 para a máquina de estirar, a máquina de lavar e para o jato, respetivamente.

Determinou-se que a maior parte das intervenções de manutenção condicional realizadas na máquina de estirar (Figura 5.6) estiveram relacionadas com o funcionamento condicionado dos pneumáticos, com a afinação dos sensores, e com fugas de ar comprimido. A maior parte das horas de mão-de-obra despendidas nas ações de manutenção condicional foram relacionadas com reparação da redutora do motor de

retorno do carro de estiragem, com a troca de cabos dos sensores e com a reparação do veio do gancho do carro de estiragem.

Na máquina de lavar (Figura 5.7), determinou-se que a maior parte das intervenções foram associadas ao funcionamento condicionado das bombas de lavagem, a fugas de água, a vedantes danificados, a resistências danificadas e ao funcionamento condicionado da bomba do esgoto. Das intervenções estudadas, as que necessitaram de mais mão-de-obra foram as realizadas nas bombas de lavagem, nas reparações/substituições das resistências de aquecimento do líquido e na reparação da bomba do esgoto.

No jato de granalha a maior parte das intervenções foram realizadas devido a fugas de granalha e à troca de filtros. A maioria das horas de mão-de-obra foram aplicadas nas intervenções relacionadas com o sem-fim de recolha de granalha, com o transformador de corrente e com o sensor fim de curso.

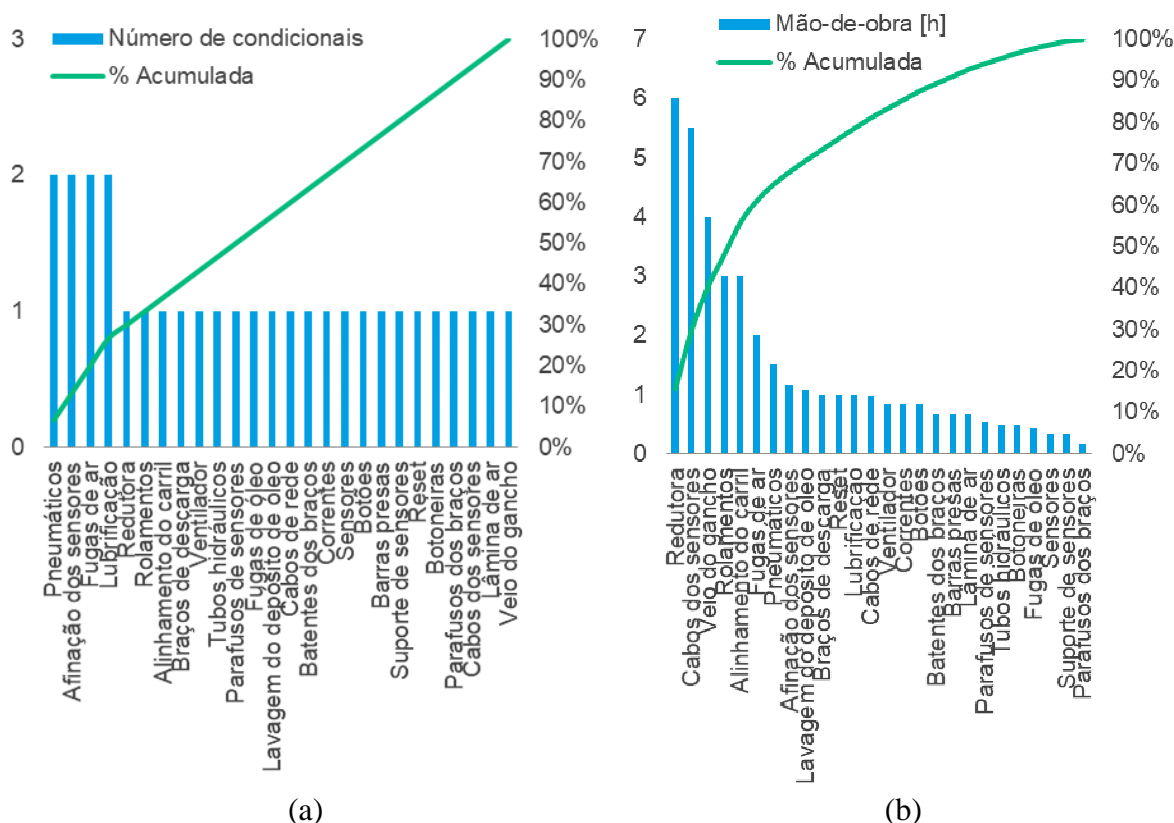


Figura 5.6. Análise de Pareto das ações de manutenção preventiva condicional efetuadas na máquina de estirar em 2020 (a) número de intervenções; (b) horas de mão-de-obra por tipo de intervenção.

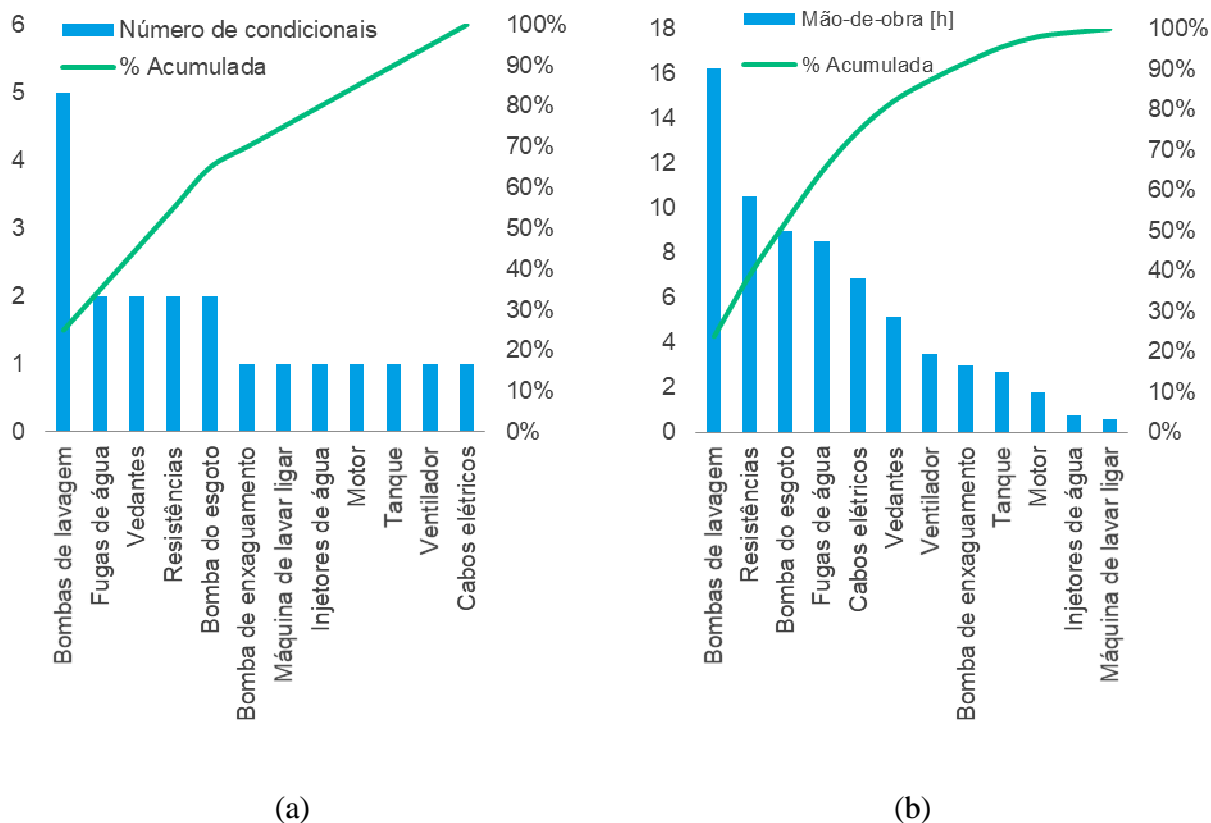


Figura 5.7. Análise de Pareto das ações de manutenção preventiva condicional efetuadas na máquina de lavar em 2020 (a) número de intervenções; (b) horas de mão-de-obra por tipo de intervenção.

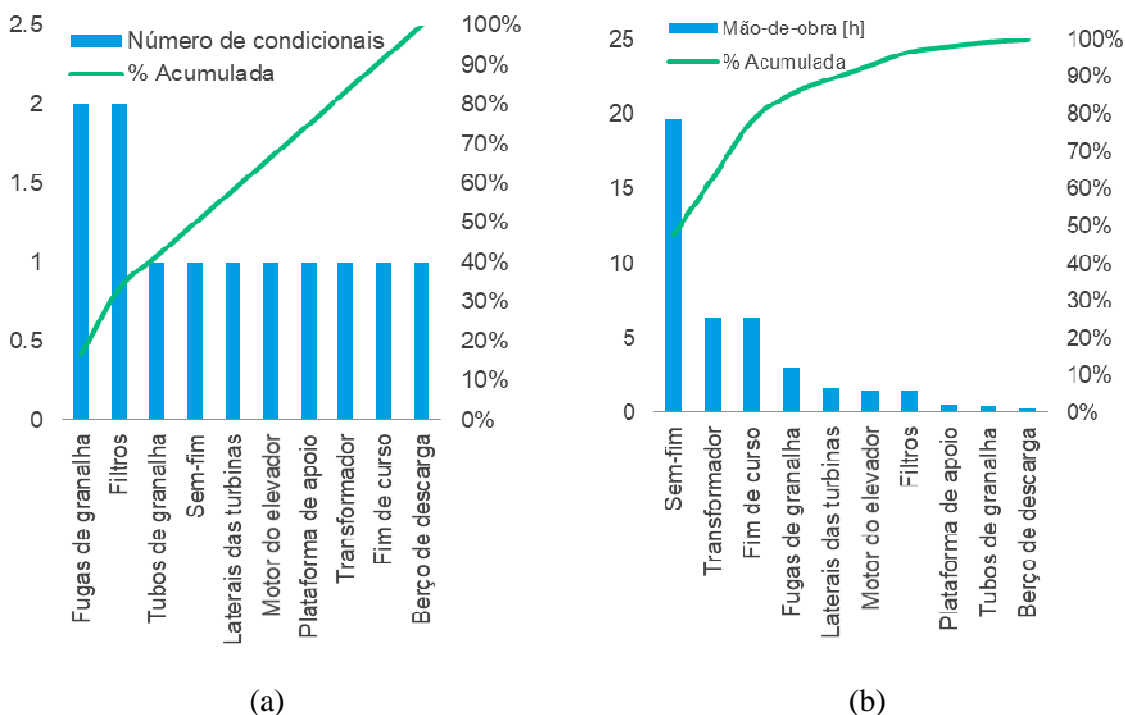


Figura 5.8. Análise de Pareto das ações de manutenção preventiva condicional efetuadas no jato de granalha em 2020 (a) número de intervenções; (b) horas de mão-de-obra por tipo de intervenção.

5.3. Ações de manutenção preventiva sistemática

Após a análise das avarias e das intervenções de manutenção preventiva condicional foi realizada a análise das ações de manutenção preventiva sistemática planeadas e realizadas em 2020, as quais são representadas pela Figura 5.9. Esta análise permitiu a compreensão da discrepância entre a quantidade de ações de manutenção preventiva sistemática planeadas e aquelas que se conseguiram efetivamente realizar. Com este efeito, apesar de terem sido planeadas cerca de 600 ações de manutenção preventiva sistemática, equivalentes a, aproximadamente, 1000 horas de mão-de-obra, foram apenas realizadas cerca de 350 ações, as quais totalizaram cerca de 420 horas.

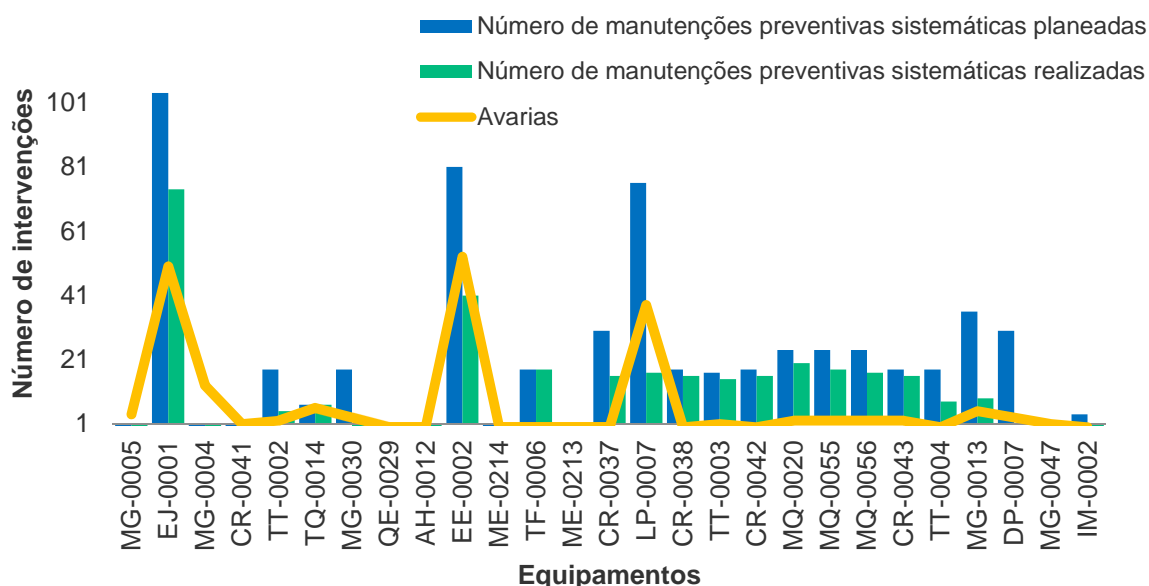


Figura 5.9. Análise do número e horas de ações de manutenção preventiva planeadas e realizadas em 2020.

Podem também observar-se na Figura 5.9 a existência de equipamentos cujo número de avarias foi relativamente baixo ou nulo, os quais foram submetidos a diversas ações de manutenção preventiva sistemática. Um exemplo destes equipamentos são os caminhos de rolos (CR) da estiragem para a máquina de lavar, da saída da lavagem, da máquina de lavar para as máquinas de corte e das máquinas de corte para a máquina de desempenho. Um outro exemplo corresponde às correntes de transporte (TT/TF) das barras da estiragem para a máquina de lavar, do corte e do corte para o desempenho.

6. FASE MELHORAR

Nesta fase, encontram-se apresentadas as melhorias implementadas em cada pilar da metodologia TPM desenvolvido.

6.1. Manutenção preventiva

6.1.1. Otimização das ações de manutenção preventiva sistemática

Considerando a análise das ações de manutenção preventiva apresentadas anteriormente, foi realizado um estudo com o objetivo de apurar a necessidade de aumento, ou criação, de ações de manutenção preventiva sistemática em certos equipamentos, e ainda, a possibilidade da redução deste tipo de ações noutros equipamentos.

Para este efeito foi avaliado, para cada equipamento, quer o tipo de avaria e a sua frequência, quer o tipo de manutenções preventivas realizadas e as suas frequências.

Este estudo permitiu identificar a necessidade de implementação de uma nova ação de manutenção preventiva na mesa de descarga da máquina de jatear (MG-0004), uma vez que este equipamento apresentou pelo menos uma avaria mensal, sem que existisse qualquer ação de prevenção destas avarias. Um estudo mais aprofundado das avarias neste equipamento permitiu ainda determinar que as falhas das correntes dos rolos e das correntes de transporte eram as principais responsáveis pelas paragens. A ação de manutenção preventiva implementada consiste na verificação do estado de tensionamento das correntes e da sua respetiva lubrificação, podendo esta ser observada no ANEXO B. A esta inspeção, foi também adicionada a inspeção do estado de alguns dos componentes de desgaste rápido. A substituição destes componentes é realizada pela equipa de manutenção de modo a garantir que a máquina esteja sempre nas melhores condições possíveis.

Com base na análise efetuada foi ainda realizada a redução da frequência de 17 ações de manutenção preventivas em 9 equipamentos distintos. Esta redução foi possível devido à existência de uma frequência de ações de manutenção preventivas demasiado elevada.

Na Tabela 7, apresentam-se as ações de manutenção preventivas que sofreram reduções na frequência da sua realização.

Tabela 7 Ações de manutenção preventiva com frequência reduzida.

Equipamento	Tipo de manutenção	Periodicidade anterior	Periodicidade atual
EJ-0001	Manutenção mecânica	1 S	1 M
TT-0002	Verificação elétrica	6 S	2 M
	Verificação mecânica	6 S	2 M
MG-0030	Verificação elétrica	6 S	2 M
	Verificação mecânica	6 S	2 M
TF-0006	Verificação elétrica	6 S	3 M
	Verificação mecânica	6 S	3 M
CR-0037	Verificação mecânica	6 S	3 M
LP-0007	Verificação mecânica	1 M	6 S
CR-0038	Verificação elétrica	6 S	3 M
	Verificação mecânica	6 S	3 M
TT-0003	Verificação elétrica	6 S	3 M
	Verificação mecânica	6 S	3 M
CR-0043	Verificação elétrica	6 S	3 M
	Verificação mecânica	6 S	3 M
TT-0004	Verificação elétrica	6 S	3 M
	Verificação mecânica	6 S	3 M

Adicionalmente foi identificada a necessidade de aumentar a frequência de uma das ações de manutenção preventiva realizadas na máquina de lavar, consistindo esta na verificação elétrica, cuja periodicidade passou de um mês para três semanas. A necessidade de diminuir a periodicidade desta verificação decorre do facto de terem sido detetadas avarias recorrentes de componentes elétricos deste equipamento.

Com a otimização das ações de manutenção preventiva sistemáticas espera-se a redução do número de avarias dos equipamentos para os quais a frequência destas ações foi aumentada, assim como a conservação do número de avarias dos restantes equipamentos.

6.1.2. Redução de custos e tempos de manutenção

No âmbito da redução dos custos e dos tempos de paragens, foi realizado o desenho técnico dos vários componentes consumíveis das máquinas de corte e dos caminhos de rolos, os quais são apresentados na Figura 6.1. O desenho destes componentes foi realizado através de um processo de engenharia inversa, partindo dos componentes originais e realizando modificações onde necessárias.

Com esta ação a empresa passou a poder fazer o pedido de produção destes componentes a fabricantes cujos custos e prazos de entrega sejam inferiores aos dos seus fornecedores originais, reduzindo assim o custo e tempo de substituição destes componentes.

Em conjunto com a realização dos desenhos técnicos destes componentes, foram também desenvolvidos procedimentos de substituição destes componentes, agilizando esta operação.

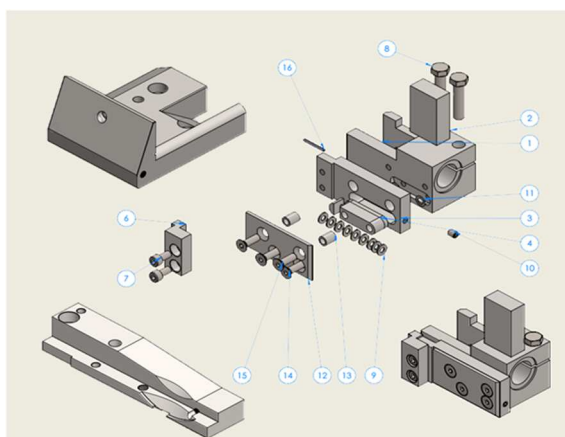


Figura 6.1. Componentes de desgaste desenhados.

6.2. Melhoria contínua

6.2.1. Sessões de *Brainstorming*

Considerando os resultados das diferentes análises apresentados na secção anterior, foram realizadas duas sessões de *Brainstorming* onde foram encontradas as causas das principais avarias apresentadas na Figura 6.2 e deliberar sobre a necessidade de realização de ações de manutenção preventiva condicional, bem como determinar soluções que promovam a redução ou eliminação destas.



Figura 6.2. Causas afixadas durante as sessões de *Brainstorming*.

Nas sessões de *Brainstorming*, esteve envolvida uma equipa interdisciplinar, integrando o supervisor da produção da linha de estiragem, o engenheiro de planeamento da manutenção, o supervisor da manutenção mecânica, o supervisor da manutenção elétrica e a autora da presente dissertação.

Todas as sugestões de soluções foram escritas em cartões com três graus de prioridades, obtendo-se as soluções priorizadas para as avarias e para as ações de manutenção condicional que se mostram na Tabela 8. As soluções sugeridas foram avaliadas considerando os custos estimados associados às mesmas, o esforço requerido na sua implementação e a recompensa esperada pela sua realização. Com base nessa avaliação foi dada a prioridade à implementação das soluções com maior pontuação. Deliberou-se também realizar a implementação simultânea de soluções com a mesma pontuação. Na Tabela 8, descrevem-se as soluções resultantes da sessão de *Brainstorming* relativa às avarias e, na Tabela 9, descrevem-se as soluções da sessão relativa às ações de manutenção condicional. No APÊNDICE C são apresentadas as mudanças nos equipamentos após a implementação de algumas das soluções encontradas durante as sessões de *Brainstorming*.

Tabela 8 Soluções de redução/ eliminação de avarias a serem realizadas.

Objeto	Componente / Avaria	Solução	0	0	0	Pontuação
			- Custo + ↑	- Esforço + ↑	+Recompensa - ↓	
			5	5	5	
Máquina de estirar	Fugas hidráulicas	Controlar a pressão da bomba	5	4	4	80
		Controlo mensal das afinações das válvulas do sistema hidráulico	5	4	4	80
		Proteção de tubos do sistema hidráulico que roçam na estrutura metálica da máquina	4	4	4	64
	Sensores	Troca de porcas dos suportes dos sensores por porcas freadas	4	4	4	64
Túnel de lavagem	Fugas de água	Melhorar isolamento da porta da máquina e do caminho de cabos	4	3	5	60
Jato		Criação de horário para a execução dos trabalhos de manutenção necessários no jato	4	5	5	100

Tabela 9 Soluções de redução/ eliminação de ações de manutenção condicional a serem realizadas.

Objeto	Componente	Solução	0	0	0	Pontuação
			- Custo + ↑ 5	- Esforço + ↑ 5	+ Recompensa ↓ 5	
Máquina de estirar	Redutora	Verificação mensal do aperto dos parafusos da caixa redutora	5	4	4	80
	Cabos dos sensores	Remover os cabos a mais nas calhas	4	4	5	80
	Empurrador	Verificação mensal do aperto dos parafusos das chumaceiras dos hidráulicos do empurrador	5	4	5	100
Máquina de lavar	Bomba do esgoto	Trocar antirretornos de latão por PVC ou inox	4	4	5	80
	Tubos rasgados	Verificação mensal de fugas	5	4	4	80
Jato	Filtros	Verificação do funcionamento das electroválvulas dos filtros	5	4	4	80
		Aplicar aviso luminoso da diferença de pressão antes e após o filtro	3	4	5	60
	Sem-fim	Verificar as chapas de proteção do sem-fim	5	4	4	80
	Pneumáticos	Dar formação aos operadores sobre regulação do fluxo de granalha	5	4	4	80

6.2.2. Medição de vibrações

Para além das ações de melhoria selecionadas durante as sessões de *Brainstorming* foram implementadas outras melhorias adicionais.

A medição de vibrações é uma ação essencial na aferição do estado de funcionamento dos equipamentos e na deteção prematura de avarias em elementos rotativos de máquinas. Considerando a sua importância, foi implementada uma rotina de medição das vibrações nos motores das bombas da máquina de lavar, atendendo à importância deste equipamento para o bom funcionamento da linha de estiragem. No APÊNDICE D encontram-se as medições realizadas durante o período de estudo.



Figura 6.3. Bombas de água pertencentes à máquina de lavar.

6.2.3. Controlo de temperatura da máquina de lavar

Considerando o elevado número de avarias existentes na máquina de lavar atribuídas à falha das resistências, foi ponderada a alteração do sistema de controlo destes componentes. Atualmente o sistema de fornecimento energético das resistências de aquecimento dos líquidos de lavagem é controlado por relés mecânicos. Com o acionamento por relés mecânicos, as resistências encontram-se ligadas ao máximo da sua potência durante intervalos de tempo prolongados, seguidos de longos períodos de inatividade. Este modo de operação conduz à realização de ciclos completos de expansão e contração das resistências, os quais contribuem para a redução significativa do tempo de vida destes componentes.

A análise efetuada permitiu concluir que durante a passagem de perfis na máquina as resistências se encontram ativas em períodos com duração média de 24 segundos e 12 segundos durante o funcionamento em vazio, seguidas de períodos de inatividade com duração aproximada a 2 min, sendo este período de inatividade suficiente para atingir o arrefecimento completo das resistências.

A implementação de controladores de potência ou do controlo a partir de relés de estado sólido permitiria a redução do número de ciclos de expansão e contração das resistências, a partir do funcionamento quase contínuo das resistências a temperaturas inferiores. Isto é possibilitado pelo modo de funcionamento destes sistemas que permitem a ativação e inativação das resistências muito mais rapidamente do que os relés mecânicos.

Com a redução dos ciclos de expansão e contração térmica, o período de vida útil destes componentes poderia passar a ser 7 vezes maior, passando de cerca de 1 mês a 7 meses. A implementação deste tipo de sistemas apresenta também uma vantagem do ponto de vista energético.

No âmbito da investigação da possibilidade de implementação deste método de controlo das resistências foi realizada uma análise de retorno sobre o investimento apresentada no ANEXO C. Esta análise, permitiu determinar que o período de retorno seria de 13 ou 18 meses, dependendo do tipo de sistema implementado.

6.3. Manutenção autónoma

Sendo a manutenção autónoma um dos pilares mais importantes da metodologia TPM, foram implementadas várias ações de manutenção a serem realizadas pelos operadores dos equipamentos, sendo a maior parte destas de verificação visual.

As instruções de manutenção implementadas encontram-se no APÊNDICE E.

6.4. Higiene e segurança

Com o intuito de melhorar as condições de segurança e a imagem de 5 S no posto de trabalho, foi modificado o sistema de fornecimento de ar-comprimido à máquina de cintar as barras após o processo de estiragem, podendo a modificação ser observada na Figura 6.4. A modificação efetuada visou garantir que a mangueira de ar comprimido não obstruísse as vias de circulação dos colaboradores. Esta solução consistiu na instalação de um enrolador automático da mangueira de ar comprimido, o qual possibilita a utilização de apenas o comprimento necessário de mangueira.



Figura 6.4. Novo sistema de fornecimento de ar-comprimido à máquina de cintar.

6.5. Educação e formação

A educação e formação dos operadores das máquinas são essenciais à implementação de qualquer atividade de manutenção autónoma. Assim, previamente à implementação das novas ações de manutenção, foi fornecida aos operadores a formação necessária para a concretização das mesmas.

Para além desta formação, foram impostos limites mínimos para a emissão de pedidos de intervenção aos colaboradores da CD2, por parte do supervisor da produção.

Esta limitação no número de pedidos de manutenção, visou estimular a capacidade de observação do estado dos equipamentos por parte dos seus operadores.

6.5.1. Análise e afinação dos consumos elétricos das turbinas do jato

Até à implementação da manutenção produtiva total, apenas os membros da equipa de manutenção e o supervisor do processo possuíam o conhecimento necessário para efetuar a afinação dos consumos elétricos das turbinas. Sendo este um parâmetro determinante no processo de decapagem mecânica, considerou-se pertinente o conhecimento e constante acompanhamento deste aspeto por parte dos operadores do jato. Para isso, foi dada a formação necessária aos colaboradores envolvidos na operação do jato, passando a tarefa de medição dos consumos a ser realizada pelos operadores do jato e a operação de afinação dos consumos a ser realizada pelo técnico do equipamento. Em conjunto com a formação dada, foi também criada uma instrução de manutenção, onde está descrito o procedimento de afinação dos consumos elétricos das turbinas, encontrando-se esta na segunda página do APÊNDICE E.

7. FASE CONTROLAR

Após a implementação das novas medidas de manutenção autónoma, é necessária a criação de um sistema de controlo da realização destas tarefas. Assim, após a análise de várias metodologias para o registo da execução das ações, concluiu-se que a melhor forma de realizar este registo, seria a inclusão do mesmo no sistema de registos de limpeza e manutenção já existente. Esta opção permite que o controlo seja executado de forma simples e sem que os operadores necessitem de estar a preencher vários formulários. A incorporação do registo destas ações no registo de limpeza permitiu também que as auditorias de 5 S já existentes para a verificação das ações de limpeza passassem também a abranger as atividades de manutenção autónoma.

Para além da integração do controlo da realização das tarefas no formulário de registo de realização das tarefas de limpeza e manutenção, procedeu-se também à digitalização deste processo, o que permitiu evitar a morosidade associada à recolha das assinaturas nos registos de papel. Esta digitalização permitiu a recolha automática dos registos de limpeza e manutenção, facilitando a sua posterior análise.

7.1. Controlo de indicadores

Durante o período de implementação da metodologia de manutenção produtiva total, existiu um acompanhamento mensal do OEE, de modo a implementar ações corretivas caso necessário. A Figura 7.1., onde se apresentam os resultados deste acompanhamento, permite observar uma tendência positiva no aumento do OEE da segunda linha de estiragem.

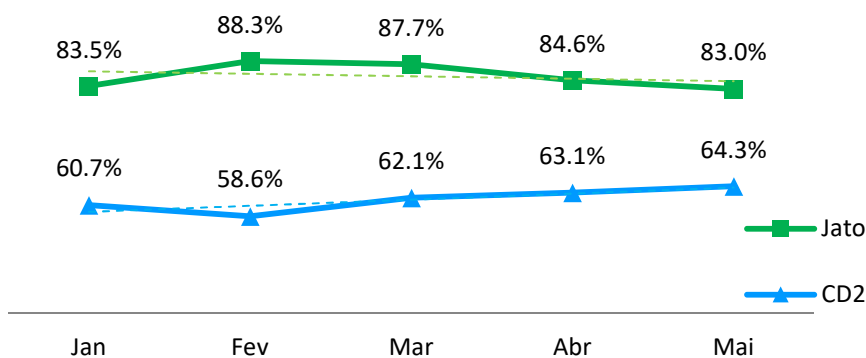


Figura 7.1. Eficiência global dos equipamentos mensal.

Conjuntamente com o seguimento da eficiência global dos equipamentos, houve também o acompanhamento dos indicadores de manutenção, podendo a evolução destes ao longo do período de implementação da metodologia ser observada na Figura 7.2. A figura permite observar uma tendência inicial positiva, seguida de uma redução dos indicadores, sendo esta diminuição provocada pelo aumento da produção que impossibilitou a realização de intervenções de manutenção necessárias para o bom funcionamento da linha.

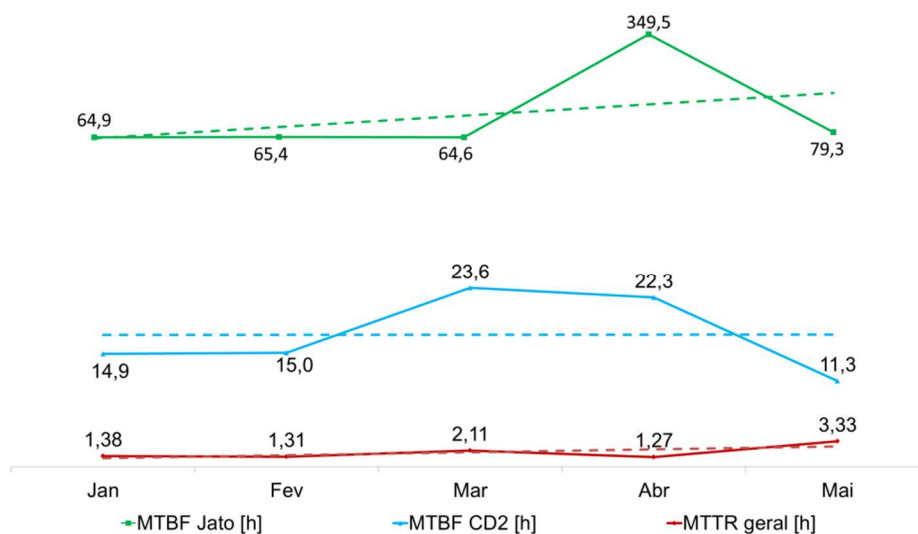


Figura 7.2. Indicadores de manutenção mensais.

Sendo um dos principais objetivos da manutenção produtiva total a redução dos custos operacionais e de manutenção, realizou-se o cálculo mensal e acompanhamento destes custos, sendo a sua evolução apresentada na Figura 7.3. O aumento da produção mencionado na secção anterior possibilitou a redução drástica dos custos operacionais e de manutenção da linha apesar da existência de outras ações de redução dos custos como a redução de tempo de manutenções preventivas e a passagem de ações de manutenção de 1ª classe para os operadores dos equipamentos.

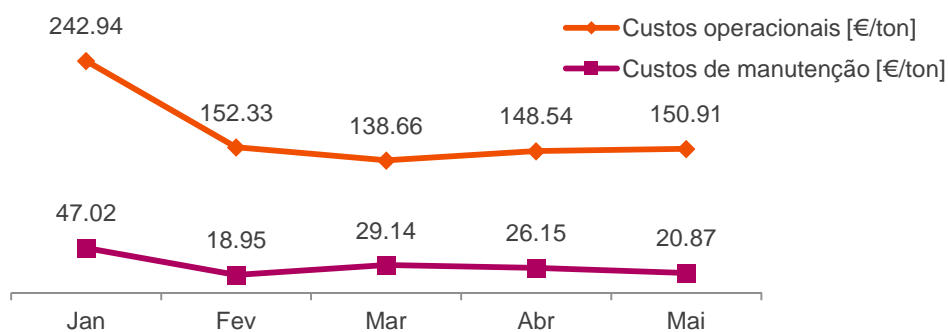


Figura 7.3. Custos operacionais e de manutenção por tonelada de material produzido.

7.2. Resultados obtidos

Na última fase da implementação da manutenção produtiva total, foi realizada a comparação das metas inicialmente traçadas, com os resultados obtidos no fim do período de estudo. Na Figura 7.4 comparam-se as metas traçadas para os diversos indicadores de manutenção e de desempenho, com os valores calculados para estes indicadores no último mês do estudo.

Como se pode concluir com base na análise da figura, foram alcançadas a metas relativas aos custos operacionais, aos custos de manutenção e ao OEE da CD2.

As restantes metas não foram alcançadas devido à ocorrência de várias avarias pontuais na linha, as quais provocaram o aumento do MTBF e do MTTR, face aos meses anteriores, devido à falta de componentes de substituição em *stock*.

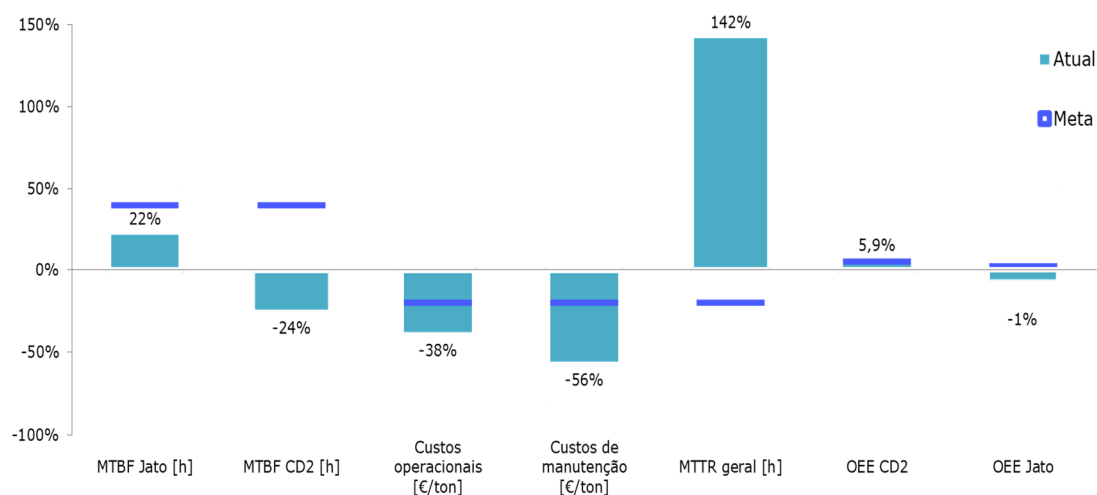


Figura 7.4. Variação dos indicadores de desempenho e manutenção alcançada e respetivas metas traçadas.

8. CONCLUSÕES

Dada a necessidade de produção eficiente cada vez mais sentida por todas as empresas, estas devem garantir que a sua produção decorre o mais próximo possível da sua capacidade máxima. Neste contexto, a metodologia TPM foca-se na melhoria contínua dos processos produtivos, com base no aumento da fiabilidade dos equipamentos.




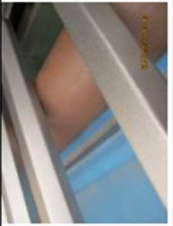




O trabalho realizado no âmbito desta dissertação permitiu concluir que, atendendo à curta duração do plano de trabalhos, os objetivos inicialmente traçados foram otimistas. Ou seja, alcançar as metas traçadas de forma consistente na fase inicial de implementação da metodologia da manutenção produtiva total revelou-se difícil de alcançar.

De modo a atingir de forma consistente as metas traçadas, considera-se necessária a continuação da aplicação desta metodologia, por um período de tempo mais prolongado. Ao longo do período de estudo, os benefícios do funcionamento da linha, resultantes da implementação da metodologia TPM, foram já sentidos conforme foi identificado no controlo mensal dos indicadores de desempenho e de manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Böllinghaus Steel Lda. (2021). Obtido de <https://boellinghaus-steel.com/homepage.html>
- Cabral, J. P. (2006). *Organização e gestão da manutenção*. Lisboa: Lidel-Edições Técnicas, Lda.
- Coelho, M. (2019). *Optimização do processo de estiragem na linha CD2*. Instituto Superior D.Dinis. Marinha Grande: Instituto Superior D.Dinis.
- i Six Sigma-Editorial. (s.d.). *The history of six sigma*. Obtido em 12 de 03 de 2021, de i Six Sigma: <https://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/history/history-six-sigma/>
- Japan Institute of Plant Maintenance. (1996). *TPM for every operator*. Productivity Press .
- Lda., B. S. (2021). *Homepage- Böllinghaus Steel GmbH*. Obtido de <https://boellinghaus-steel.com/homepage.html>
- Lucid Chart Content Team. (s.d.). *Limitations of Six Sigma Steps and What to Do About Them/ Lucid Chart*. Obtido em 12 de 03 de 2021, de Lucid Chart: <https://www.lucidchart.com/blog/six-sigma-steps-and-their-limitations>
- Nabeiro, J. P. (2015). *Implementação da manutenção produtiva total no setor de estiragem de uma empresa de produção de perfis de aço*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Mecânica. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Nakajima, S. (1989). *TPM development program: implementing total productive maintenance*. Cambridge, MA: Productivity Press, Inc.
- Pinto, J. (2009). *Modelo de implementação do pensamento JIT- Uma abordagem prática aos conceitos*. Publindústria.
- Pinto, J. P. (2013). *Manutenção Lean*. Lidel.
- S. Parkash, et al. (2011). Supplier performance monitoring and improvement (SPMI) through SIPOC analysis and PDCA model to the ISO 9001 QMS in sports goods manufacturing industry. *Scientific Journal of Logistics*.
- Smętkowska et al. (2017). Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study. *Elsevier Ltd*.
- Tanner, S. (1 de Março de 2021). *DMAIC Process: The 5 Phases of Lean Sigma That Will Change The Way You Work Forever*. Obtido em 12 de Março de 2021, de Simplilearn: <https://www.simplilearn.com/dmaic-process-article>
- Terry, K. (2010). *What is DMAIC?* Obtido em 2021, de isixsigma: <https://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/dmaic/what-dmaic/>
- Villa Nova University. (11 de Fevereiro de 2021). *Three Tools in Define Stage of DMAIC Methodology*. Obtido em 12 de Março de 2021, de Villa Nova University: <https://www.villanovau.com/resources/six-sigma/six-sigma-define-phase-dmaic/>
- Wireman, T. (2004). *Total Productive Maintenance*. Nova Iorque: Industrial Press, Inc.

ANEXO A

BOLLINGHAUS STEEL		ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA						Código	Revisão
		VELOCIDADES DE JATEAMENTO							
Elaboração	Nélio Mourato	Aprovação	Pedro Pereira	Validação	José Santos	Data	14/11/2019		
	Velocidade [m/min]	Distância entre Barras	Estado Inicial	Estado Final					
Aço para embalar	Alcance: 0.8 – 1.5 Padrão: 1.2	Igual à metade da espessura (mínimo)							
Aço para estirar	Alcance: 0.6 – 1.0 Padrão: 0.8	Igual à metade da espessura (mínimo)							
Aço em estado negro / Martensíticos	Alcance: 0.3 – 0.6 Padrão: 0.5	Igual à metade da espessura (mínimo)							
Aço de Lixadora	Alcance: 0.4 – 0.8 Padrão: 0.5	Igual à metade da espessura (mínimo)							

Nota: Documento emitido e aprovado eletronicamente.

Página 1 de 1

ANEXO B


Jato | Mesa descarga do jato - Mecânica (1/2)

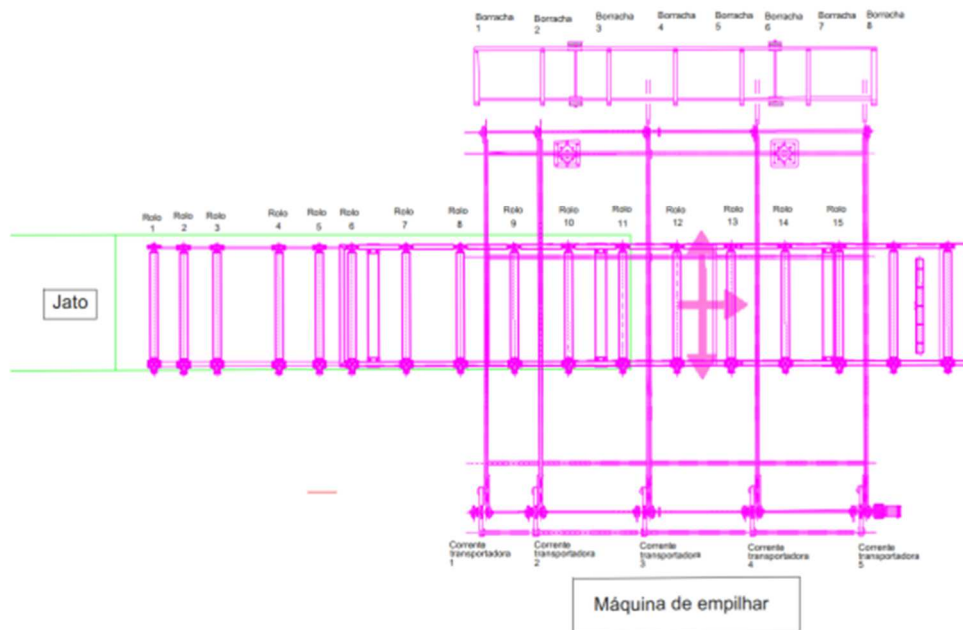


Equipamento	Descrição tarefa	Estado	
		OK	NOK
	Estado / tensão da corrente dos rolos 1		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 2		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 3		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 4		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 5		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 6		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 7		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 8		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 9		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 10		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 11		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 12		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 13		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 14		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 15		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 16		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 17		
	Estado / tensão da corrente dos rolos 18		
	Segurança		
	- Estado das proteções das correntes		
	Estado / tensão da corrente transportadora 1		
	Estado / tensão da corrente transportadora 2		
	Estado / tensão da corrente transportadora 3		
	Estado / tensão da corrente transportadora 4		
	Estado / tensão da corrente transportadora 5		
	Estado dos nylons de guiamento das correntes		
	Verificar estado dos rolos		
	- Rolo horizontal 1		
	- Rolo horizontal 2		
	- Rolo horizontal 3		
	- Rolo horizontal 4		
	- Rolo horizontal 5		
	- Rolo horizontal 6		
	- Rolo horizontal 7		
	- Rolo horizontal 8		
	- Rolo horizontal 9		
	- Rolo horizontal 10		
	- Rolo horizontal 11		
	- Rolo horizontal 12		
- Rolo horizontal 13			
- Rolo horizontal 14			
- Rolo horizontal 15			

Jato | Mesa descarga do jato - Mecânica (2/2)



Equipamento	Descrição tarefa	Estado	
		OK	NOK
	Estado da borracha 1		
	Estado da borracha 2		
	Estado da borracha 3		
	Estado da borracha 4		
	Estado da borracha 5		
	Estado da borracha 6		
	Estado da borracha 7		
	Estado da borracha 8		



ANEXO C

ROI - Modificação do sistema de controlo de temperatura do túnel de lavagem CD2

Contextualização:

Atualmente o sistema de fornecimento energético das resistências de aquecimento dos líquidos de lavagem é controlado por relés mecânicos. Este tipo de mecanismo de acionamento das resistências implica a existência de um elevado número de ciclos de expansão e contração das resistências, devido ao modo de funcionamento destes. Com o mecanismo de acionamento por relés mecânicos, as resistências encontram-se ligadas ao máximo da sua potência durante intervalos de tempo prolongados, seguidos de períodos longos de inatividade. Isto permite a existência de ciclos completos de expansão e contração das resistências reduzindo significativamente o tempo de vida destes componentes.

De acordo com a análise realizada aos ciclos efetuados pelas resistências da máquina de lavar da linha CD2, pode se determinar que as resistências durante a produção se encontram ativas em períodos com duração média de 24 segundos, e durante as pausas na produção com duração média de 12 segundos, seguidas de períodos de inatividade com durações aproximadas de 2 min, sendo este período de inatividade suficiente para atingir o arrefecimento completo das resistências.

A implementação de controladores de potência ou do controlo a partir de relés de estado sólido, permitiria a redução destes ciclos de expansão e contração das resistências, a partir do funcionamento quase contínuo das resistências a temperaturas inferiores. Isto é permitido pelo modo de funcionamento destes sistemas que permitem a ativação e inativação das resistências muito mais rapidamente do que os relés mecânicos, permitindo a implementação de uma temperatura constante nas resistências. Com a redução dos ciclos de expansão e contração térmica, o período de vida útil destes componentes poderá passar a ser 7 vezes maior, passando de cerca de 1 mês a 7 meses. A implementação deste tipo de sistemas apresenta também

Serão apresentadas duas soluções possíveis, baseadas nas premissas a seguir apresentadas.

Premissas:

- 1) Aumento da duração das resistências para 1,5 vezes a vida atual.
- 2) Eliminação da necessidade de troca de relés.

- 3) Maior controlo sobre o processo de lavagem.

Situação atual

A análise da situação atual será baseada nos dados relativos a 2020.

Custos atuais		
Custo de não produção	€ / paragem	1.069
	€ / ano	10.692
Custo de manutenção	€ / intervenção	51
	€ / ano	612
Custos materiais	€ / ano	404
Custo total	€ / ano	11.708

Implementação de SCR's:

Custo de implementação	
Custos materiais	4.995,00 €
Custos de mão-de-obra	350,00 €
Custo total	5.345,00 €

Implementação se SSR's:

Custo de implementação	
Custos materiais	3.345,00 €
Custos de mão-de-obra	390,00 €
Custo total	3.735,00 €

Comparação das soluções:

As duas soluções apresentam custos diferentes devido às diferenças de capacidade e possibilidades de utilização. No caso da dos SCR's, a sua implementação é menos trabalhosa e permite a mais fácil modificação de parâmetros. No caso dos SSR's para além de ter menos modos de funcionamento, a sua implementação no sistema é mais complexa.

Com a implementação de qualquer uma destas soluções, prevê-se uma redução mínima das perdas por paragem da produção de -9.147 € por ano, tendo assim cada solução o seguinte prazo de retorno do investimento.

	Retorno do investimento [meses]
SCR	18,00
SRR	12,58

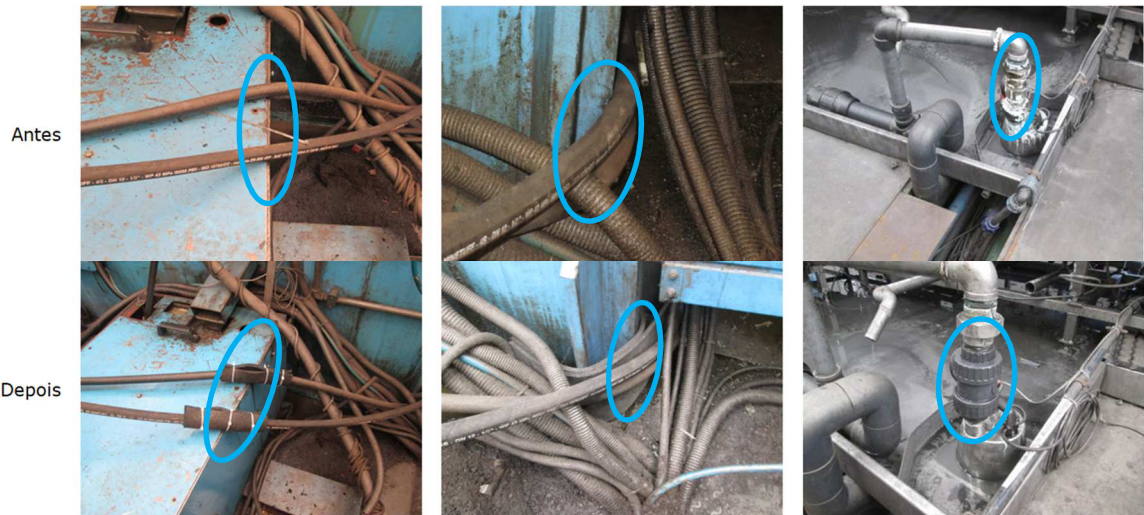
APÊNDICE A

		Semana																						
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
																							Definir	Definição da equipa
																								Definição do problema
Manutenção autónoma	Limpeza inicial																							
	Implementação de medidas de combate contra a fonte de sujidade e locais de difícil acesso																							
	Elaboração de normas de limpeza e lubrificação																							
	Inspeção geral																							
	Organização e ordem																							
Medir																								Avaliação do estado atual da empresa
																								Análise do plano de manutenção atual
																								Determinação do OEE da linha
																								MTBF
																								MTTR
Melhoria contínua																								Determinação das percentagens de manutenção
																								Propostas de solução
																								Discussão das propostas
																								Definição de parâmetros a controlar
Análise																								Análise de Custos
																								Determinação dos equipamentos críticos
																								Determinação das horas de manutenção efetivas
																								Equilíbrio dos tipos de manutenção
Melhorar																								Otimização das OT
																								Revisão dos procedimentos
																								FMEA
																								Formação dos operadores em funções de manutenção de 1.ª classe
Controlar																								Revisão do trabalho realizado
																								Correções / melhorias

APÊNDICE B

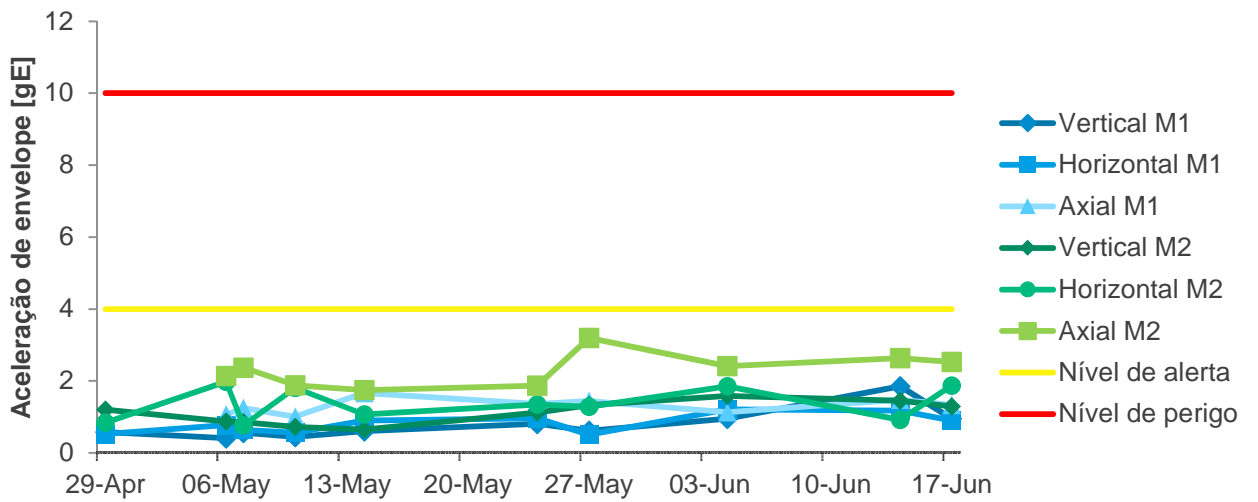
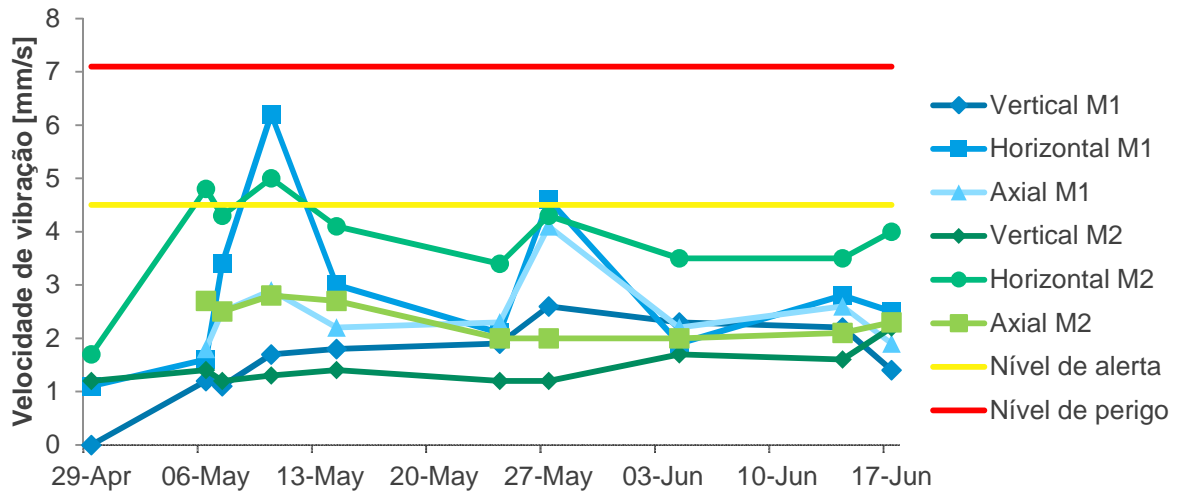
Fornecedor (Supplier)	Entradas (Input)	Processo (Process)	Saídas (Output)	Cliente (Client)
Sector de reparação	Barras reparadas Etiquetas Arames do atado	<pre> graph TD A[Decapagem mecânica (lixo)] --> B[Pré-coating] B --> C[Estragem] C --> D[Lavagem] D --> E[Corte] E --> F[Desempeno] </pre>	Barras estradas lavadas e desempenadas Lançamento SAP/ Movillizer	2ª estiragem 3ª estiragem Embalagem Chanfro Tratamento térmico Expedição
Vulkan Condat Bender/Seracit/ Scleros Somengil Wikus Lennarts Identipor	Granalha Solução de pré-coating Vícafil Fieiras Produto de desengorduramento Fitas de serra Óleo de corte Rodas de despeno Tinta da InkJet	<pre> graph TD A[Decapagem mecânica (lixo)] --> B[Pré-coating] B --> C[Estragem] C --> D[Lavagem] D --> E[Corte] E --> F[Desempeno] </pre>	Pós de granalha Efluente de desengordurante Efluente de óleo da estiragem Fieiras partidas Fitas de serra gastas/partidas Discos de corte gastos Óleo de corte Óleo hidráulico Limalha Pontas de sucata Rodas de despeno partidas	Gestor de resíduos

APÊNDICE C



APÊNDICE D

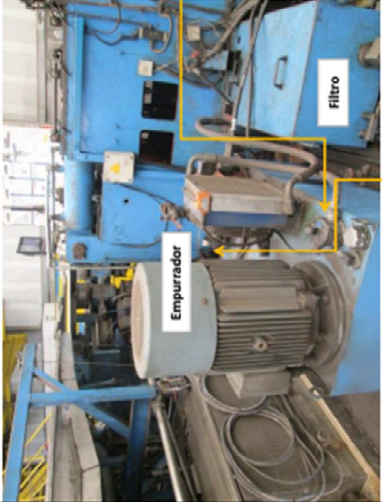



Motores 1 e 2







APÊNDICE E

INSTRUÇÃO DE MANUTENÇÃO DATA LIMELDO: 28/04/2021 MANUTENÇÃO		DESENHOS/FOTOGRAFIAS ... BOLLINGHAUS STEEL Total Productive Maintenance		Folha: 1/1
Nº: IM25 P016 Descrição:	PROCESSO: Verificação e afinação dos consumos das turbinas QUALIDADE: ◆ ALEIJA: ● OPERADOR: +	VISUAL: <input checked="" type="checkbox"/> MANUAL: <input type="checkbox"/> FERRAMENTA: <input type="checkbox"/> AUTOMIO: <input checked="" type="checkbox"/>	Turbina 4 Turbina 2 Sul Turbina 3 Turbina 1 Norte A.1) B.1) B.2) B.3) B.4) B.6)	
Verificação e afinação dos consumos das turbinas		- As verificações devem ser feitas com o equipamento em funcionamento normal. - No caso de necessidade de afinação das turbinas será necessária a utilização de 2 chaves de bocas 17, e de uma escada para acesso às turbinas 3 e 4 - Ter em atenção partes móveis do equipamento que possam ser acionadas durante a inspeção. A.1) Verificar se os consumos se encontram fora dos valores assinalados nas etiquetas abaixo dos mostradores. A.2) Encontrando-se os consumos desajustados proceder à afinação dos consumos das turbinas desreguladas. A.3) Pedir o auxílio de outro colaborador, para que um possa observar os consumos das turbinas enquanto o outro executa a afinação. B.1) Retirar a chapa de proteção dos pneumáticos. B.2) A realização da afinação do parafuso deve ser realizada com as turbinas paradas: Apertar o parafuso → Redução do consumo das turbinas Desapertar o parafuso → Aumento do consumo das turbinas O aperto e desaperto dos parafusos deve ser realizado em pequenos incrementos. B.3) Ligar as turbinas B.4) Ligar a projeção de granalha B.5) Repetir passo A.1), se os consumos ainda não se encontrarem nos intervalos definidos repetir a partir do passo B.2). B.6) Se os consumos se encontrarem adequados fixar a afinação do parafuso apertando a porca. - Preencher ficha de intervenção em caso de anomalia detectada		
1	Responsável pela execução da operação: Técnico de turno J. Nabero			
S. Gonçalves	APROVADO POR: J. Nabero	Intervalo de frequência da operação: Turno das 5-13h de segunda-feira, quinzenalmente		

FICHA DE INTERVENÇÃO BOLLINGHAUS STEEL		Impresso: Data do pedido Hora do pedido Hora de recepção do pedido
Seção:	Equipamento:	Decoção da avaria:
Grau de urgência:	Não urgente <input type="checkbox"/> Pouco urgente <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muito urgente <input type="checkbox"/>	Nome de quem registar:
Anomalia pode afectar:	Paragem <input checked="" type="checkbox"/> Segurança <input type="checkbox"/> Não afecta <input type="checkbox"/>	Número:

INSTRUÇÃO DE MANUTENÇÃO		1803/2021		111	
IMB PGG		MANUTENÇÃO		DESENHOS FOTOGRAFIAS	
Verificação do sistema hidráulico da máquina de estirar		PROCESSO		Total Productive Maintenance	
OPERAÇÃO:		QUALIDADE		MANTENIMENTO	
<p>• OPERADOR</p> <p>• ALTA</p> <p>• BAIXA</p> <p>• MANUAIS</p> <p>• AUTOMATIZADA</p> <p>• INTERIO</p>					
<p>- As verificações devem ser feitas com o equipamento em funcionamento normal</p>		<p>- Ter em atenção partes móveis do equipamento que possam ser acionadas durante a inspeção.</p>			
<p>15</p> <p>Verificar a pressão de funcionamento da máquina</p>		<p>- Verificar se o nível de óleo se encontra entre o valor mínimo e máximo.</p> <p>- No manómetro da pressão do filtro verificar:</p> <p>- Pressão de funcionamento quando a máquina está ligada (deve encontrar-se no intervalo verde existente no mostrador)</p> <p>- No manómetro da pressão do sistema hidráulico verificar:</p> <p>(1) Pressão quando a máquina está parada (0 bar)</p> <p>(2) Pressão quando o empurrador agarra a barra (entre 100 e 200 bar)</p> <p>(3) Pressão quando a barra é empurrada através da feira (aproximadamente 200 bar)</p>			
<p>- Preencher ficha de intervenção em caso de anomalia detetada</p>		<p>Impresso</p> <p>Data do pedido</p> <p>Hora do pedido</p> <p>Hora de recepção do pedido</p>		<p>FICHA DE INTERVENÇÃO</p> <p>Seção</p> <p>Equipamento</p> <p>Descrição do evento</p>	
<p>Grav de urgente <input type="checkbox"/> Não urgente <input type="checkbox"/> Pouco urgente <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muito urgente <input type="checkbox"/></p> <p>A anomalia pode afectar: <input checked="" type="checkbox"/> Paragem <input type="checkbox"/> Segurança <input type="checkbox"/> Não afecta <input type="checkbox"/></p> <p>Nome de quem requisita: _____ Número: _____</p>		<p>Responsável pela execução da operação:</p> <p>Colaboradores do turno</p>		<p>Intervalo de Tempo/Requisita da Operação:</p> <p>Semanalmente, quarta das 9-16h</p>	
<p>MINISTRO PDE</p> <p>J. Nabeito</p>		<p>MANUTENÇÃO PDE</p> <p>S. Gonçalves</p>			

INSTRUÇÃO DE MANUTENÇÃO Verificação do aperto dos parafusos da redutora do motor de retorno do carro	DATA EMISSÃO: 19/04/2021 MANUTENÇÃO	19/04/2021 MANUTENÇÃO	19/04/2021 MANUTENÇÃO	19/04/2021 MANUTENÇÃO	19/04/2021 MANUTENÇÃO
Nº: _____	OPERADOR: _____	ALZATA: <input checked="" type="checkbox"/>	QUALIDADE: <input checked="" type="checkbox"/>	VISUAL: <input checked="" type="checkbox"/>	VERBAMENTO: <input checked="" type="checkbox"/>
Nº: _____	OPERADOR: _____	ALZATA: <input checked="" type="checkbox"/>	QUALIDADE: <input checked="" type="checkbox"/>	VISUAL: <input checked="" type="checkbox"/>	VERBAMENTO: <input checked="" type="checkbox"/>
16	Verificar o aperto dos parafusos da base da redutora do motor de retorno do carro	- As verificações devem ser feitas com o equipamento devidamente imobilizado.	- Ter em atenção partes móveis do equipamento que possam ser acionadas durante a inspeção.	- Remover as chapas de proteção da redutora. -Material: Luvas	-Verificar se as linhas existentes nos parafusos de fixação da redutora se encontram alinhadas. (5 parafusos em cada lado da redutora + parafuso do eixo da redutora)
S. Gonçalves	J. Nóbrega	Intervalo de Temporalidade da Operação Mensalmente, quarta das 9-10h e sexta das 17-21h			
Responsável pela execução da operação: Colaboradores do turno					

FICHA DE INTERVENÇÃO	Descrição do evento: _____ Equipamento: _____ Expressão: _____ Hora de início: _____ Hora de receção do pedido: _____
Grau de urgência: <input type="checkbox"/> Não urgente <input type="checkbox"/> Pouco urgente <input type="checkbox"/> Urgente <input checked="" type="checkbox"/> Muito urgente	Multitarefa: <input type="checkbox"/> Não afecta <input type="checkbox"/>
A intervenção pode afectar: <input checked="" type="checkbox"/> Segurança <input checked="" type="checkbox"/> Qualidade	Nome de quem registou: _____

INSTRUÇÃO DE MANUTENÇÃO 23/04/2021 MANUTENÇÃO		1/1	
IM7 P004 secção	QUALIDADE ALTA	MANUAL	FERRAMENTA
OPERADOR ALTA	QUALIDADE ALTA	MANUAL	FERRAMENTA
Nº 17	OPERAÇÃO:	DESENHOS/FOTOGRAFIAS	DESENHOS/FOTOGRAFIAS
Verificar o aperto dos parafusos das chumacelras hidráulicas dos mordentes	- As verificações devem ser feitas com o equipamento parado.		
- Ter em atenção partes móveis do equipamento que possam ser acionadas durante a inspeção.			
- Através das janelas localizadas em ambos os lados da máquina de estirar (1 a 4). - A partir de cada janela, podem ser observados os parafusos: (1) - (A) e (B) (2) - (C) e (D) (3) - (E) e (F) (4) - (G) e (H)	- Recomendo a um espelho e lanterna observar se as linhas amarelas (5) se encontram alinhadas. Realizar esta tarefa para os 8 parafusos existentes.		
- Preencher ficha de intervenção em caso de anomalia detetada			
FICHA DE INTERVENÇÃO		Impresso: Data do pedido Hora do pedido Hora de recepção do pedido	
Descrição do evento		Equipamento	
Grupo de urgência: Não urgente <input type="checkbox"/> Pouco urgente <input type="checkbox"/> Urgente <input checked="" type="checkbox"/> Muito urgente <input type="checkbox"/>		A anomalia pode afectar: Paragem <input checked="" type="checkbox"/> Segurança <input type="checkbox"/> Não afecta <input type="checkbox"/>	
Nome de quem requisita:		Número:	
S. Gonçalves		J. Nabeiro	
Intervalo de Tempo/Requisita da Operação Quinzenalmente, quarta das 9-10h ou sexta das 17-21h		Responsável pela execução da operação: Colaboradores do turno	