

Aumento de Eficiência na Indústria de Extração Mineral

Sebastião Afonso Namora Baldaque Marinho

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Carlos Bragança



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2019-06-30

*“Live as if you were to die tomorrow,
Learn as if you were to live forever”
Mahatma Gandhi*

Resumo

Nos dias de hoje, qualquer disrupção implementada para reduzir o tempo de paragens forçadas ou aumentar o tempo de vida dos equipamentos, pode constituir um aumento significativo na eficiência de uma unidade produtiva. Deste modo, a implementação de um sistema de manutenção eficaz na prevenção de anomalias e diminuição da deterioração forçada dos equipamentos é fundamental. Sendo o *Total Productive Maintenance* um sistema de manutenção com bases numa metodologia de melhoria contínua, focando-se nas intervenções preventivas e na melhoria das condições dos equipamentos, é expectável que a frequência de avarias reduza. Desta forma, é possível diminuir a ocorrência de paragens forçadas e eventuais desvios ao plano produtivo.

O caso de estudo apresentado incide na aplicação de *Total Productive Maintenance* numa empresa do sector da extração e transformação mineral, uma indústria que tem vindo a decrescer a sua produção em Portugal entre os anos de 2007 e 2018. A elevada exposição ao desgaste a que as máquinas desta indústria estão sujeitas reflete-se na quantidade de paragens forçadas que ocorrem. Uma vez que a empresa em estudo tem um excesso de procura e não possui produto final em stock, qualquer paragem não planeada das unidades produtivas reflete-se em atrasos no cumprimento do plano e, conseqüente, atraso nas entregas aos clientes.

Ao longo de seis semanas, iniciou-se uma fase de diagnóstico à empresa em estudo onde foi analisada a situação atual da mesma e identificadas oportunidades de melhoria. Nas dez semanas seguintes realizou-se a implementação de iniciativas como a automatização da recolha e análise de dados e iniciaram-se as reuniões diárias de organização de trabalho da equipa de manutenção. Após obter alguma estabilidade básica, deu-se então início à implementação de um sistema de manutenções periódicas.

O projeto de aumento de eficiência na Empresa X tem como objetivo a diminuição do tempo de avaria dos equipamentos na subunidade MP, através de um melhor planeamento das intervenções, diminuindo o tempo de intervenção e a quantidade de intervenções necessárias. Desta forma, é possível aumentar o tempo disponível das máquinas bem como o seu *output*.

Efficiency Increase in The Mineral Extraction Industry

Abstract

Nowadays, any disruption to reduce the downtime of the equipments or to increase their lifetime can represent a significant increase of efficiency in the production unit. Therefore, the implementation of a maintenance system that is effective in the anomalies prevention and in the decrease of the equipments' forced deterioration is crucial. The Total Productive maintenance, which is a maintenance system based on a continuous improvement methodology, is focused on the preventive interventions and in the improvement of the equipments' condition. For this reason, the expected result of a system like this one is the reduction of the frequency of failures. So if it's possible to decrease the downtime of the productive unit, consequently, the deviations from the productive plan will decrease.

This case study focus on the Total Productive Maintenance implementation in a company that belongs to the mineral extraction and transformation industry, this industry had been decreasing the production in Portugal between 2007 and 2016. Due to the high exposure of the equipment to deterioration, typical in this kind of industry, the quantity of non-planned interventions is extremely high. Since the company concerned has an excess of demand and, at the same time, it doesn't have any stock of final product, any non-planned stopage of the productive units causes deviations from the productive plan and consequently delays in the deliveries.

Therefore, during six weeks, a diagnosis phase was developed in the company where the current situation was analyzed as well as the major opportunities of improvement. On the next ten weeks, the implementation of some of the opportunities raised occurred. The first opportunity applied was the automation of the records of production, followed by the team meetings of the maintenance team, to organize and plan their tasks. After achieving the basic stability, the implementation of a planned maintenance system started.

The project of increasing the efficiency of the company concerned has the main goal of reducing the downtime of the subunit "MP" through a better planning of the maintenance interventions. A better planning will assure a reduction in the intervention time and in the quantity of interventions required. As a result, the machines will have more time of availability which will increase their output.

Agradecimentos

Agradeço a todos os consultores do *Kaizen Institute* que contribuíram direta ou indiretamente para a minha rápida integração no ambiente empresarial, nomeadamente agradeço ao meu orientador João Amaral. Agradeço igualmente à equipa do projeto na Empresa X, ao André Pinho Oliveira, à Bárbara Batista e ao Hugo Carneiro.

Agradeço ao Professor Carlos Bragança pela ajuda e orientação prestada na elaboração do presente documento, assim como aos demais Professores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto que contribuíram para o meu sucesso académico e aquisição de bases importantes para o meu futuro profissional.

Agradeço, também, a toda a equipa da Empresa X que foi, desde o primeiro momento, muito recetiva ao trabalho desenvolvido.

Agradeço à minha família, em particular à minha mãe, por todo o apoio que me deu ao longo do meu percurso académico, fazendo com que chegasse onde cheguei. Aos meus amigos Francisco, Luís, Miguel e José por estarem ao meu lado durante cinco anos de superação.

Por fim, agradeço à Francisca pela paciência extra neste momento decisivo do meu percurso académico.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	O Instituto Kaizen.....	1
1.2	A Empresa X.....	1
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Método seguido no projeto.....	3
1.5	Estrutura da dissertação	3
2	Enquadramento Teórico.....	5
2.1	O Sistema Toyota	5
2.2	Princípios <i>Kaizen</i>	6
2.2.1	Criação de Valor Para o Cliente	6
2.2.2	Eficiência de Fluxo.....	6
2.2.3	Eficácia no <i>Gemba</i>	7
2.2.4	Envolvimento de Pessoas.....	7
2.2.5	Gestão Visual	7
2.3	5S	8
2.4	Total Productive Maintenance (TPM)	8
2.4.1	Overall Equipment Effectiveness (OEE) e Kobetsu Kaizen	9
2.4.2	Manutenção Autónoma.....	10
2.4.3	Manutenção Planeada.....	11
2.4.4	Educação e Formação.....	12
2.4.5	Segurança e Saúde	12
2.4.6	Gestão de Stocks dos Materiais de Manutenção.....	12
3	Análise da Situação Atual	13
3.1	A Indústria de Extração Mineral em Portugal	13
3.2	A Empresa X.....	14
3.2.1	Fluxo de Material na Unidade Industrial.....	14
3.2.2	Vendas e Nível de serviço	16
3.2.3	Fluxo de Informação na Unidade Industrial	18
3.2.4	Unidade de Britagem (MP)	19
3.2.5	A Equipa de Manutenção.....	22
3.3	Oportunidades de Melhoria.....	22
4	Implementação das Soluções de Melhoria	24
4.1	Automatização de Recolha e Análise de dados	24
4.1.1	Processo de Recolha de Dados da Produção	24
4.1.2	Processo de Recolha de Dados da Manutenção	27
4.2	<i>Kaizen</i> Diário Nível 1.....	28
4.2.1	Planeamento.....	29
4.2.2	Implementação	29
4.3	<i>Total Productive Maintenance</i> - Manutenção Planeada.....	33
4.3.1	Escolha do Equipamento Piloto	33
4.3.2	Identificação de Grupos de Componentes no Moinho Secundário	34
4.3.3	Calendarização das Intervenções Periódicas	36
4.3.4	Assegurar as condições iniciais do equipamento	37
4.3.5	Reorganização do Armazém de <i>Spare Parts</i>	38
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	41
5.1	Resultados	41
5.1.1	Automatização da Recolha e Análise de Dados	41
5.1.2	<i>Kaizen</i> Diário	42
5.1.3	<i>Total Productive Maintenance</i> - Manutenção Planeada.....	43

5.2	Projetos Futuros	44
5.2.1	Determinação de Periodicidade Ótima de Substituição	44
5.2.2	Acompanhamento <i>Kaizen</i> Diário	45
5.2.3	<i>Total Productive Maintenance</i>	45
5.2.4	Planeamento.....	46
	Referências	47

Siglas

CM – Corrective Maintenance

CBM – Condition-Based Maintenance

ERP – Enterprise Resource Planning

MTBF – Mean Time Between Failure

MTTR – Mean Time To Repair

OEE – Overall Equipment Effectiveness

OTIF – On Time In Full

PDCA – Plan Do Check Act

TBM – Time-Based Maintenance

TPM – Total Productive Maintenance

TPS – Toyota Production System

UI – Unidade Industrial

Índice de Figuras

Figura 1 - Logótipo Instituto Kaizen	1
Figura 2 - Cronograma do projeto da Empresa X entre os meses fevereiro e junho de 2019	3
Figura 3 - Pilares e Objetivos do TPM (Fonte: Manual TPM, Kaizen Institute, 2019)	9
Figura 4 - Objetivo da Manutenção Autônoma (Fonte: Manual TPM, Instituto Kaizen, 2019)	11
Figura 5 - Subsetores do setor da Indústria Extrativa e respetivo peso relativo (Fonte: DGEG)	13
Figura 6 - Fluxo atual de material na UI	15
Figura 7 - Layout da UI	16
Figura 8 - Processo produtivo da unidade MP	19
Figura 9 - Posto de observação do operador de controlo operacional	20
Figura 10 - Disponibilidade da subunidade MP no ano de 2018	20
Figura 11 – Gráfico de Pareto de perdas de disponibilidade na MP	21
Figura 12 - Relatório do turno (formato papel)	24
Figura 13 - Aplicação de registo de produção em formato Excel recorrendo a macros.....	25
Figura 14 - Normas de registo colocadas em frente ao computador usado pelos colaboradores para fazer registo de produção e paragens.....	26
Figura 15 – Exemplo de relatório diário da subunidade MP com os respetivos indicadores....	27
Figura 16 - Requisição de manutenção da subunidade MP	28
Figura 17 - Desenho de esboço de quadro Kaizen Diário	30
Figura 18 - Fluxo de informação que antecede a reunião diária	31
Figura 19 - Quadro Kaizen Diário elaborado pela equipa.....	32
Figura 20 - Versão final do quadro de reunião diária.....	33
Figura 21 - Resultado da análise da criticidade dos equipamentos da subunidade MP	34
Figura 22 - Exemplo de Instrução de Trabalho de Manutenção Planeada	36
Figura 23 - Calendarização das intervenções periódicas (Verde - Mensais; Amarelo - Trimestrais; Vermelho Escuro - Bianaais; Vermelho – Anuais).....	36
Figura 24 - <i>Gantt chart</i> das intervenções periódicas para o mês de junho.....	37
Figura 25 - Estado inicial do grupo de lubrificação (à esquerda) e do grupo hidráulico à (direita)	37
Figura 26 - Estante piloto para a execução dos 5S ao Armazém de Spare Parts.....	38
Figura 27 - Prateleira com artigos normalizados.....	39
Figura 28 - Entrada de artigos no sistema de gestão de stocks.....	39
Figura 29 - Gráfico com a evolução temporal das horas de avaria na subunidade MP em 2019	43
Figura 30 - Evolução do OEE semanal na MP	44
Figura 31 - Evolução da disponibilidade semanal na MP	44

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Toneladas produzidas por tipo de mineral industrial (Fonte: DGEG)	14
Tabela 2 - Peso relativo de cada roteiro da UI	16
Tabela 3 - Peso dos produtos fabricados pela Empresa X.....	17
Tabela 4 - Peso dos seis maiores clientes da Empresa X	17
Tabela 5 - Nível de serviço da Empresa X	17
Tabela 6 - Tarefas de Manutenção Planeada e respetiva frequência	35

1 Introdução

No âmbito da dissertação em ambiente empresarial do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto foi elaborado o presente documento. Nesta secção será apresentada a empresa onde foi realizada a dissertação, bem como o cliente da mesma ao qual foi prestado o serviço de consultoria. Será também apresentado o objetivo, a metodologia que foi seguida e a estrutura deste documento.

1.1 O Instituto Kaizen

Em 1985 foi fundado pelo Professor Masaaki Imai o Kaizen Institute Consulting Group, cujo logótipo se encontra na Figura 1, uma empresa multinacional de consultoria operacional, com sede em Zug, Suíça. O seu propósito passa por conferir vantagens competitivas aos seus clientes, recorrendo, por exemplo, ao aumento de produtividade, à rentabilização e motivação de recursos, à eliminação de desperdícios, à redução do lead time ou à otimização de equipamentos.



Figura 1 - Logótipo Instituto Kaizen

1.2 A Empresa X

A empresa sobre a qual incide este caso de estudo, designada por Empresa X, pertence a um grupo de empresas que possui pedreiras e direitos de exploração mineral em mais de vinte e cinco concessões minerais. O processo inclui a extração, processamento e consequente venda de matérias-primas, de qualidade controlada, à indústria cerâmica há mais de setenta anos.

A proposta de valor da empresa visa não só fornecer matéria-prima generalizada para a indústria cerâmica, mas também, fornecer produtos ajustados às necessidades de cada cliente e prestar serviços de apoio técnico às empresas dessa indústria.

A Empresa X, líder em Portugal na produção de feldspato e quartzo, produzindo quase 250 000 toneladas por ano, fornece uma ampla gama de feldspatos sódicos e potássicos naturais, adequados a aplicações em pastas cerâmicas e esmaltes.

São cinco as unidades industriais da Empresa X, que se localizam na zona norte e centro de Portugal. O caso de estudo incide numa dessas unidades industriais da empresa localizada na zona de Mangualde. Foi esta a unidade escolhida essencialmente por duas razões, por um lado, por ser a de maior dimensão, proporciona um grande potencial de melhoria, por outro lado, sendo uma unidade da fase inicial do processo, isto é, recebe a matéria prima sem

transformação, o seu aumento de eficiência vai permitir resolver problemas de falta de matéria prima nas unidades subsequentes.

1.3 Objetivos do projeto

Apesar das mais de cinco décadas no processamento de minerais e da ampla experiência no sector, contabilizando alguns clientes de longa data, bem como colaboradores experientes, a Empresa X encontra-se com graves problemas de eficiência, tornando alguns dos seus produtos não lucrativos. Desta forma, sentiu a necessidade de melhorar o seu desempenho operacional, de forma a aumentar a eficiência processo. Surge então o contacto com o Instituto Kaizen para realizar a fase de planeamento e implementação de um projeto de melhoria contínua. O objetivo consiste em aumentar a eficiência na unidade industrial (UI), mas também, obter estabilidade, normalizando a produção e melhorar o planeamento de modo a cumprir com os prazos de entrega acordados. Com as várias iniciativas do projeto, é esperado também que se cultive na empresa a prática da melhoria contínua.

A fase de planeamento foi realizada no decorrer dos meses fevereiro e março, nesta fase foi efetuada uma análise diagnóstica à empresa, detetando quais os seus problemas mais críticos e a dimensão desses mesmos problemas. Seguidamente, foi elaborada uma proposta de implementação para a resolução ou melhoria dos problemas detetados. Estabeleceu-se que a fase de implementação teria o horizonte temporal de dezoito meses, sendo que o arranque foi efetuado em abril de 2019. Este documento descreve, assim, os primeiros três meses de implementação, para além do trabalho desenvolvido na fase de diagnóstico.

O objetivo concreto do projeto do Instituto *Kaizen* na Empresa X para cada uma das três subunidades industriais é aumentar a eficiência global da subunidade de britagem e moagem (MP) em 10%, para a subunidade de desferrização o objetivo passa por aumentar as toneladas/hora em 28% e para a subunidade de moagem aumentar a eficiência em 10%. Para atingir os objetivos serão utilizadas ferramentas como a manutenção planeada e autónoma para diminuir o *downtime* das máquinas, aumentar a sua disponibilidade, e consequentemente aumentar da eficiência global da unidade. O presente documento foca-se na implementação da metodologia na subunidade de britagem e moagem, que posteriormente, será desmultiplicada para as restantes subunidades.

Para melhorar o nível de serviço, ou seja, entregar ao cliente a quantidade encomendada no prazo estipulado. Também está previsto melhorar o planeamento interno de produção. Para tal será necessário criar ferramentas de medição da capacidade de produção bem como da carga que cada encomenda requer. Desta forma será possível fornecer aos clientes datas atingíveis, e consequentemente aumentar o nível de serviço ao cliente.

Para além destas iniciativas, de modo a suportar diariamente os processos de melhoria implementados, foi implementado o Kaizen Diário, que tem como principais objetivos, capacitar os líderes para a prática autónoma da melhoria contínua nas suas equipas e consolidar a cultura de melhor. O objetivo para esta iniciativa foi atingir os 80% nas auditorias feitas às equipas com este programa.

A monitorização dos objetivos propostos será efetuada na *Mission Control Room*, uma sala construída no início da fase de implementação pelo Instituto Kaizen em conjunto com a equipa de projeto, nesta sala, para além dos cronogramas do projeto, tem também, indicadores associados a cada uma das iniciativas a desenvolver. Estão planeadas no decorrer do projeto reuniões semanais para análise de todos os indicadores das iniciativas a desse momento.

1.4 Método seguido no projeto

De acordo com os objetivos enunciados, o projeto foi dividido em duas grandes fases, a de planeamento e a de implementação.

A fase de planeamento antecede qualquer projeto de implementação. Esta fase destina-se à preparação e recolha de dados, bem como à análise da situação atual da empresa através do desenho do fluxo dos macroprocessos. Ainda na fase de planeamento, são introduzidas as metodologias a serem utilizadas na fase de implementação. Esta fase termina com o desenho da visão futura, onde são explicitadas as soluções de melhoria e o benefício expectável de cada uma delas.

Após terminar a fase de planeamento, e após acordo com a Empresa X das iniciativas a realizar, tem início a fase de implementação. Esta está subdividida em quatro iniciativas que contêm várias subiniciativas, distribuídas temporalmente como se pode ver no cronograma da Figura 2. Foi acordado com a Empresa X um horizonte temporal de dezoito meses para a execução das várias iniciativas, no entanto, neste caso de estudo são abordados os primeiros três meses de execução. A fase de implementação começa com a montagem da sala de gestão do projeto, de seguida arrancam as reuniões diárias de melhoria contínua para sustentar as iniciativas de melhoria que serão implementadas.

Tarefas	Fev		Mar				Abr				Mai				Jun			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. Fase Planeamento																		
1.1. Análise de Situação Atual																		
1.2. Desenho de Situação Futura																		
2. Fase Implementação																		
2.1. <u>Kaizen Suporte</u>																		
2.1.1. Montagem da Sala de Gestão de Projeto (War Room)																		
2.1.2. Steering Mensal																		
2.2. <u>Kaizen Diário</u>																		
2.2.1. Quadro de Informação da Unidade																		
2.2.2. Formatos de Recolha e Análise de Dados																		
2.2.3. Formato de Reunião Piloto (mautenção)																		
2.2.4. Dinâmica de Confirmação de Processo (Auditoria)																		
2.4. <u>TPM - Manutenção Planeada MP</u>																		
2.4.1. Manutenção Planeada Equipamento Piloto																		
2.4.2. Reorganização do Armazém de <i>Spare Parts</i>																		

Figura 2 - Cronograma do projeto da Empresa X entre os meses fevereiro e junho de 2019

1.5 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, o atual (Introdução), apresenta resumidamente as empresas envolvidas no projeto, explicita os objetivos do mesmo bem como o seu cronograma.

No segundo capítulo, é dado um enquadramento teórico dos assuntos abordados ao longo do documento. Neste capítulo resume-se a metodologia do Sistema Toyota, aborda-se os princípios *Kaizen*, bem como os 5S, por fim, expõe-se a revisão de literatura sobre o TPM (*Total Productive Maintenance*).

No terceiro capítulo é descrita a situação atual da empresa em estudo. É abordado o passado recente da indústria onde esta se insere. São também expostas todas as oportunidades de melhoria identificadas que serão implementadas ao longo dos dezoito meses de projeto.

No quarto capítulo são descritas as soluções implementadas nos primeiros três meses mais detalhadamente e as dificuldades de implementação encontradas.

Por último, no quinto capítulo são analisados os resultados, apresentadas as conclusões e os desafios futuros do projeto.

2 Enquadramento Teórico

2.1 O Sistema Toyota

Em 1950 um engenheiro japonês, Eiji Toyoda, visitou os Estados Unidos por três meses com o objetivo de observar as instalações da Ford e verificar a possibilidade de implementar o sistema de produção em massa na fábrica da Toyota, no Japão. Nessa altura, a Toyota em treze anos tinha produzido 2.685 automóveis, enquanto a Ford produzia 7.000 por dia (Womack, Jones, and Roos 1990). Após estudar em detalhe o sistema de produção da Ford, Enji Toyoda concluiu, que copiar ou melhorar esse sistema era quase impossível, optando assim por criar, juntamente com Taiichi Ohno, um novo sistema de produção, que mais tarde ficou conhecido por *Toyota Production System* (TPS).

A filosofia *lean* e a do TPS está, muitas vezes, associada à eliminação do desperdício, redução dos defeitos e redução do *lead time*. Embora sejam objetivos valoráveis, precisam de princípios de ação para assegurar ganhos efetivos de performance. Muitos teóricos atribuem o sucesso da Toyota ao muito chamado de *Toyota Way*, que é a cultura de eficiência da empresa bem como a cultura de resolução de problemas (Gertner 2007). Isto é impulsionado pela forma como a empresa aborda a inovação, que é vista como um processo de melhoria contínua.

Os princípios do TPS não são espelhados em ações individuais por si só, pelo contrário, são espelhadas no processo global através do qual a Toyota desenha o seu processo de produção (Spear and Bowen 1999). Os dois temas que emergem das regras do TPS enfatizadas por Spear & Bowen (1999) são a criação de equipas naturais com respetivos líderes que consigam focar-se na resolução de problemas ao nível mais baixo possível na organização e a resolução estruturada de problemas.

A avaliação da performance do TPS envolve, primeiro, questionar a existência de variabilidade e depois descobrir as causas dessa variabilidade (Stewart and Raman 2007). A variabilidade pode ter origem no produto (ou parte dele), nas pessoas, no procedimento ou no equipamento/máquina. Depois de descoberta a origem da variabilidade, são identificadas as causas raiz, e utiliza-se a standardização para reduzir a mesma (Liker 2004). A standardização pode ser efetuada juntando a produção de partes comuns que são repetidamente usadas juntas, poupando tempo, custos e esforço (Huthwaite 1990). Por outro lado, a standardização do trabalho é atingida treinando os recursos humanos através de métodos como o Define-Measure-Analyze-Improve-Control (George et al. 2005). No caso da Toyota, a standardização de conjuntos de competências técnicas confere flexibilidade no planeamento da produção que minimiza a variabilidade na execução de tarefas (Liker and Morgan 2011).

É a continua resposta aos problemas que torna este sistema tão flexível e adaptável às circunstâncias do dia-a-dia. De notar que esta resposta permite depois o desenvolvimento organizacional bem como a sua aprendizagem da melhoria contínua.

2.2 Princípios Kaizen

A palavra *Kaizen*, é uma palavra de origem Japonesa, que é composta por duas palavras, Kai, que significa mudança e Zen, que está relacionada com as teorias Orientais da perseguição da perfeição, que significa melhor (Imai 1997). Sendo assim, Kaizen significa mudar para melhor, para tal é necessário envolver todas as pessoas da empresa em todas as áreas todos os dias (Kiran 2016).

Para atingir esse estado de perfeição, a melhoria contínua tem assenta em cinco princípios, a criação de valor para o cliente, a eficiência de fluxo, a eficácia no *Gemba*, o envolvimento de pessoas e a gestão visual (Coimbra 2008) que serão explicitados de seguida.

2.2.1 Criação de Valor Para o Cliente

O valor é dado pela diferença entre a utilidade percebida pelo cliente, e o valor que o cliente está disposto a pagar por um dado produto ou serviço. É imperatório um compromisso transversal de toda a empresa para que seja possível atingir a excelência de qualidade do produto ou serviço (Russel, Taylor, and Vidyarthi 2008).

É de realçar que para além do cliente final, existe a visão de que cada processo tem como cliente o processo seguinte, permitindo assim garantir a qualidade em cada um dos processos, e evitar que eventuais problemas sejam detetados apenas em fases mais avançadas.

2.2.2 Eficiência de Fluxo

Importa distinguir ao longo do fluxo as atividades de valor acrescentado, as que o cliente está disposto a pagar, e o *Muda* ou desperdício, isto é, todas as atividades pelas quais o cliente não está disposto a pagar (Ohno 1988). A eliminação do desperdício é que permite à empresa ser eficiente nos seus processos, isto é, criar valor, reduzindo os seus custos enquanto mantem os preços, gerando um lucro superior.

Existem sete tipos de desperdícios identificados por Imai, 1997:

- Excesso de produção – este tipo de desperdício resulta da produção para stock, sendo o pior de todos os outros *mudas*, uma vez que é consumida matéria prima antes de ser necessária, é necessário espaço de armazenamento extra, tal como transporte adicional e custos administrativos.
- *Stocks* – quer seja como produto final, semiacabado ou partes do produto quando são mantidos em *stock* não acrescentam valor.
- Defeitos – os defeitos interrompem a produção, diminuindo a eficiência do fluxo.
- Movimento de pessoas – qualquer movimento do corpo de uma pessoa que não esteja diretamente relacionado com a criação de valor é desperdício. Quando uma pessoa está a andar, por exemplo, não está a criar valor, este *muda* pode ser ultrapassado redesenhando o *layout*.
- Sobreprocessamento – tarefas que não acrescentam valor e que poderiam ser evitadas com algumas mudanças, por exemplo, na sequência de montagem.
- Espera de pessoas – ocorre quando existe espera dos operadores devido a, por exemplo, desbalanceamento da linha, falta de peças de montagem, avaria de máquina ou simplesmente está a monitorizar a máquina.
- Transporte de material – apesar do transporte ser uma parte essencial das operações, mover os materiais não acrescenta nenhum valor ao produto, sendo que muitas vezes há perdas/estragos durante o processo de transporte.

Juntamente com a palavra *muda*, as palavras *mura* e *muri* aparecem vulgarmente juntas e são também conhecidas pelos três MUs no Japão. A primeira significa variabilidade e a segunda significa dificuldade ou sobre carregamento, sendo que tudo o que é extenuante ou apresenta variabilidade indica a existência de problemas, então *mura* e *muri* também provocam *muda* que é necessário eliminar (Imai 1997).

2.2.3 Eficácia no *Gemba*

A palavra japonesa *Gemba*, significa em português local onde se acrescenta valor. Sendo assim, é considerado o local mais importante da empresa, podendo ser o chão de fábrica, ou os escritórios, ou a loja onde o cliente adquire o produto, dependendo da organização (Imai 1997). É no *Gemba* que se desenvolvem as melhorias a implementar nos processos.

A eficácia no *Gemba* passa por aumentar a transferência de valor dos recursos para as unidades de fluxo. Este processo realiza-se através de *workshops* nos quais as pessoas do *Gemba* são envolvidas e são planeadas e implementadas soluções de melhoria *lowcost* e num curto espaço de tempo (Russel, Taylor, and Vidhyarthi 2008).

2.2.4 Envolvimento de Pessoas

As pessoas são fundamentais para que qualquer sistema *lean* funcione. Ter um bom sistema de sugestões de melhoria, que encoraje à comunicação efetiva entre a gestão de topo e o chão de fábrica aumenta o envolvimento das pessoas com o processo de melhoria e torna mais efetiva a concretização das ações de melhoria (Liker and Morgan 2011).

Uma metodologia recorrentemente utilizada para o envolvimento de equipas é o *Kaizen* Diário. Este programa trata-se de um programa de capacitação dos líderes para implementarem nas suas equipas naturais a prática da melhoria contínua (Imai 1997).

O programa *Kaizen* Diário está dividido em quatro níveis, o primeiro é a organização da equipa, criando rotinas de reuniões para organizar o trabalho dos seus elementos. O segundo nível é a organização dos postos de trabalho, também designado como os 5S. O terceiro nível é a normalização, que passa pela criação de normas e aplicação dos standards. O quarto nível designa-se por resolução estruturada de problemas, este nível permite a mudança de atitudes e comportamentos que sustentam a melhoria (Imai 1997).

2.2.5 Gestão Visual

A prática da gestão visual envolve uma clara visualização do estado atual do processo, com gráficos, planeamento e registos de performance, para que, os gestores e os operadores se recordem continuamente dos elementos do sucesso na qualidade, no custo e no serviço. A gestão visual deve estar presente integralmente tanto na estratégia global da empresa, como nas tarefas de produção, como nas sugestões de melhoria dos operadores. (Imai 1997).

Os problemas devem ser tornados visíveis, pois se não forem detetados ninguém os poderá resolver, sendo assim, o primeiro princípio da gestão visual é tornar os problemas visíveis. O segundo princípio é manter tanto os operadores como os supervisores em contacto direto com o estado atual do processo (Imai 1997).

Outra das vantagens da gestão visual assenta na normalização do processo após o ciclo de melhoria, isto é, através de normas visuais, é possível fechar o ciclo de melhoria e obter a estabilidade do processo.

2.3 5S

O acrónimo 5S teve origem nas cinco palavras japonesas seguintes, *Seiri* (triagem), *Seiton* (arrumar), *Seiso* (limpar), *Seiketsu* (normalizar) e *Shitsuke* (disciplinar). Este conceito começou a ser utilizado em meados dos anos cinquenta na indústria japonesa. A aplicação dos 5S resulta numa cultura de melhoria na organização do espaço de trabalho, o que proporciona um melhor ambiente e segurança (Gupta and Jain 2014).

- O primeiro S, triagem (*Seiri*), tem o principal foco de eliminar tudo o que já não é necessário do local de trabalho. Utiliza-se uma etiqueta vermelha para identificar todos os itens desnecessários. Tudo o que é raramente utilizado é movido para uma área de armazenamento fora da área de trabalho. Os itens que são completamente desnecessários são descartados (Peterson and Smith 1998). A triagem ajuda a eliminar sucata, objetos obsoletos, e ferramentas partidas (Harrington 1991).
- O segundo S, arrumação (*Seiton*), segue a seguinte máxima “um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar” (Peterson and Smith 1998). O foco está na eficácia da arrumação e na separação dos diferentes objetos (Harrington 1991). Atividades como colocar os nomes em cada artigo, pintar o chão, organizar as prateleiras e criar quadros sombras para as ferramentas são recorrentes na realização do segundo S (Dudek-Burlikowska 2006).
- O terceiro S, limpeza (*Seiso*), realça que a limpeza diária é um requisito primário para melhorar as condições do espaço de trabalho. Espaços de trabalho mais confortáveis e seguros são assegurados no terceiro S (Peterson and Smith 1998). Um espaço de trabalho limpo e organizado é altamente motivante por si só para os colaboradores que nele trabalham diariamente. Qualquer colaborador ambiciona trabalhar num local limpo e saudável o que faz aumentar a sua confiança (Dudek-Burlikowska 2006). O terceiro S é mais do que um momento de limpeza, esta atividade tem de se tornar um hábito diário. Os colaboradores devem realizar a limpeza sem terem de ser ordenados para tal. Devem ser atribuídas responsabilidades por zona a cada colaborador. Por fim, devem ser criados os standards de limpeza para assegurar que esta é eficaz (Gupta and Jain 2014).
- O quarto S, normalização (*Seiketsu*), passa por normalizar a melhor forma de realizar uma determinada tarefa (Peterson and Smith 1998). Os bons standards de trabalho devem ser mantidos (Harrington 1991). Para desenvolver bons standards é necessária a colaboração dos operadores. Todos os colaboradores devem saber as suas responsabilidades na preservação da limpeza e arrumação sua área de trabalho, e embora o façam de forma diferente, é importante, que seja detetada a forma mais eficiente de o fazer e tornar essa prática comum (Dudek-Burlikowska 2006).
- Finalmente, o quinto S designa-se por disciplina (*Shitsuke*), e é considerado o de mais difícil implementação. Muitas empresas desenvolvem os 5s durante meses, mas torna-se muito difícil de sustentar as melhorias por um longo período (Peterson and Smith 1998). Para haver disciplina os standards têm que ser mantidos eficientes ao longo dos anos (Harrington 1991). Deve ser regularmente dado aconselhamento aos colaboradores, ao longo dos anos, para que a disciplina se mantenha. Outra hipótese, é a motivação dos colaboradores com um sistema de bónus por recompensação da disciplina (Gupta and Jain 2014).

2.4 Total Productive Maintenance (TPM)

O conceito de *Total Productive Maintenance*, ou TPM, surge com o objetivo de mudar a cultura de manutenção de uma empresa, envolvendo toda a equipa, sendo que o foco é o

aumento da produtividade e a redução de custos. Mais concretamente, o TPM melhora o rendimento, a capacidade, a flexibilidade, a qualidade, e contribui para a segurança do local de trabalho (Kaizen Institute 2019).

A situação numa fábrica tradicional passa pela inexistência de cultura de trabalho de equipa entre a produção e a manutenção, uma vez que os objetivos não são partilhados. Enquanto a produção está focada na eficiência e nos tempos de mudança, a manutenção foca-se na redução de custos e na gestão de stocks. Ora, a visão do TPM é então, passar desta situação tradicional onde não existe colaboração, para uma situação em que a produção e a manutenção estão em sintonia. Estando bem definidas as responsabilidades de cada um dos dois departamentos. Para implementar o TPM importa dominar os cinco pilares que o constituem, começando pelo *Kobetsu Kaizen*, seguindo-se a manutenção autónoma e planeada, a educação e formação e por fim a segurança e a saúde. Os principais objetivos passam pela eliminação dos desperdícios na manutenção, redução das perdas dos equipamentos, aumento do MTBF (*Mean Time Between Failure*) e diminuição do MTTR (*Mean Time To Repair*) e por fim a eliminação dos acidentes (Figura 3).

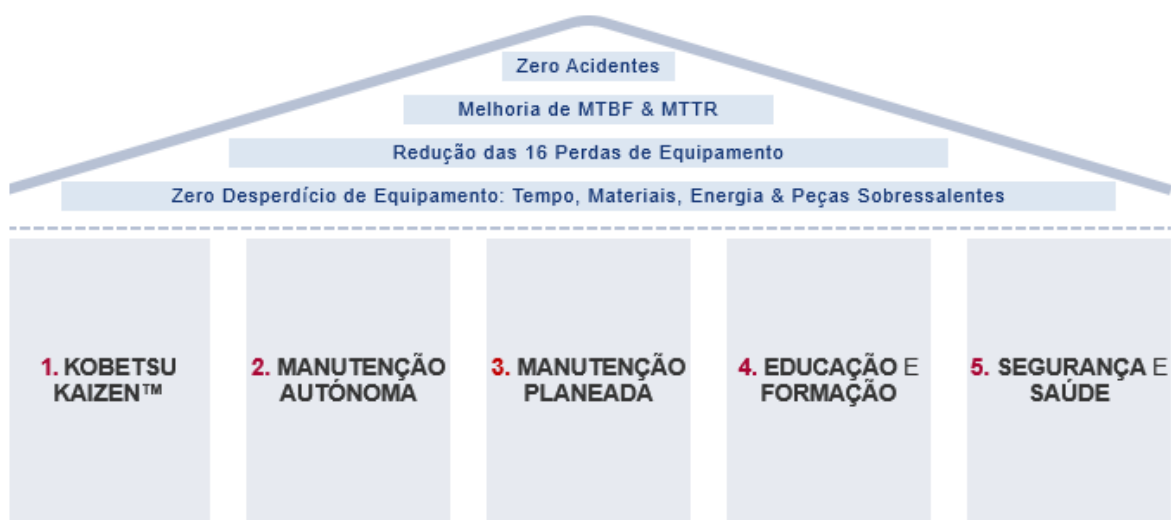


Figura 3 - Pilares e Objetivos do TPM (Fonte: Manual TPM, Kaizen Institute, 2019)

2.4.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE) e Kobetsu Kaizen

Para medir a eficiência da máquina/equipamento/linha/fábrica (valor acrescentado) utiliza-se o OEE que é afetado negativamente pelas ocorrências que não acrescentam valor. Estando estas divididas em quatro tipos, paragens planeadas (formações, falta de carga e manutenção planeada anual), perdas de disponibilidade (avarias, reparações, mudanças, ajustes, manutenções, arranques e paragens), perdas de rendimento (velocidade baixa, microparagens) e perdas de qualidade (sucata e retrabalho). O OEE é um indicador percentual que se subdivide em 3 outros indicadores, disponibilidade, rendimento e qualidade (Dunn 2015).

Para melhorar este indicador de eficiência é utilizada a ferramenta que constitui o primeiro pilar do TPM, designada por *Kobetsu*, que significa “individual” ou “particular”, ou seja, ao utilizar esta metodologia, o foco passa a ser um problema concreto, com um âmbito mais particular que será resolvido numa abordagem passo-a-passo, num processo controlado e estruturado. Os nove passos de um *kobetsu*, segundo Kaizen Institute, 2019 são:

1. Clarificar o âmbito e objetivo – o passo 1 tem como objetivo definir o âmbito do trabalho a ser desenvolvido pela equipa que ambiciona resolver um determinado problema

2. Observar o estado inicial – neste segundo passo são usadas ferramentas como o 5W2H que é uma ferramenta simples e eficaz para definir qualquer problema, consistindo em colocar sete perguntas: “What?”, “Where?”, “Why?”, “Who?”, “When?”, “How?”, “How much?”. Neste passo também deve ser realizado um gráfico de Pareto decompondo os tipos de problemas em problemas mais pequenos e mais focados nas causas. Por último, deve-se sempre ir ao *Gemba* de modo a recolher dados reais e ao vivo do problema.
3. Definir o estado objetivo – o objetivo deve corresponder à tipologia SMART, isto é, deve ser simples, mensurável, atingível, relevante e temporal.
4. Descobrir as causas raiz – para descobrir a causa raiz devem ser usadas ferramentas como o diagrama da espinha de peixe em que as causas são divididas por temas, ou ferramentas como os 5 porquês que consiste em perguntar sucessivamente porque é que o problema aconteceu até que a causa raiz seja encontrada.
5. Definir soluções – com base nas causas definidas no passo anterior devem ser listadas as soluções e colocadas numa matriz de prioridade. Esta avalia o impacto e o esforço de cada uma das soluções, devendo ser implementadas primeiro aquelas que têm um elevado impacto e um baixo esforço, também designadas como “*Quick-wins*”.
6. Testar soluções – para cada solução do passo anterior deve ser definida uma pessoa responsável pelo seu teste, um standard do processo a ser corrigido, um período para o teste, os recursos necessários para o seguimento e o critério de sucesso.
7. Desenvolver o plano de ação – devem ser listadas todas as ações, cada uma deve ter um responsável e uma data de conclusão e deve ser monitorizada a sua evolução frequentemente.
8. Confirmar resultados e normalizar – devem ser avaliados os resultados de melhoria com dados, comparando o indicador antes e depois da melhoria efetuada, se os objetivos não forem atingidos deve-se voltar ao passo 2. No caso de os objetivos serem atingidos deve-se documentar a melhoria, criando uma norma com o processo melhorado.
9. Lições aprendidas e *rollout* para restantes áreas – deve-se verificar se é possível aplicar a melhoria noutros equipamentos ou processos semelhantes.

2.4.2 Manutenção Autónoma

Tal como acontece na vida privada, em que o condutor é responsável por algumas tarefas de manutenção básicas do seu veículo, o operador do equipamento, que é quem o utiliza diariamente, toma a seu cargo a vigilância e manutenção básica, assegurando-se que está sempre em boas condições. É este o fundamento do segundo pilar do TPM, disponibilizando mais tempo da equipa de manutenção para efetuar manutenções preventivas que exigem mais conhecimento e especialização, mudando assim a relação tradicional entre produção e manutenção. De acordo com a Figura 4, a visão da manutenção autónoma passa por transformar a situação tradicional em que a manutenção está a cargo das inspeções, limpezas e lubrificações, numa situação de manutenção em que é a produção a responsável por estas atividades. Esta transformação tem como principal vantagem libertar os recursos de manutenção, para que se foquem em atividades onde realmente acrescentem valor (Kaizen Institute 2019).

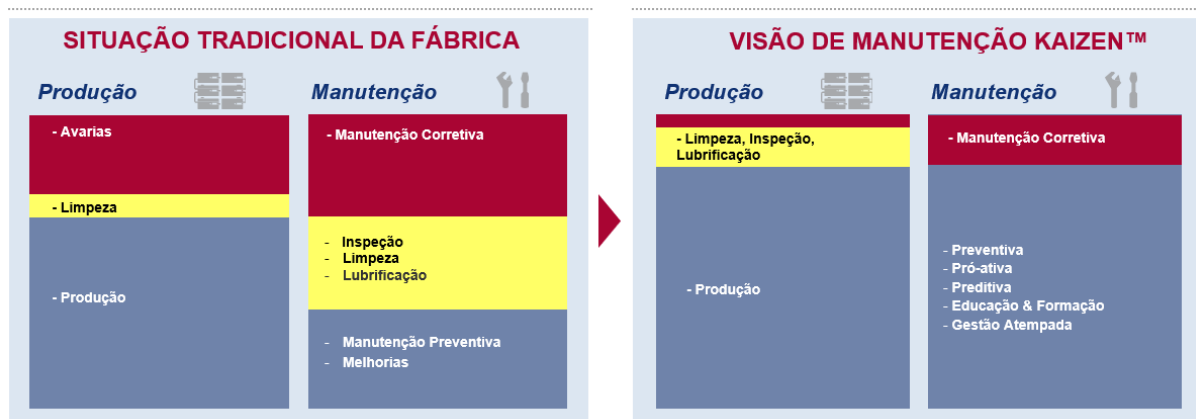


Figura 4 - Objetivo da Manutenção Autónoma (Fonte: Manual TPM, Instituto Kaizen, 2019)

A manutenção autónoma está dividida em três níveis segundo Kiran (2016), o primeiro designa-se por nível de reparação e baseia-se numa rotina de lubrificação e pequenas reparações como aperto de parafusos, de correias, se necessário sob instruções do supervisor. O segundo é chamado de nível de prevenção, e consiste na identificação da causa raiz no caso de por exemplo, algum ruído anormal do equipamento. O terceiro nível passa não só pela ação corretiva como nos níveis anteriores, mas também pela discussão de medidas de melhoria nas reuniões de equipa, este nível designa-se nível de melhoria.

2.4.3 Manutenção Planeada

O terceiro pilar de um sistema TPM é a implementação de manutenção planeada. A habilidade de uma organização realizar manutenção planeada de forma eficiente determina o sucesso da implementação de programas TPM (Ahuja and Khamba 2008). A visão deste pilar passa por maximizar a disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos e processos, estabelecendo as suas condições ótimas e mantendo-as, com o menor custo possível (Singh et al. 2013). Sendo que disponibilidade é a probabilidade de que um sistema esteja em condições ideais num instante e fiabilidade é a aptidão de um equipamento para cumprir uma função requerida, em condições prefixadas e durante um certo período de tempo (Kaizen Institute 2019). Implementar um sistema de manutenção planeada traduz-se num aumento do *output* (diminui as avarias e os defeitos) o que reduz os custos do produto, assim como, melhora a sua qualidade e aumenta a disponibilidade da máquina (Jasiulewicz-Kaczmarek 2016).

A manutenção planeada consiste em abordagens de manutenção como a manutenção preventiva, *Time-Based Maintenance* (TBM), *Condition-Based Maintenance* (CBM) e manutenção corretiva (CM). A manutenção preventiva baseia-se na intervenção física no equipamento antes deste avariar, de modo a prevenir a avaria e prolongar o tempo de vida do mesmo. Este tipo de manutenção é efetuado após o equipamento trabalhar durante um período pré-estabelecido. A manutenção preventiva pode incluir limpeza, lubrificação, substituição de peças, apertos de peças soltas e ajustes. Os equipamentos são tipicamente sujeitos a uma inspeção por sinais de deterioração durante as manutenções preventivas. A chave para um plano de manutenção eficiente é ter um plano de manutenção para cada equipamento (Jasiulewicz-Kaczmarek 2016). Segundo Kaizen Institute 2019, para que esta implementação seja bem-sucedida deve seguir os seis passos seguintes:

- Avaliar a situação atual e organizar os dados técnicos
- Assegurar as condições iniciais do equipamento
- Criar um sistema de gestão de informação da manutenção
- Desenvolver um sistema para controlo da manutenção produtiva

- Desenvolver a manutenção preditiva
- Desenvolver um sistema para avaliar os resultados

2.4.4 Educação e Formação

O pilar de Educação e Formação tem como objetivo difundir o conhecimento sobre os equipamentos e as suas avarias pela equipa de produção e manutenção. Para tal, são realizadas atividades de formação e workshops com o objetivo específico de aprofundar o conhecimento técnico dos equipamentos por todos os participantes. Um maior conhecimento vai gerar uma mais rápida identificação do problema em caso de avaria e com isso diminuir o tempo médio de reparação do equipamento, que é um dos objetivos gerais da implementação do TPM (Kaizen Institute 2019).

2.4.5 Segurança e Saúde

O objetivo do pilar da Segurança e Saúde é criar um espaço de trabalho seguro e uma área circundante não danificada pelo processo. O chão de fábrica é a zona onde a importância da segurança é máxima. Os três zeros associados a este pilar são: zero acidentes, zero problemas de saúde e zero incêndios (Singh et al. 2013). Este pilar engloba todas as medidas relacionadas com a segurança dos operadores, incluindo o número mínimo de extintores por área de instalações, formações de como agir em caso de emergência, como utilizar os equipamentos em segurança, utilização e limpeza das casas de banho.

2.4.6 Gestão de Stocks dos Materiais de Manutenção

A gestão de peças suplentes é uma característica importante do TPM, uma vez que, estas podem ter um impacto na disponibilidade do equipamento. A falta de peças suplentes pode prolongar o tempo de avaria de um equipamento dependendo do *lead time* do fornecedor. No entanto, sobredimensionamento dos inventários de peças suplentes pode causar excesso de custos financeiros (Kaizen Institute 2019).

A gestão de peças suplentes tem impacto no MTTR (tempo médio de arranjo do equipamento desde a avaria até que volte a funcionar) e também no MTBF (tempo médio entre avarias consecutivas). Para minimizar os stocks garantir o nível de serviço é necessário balancear o custo do stock e o custo da avaria (Teixeira, Lopes, and Figueiredo 2017).

3 Análise da Situação Atual

3.1 A Indústria de Extração Mineral em Portugal

Portugal, apesar da sua pequena dimensão geográfica, possui uma geologia bastante diversificada. A escassez de recursos minerais e a maior procura a nível global representam uma oportunidade para o país impulsionar esta indústria, apostando de uma forma mais afincada, por exemplo, na fase de transformação. Desta forma, também se iria acrescentar valor às exportações e depender menos das flutuações externas.

Analisando de uma forma global o setor da indústria extrativa portuguesa, em 2017, o valor de produção foi de 1.073 milhões de euros o que representa 0,5% do PIB nacional do respetivo ano. A tendência de descida deste setor vem-se consumando desde 2007, quando a produção era de 1.559 milhões de euros, 0,88% do PIB nacional de 2007 ((PORDATA 2018).

No que se refere ao comércio internacional, a indústria extrativa assumia um papel de relevância, somando em 2017 um valor de 899 milhões de euros em exportações. Já as importações totalizaram um valor de 594 milhões de euros aumentando 37% face ao ano anterior (DGEG 2018).

Este setor pode ser dividido em quatro subgrupos, cerca de 42% corresponde a minérios metálicos, 31% minerais para construção, 6% a minerais industriais e o restante corresponde à extração de águas minerais como mostra o gráfico da Figura 5 (DGEG 2016). Uma vez que o foco deste caso de estudo são os minerais industriais, será este o subgrupo analisado mais ao detalhe neste subcapítulo.

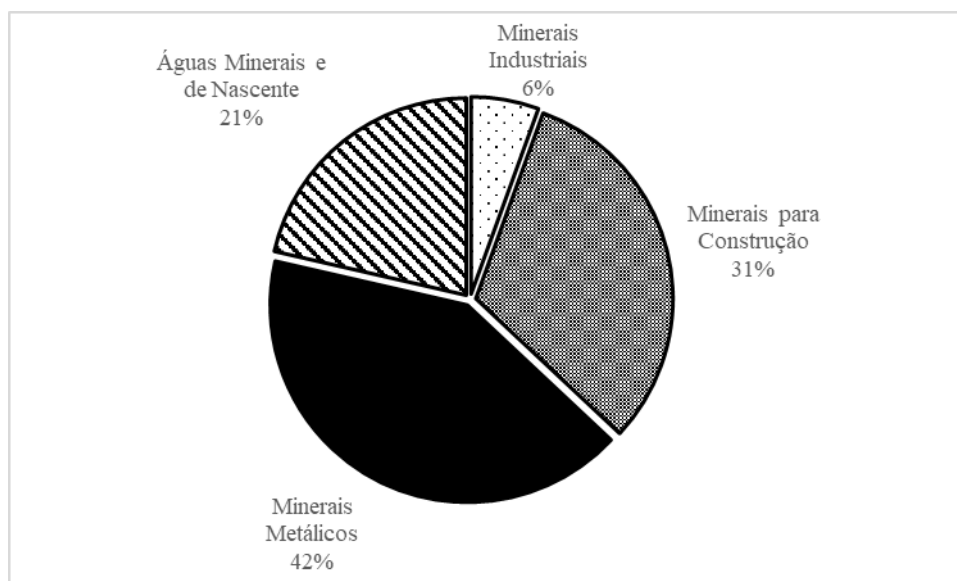


Figura 5 - Subsetores do setor da Indústria Extrativa e respetivo peso relativo (Fonte: DGEG)

A distribuição da produção em Portugal dos vários tipos de minérios industriais, no ano de 2017 é apresentada na Tabela 1, onde são apresentadas tanto as toneladas produzidas como o valor em milhares de euros.

Tabela 1 - Toneladas produzidas por tipo de mineral industrial (Fonte: DGEG)

Minerais Industriais	Ton (2017)	2017 (milhares €)	Variação 2017/16
Areia especial	1.086.540	27.374	23,7%
Areia feldspática	102.280	1.227	-13,2%
Argila comum	1.687.325	6.973	0,9%
Argila especial	201.401	2.252	3,5%
Calcário	1.013.774	5.432	3,4%
Calcite	117.314	504	0,8%
Caulino	307.982	9.114	8,6%
Feldspato	126.211	2.124	-4,5%
Pegmatito	15.000	150	0,0%
Pegmatito c/lítio	50.743	1.047	97,0%
Quartzo	205.272	2.239	20 427,2 %
Saibro	4.403	101	49,2
Sal-gema	7.800	175	28,0
Talco	13.600	806	16,2
Total	4.939.644	59.520	11,3%

Como se pode verificar na Tabela 1, apesar de na globalidade dos materiais existir, face a 2016, um aumento na produção de 11,3%, relativamente ao feldspato, que é o principal minério extraído pela Empresa X, existe um decréscimo, tanto no mineral (-4,5%) como nas areias feldspáticas (-13,2%). No entanto, este minério representa apenas 4,5% do valor de produção total dos minérios industriais extraídos em Portugal.

3.2 A Empresa X

No ano de 2018, a Empresa X contou com 45 clientes provenientes de sete países diferentes, comercializando uma gama de 110 produtos, sendo que estes podem diferir na composição material e na sua granulometria.

A indústria de transformação mineral é uma indústria de elevado desgaste para os equipamentos transformadores, a Empresa X apresenta um alto grau de ineficiência por indisponibilidade dos seus equipamentos devido a avarias. Serão explicitados neste capítulo, mais detalhadamente, os problemas encontrados que caracterizam a situação atual da empresa.

3.2.1 Fluxo de Material na Unidade Industrial

Apesar de possuir minas de extração, o foco de aumento de eficiência da Empresa X é na área industrial, onde é processada a pedra extraída das minas. O processamento da pedra é dividido em três macro etapas, cada uma processa-se numa das subunidades industriais. a primeira etapa (MP) é a de britagem e é alimentada com material diretamente das minas. Após a britagem a pedra passa por um crivo e é moída de seguida.

A segunda macro etapa (D1) pode ou não começar por uma secagem, dependendo do estado do material, seguindo depois para a desferrização magnética que é responsável por eliminar todos os materiais ferríticos do produto.

Por último, o produto passa por outra moagem (M1), que é responsável por transformar o produto em pó (produto micronizado) através de um grande cilindro que gira em torno de si mesmo com bolas de alumina que desfazem o material.

Como se pode ver na Figura 6 o produto quando finaliza a primeira ou a segunda etapa pode ser expedido para os clientes. Ou seja, existem produtos que passam apenas pela primeira macro etapa, produtos que passam pelas primeiras duas primeiras e produtos que passam pelas três, fazendo o percurso completo. Existe ainda a hipótese do produto não necessitar de desferrização, realizando apenas a primeira e a terceira etapa. Por último, quando é recolhido produto das minas com uma baixa granulometria este passa apenas na terceira macro etapa (M1).

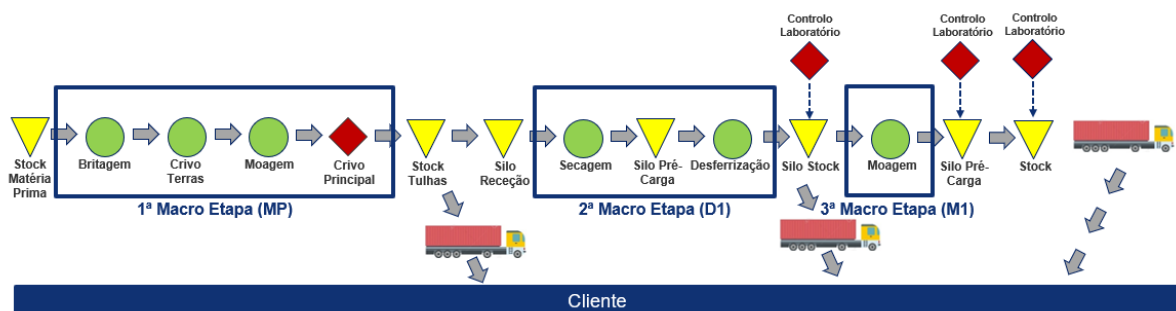


Figura 6 - Fluxo atual de material na UI

O produto é transportado através de camiões ou pás carregadoras de uma subunidade para outra, apesar de estas se encontrarem relativamente próximas umas das outras. Dentro da subunidade MP o material é transportado por telas transportadoras, no entanto na subunidade D1 é utilizado o ar comprimido e o material circula em tubos tal como na M1.

Na Figura 7 é possível visualizar o layout da UI (Unidade Industrial) e a localização das três subunidades correspondentes às três macro etapas do processo, também se encontra representado o parque de matérias primas com a letra “A” e a oficina de manutenção com a sigla “OM”.



Figura 7 - Layout da UI

3.2.2 Vendas e Nível de serviço

O produto vendido pela Empresa X varia em material (tipo de mineral) e consoante o percurso que segue na UI, isto é, quais as macro etapas que um determinado produto atravessa (roteiro). De modo a perceber qual dos roteiros tem uma maior importância nas vendas da Empresa X, o peso relativo das vendas e da quantidade processada em cada roteiro foi analisado, para o ano de 2018, e encontra-se exposto na Tabela 2. É de realçar que o preço do produto aumenta consoante o seu roteiro se torna mais complexo, devido aos gastos energéticos e ao desgaste dos equipamentos pelos quais o produto passa.

Tabela 2 - Peso relativo de cada roteiro da UI

Roteiro	Peso relativo das toneladas processadas	Peso relativo das vendas
MP	61%	55%
MP/D1	27%	26%
M1	7%	8%
MP/M1	5%	9%
MP/D1/M1	0,4%	1%
Total Geral	100%	100%

Após análise da Tabela 2, é possível verificar a predominância de produtos que passaram pela subunidade MP (93%). Esta subunidade é considerada a mais crítica uma vez que é esta que alimenta as subunidades seguintes.

Quanto aos minérios processados nos roteiros acima apresentados, existe uma grande predominância nos feldspatos com 92% da quantidade total processada, seguindo-se os

quartzos e o chamote com 3% e por fim as areias que representam apenas 2% do material processado.

Relativamente aos produtos fabricados, foi feita uma análise aos dez produtos mais vendidos em 2018 que representam 68% das vendas e 80% da produção da unidade. São apresentados na Tabela 3 os dez produtos mais vendidos com o respetivo roteiro associado e o seu peso relativo, tanto em toneladas como em vendas.

Tabela 3 - Peso dos produtos fabricados pela Empresa X

<i>Produto</i>	<i>Roteiro</i>	<i>Descrição Produto</i>	<i>Toneladas produzidas (peso relativo)</i>	<i>Vendas (peso relativo)</i>
1	MP	Feldspato A	15%	12%
2	MP	Feldspato S	10%	11%
3	MP/D1	Feldspato D	11%	9%
4	MP	Feldspato A1	12%	9%
5	MP/D1	Feldspato D1	9%	7%
6	MP	Feldspato A2	11%	7%
7	MP/M1	Feldspato A3	3%	5%
8	MP	Feldspato F	3%	3%
9	MP	Feldspato F1	3%	3%
10	M1	Chamote A	2%	3%
Total Geral			80%	68%

Foi possível também apurar que dos 45 clientes totais em 2018, os seus seis melhores clientes, representam 81% das vendas, o que provoca alguma dependência dos mesmos e a necessidade constante de aumentar a sua satisfação. Na Tabela 4 encontra-se o peso relativo da quantidade de toneladas produzida para cada cliente e do valor de vendas a cada cliente, também em termos relativos.

Tabela 4 - Peso dos seis maiores clientes da Empresa X

<i>Nome</i>	<i>Toneladas Produzidas Peso Relativo</i>	<i>Peso Relativo Vendas</i>
Cliente P	29%	26%
Cliente A	16%	23%
Cliente G	11%	10%
Cliente I	7%	9%
Cliente R	11%	9%
Cliente B	3%	3%
Total Geral	77%	81%

Apesar de reconhecer a importância de medir o nível do seu serviço, a Empresa X não controlava este indicador. Devido à inexistência de um standard de registo de pedidos e entregas de encomendas, não foi possível comparar as datas de entrega do produto com as datas acordadas com o cliente, sendo apenas comparado o número de encomendas que foram satisfeitas *In Full*. A Tabela 5 apresenta este dado para novembro de 2018 e janeiro de 2019, para todos os clientes da Empresa X, relacionando também a quantidade entregue e a quantidade encomendada à empresa nos mesmos meses.

Tabela 5 - Nível de serviço da Empresa X

<i>Mês</i>	<i>Encomendas Totais</i>	<i>Encomendas Satisfeitas In Full</i>	<i>In Full</i>	<i>Quantidade Entregue/ Quantidade Pedida</i>
Nov/18	43	12	28%	82%

Jan/19	48	18	38%	95%
--------	----	----	-----	-----

Através da Tabela 5 é possível identificar a necessidade da Empresa X aumentar a eficiência dos seus processos produtivos de modo a conseguir satisfazer a procura elevada do mercado. Outro processo que deve ser melhorado é a análise da carga/capacidade da UI, para que a data de entrega prevista seja negociada com o cliente para uma data possível de satisfazer.

No caso da Empresa X, o indicador OTIF (*On Time In Full*) é afetado negativamente por duas razões. Por um lado, existe um planeamento ineficiente e estabelecem-se datas com os clientes que não são atingíveis. Por outro lado, a procura do mercado é superior à oferta da empresa. Para eliminar esta última razão, a resposta terá de ser estratégica, isto é, ou aumentar a capacidade de produção da empresa ou aumentar os preços dos produtos com demasiada procura.

3.2.3 Fluxo de Informação na Unidade Industrial

Após a análise do fluxo de material importa perceber como se processa a informação desde que entra uma encomenda até que o cliente recebe o seu produto.

O primeiro contacto do cliente é com o comercial que solicita todas as especificações da encomenda ao cliente por email. Após o cliente enviar estes dados, o responsável de produção analisa a encomenda, alimenta o seu plano de produção e verifica as necessidades de matéria prima. De seguida, o comercial recebe as informações da produção e pode acertar com o cliente requisitos como o local e método de entrega e datas de entrega. Após validação do cliente, o departamento logístico verifica as necessidades de transporte e passa essa informação à empresa de transporte, que fica responsável por organizar o transporte da matéria prima a ser produzida até à UI e do produto acabado até ao cliente.

Após tudo estar coerente e organizado, o responsável de produção elabora a ordem de fabrico e entrega-a ao encarregado de produção que entrega as ordens às áreas fabris. Posteriormente, quando a ordem é realizada, o responsável da produção verifica a quantidade e o laboratório verifica a qualidade. Caso tudo esteja conforme, o departamento logístico planeia a carga dos camiões de expedição, realiza a carga e, após pesagem, emite os documentos de expedição.

Como oportunidades de melhoria neste fluxo, podem ser identificados

- a convergência do sistema de encomendas para o ERP (*Enterprise Resource Planning*), de modo a evitar informação duplicada.
- A redução de quantidade de alterações ao plano de produção, seja devido aos comerciais ou à logística ou à própria capacidade produtiva.
- A criação de um local para centralização da informação da fábrica, isto é, aumentar a visibilidade sobre o que está para ser fabricado o que falta fabricar e informação sobre o estado atual das expedições.
- A monitorização dos objetivos de produção.
- A implementação de um sistema de controlo do horário de expedição aumentando a visibilidade sobre todas as cargas a ser expedidas.

Para além do fluxo de informação das encomendas a produzir, existe outro processo recorrente devido ao elevado número de avarias que as máquinas apresentam. Foi então mapeado o processo de manutenção corretiva. Este processo começa nos operadores de produção, que comunicam as avarias do dia à equipa de manutenção. Esta comunicação não é standard, isto é, podem ser utilizados meios de comunicação distintos e o recetor da informação também é variável. Após ordenação dos pedidos devido à sua prioridade os operadores da manutenção são distribuídos, pelo seu líder, pelos diversos casos e realizam a

intervenção. De realçar que não existe um plano de intervenções periódicas, não existe um registo histórico das avarias que permita calcular o MTBF (*Mean Time Between Failure*) e o MTTR (*Mean Time To Repair*) nem é possível analisar a qualidade das intervenções realizadas.

Para além da implementação de um sistema informático que permita a realização dos três anteriores pontos, surge ainda como oportunidade de melhoria, criar um *standard* para os pedidos de intervenção, tanto o meio como é feito como quem os recebe para posteriormente, criar também um método de priorização mais eficaz.

3.2.4 Unidade de Britagem (MP)

A unidade de britagem é constituída por três moinhos, o primário, o secundário e o terciário, que são responsáveis por reduzir a granulometria do material sequencialmente. Entre cada um dos moinhos existe um crivo que filtra o material que já está na granulometria desejada e passa para o moinho seguinte e aquele que volta a passar pelo moinho pois a sua granulometria ainda é demasiado elevada. Sendo assim, à saída de cada crivo existem dois tapetes, um que alimenta o moinho seguinte, e outro que faz o retorno ao moinho anterior. De realçar que o material não sai diretamente do tapete para o silo, é acumulado num silo que regula a quantidade de material que entra no moinho (Figura 8).

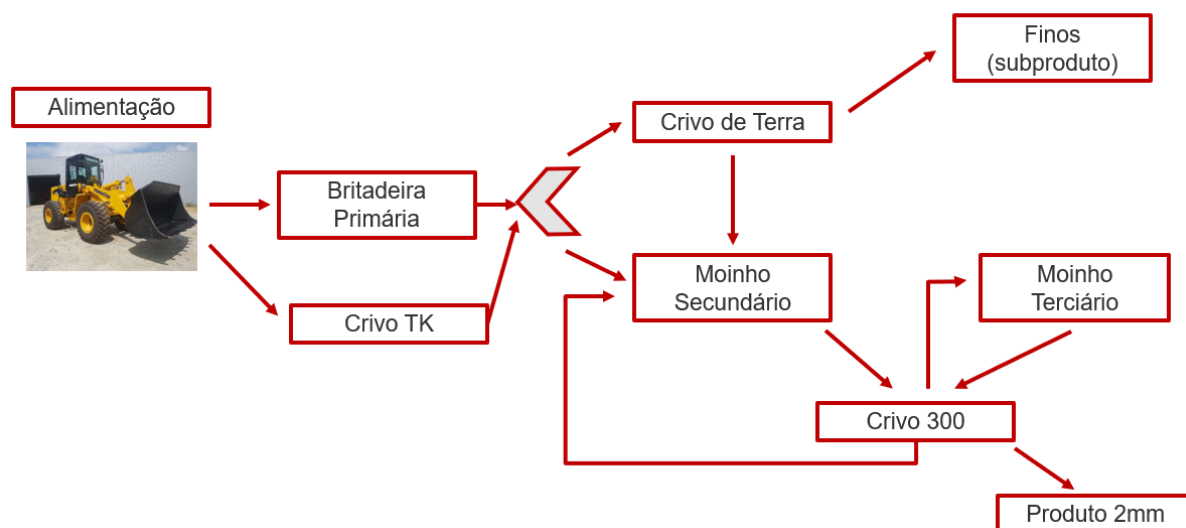


Figura 8 - Processo produtivo da unidade MP

A unidade é alimentada pelos operadores que conduzem as pás carregadoras, carregando a matéria prima nos montes do parque de matéria prima e descarregando na tremonha que precede o moinho primário. Uma pá demora em média 15 minutos desde que é descarregada na tremonha até que a tremonha fica vazia.

Para além do operador que carrega a unidade com matéria prima, existe outro operador que é responsável pela vigilância da unidade por questões de segurança. Caso detete alguma anomalia em algum dos equipamentos, deve de imediato parar a unidade para que essa anomalia seja corrigida e não se propague no equipamento, provocando uma avaria mais grave. A Figura 9 mostra qual a visão que o operador de segurança deve ter sobre a unidade.



Figura 9 - Posto de observação do operador de controlo operacional

Por se tratar de uma indústria de elevado desgaste, dado que o material processado é muito abrasivo quando projetado com a velocidade de moagem, esta unidade sofre de constantes perdas de disponibilidade por avaria dos equipamentos. Outras das principais razões para as avarias deve-se à idade dos equipamentos, e à falta de manutenção e limpeza dos mesmos.

Foi analisado o ano de 2018, com base nos registos manuais de paragens por parte dos operadores, e concluiu-se que a disponibilidade seria de 73%, variando entre um mínimo de 46% na semana 47, e um máximo de 93% na semana 33. Apesar de próximos da realidade, os resultados podem conter algum erro dado as avarias serem apontadas em formato de papel pelos operadores e registadas depois manualmente em formato digital pelo responsável de produção. A evolução da percentagem de horas de produção sobre as horas totais do turno pode ser visualizada na Figura 10.

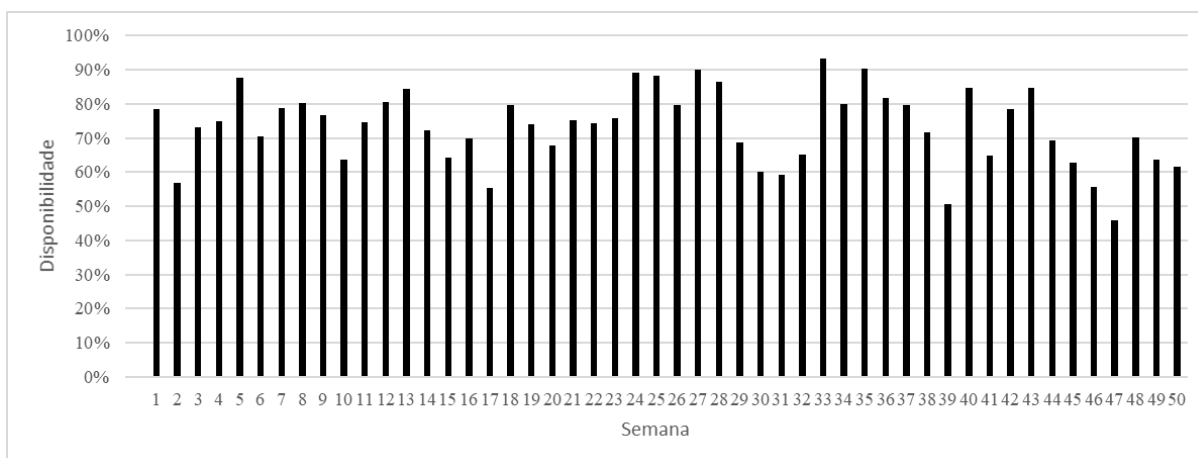


Figura 10 - Disponibilidade da subunidade MP no ano de 2018

As perdas de disponibilidade podem ter diversos motivos, sendo o mais frequente as avarias, que correspondem a 35% das perdas totais. A segunda maior causa de paragem é a mudança de matéria prima 20%, uma vez que todo o material que se encontra no circuito tem que chegar ao fim do moinho terciário antes de ser introduzida uma pá de nova matéria prima. A

terceira maior causa é a mudança de redes que ocorre quando a granulometria do produto se altera (16%). A quarta causa mais comum de perdas de disponibilidade designa-se atascamento, que ocorre mais frequentemente em épocas de chuva intensa pois o material fica mais húmido, formando uma espécie de lama que se acumula no moinho, impedindo-o de girar. Neste caso, o operador que está a vigiar a unidade deve pará-la e retirar as partes de material que estão a impedir o funcionamento normal do moinho. Esta paragem corresponde a 10% das perdas totais por indisponibilidade dos equipamentos.

Existem também paragens para lubrificação dos equipamentos que correspondem a 6% das paragens, paragens por falta de luz ou água ou gás (3%), paragens por falta de meio de abastecimento, ou seja, quando a pá carregadora é usada para outra tarefa e não se encontra disponível para alimentar a unidade (3%). Paragens para carregar carros, isto é, quando o operador que está responsável por alimentar a unidade tem que ir carregar camiões de expedição (2%). As paragens por limpeza correspondem a 2% das paragens, existem ainda outros motivos não especificados que correspondem a 2%. Não existem paragens por falta de matéria prima nesta unidade como se pode ver no gráfico de pareto na Figura 11.

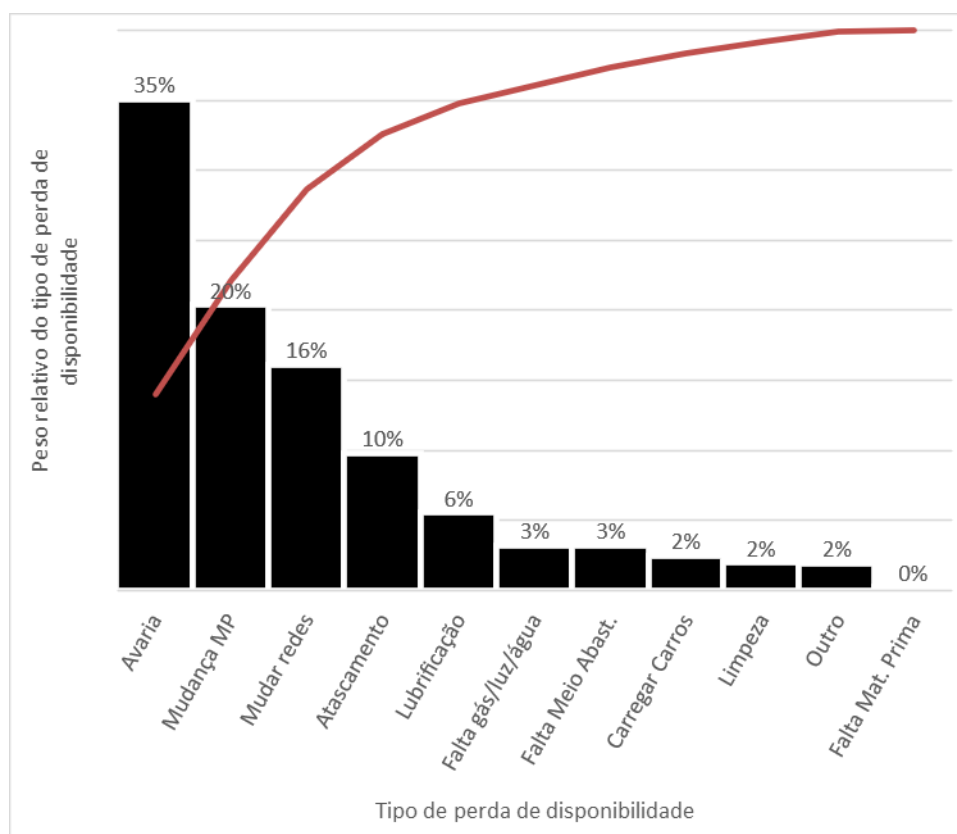


Figura 11 – Gráfico de Pareto de perdas de disponibilidade na MP

Foi feito um mapeamento das atividades dos dois operadores desta unidade com o objetivo de determinar o tempo que cada um deles realiza ações com valor acrescentado e muda. Sendo que, um deles tem de estar, por razões de segurança, a realizar o controlo operacional da unidade como já foi descrito anteriormente, considera-se por este motivo que a sua ocupação com tarefas de valor acrescentado é de 100%. O segundo operador, tem três tarefas distintas de valor acrescentado que correspondem a 13% do seu tempo de trabalho total. Carregar camiões de expedição representa 59% do seu tempo de valor acrescentado, abastecer a tremonha de alimentação (21%) e organizar os montes de stock (20%). Existe portanto a possibilidade de rentabilizar o tempo do segundo operador, adicionando outras tarefas de valor acrescentado para rentabilizar os 87% do seu tempo que é utilizado em tarefas sem valor.

3.2.5 A Equipa de Manutenção

A equipa de manutenção da Empresa X, é constituída por oito elementos, e é liderada pelo diretor industrial, uma vez que não existe, neste momento, ninguém capaz de assumir as funções de líder da manutenção.

Somando à falta de liderança, a falta de monitorização dos trabalhos de manutenção, e a falta de planeamento dos trabalhos a serem realizados, a equipa é considerada como uma das mais necessitadas de reorganização estrutural.

Dos três tipos de intervenção da manutenção quanto à sua natureza, corretiva, preventiva e de melhoria. A manutenção realiza maioritariamente intervenções corretivas, uma vez que não existe um plano de intervenções preventivas estabelecido para nenhum dos equipamentos da UI. Realiza, por vezes, algumas intervenções de melhoria, sendo estas idealizadas pelo diretor industrial e executadas pelos operadores da equipa de manutenção.

Uma vez que não existem registos das intervenções feitas, nem quais equipamentos sofreram avaria nem o tempo de reparação, não é possível calcular indicadores como o MTBF e o MTTR.

Quanto à gestão das peças suplentes, não existe um registo do inventário atualizado, sendo que o armazém de peças suplentes se encontra com muitos componentes já considerados sucata ou monos. Existe falta de organização dos espaços de armazenamento e não estão dimensionados stocks mínimos de reposição.

3.3 Oportunidades de Melhoria

Foram encontradas oportunidades de melhoria nas diversas áreas analisadas da UI, dividindo-se em três grupos: planeamento, produção e manutenção.

Na área do planeamento da produção existe a oportunidade de definir critérios de lotes mínimos de produção de forma a evitar perdas desnecessárias nas mudanças de produto. Deve-se começar a ter visibilidade sobre o nível de serviço da fábrica, ou seja, semanalmente perceber se se está a corresponder às encomendas do cliente no tempo certo ou não. Por outro lado, existe a possibilidade de aumentar a visibilidade sobre a carga/capacidade da fábrica, que neste momento não é tida em conta. Diminuir as paragens não programadas e aumentar as programadas para evitar as frequentes alterações ao plano.

Na área da produção, é essencial melhorar as condições dos equipamentos, devolvendo-lhes as condições o mais próximo possível do seu estado de origem, e criando planos regulares de limpeza e manutenção para evitar voltar ao estado de degradação atual. Outra das melhorias é diminuir o tempo de mudança de produtos que em conjunto com a melhoria do estado dos equipamentos irá aumentar o tempo disponível para produção. Por outro lado, aumentar a visibilidade sobre a carga dos operadores, dar visibilidade a indicadores de produção vai aumentar os índices de motivação da equipa que atualmente se encontra desmotivada. Para garantir que a informação de produção apresentada é correta, é necessário melhorar o processo de registo de paragens e de produção, uma vez que o atual, para além de consumir muito tempo dos operadores e do responsável de produção, está sujeito a erros e à sensibilidade do operador para medir o tempo de paragem.

Na área da manutenção, as principais oportunidades de melhoria estão relacionadas com a organização do espaço de trabalho, quer das ferramentas, quer das peças suplentes. Criação de planos de manutenção preventiva, para aumentar o nível de organização e planeamento de tarefas da equipa. Com esta organização vai ser possível reduzir o número de intervenções “de emergência” que não são possíveis de mapear. Criação de um processo standard de pedido de manutenção e atribuição de uma prioridade a cada pedido. Criação um registo histórico de

manutenção, de onde seja possível retirar indicadores como o MTBF e o MTTR, que serão usados para aperfeiçoar a frequência das manutenções planejadas e o planejamento do trabalho da equipa.

Existem ainda melhorias transversais às várias áreas da empresa como a criação de um sistema de comunicação intra e entre departamentos, melhorando o fluxo de informação. Basear a gestão das equipas em indicadores de performance com objetivos ambiciosos, mas atingíveis. Por fim, a criação de standards que facilitem a execução de tarefas de rotina, ajudando na formação das pessoas, melhorando e uniformizando o seu resultado.

4 Implementação das Soluções de Melhoria

Uma vez explicitada a situação inicial no capítulo anterior, e após levantadas todas as oportunidades de melhoria, neste capítulo são descritas as soluções desenhadas e a implementação das mesmas. Desta forma, em conjunto com a administração do grupo a que pertence a Empresa X, foi distribuído temporalmente as atividades do projeto de implementação das oportunidades de melhoria. Neste capítulo são explicitadas as melhorias implementadas nos primeiros três meses do projeto.

4.1 Automação de Recolha e Análise de dados

Um dos maiores problemas encontrados na Empresa X foi a falta de dados fiáveis e de rotinas de avaliação dos mesmos. Para atingir a estabilidade básica, foi necessário implementar sistemas que permitissem perceber numa rotina diária qual a performance de cada uma das subunidades.

4.1.1 Processo de Recolha de Dados da Produção

Para medir a quantidade produzida e os tempos de paragem a Empresa X pedia aos seus operadores que preenchessem um relatório de turno Figura 12. Neste relatório deveria constar a quantidade produzida naquele turno, o número de horas de paragem (com um grau de incerteza elevado) e o motivo da paragem.

[illegible]

Figura 12 - Relatório do turno (formato papel)

Após recolher todos os dias os vários relatórios, em formato papel, de todas as subunidades a diretora da produção, uma vez por semana, preenchia um documento em formato digital onde registava os dados fornecidos pelo relatório. Feita a análise do tempo que a diretora de produção despendia por semana para realizar esta tarefa (cerca de duas horas), decidiu-se melhorar este processo.

O primeiro passo passou pela criação de uma aplicação em formato Excel que permitisse o registo tanto dos tempos de produção como das paragens Figura 13. Para a subunidade MP o registo da produção foi contabilizado com números de pás carregadas. Isto é, no início da produção são registadas o número de pás que surgem no contador, e no fim dessa produção é registado o número final de pás. Depois de medidas várias pás atribuiu-se o valor médio de cinco toneladas por pás. Para saber o número final de toneladas produzidas tem ainda de ser contabilizado o número de pás carregadoras de “finos” (subproduto) que foram retiradas do processo produtivo. Quanto às paragens, foram definidas todas as possibilidades de paragem para que todos os operadores registassem da mesma forma. Para o caso particular de avaria, os operadores devem seleccionar o equipamento avariado entre as possibilidades finitas apresentadas.

Registrar Produção

Clicar "Início Tempo" para arranque de produção. Quando terminar, clicar "Fim Tempo" e preencher restantes campos. Caso não tenha sido possível registar o início, inserir tempo manualmente nos campos de horas e minutos e clicar no botão respectivo.

Início Tempo | Inserir Tempo Manualmente

Fim Tempo | Horas: | Minutos: |

Registrar Produção | Pás Iniciais * | Pás Finais * | Tipo de Produto *

Finos tirados (em pás) |

Registrar Operador | Nº O.F. |

Registrar Paragem

Clicar "Início Tempo" para início de paragem. Quando terminar, clicar "Fim Tempo" e preencher restantes campos. Caso não tenha sido possível registar o início, inserir tempo manualmente nos campos de horas e minutos e clicar no botão respectivo.

Início Tempo | Inserir tempo manualmente

Fim Tempo | Horas: | Minutos: |

Selecionar paragem respectiva

Atascamento	Carregar carros	Refeição	
Falta meio abastec.	Mudança de Rede/ consumiv.	Falta de água	Falta de luz
Falta de MP	Manut. Prev. /lubrificação	Avaria	Afinação
Limpeza	Mudança MP	Equipamento	Crivo Terras

Limpar ou anular registo

Caso pretenda eliminar o registo atual. Nota: elimina todos os campos inseridos.

Finalizar registo

Quando todos os campos necessários estiverem preenchidos, pressionar sempre este botão.

Figura 13 - Aplicação de registo de produção em formato Excel recorrendo a macros

O segundo passo realizado foi a formação dos colaboradores, para tal, começou-se pela explicação de uma primeira versão da aplicação sujeita a melhorias. Após algumas sugestões dos colaboradores chegou-se à versão final Figura 13. Para garantir que todos os colaboradores não tinham dúvidas e para ser mais fácil o registo foi colocada uma norma de utilização em frente ao computador utilizado para fazer o registo, como se pode ver na Figura 14.

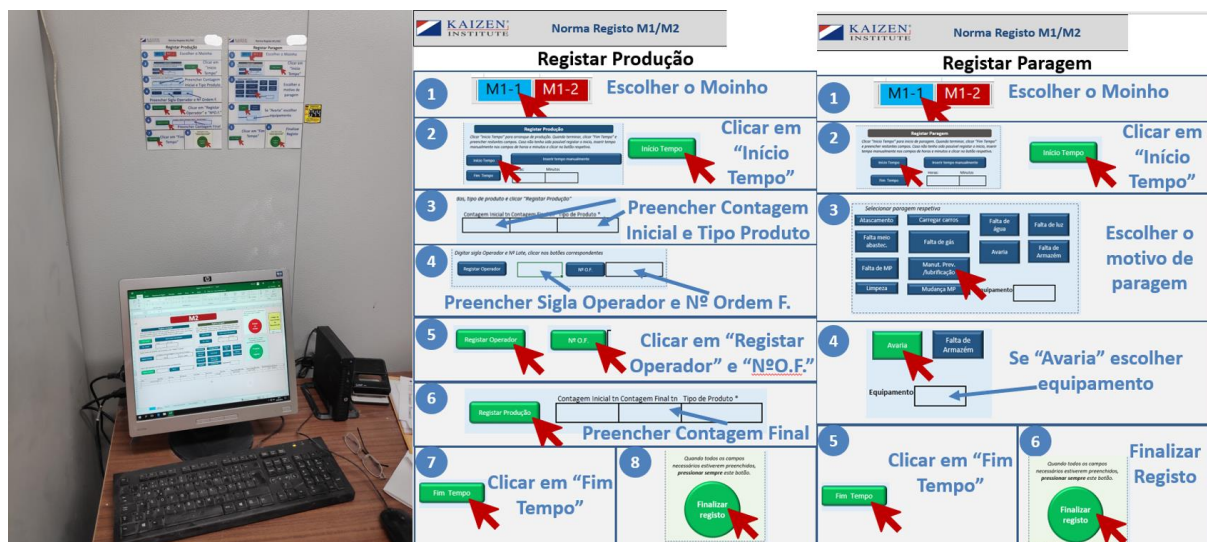


Figura 14 - Normas de registro colocadas em frente ao computador usado pelos colaboradores para fazer registro de produção e paragens

A partir do momento em que todos os colaboradores se encontravam formados e os registos apresentavam coerência, eliminou-se o registo em papel. A partir dos dados recolhidos foi criado um ficheiro Excel com os indicadores de eficiência de cada subunidade. Este ficheiro, atualizado diariamente, gera um *dashboard* diário (Figura 15), com informações de gestão, que são enviadas todos os dias pela responsável de produção para a equipa de projeto e administração. Desta forma, é possível reagir com contramedidas, mais rapidamente, caso existam desvios significativos dos objetivos. Os indicadores controlados diariamente são o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), as toneladas produzidas por hora de produção e o número de horas por tipo de avaria como mostra a Figura 15.

Para o cálculo do OEE foi necessário atribuir velocidades nominais diferentes para cada tipo de produto. Devido à falta de informação nos manuais dos equipamentos da velocidade nominal para cada tipo de produto produzido pela Empresa X, foi necessário verificar qual a velocidade máxima atingida por cada produto nos últimos dois anos e assumir essa velocidade como a velocidade teórica de produção.

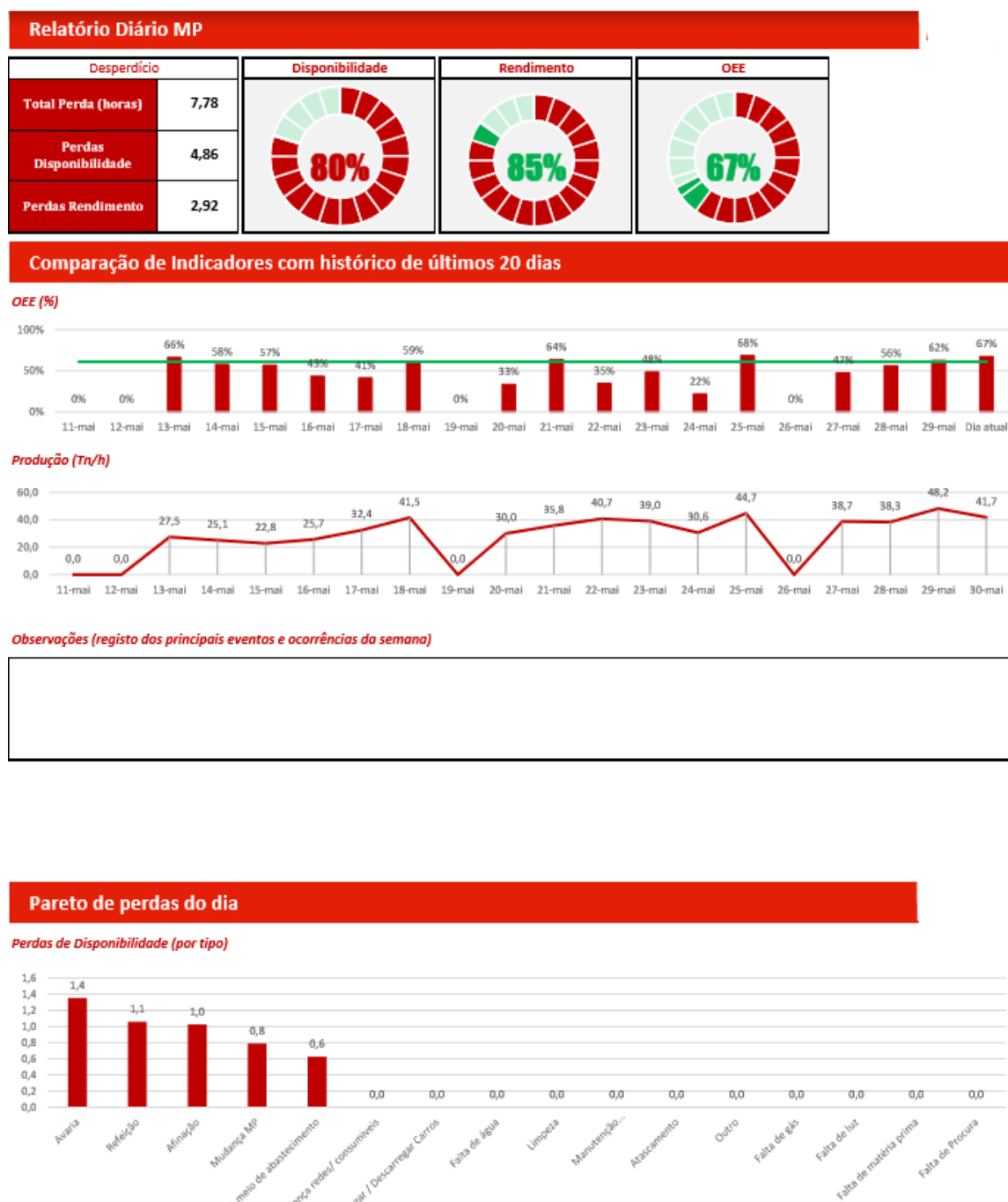


Figura 15 – Exemplo de relatório diário da subunidade MP com os respetivos indicadores

4.1.2 Processo de Recolha de Dados da Manutenção

Após a implementação do processo de recolha de dados de produção, criou-se um registo de ocorrências de manutenção. Ao contrário da produção, onde já existiam registos em papel, mas que o processo era lento, tendo sido melhorado, na manutenção a situação era ainda mais crítica pois não existia qualquer registo das intervenções realizadas.

Uma vez que não existia um fluxo claro de informação, desde que a produção detetava uma necessidade de manutenção até que a manutenção recebia essa informação, foi necessário criar um standard para este processo. Começou-se então, por criar uma requisição (Figura 16) para cada uma das subunidades, que deveria ser preenchida pelos operadores, e diariamente recolhida pelo encarregado da produção, que as entregaria a um elemento da equipa de manutenção.

As requisições estão divididas em quatro partes, a primeira parte é preenchida pela produção e tem como objetivo identificar o equipamento que necessita de intervenção e descrever o tipo de avaria registado. A segunda é preenchida pelo encarregado de produção que deve validar a requisição e classificá-la como urgente ou não urgente, pode ainda não validar a requisição. A terceira é preenchida pelos operários da manutenção, que devem não só registar qual a data e hora que começaram e acabaram cada manutenção, mas também registar se a resolução do problema foi temporária ou final/corretiva. Por fim, a última parte serve para o responsável da manutenção validar a intervenção.

Requisição
Manutenção MP

Nº ocorrência: _____ Data: ____/____/____
 Nome: _____ Hora: ____:____:____

☐ Sem paragem ☐ Paragem parcial ☐ Paragem total

Produção		
Registo de Avarias	Equipamento	Observações
☐ Primário	_____	
☐ Secundário	_____	
☐ Grupo Hidráulico	_____	
☐ Terciário	_____	
☐ Grupo Hidráulico	_____	
☐ Telas	_____	
☐ Outros	_____	

Gestão da Produção	
Validação	Prioridade
☐ Sim ☐ Não	Urgente ☐ Não Urgente ☐
Rúbrica: _____	

Manutenção	
Data Inicio da Intervenção: ____/____/____	Data Fim: ____/____/____
Operador: _____	
Observações: 	
Tipo de Intervenção	
☐ Temporária* ☐ Final/Corretiva	
* Quando temporária apresentar nas observações restrições no funcionamento do equipamento	

Gestão da Manutenção	
Validação	☐ Sim ☐ Não
Observações: 	
Rúbrica: _____	Data: ____/____/____

Figura 16 - Requisição de manutenção da subunidade MP

Após serem recebidas pela manutenção as requisições devem ser passadas para um ficheiro Excel onde serão guardados todos os dados por tipo de manutenção para posteriormente serem calculados indicadores mais específicos de manutenção como o tempo médio entre avarias e o tempo médio de reparação.

4.2 Kaizen Diário Nível 1

Dada a falta de planeamento do trabalho da equipa de manutenção, e sendo esta uma peça fulcral na etapa de reconstrução dos equipamentos da fábrica, devolvendo-lhes as suas condições iniciais de funcionamento, optou-se por esta equipa para ser a equipa piloto de Kaizen Diário. Uma vez que esta equipa não tinha nenhuma reunião de planeamento, não analisava indicadores de performance, nem acompanhava a evolução de ações de melhoria, era expectável que a introdução das reuniões diárias aumentasse a organização desta equipa de forma disruptiva.

4.2.1 Planeamento

O planeamento para a implementação desta iniciativa foi dividido em quatro etapas com a duração total de três meses. De seguida é apresentada uma breve descrição de cada uma dessas etapas.

1ª Etapa: Formação em sala

A primeira etapa da implementação desta iniciativa passa pela formação em sala de toda a equipa onde é explicado o conceito da iniciativa e os objetivos da mesma. Esta primeira formação serve também para garantir que todos os intervenientes estão alinhados de forma a assegurar a sustentabilidade futura das reuniões e maximizar os resultados obtidos.

2ª Etapa: Definição de elementos do quadro

A segunda etapa passa pela definição dos elementos do quadro da equipa e respetivos indicadores. Nesta reunião, o líder deve ajudar a definir todos os parâmetros da reunião, isto é, quem participa, qual o horário, qual a frequência, quais os elementos que interessa acompanhar. Após a definição destes parâmetros, define-se quanto tempo se deve dedicar a cada um dos elementos, qual a sua sequência mais lógica.

3ª Etapa: Simulação da Reunião

A terceira etapa é marcada pelo arranque das reuniões, onde é explicada a toda a equipa o funcionamento da reunião, as suas dinâmicas e é montado o quadro por toda a equipa. De realçar que, a maioria dos elementos do quadro se encontram no formato removível para que o quadro possa ser aperfeiçoado no decorrer do tempo. No final desta etapa, com o quadro já montado a equipa simula uma reunião para testar a usabilidade do modelo criado.

4ª Etapa: Acompanhamento

Após o arranque das reuniões, é necessário realizar o acompanhamento das mesmas, de forma a garantir que os objetivos definidos para as mesmas estão a ser cumpridos. Este acompanhamento deve focar-se na formação do líder para que ele possa capacitar a sua equipa a praticar a melhoria continua. Isto é, para além de organizar melhor a equipa, o líder deve desafiar a equipa a procurar oportunidades de melhoria para depois serem implementadas.

4.2.2 Implementação

A implementação ocorreu de acordo com o planeado, com a primeira sessão a revelar-se muito produtiva dado o envolvimento e motivação de toda a equipa, todos concordaram na necessidade de melhorar a sua organização e perceberam os objetivos do Kaizen Diário. Posteriormente, a segunda sessão foi realizada, nesta decidiram-se quais os indicadores de desempenho que iriam começar a ser medidos e todos os restantes elementos que iriam compor o quadro. O indicador escolhido teve em conta as limitações da empresa na recolha de dados, pelo que se escolheu um indicador mais simples, o número de horas que as subunidades estão paradas por avaria. Foi também definida a periodicidade da reunião (diária), e o horário foi definido para as nove da manhã, com o objetivo de planejar o dia de trabalho de cada colaborador. O resultado do desenho do quadro está presente na Figura 17.

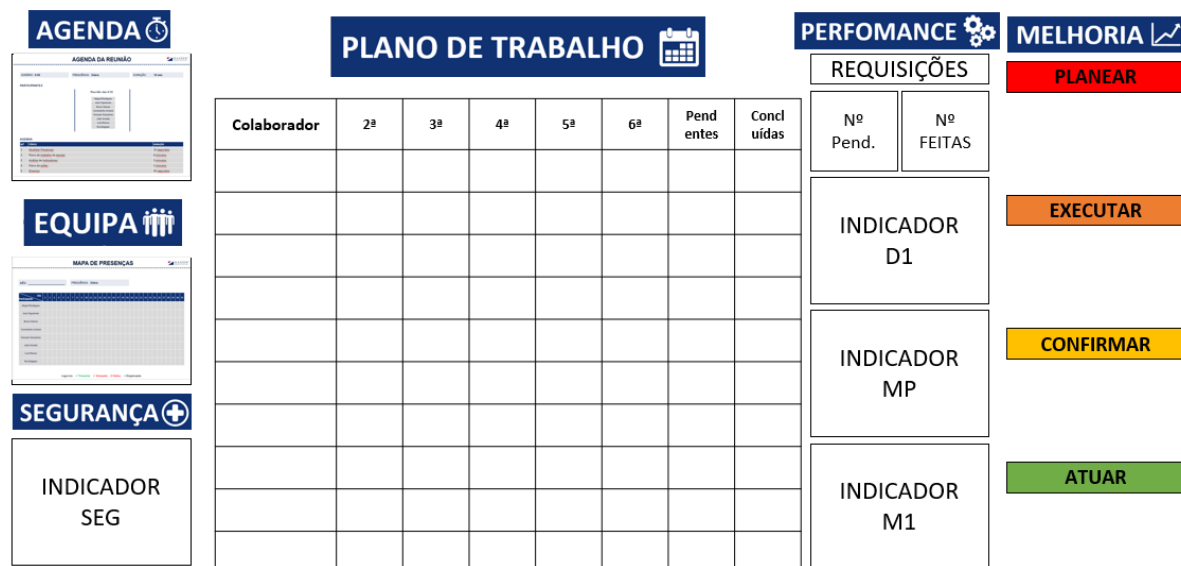


Figura 17 - Desenho de esboço de quadro Kaizen Diário

No quadro da Figura 17 é possível distinguir os seguintes elementos:

- **Agenda:** Apresenta a sequência dos temas a abordar na reunião, a sua duração, a frequência da reunião e o horário da mesma. Os tópicos definidos a serem abordados são os seguintes:
 - Atualizar presenças (15'')
 - Definir o plano de trabalho da equipa (8')
 - Analisar os indicadores de performance (3')
 - Rever o plano de ações de melhoria (3')
 - Abordar outros temas pendentes (45')
- **Mapa de Presenças:** É o primeiro passo da reunião, consiste em verificar quem se encontra presente na reunião e marcar faltas aos ausentes.
- **Indicador de Segurança:** Este indicador permite saber quantos dias decorreram desde o último acidente de trabalho na equipa.
- **Plano de Trabalho:** com o objetivo de organizar o dia de trabalho de cada elemento da equipa criou-se a matriz mostrada na Figura 17, nas linhas são representados cada um dos colaboradores e nas colunas cada dia da semana. Em cada célula da matriz devem ser colocadas as tarefas que o colaborador X deve realizar no dia Y. No caso de a tarefa não ser completa nesse dia, o colaborador deve justificar na reunião seguinte porque é que não foi possível realizar a tarefa e despoletar uma ação de melhoria para que no futuro o consiga fazer.
- **Indicadores de Performance:** Nesta seção estão visíveis os diversos indicadores selecionados, neste caso, dado a falta de monitorização das manutenções efetuadas pela equipa, selecionou-se o número de horas de paragem de cada uma das subunidades pelas quais a equipa é responsável, que são monitorizadas diariamente.
- **Plano de Ações de Melhoria:** Recorrendo ao ciclo PDCA (*Plan Do Check Act*), é nesta zona que se devem colocar cartões de ação com ações que afetem positivamente os indicadores de performance da equipa. Estas ações devem conter para além da descrição da tarefa, uma data de início e um limite temporal, no qual a ação deve estar concluída. Para além destas informações, todas as ações devem ter um responsável e

deve estar situada num dos quatro estados possíveis (planeada, em execução, em verificação, concluída).

O objetivo desta rotina diária, é capacitar o líder da equipa de manutenção para gerir a sua equipa de forma a que seja praticada por todos os seus elementos a melhoria contínua. Através do plano diário consegue compreender de forma visual qual a carga de cada um dos seus subordinados bem como priorizar as requisições mais importantes. Recorrendo aos indicadores pode visualizar como é que a sua equipa se tem comportado, podendo lançar ações de melhoria e acompanhá-las no ciclo PDCA, caso o indicador esteja abaixo do objetivo.

Relativamente às requisições foi também necessário desenhar o fluxo das mesmas que deve anteceder todas as reuniões da equipa de manutenção, cujo resultado é apresentado na Figura 18. Este fluxo deve ser seguido para garantir que antes da reunião começar todas as intervenções já se encontram distribuídas por cada operador e devidamente priorizadas.

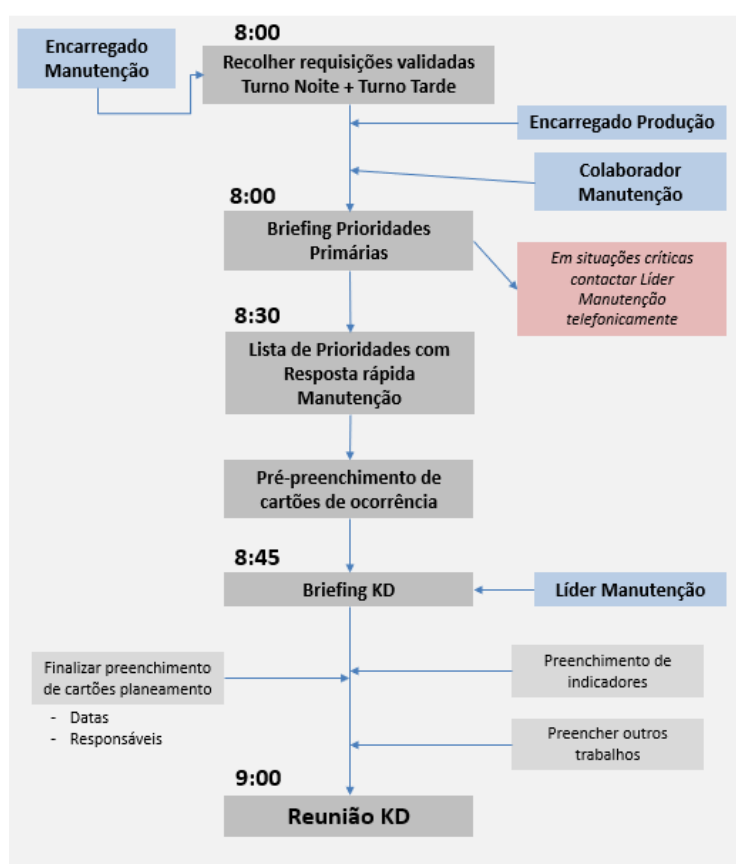


Figura 18 - Fluxo de informação que antecede a reunião diária

Acabada a segunda sessão, onde a equipa de manutenção, conhecida por ser a equipa mais irreverente da Empresa X, se mostrou muito otimista quanto ao futuro, foi agendada a sessão seguinte que corresponde à montagem do quadro real e da simulação da primeira reunião. A equipa, após cerca de duas horas de trabalho apresentou o quadro demonstrado na Figura 19.

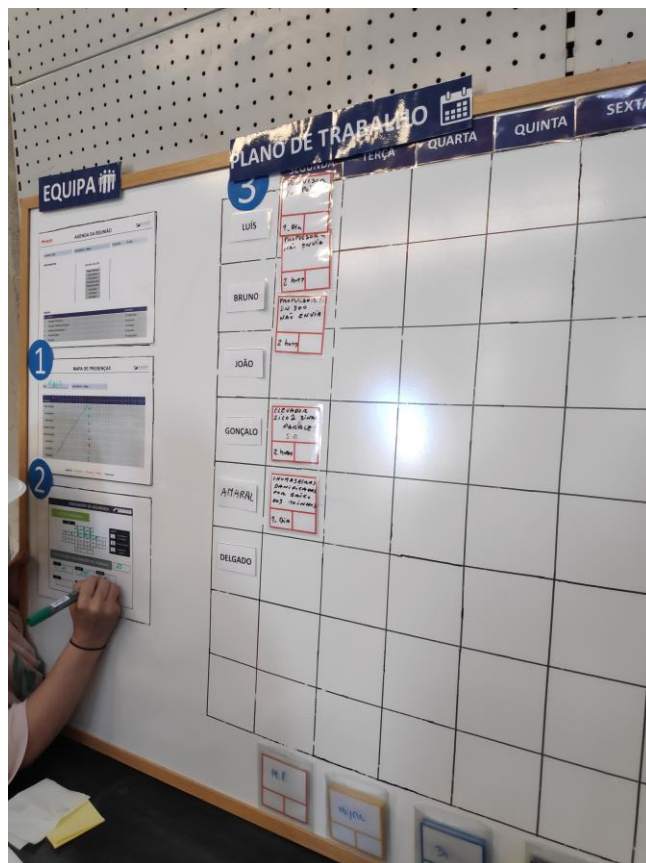


Figura 19 - Quadro Kaizen Diário elaborado pela equipa

Seguiram-se as primeiras reuniões e, apesar destas terem arrancado com sucesso, existiram algumas dificuldades da parte da equipa no lançamento de ações de melhoria. A equipa focava-se, inicialmente, em ideias de melhoria para os equipamentos, retirando o foco das ações de melhoria que afetassem o desempenho da equipa de manutenção, como a organização dos seus espaços de trabalho ou o investimento em ferramentas mais modernas. Esta situação foi transmitida à equipa que compreendeu a mensagem e começou a planear as melhorias feitas aos equipamentos das subunidades como uma requisição interna de manutenção, sendo esta depois priorizada pelo líder e colocada no plano de trabalho.

Foram colocados pela equipa alguns pontos de melhoria para o quadro, como o aumento da dimensão do plano de trabalho e a criação de uma área para as chegadas previstas de material crítico para intervenções. Optou-se, então, por comprar um quadro de maiores dimensões e colocar o plano de trabalho numa das faces, a ocupar a totalidade da sua área, e os restantes elementos nas costas do quadro, adicionando as chegadas previstas de material (número 5 na Figura 20), bem como uma área para programar intervenções mais detalhadamente (número 6 na Figura 20). É possível visualizar o resultado final na Figura 20

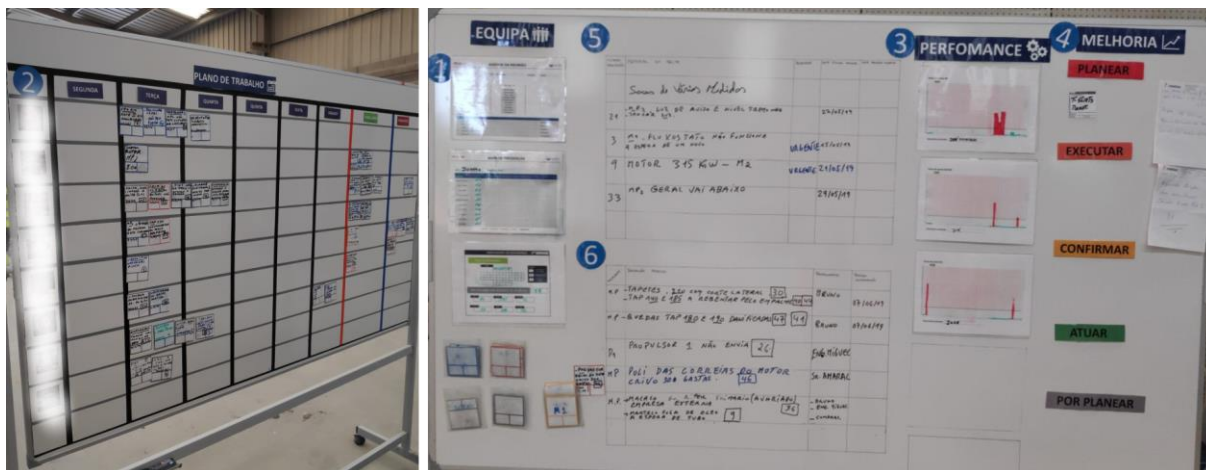


Figura 20 - Versão final do quadro de reunião diária

4.3 Total Productive Maintenance - Manutenção Planeada

Após ter sido atingida a estabilidade básica na recolha de dados e cálculo dos indicadores foi dado início ao subprojecto de manutenção planeada. Os dois principais objetivos desta implementação eram por um lado, a diminuição do número de horas de avaria das máquinas e por outro lado aumentar a estabilidade da equipa de manutenção, aumentando o número de manutenções planeadas no seu dia-a-dia e diminuindo o número de intervenções corretivas.

O tempo previsto para esta iniciativa tem a duração de seis meses, no entanto este trabalho foca apenas os três primeiros meses de implementação. Os três últimos meses focam-se na desmultiplicação do que foi implementado nos primeiros três para os restantes equipamentos da subunidade. A subunidade escolhida para ser pioneira neste tipo de manutenção foi a MP devido à análise da situação atual descrita na seção 3.2.2.

4.3.1 Escolha do Equipamento Piloto

Devido à dimensão da subunidade MP, o primeiro passo foi a escolha do equipamento piloto para inicializar a manutenção planeada. Os critérios utilizados para obter qual o equipamento mais crítico foram o impacto na produção, a capacidade de deteção e a probabilidade de ocorrência da avaria. Dada a falta de dados históricos e a necessidade de arrancar o subprojecto, juntou-se uma equipa com elevada experiência nestes equipamentos que atribuíram uma classificação de 1 a 5 a cada um dos critérios. O risco calcula-se pela multiplicação dos três critérios.

O resultado desta análise, permitiu concluir que os equipamentos mais críticos eram o moinho secundário e o terciário. A seleção do equipamento mais crítico recaiu sobre o moinho secundário, uma vez que a unidade consegue produzir alguns produtos (com granulometria mais elevada) que não necessitam de passar pelo moinho terciário, por outro lado, se o moinho secundário avaria, a subunidade tem de parar obrigatoriamente. Os resultados da análise estão expostos na Figura 21.

Equipamento	Unidade	Impacto na Produção	Capacidade de Detecção	Probabilidade de Ocorrência	Risco	Tempo de Reparação
Secundário	MP	5	3	3	45	5
Terciário	MP	5	3	3	45	5
Primário	MP	5	3	2	30	5
Terciário-GH	MP	5	1	5	25	2
Crivo das Terras	MP	5	2	2	20	2
Secundário-GH	MP	5	1	4	20	2
Crivo TS303	MP	5	1	2	10	3
Carrinho das Tulhas	MP	5	1	1	5	1

Figura 21 - Resultado da análise da criticidade dos equipamentos da subunidade MP

4.3.2 Identificação de Grupos de Componentes no Moinho Secundário

Após selecionar o moinho secundário como equipamento piloto, o passo seguinte foi dividir o mesmo nos seus vários constituintes. A estes constituintes foi feita uma análise semelhante à utilizada para determinar qual o equipamento piloto. Esta análise serviu mais tarde para definir a periodicidade de cada uma das intervenções.

Devido à falta de dados, nomeadamente o MTBF (*Mean Time Between Failure*) de cada um dos constituintes do grupo do moinho secundário, não foi possível atribuir com um elevado grau de certeza qual a periodicidade ótima de manutenção de cada um desses elementos. Foi decidido avançar com uma frequência empírica inicial, com base na experiência de uma equipa constituída pelo diretor industrial, a diretora de produção e alguns elementos da equipa de manutenção. Esta frequência fica sujeita a alterações, no futuro, com base nos registos de avarias.

As várias tarefas de manutenção estão descritas na Tabela 6, o tempo estimado foi atribuído também pela equipa de projeto com base na sua experiência, e pode não obrigar à paragem completa da subunidade.

Tabela 6 - Tarefas de Manutenção Planeada e respetiva frequência

#	Tarefas Manutenção Planeada	Grupo equipamentos	Tempo (horas)	Frequência
1.	Silo	Secundário	72	Anual
1.1	Mecanismo Vibrante	Silo	2	Trimestral
1.2	Sensores Nível	Silo	1	Mensal
2.	Tapete alimentação	Secundário		Anual
2.1	Tela alimentação moinho	Tapete alimentação	6	Anual
2.2	Moto redutora	Tapete alimentação	4	Anual
2.2.1	Motor elétrico	Tapete alimentação	2	Bianual
2.2.2	redutora	Tapete alimentação	3	Anual
2.3	Chumaceiras	Tapete alimentação	3	Anual
2.4	Tambor mandante	Tapete alimentação	3	Anual
2.5	Tambor mandado	Tapete alimentação	3	Anual
2.6	Babetes	Tapete alimentação	2	Mensal
2.7	Sensor de nível	Tapete alimentação	1	Bianual
3.	Moinho	Secundário		Mensal
3.1	Forra do Pião	Moinho	5	Mensal
3.2	Forra fixa	Moinho	8	Mensal
3.3	Pressão de blocagem (Óleo)	Moinho	1	Mensal
3.4	Pressão de lubrificação (Óleo)	Moinho	1	Mensal
3.5	Pressão de manutenção (Óleo)	Moinho	1	Mensal
3.6	Bexigas de azoto	Moinho	1X8	Anual
4.	Grupo hidráulico	Secundário		
4.1	Bomba de lubrificação	Grupo Hidráulico	3	Mensal
4.2	Bomba manutenção / blocagem	Grupo Hidráulico	3	Mensal
4.3	Release valves	Grupo Hidráulico	1	Anual
4.4	Válvulas Solenoides	Grupo Hidráulico	2	Bianual
5.	Tela de recolha moídos	Secundário	8	Anual
6.	Tapete alimentação 1 silo	Secundário	8	Anual
7.	Tapete alimentação 2 silo	Secundário	8	Anual

Para cada uma das tarefas descritas na Tabela 6, foi elaborada uma instrução de trabalho. É possível visualizar um exemplo desta instrução na Figura 22 onde está listada a sequência de tarefas, cada uma com o seu tempo estimado, e com a atribuição do elemento que a vai realizar. Está também presente o número de recursos, os materiais e as ferramentas necessárias para essa intervenção. Estas instruções foram criadas com o objetivo de normalizar as intervenções de manutenção, o que beneficia o resultado final da manutenção e facilita na formação de novos membros da equipa.

Manutenção Planeada Motoredutora

Ferramentas:

- Empilhador / carro de apoio
- Cintas

Recursos:

- mecânico 1 "A"
- mecânico 2 "B"

Materiais:

Códigos:	Qtd:	Descrição:
01	1	Tela
02	1	Cola
03	1	Roletes

Tarefas:	A	B	A+B
1 Retirar Motoredutora danificada			60'
2 Inspeccionar veio	10'		
3 Inspeccionar chumaceiras		15'	
4 Instalar Motoredutora nova			60'
5 Ligar alimentação eléctrica	10'		
6 Testar motoredutora		10'	

Observações:

Tempo total: 2H25min

Figura 22 - Exemplo de Instrução de Trabalho de Manutenção Planeada

4.3.3 Calendarização das Intervenções Periódicas

Após definir a periodicidade de cada uma das tarefas de manutenção, foi necessário proceder à calendarização das mesmas, tendo em conta dois princípios. Por um lado, manter o equilíbrio durante os meses do ano, e por outro lado calendarizar as intervenções mais complexas, que necessitam de uma paragem da linha mais prolongada, nas alturas de menor produtividade. No caso da Empresa X, os meses de menor produtividade são dezembro e janeiro, uma vez que devido às chuvas, aumentam a humidade do produto o que diminui a produtividade. O calendário anual de manutenções periódicas no grupo do moinho secundário está representado na Figura 23.

Mês	Jan			Fev				Mar					Abr				Mai					Jun					Jul					Ago					Set					Out				Nov					Dez				
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52			
Secundário																																																							
Silo																																																							
Mec.Vibrante + Sensor																																																							
Lubrificação Moinho																																																							
Bexigas																																																							
Bomba Hidráulica																																																							
Válvulas Hidráulicas																																																							
Tambores																																																							
Sensor Rotação																																																							
Tapete Aliment Silo 1																																																							
Tapete Aliment Silo 2																																																							
Tapete Aliment Moinho																																																							
Tapete Recolha Moidos																																																							
Forra Pião																																																							
Forra Fixa																																																							
Motoredutoras																																																							

Figura 23 - Calendarização das intervenções periódicas (Verde - Mensais; Amarelo - Trimestrais; Vermelho Escuro - Bianaais; Vermelho - Anuais)

Apesar desta calendarização já incluir a semana a realizar a intervenção, foi necessário criar um processo para realizar um planeamento mais fino. Este planeamento tem como objetivo, alinhar as datas específicas das intervenções periódicas com a produção e com o departamento de compras para que todos estejam em sintonia.

Em primeiro lugar, foi definida uma reunião mensal de planeamento, que ocorrerá sensivelmente a meio do mês, sempre no mesmo local e com a presença do líder da manutenção, da diretora de produção, e da responsável de compras para a unidade. É da responsabilidade do líder da manutenção pré-preparar um cronograma detalhado (Figura 24) das intervenções, com o tempo estimado de paragem da unidade em cada uma delas, e com os

materiais necessários para a realização das mesmas. Esta informação é debatida entre os presentes até chegarem a um acordo para as datas.

Após a reunião mensal, definiu-se uma rotina semanal para verificar todas as intervenções programadas para a semana seguinte. Esta rotina não é presencial, isto é, todos os intervenientes no processo têm de confirmar via email que tudo o programado vai acontecer de acordo com o previsto. No caso de haver alguma alteração, ou por motivos de material em falta, ou por motivos de urgências de produção, ou por motivos de falta de pessoal da manutenção, estas devem ser comunicadas a todos os intervenientes com o mínimo de antecedência de duas semanas.

Project Start Date		6/1/2019 (sábado)						Display Week		3		Week 3							Week 4							Week 5							
Project Lead		f											10 Jun 2019							17 Jun 2019							24 Jun 2019						
#	Tarefa	Operador	Material a encomendar	Tempo Estimado (horas)	Início	Hora Início	Fim	Hora Fim	Tempo Parado Unidade	%	Dias Trab	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	
1	Secundário																																
1.1	Lubrificação Moinho	L	sa os	3	sex 21/6/19	12:30:00	sex 21/6/19	15:30:00		0%	1																						
1.2	Bomba Hidráulica	C	Agua e ar comprimido	0,25	sex 21/6/19	11:45:00	sex 21/6/19	12:00:00	3		1																						
1.3	Forra Pião	C	io	0,25	sex 21/6/19	12:00:00	sex 21/6/19	12:15:00			1																						
1.4	Forra Fixa	C	o	0,25	sex 21/6/19	12:15:00	sex 21/6/19	12:30:00			1																						

Figura 24 - Gantt chart das intervenções periódicas para o mês de junho

4.3.4 Assegurar as condições iniciais do equipamento

Antes de proceder ao início das intervenções periódicas foi necessário proceder ao restauro das condições iniciais dos equipamentos. Dada a dimensão do moinho secundário, optou-se por dividir estas intervenções em intervenções de menor dimensão para que não obrigasse a uma paragem prolongada da linha. A decisão foi de restaurar as condições dos equipamentos que iriam sofrer intervenções periódicas nesse mês. Sendo assim, começou-se por restaurar as condições do grupo de lubrificação do moinho, da bomba hidráulica e das forras do pião.

Na Figura 25 é possível ver o estado de degradação do grupo de lubrificação e da bomba hidráulica antes de sofrerem as intervenções.



Figura 25 - Estado inicial do grupo de lubrificação (à esquerda) e do grupo hidráulico à (direita)

Para assegurar, não só a primeira limpeza do equipamento, mas também que a limpeza iria continuar a ser realizada regularmente, o primeiro passo tomado foi a instalação de uma linha de água em redor da subunidade MP. Após a instalação da linha da água, os dois constituintes do moinho secundário foram limpos por uma equipa especializada.

Tão importante como proceder à limpeza destes equipamentos é eliminar as fontes de contaminação, isto é, identificar as áreas dos equipamentos que estão a provocar sujidade nos

constituintes em seu redor e eliminá-las. As maiores fontes de contaminação identificadas encontravam-se nas zonas das quedas do material para os tapetes, pois as proteções laterais encontravam-se muito desgastadas, o que provocava a contaminação das zonas em redor com produto. De forma a minimizar o desgaste provocado pela sujidade, as fontes de contaminação foram contidas. Para tal, substituíram-se as chapas de proteção dos tapetes que já se encontravam desgastadas e deixavam passar material, por chapas novas que retêm o material no tapete.

4.3.5 Reorganização do Armazém de *Spare Parts*

Uma vez planeadas as intervenções periódicas, tornou-se necessário organizar o armazém de *spare parts*, de modo a identificar quais as peças a encomendar para uma dada intervenção, e quais as peças já existentes em stock.

Esta iniciativa subdividiu-se em duas distintas, por um lado foi feito um workshop de 5S físico ao armazém, onde foi organizado o espaço físico do armazém. Foi triado todo o material que já não estava em condições de ser usado, foi efetuada uma limpeza de todo o armazém e de seguida arrumou-se as peças consoante a sua frequência de utilização. Por outro lado, uma vez que não existia um inventário daquilo que existia em cada momento no armazém, foi necessário criar um sistema de inventário, em formato Excel, e definir as regras de entrada (receção de encomendas), saídas (consumos do armazém) e criação de artigos.

O workshop de 5S teve lugar na oficina de manutenção e contou com quatro elementos da equipa de manutenção, a responsável de compras e a pivot do projeto de melhoria continua na Empresa X. Este workshop começou com uma pequena formação, de cerca de duas horas, onde foram explicitados cada um dos 5S e foram mostrados alguns exemplos reais de aplicação dos mesmos.

De seguida, foram divididas tarefas pela equipa e começou-se por eliminar toda a sucata que se encontrava no armazém. Foi colocada uma caixa para todo o material cuja futura utilização fosse duvidosa, esta caixa seria posteriormente analisada mais ao detalhe pelo diretor industrial que tinha a decisão final. Após a triagem foi realizada a limpeza e arrumação do material a ser conservado. Uma vez arrumado o material foi identificado através de etiqueta qual o material em cada uma das posições do armazém. Durante este workshop foi seguida a metodologia dos 5S para os artigos da estante da Figura 26 ficando as restantes a cargo da equipa presente.

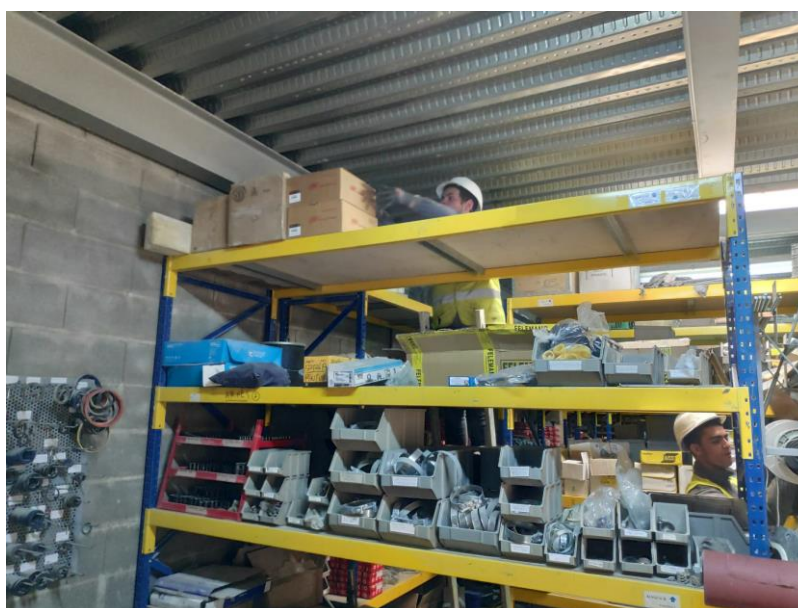


Figura 26 - Estante piloto para a execução dos 5S ao Armazém de Spare Parts

Relativamente à criação do sistema de gestão de inventários, o primeiro passo foi a criação dos códigos de artigos, o critério utilizado foi que cada artigo com uma especificação diferente de outro deve ter um código diferente, e todos os artigos com exatamente as mesmas especificações não podem ter códigos diferentes. Cada artigo pertence também a uma família e a uma subfamília, sendo que o código é constituído pelas três primeiras letras da família, depois, as três primeiras letras da subfamília e, por fim, um código sequencial de quatro dígitos, que é sequencial. Na Figura 27 é possível visualizar uma prateleira já normalizada em que cada caixa com artigos possui um código de artigo



Figura 27 - Prateleira com artigos normalizados

O segundo passo para a inventariação foi a contagem da quantidade de artigos numa determinada referência e o respetivo registo de “entrada” desses artigos em stock (Figura 28), determinando assim, o stock inicial.

Lista de Entradas em Armazém						
Código	Descrição	Unidades	Quantidade	Data	Recebido por	
ELEDIU001	Elétrica Disjuntor 23-32A	un	2	10/06/2019	José F	
ELECON001	Elétrica Contador LC1D80E7	un	2	10/06/2019	José F	
ELECON002	Elétrica Contador LC1D95P7	un	2	10/06/2019	José F	
ELECON003	Elétrica Contador CAD50P7	un	1	10/06/2019	José F	
ELECON004	Elétrica Contador J7KN-22D-10 110	un	2	10/06/2019	José F	
ELECON005	Elétrica Contador LC1D09F7	un	3	10/06/2019	José F	
ELEDIU002	Elétrica Disjuntor 17-23A	un	5	10/06/2019	José F	
ELEDIU003	Elétrica Disjuntor 13-18A	un	4	10/06/2019	José F	
ELEDIU004	Elétrica Disjuntor 20-25A	un	6	10/06/2019	José F	
ELEDIU005	Elétrica Disjuntor 24-32A	un	5	10/06/2019	José F	
ELEDIU006	Elétrica Disjuntor 9-14A	un	5	10/06/2019	José F	
ELEDIU007	Elétrica Disjuntor 6-10A	un	4	10/06/2019	José F	
ELEDIU008	Elétrica Disjuntor 4-6,3A	un	7	10/06/2019	José F	
ELEDIU009	Elétrica Disjuntor 2,5-4A	un	7	10/06/2019	José F	
ELEDIU010	Elétrica Disjuntor 1,6-2,5A	un	7	10/06/2019	José F	
ELEDIU011	Elétrica Disjuntor 1-1,6A	un	5	10/06/2019	José F	
ELEDIU012	Elétrica Disjuntor 0,63-1A	un	5	10/06/2019	José F	
ELEDIU013	Elétrica Disjuntor 0,4-0,6A	un	6	10/06/2019	José F	
ELECON006	Elétrica Contador A9C20834	un	1	10/06/2019	José F	
ELEREL0001	Elétrica Relé 7-10A	un	1	10/06/2019	José F	
ELEREL0002	Elétrica Relé 220-240V - 50/60/400Hz	un	1	10/06/2019	José F	
ELEREL0003	Elétrica Relé 2-3-4A	un	1	10/06/2019	José F	

Figura 28 - Entrada de artigos no sistema de gestão de stocks

Após a inventariação de uma estante completa, foi criada uma requisição (Figura), que obriga os colaboradores da manutenção a sempre que quiserem retirar alguma peça do armazém, a preencherem essa requisição, para posteriormente o fiel de armazém dar a saída desse artigo em sistema. Nessa requisição foi estabelecido que os campos obrigatórios são o código de artigo, a quantidade necessária, o equipamento onde a peça vai ser aplicada, e o nome do colaborador que necessitou de consumir esse artigo. Todos os dias o fiel de armazém deve registrar as saídas dos artigos requisitados e verificar quais os artigos que deve encomendar.

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

A presente dissertação teve foco em três iniciativas diferentes do projeto de melhoria contínua da Empresa X:

- A criação de processos de recolha e análise de dados nas três subunidades e na equipa de manutenção.
- A implementação de *Kaizen* Diário na equipa de manutenção.
- A implementação da manutenção planeada na subunidade MP.

A primeira iniciativa envolveu a transformação de registos físicos nas três unidades de produção em registos digitais, permitindo obter registos mais fidedignos e poupar tempo na inserção dos dados em papel. Nesta iniciativa, foi também desenvolvido um método de recolha de dados das intervenções de manutenção, foi criada uma requisição de manutenção em papel e posterior registo digital.

A segunda iniciativa teve como principal objetivo a organização e planeamento de trabalhos da equipa de manutenção. Para tal, criou-se uma rotina de reunião diária com o objetivo de capacitar a equipa para a prática da melhoria continua.

A implementação da manutenção planeada na subunidade MP teve como objetivo diminuir o tempo de paragem desta subunidade por avaria. Para tal, foram criadas periodicidades de intervenção nos equipamentos, começando nos mais críticos, para posteriormente desmultiplicar a mesma metodologia para os restantes equipamentos. Para complementar o planeamento das manutenções, foi organizado o armazém das peças supletes, onde se implementou um sistema de gestão de *stocks*.

5.1 Resultados

Neste subcapítulo serão expostos os resultados obtidos nas três iniciativas apresentadas nos capítulos anteriores.

5.1.1 Automatização da Recolha e Análise de Dados

Este subprojecto dividiu-se em duas áreas distintas, procedeu-se à digitalização do registo de papel que era feito na produção, e criou-se um fluxo de informação entre a produção e a manutenção, guardando um registo histórico das intervenções.

Automatização dos Registos da Produção

Na produção, o processo de automatização de recolha de dados teve dois objetivos distintos, aumentar a fiabilidade dos registos e diminuir a carga administrativa da diretora de produção. O primeiro objetivo foi concluído com sucesso, dada a colaboração dos operadores das subunidades de produção no registo dos tempos de produção e de paragem. O segundo objetivo foi também bem-sucedido, uma vez que, ao digitalizar o processo de registo das produções, diminuiu-se a carga administrativa da diretora de produção, que demorava cerca

de duas horas por semana a registar todos os registos de produção das diferentes subunidades. Atualmente, os dados obtidos, já se encontram tratados, e são enviados diariamente para a equipa de projeto para que possam ser tomadas medidas rápidas de reação aos desvios que possam existir.

Concluindo, os dois objetivos deste subprojecto foram atingidos. Foram ganhas cerca de oito horas mensais pela diretora de produção para realizar atividades de valor acrescentado. O tempo de reação a alterações a desvios face aos objetivos de produção foi diminuído de uma semana para um dia, visto que, anteriormente a análise aos dados recolhidos era feita semanalmente, e atualmente, esta análise é diária. Adicionalmente esta informação diária contém agora indicadores relevantes que antes não eram medidos, como o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), a produtividade em toneladas por hora e o número de horas de paragem por cada tipo de paragem.

Criação de Registos de Intervenções de Manutenção

A implementação de um sistema de requisições, tanto da produção para a manutenção, como requisições internas da própria equipa da manutenção teve dois propósitos distintos.

O primeiro objetivo, normalizar a forma como eram feitos os pedidos à manutenção foi concluído com sucesso. O número de requisições recebidas pela manutenção até 7 de junho de 2019 foi de 197, sendo que 152 delas foram concluídas, 38 encontram-se em curso, e as restantes 7 encontram-se pendentes. De realçar que das 152 requisições concluídas, 88% foram ações definitivas, isto é, que resolveram o problema de forma absoluta e, apenas, 12% foram correções temporárias.

O segundo objetivo deste registo, conseguir obter dados históricos suficientes para estimar o tempo de execução de cada tarefa, e determinar padrões de desgaste dos equipamentos, foi parcialmente concluído. Isto porque, apesar de terem sido recolhidas 197 requisições na totalidade, dada a diversidade de tipos de avarias existentes nas subunidades produtivas da Empresa X, o histórico recolhido ainda não é suficiente, uma vez que, estão constantemente a ser requisitados serviços de manutenção distintos.

5.1.2 Kaizen Diário

No subprojecto de *Kaizen* Diário, durante o período da dissertação, apenas foi desenvolvido o primeiro nível, com a implementação dos quadros e a realização das reuniões diárias na equipa de manutenção. Para este subprojecto a equipa definiu um objetivo de 80% na auditoria realizada pelo *Kaizen Institute*, no entanto, este objetivo não foi atingido, uma vez que o resultado da última auditoria até ao momento foi de 77%. A auditoria é constituída por 13 tópicos que devem ser verificados durante a reunião. O resultado é obtido dividindo o número de tópicos que foram verificados na reunião pelo número total de tópicos.

Na última auditoria efetuada a equipa apesar de não obter aprovação na auditoria, a equipa comprometeu-se a discutir os desvios face aos objetivos dos indicadores de performance, e a realizar ações de melhoria para corrigir os mesmos.

Quanto à desmultiplicação do programa das reuniões diárias para as equipas das unidades produtivas, terá início em julho, uma vez que ainda é necessário garantir que a equipa piloto (manutenção) está competente nesta iniciativa.

As reuniões diárias tiveram um efeito positivo na equipa, melhoraram a comunicação entre o líder e os restantes membros e criaram um plano de trabalho com objetivos diários para cada um dos elementos da equipa, que não estava definido anteriormente. Esta clarificação das tarefas que cada elemento tem de desenvolver em cada dia fez aumentar a organização dos trabalhadores. Adicionalmente, a oportunidade de cada elemento da equipa poder sugerir

propostas de melhoria e sentir que essas propostas são tidas em consideração fez aumentar as condições anímicas da equipa.

5.1.3 Total Productive Maintenance - Manutenção Planeada

A iniciativa da manutenção planeada, que tem como principal objetivo a redução do número de avarias teve resultados positivos, no entanto os resultados são expectáveis que aumentem ainda mais a longo-prazo. Desde o início do projeto houve uma redução de número de horas de avaria, na subunidade MP, como se pode confirmar com os resultados apresentados no gráfico da Figura 29. A média de horas de avarias por semana antes de iniciar o projeto era de 16,2 horas, após o início do projeto a média é de 10,7 horas. Pode-se, então, concluir que desde o arranque do projeto as horas de avaria foram reduzidas em 35,9%.

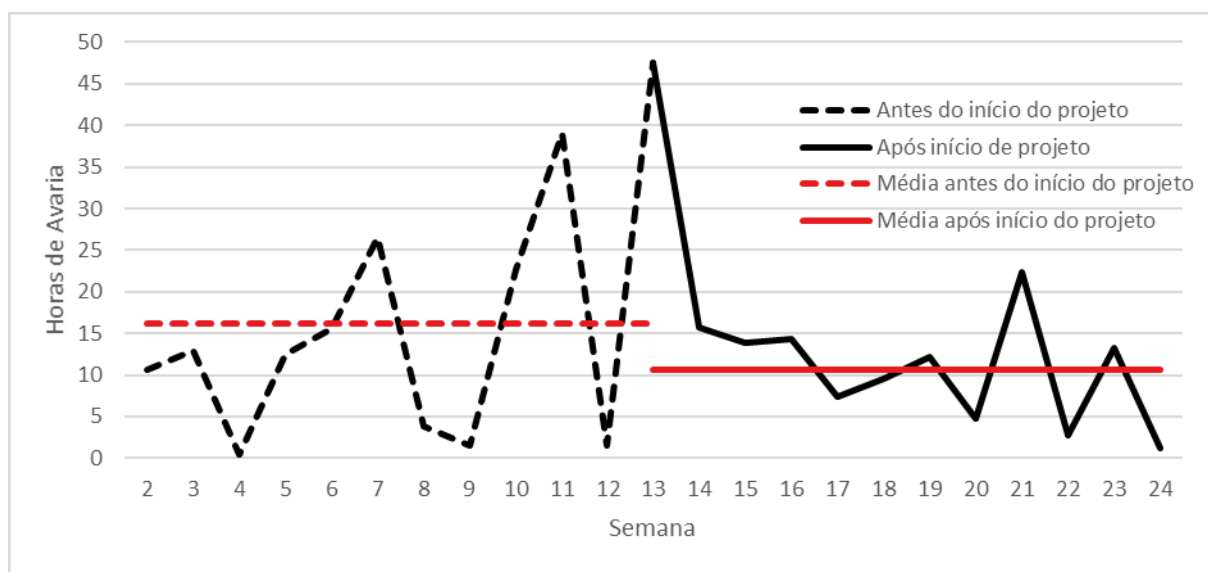


Figura 29 - Gráfico com a evolução temporal das horas de avaria na subunidade MP em 2019

A redução do número de horas de avaria pode também ser influenciada pelos outros dois subprojectos que antecederam o arranque da manutenção planeada. A criação do fluxo de informação permite à produção comunicar as avarias mais rapidamente e de uma forma mais eficaz. Adicionalmente, as reuniões diárias da equipa de manutenção permitem à equipa ter o trabalho do dia-a-dia mais estruturado e organizado, isto é, sabem quais as avarias que são mais prioritárias e quais são as secundárias que podem realizar nos dias seguintes, resultando numa resposta mais célere.

Relativamente à eficiência, ainda não foi possível estabilizar o OEE da subunidade MP, como é possível verificar na Figura 30. Este indicador é obtido dividindo o tempo teórico correspondente à produção real pelo tempo de turno. Sendo que desde que o projeto foi iniciado, houve uma subida de 1,4% no OEE. Este valor é expectável que suba nos próximos meses, uma vez que o tempo de avaria tendencialmente continuará a descer e o tempo de manutenção planeada também reduzirá, uma vez que as intervenções mais profundas já foram efectuadas.

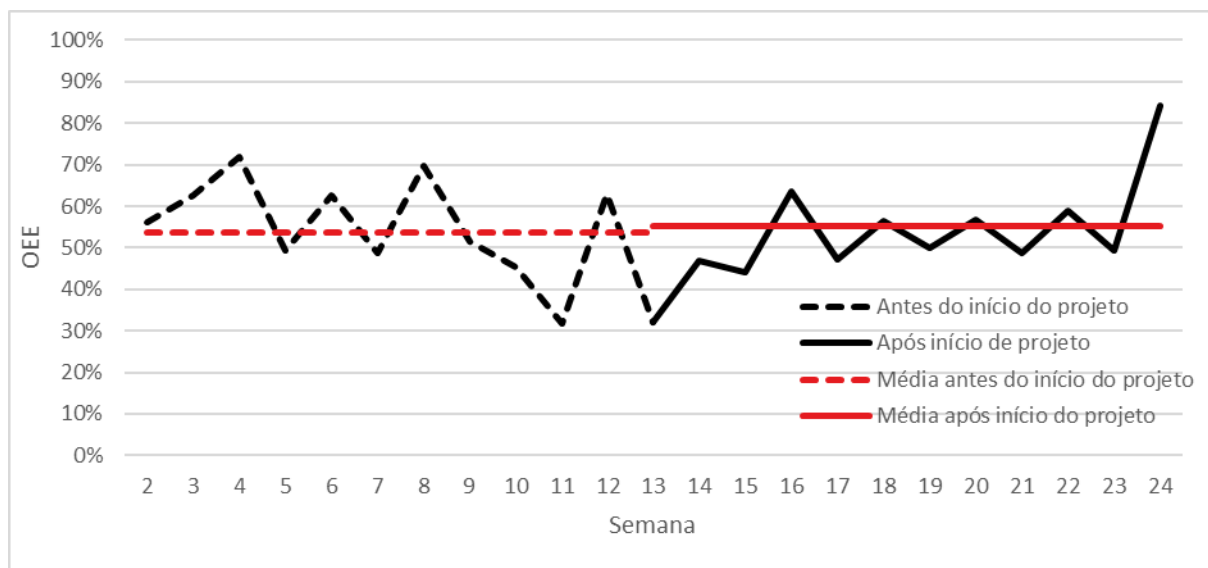


Figura 30 - Evolução do OEE semanal na MP

Quanto à disponibilidade, houve uma subida desde que o projeto foi iniciado de 1,8%, como demonstra a Figura 31. Esta subida não foi tão acentuada como o esperado (dada a diminuição das horas de avaria) pois para reduzir o número de horas de avaria foi necessário parar a unidade para manutenções planeadas e limpeza, de modo a devolver aos equipamentos as suas condições originais. Ou seja, parte do tempo reduzido de avaria foi utilizado para assegurar as condições iniciais do equipamento, o que fez com que a disponibilidade a curto-prazo se mantivesse praticamente inalterada. No entanto, é expectável a longo-prazo um aumento significativo.

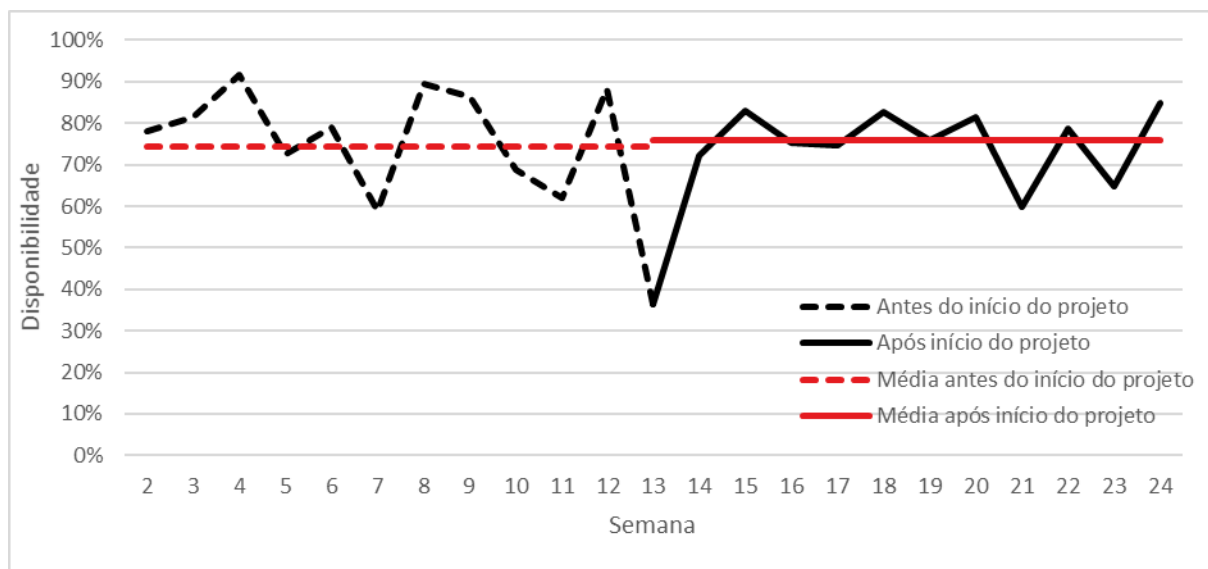


Figura 31 - Evolução da disponibilidade semanal na MP

5.2 Projetos Futuros

5.2.1 Determinação de Periodicidade Ótima de Substituição

O desafio futuro nos registos de manutenção incide na análise de padrões de avaria, para determinar para cada equipamento a sua frequência de desgaste e, consequentemente, a sua periodicidade ótima de substituição.

Para além disso, à medida que mais registos vão sendo feitos, vai ser possível aferir os tempos médios de reparação para cada tipo de equipamento. Uma vez criados os standards de cada uma das intervenções (ou, pelo menos, das mais frequentes), vai ser possível atribuir tempos standard a cada uma das mesmas e comparar os resultados medidos com os standards.

Relativamente aos registos da produção, os trabalhos futuros passam por continuar o acompanhamento dos resultados diários e melhorar a ferramenta criada, com base no constante feedback dos colaboradores, que utilizam a nova ferramenta de registo todos os dias.

5.2.2 Acompanhamento *Kaizen* Diário

O desafio futuro do *Kaizen* Diário incide na consolidação do trabalho já realizado, de modo a garantir que as reuniões estão suficientemente bem consolidadas, para serem realizadas autonomamente (sem acompanhamento), após o término do projeto do *Kaizen Institute*.

No futuro, quando existir uma base de registo mais sólida, serão apresentados no quadro do *Kaizen* Diário indicadores mais específicos da performance da equipa de manutenção, como, por exemplo, os desvios face aos tempos standard de intervenção.

A curto prazo o objetivo do *Kaizen* Diário é a desmultiplicação das reuniões para as restantes equipas naturais das diferentes subunidades. De seguida, o acompanhamento passará a ser também realizado a estas equipas até se garantir que se cumpre o resultado mínimo proposto (80%) em todas as equipas naturais.

Quando todas as equipas naturais estiverem com o nível 1 consolidado, terá início o nível 2 do *Kaizen* Diário, que tem como objetivo a organização dos espaços de trabalho.

5.2.3 *Total Productive Maintenance*

Uma vez que a implementação do programa TPM começou apenas a meio do mês de maio, são diversos os trabalhos futuros a realizar neste capítulo.

É necessário garantir o foco na restauração das condições iniciais dos restantes equipamentos da subunidade MP. Quanto à periodicidade das intervenções, uma vez que esta foi definida com base na experiência, é necessário continuar a avaliar com base nos registos se a periodicidade escolhida foi a apropriada. Adicionalmente, é necessário acompanhar os colaboradores mais experientes em manutenção e definir os standards de intervenção, para que posteriormente se possa formar o resto da equipa.

Para completar a implementação de um sistema de manutenção TPM, é necessário implementar um sistema de manutenção autónoma na subunidade MP. Dado que, existe tempo disponível dos operadores de produção e, em simultâneo, existe uma grande sobrecarga dos operadores da manutenção, é benéfico passar algumas tarefas mais simples como limpeza, inspeção, lubrificação e algumas pequenas intervenções para os operadores de produção. Este pilar será fundamental para assegurar que os equipamentos estão sempre em condições ótimas e não voltam às condições que apresentavam no início do projeto. Para tal, será necessário identificar todas as tarefas possíveis de serem realizadas por operadores de produção, definir a sua frequência e criar rotinas nos mesmos.

Em relação à inventariação do armazém de *spare parts* e à organização do mesmo, é necessário acompanhar o processo de replicação da metodologia aplicada na estante piloto para as restantes áreas do armazém. Posteriormente, é necessário, com base no histórico de consumos e no lead *time* dos fornecedores, definir o ponto ótimo de reposição de cada artigo. Ainda relativamente aos stocks de peças suplentes, é necessário criar uma política de confirmação dos stocks, gerando, por exemplo, uma quantidade mínima de referências a serem contadas num certo período.

5.2.4 Planeamento

Após a implementação de um sistema de manutenção eficaz será necessário realizar um planeamento estratégico. Isto é, definir quais produtos se devem produzir por encomenda (*Make to Order*) e quais os produtos que se deve produzir para ter *stock* (*Make to Stock*). Neste momento a Empresa X apenas produz para encomenda e têm referências com consumos estáveis o suficiente para se produzir para *stock*.

Outro ponto importante do planeamento é criar um sistema de carga/capacidade, onde se terá visibilidade da carga que cada encomenda ocupa face à capacidade produtiva da unidade. Esta ferramenta será útil para visualizar a percentagem de ocupação a que a unidade está em cada semana, podendo assim rejeitar ou reajustar encomendas de acordo com a capacidade disponível.

Referências

- Ahuja, I. P.S., and J. S. Khamba. 2008. "Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions." *International Journal of Quality and Reliability Management* 25 (7): 709–56. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>.
- Coimbra, Euclides. 2008. "Os Sete Princípios Kaizen." *Kaizen Forum*.
- DGEG. 2018. "Elementos Estatísticos Da Indústria Extrativa (Minas, Pedreiras e Águas) No Período de 2013 a 2017." Vol. 20.
- Dudek-Burlikowska, M. 2006. "Quality Research Methods as a Factor of Improvement of Preproduction Sphere." *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 18 (1): 435–38.
- Dunn, Thomas. 2015. "OEE Effectiveness." In *Flexible Packaging*, 77–85.
- George, M.L., D. Rowlands, M. Price, and J. Maxey. 2005. *The Lean Six-Sigma Pocket ToolBook*.
- Gertner, Jon. 2007. "From 0 to 60 to World Domination." *New York Times*, 60–83.
- Gupta, Shaman, and Sanjiv Kumar Jain. 2014. "The 5S and Kaizen Concept for Overall Improvement of the Organisation: A Case Study." *International Journal of Lean Enterprise Research* 1 (1): 22.
- Harrington, H. James. 1991. *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*. Edited by McGraw-Hill Education.
- Huthwaite, B. 1990. "How to Reduce Part Counts." *Design News* 46 (23): 154–154.
- Imai, Masaaki. 1997. *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*.
- Jasiulewicz-Kaczmarek, Małgorzata. 2016. "SWOT Analysis for Planned Maintenance Strategy-a Case Study." *IFAC-PapersOnLine* 49 (12): 674–79.
- Kaizen Institute. 2019. *Manual TPM*.
- Kiran, D.R. 2016. "Kaizen and Continuous Improvement." *Total Quality Management*, 313–32.
- Liker, Jeffrey K. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*.
- Liker, Jeffrey K., and James M. Morgan. 2011. "The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development." *Academy of Management Perspectives* 20 (2): 5–20.
- Ohno, Taiichi. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*.
- Peterson, James, and Roland Smith. 1998. *The 5S Pocket Guide*.
- PORDATA. 2018. "Valor Bruto Da Produção: Total e Por Ramo de Actividade (Base=2011)."

2018.

[https://www.pordata.pt/Portugal/Valor+bruto+da+produção+total+e+por+ramo+de+atividade+\(base+2011\)-2285-179858](https://www.pordata.pt/Portugal/Valor+bruto+da+produção+total+e+por+ramo+de+atividade+(base+2011)-2285-179858).

- Russel, Roberta S., Bernard W. Taylor, and Navneet Vidyarthi. 2008. *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. Edited by John Wiley & Sons INC.
- Singh, Ranteshwar, Ashish M. Gohil, Dhaval B. Shah, and Sanjay Desai. 2013. "Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study." *Procedia Engineering* 51 (NUICONE 2012): 592–99.
- Spear, Steven J., and H. Kent Bowen. 1999. "Decoding the DNA of the Toyota Production System (HBR Bestseller)." *Harvard Business Review*, no. September 1999.
- Stewart, T.A., and A.P. Raman. 2007. "Lessons From Toyota's Long Ride." *Harvard Business Review*.
- Teixeira, Catarina, Isabel Lopes, and Manuel Figueiredo. 2017. "Multi-Criteria Classification for Spare Parts Management: A Case Study." *Procedia Manufacturing* 11 (June): 1560–67.
- Womack, James P., Daniel T. Jones, and Daniel Roos. 1990. *The Machine That Changed The World*.