



Digitalização de KPIs de Controlo Industrial

ANDRÉ FILIPE TEIXEIRA CARNEIRO

novembro de 2021

DIGITALIZAÇÃO DE KPI'S PARA CONTROLO INDUSTRIAL

André Filipe Teixeira Carneiro
1150659

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica





DIGITALIZAÇÃO DE KPI'S PARA CONTROLO INDUSTRIAL

André Filipe Teixeira Carneiro
1150659

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Mestre Gustavo Filipe Lopes Correia Pinto, Assistente Convidado, do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica





JÚRI

Presidente

Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto
Professor Adjunto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Coordenador com Agregação

Coorientador

Mestre Gustavo Filipe Lopes Correia Pinto
Assistente Convidado

Arguente

Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
Professora Auxiliar na Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, o principal agradecimento vai para a minha família que sempre me apoiou em todos os desafios e me deram a oportunidade de entrar esta etapa. Mãe, pai e irmã, sem eles nenhum objetivo teria sido alcançado!

Aos meus colegas que me acompanharam durante estes anos e que foram, sem dúvida, um dos principais apoios, um obrigado.

Um agradecimento especial ao Eng. Francisco Silva que aceitou guiar-me nesta etapa e esteve sempre presente, contagiando-me com o seu enorme profissionalismo e motivação.

Por fim, a todos os elementos da 9ª edição *Cork Potential* e colegas de equipa pelos grandes momentos que passamos e pelo crescimento que tivemos durante esta experiência.

Obrigado...

PALAVRAS-CHAVE

KPIs, Melhoria contínua, TPM, LEAN, Indústria 4.0

RESUMO

Atualmente, existe uma preocupação crescente por parte das empresas relativamente à melhoria dos processos e redução de custos, sendo exigido igualmente um nível de qualidade cada vez superior, mas sendo igualmente necessário manter a competitividade no mercado. Desse modo, existe claramente a necessidade de uma evolução dos processos de fabrico, ou seja, uma atualização da forma como são abordadas as linhas de produção. Assim, a tecnologia e os seus sucessivos avanços são o meio principal para alcançar estes objetivos. Ainda que a sua implementação seja gradual, os métodos de trabalho são influenciados e, portanto, é fundamental manter um conjunto de boas práticas para que o processo de implementação tecnológico seja bem-sucedido. Temos então, como meio auxiliar, as ferramentas *Lean* que permitem avaliar e ter uma resposta rápida e eficiente em função das exigências dos clientes.

A simbiose entre estas duas ferramentas resulta na melhoria contínua através da valorização das atividades que geram valor acrescentado para a empresa. Contudo, de forma a ser possível visualizar as evoluções ao longo do tempo, é fundamental a existência de indicadores-chave, os quais se apresentam como uma ferramenta adicional que, aliada às duas descritas anteriormente, facilitam a tomada de decisão relativamente aos sistemas e processos da empresa.

Tendo em conta este conjunto de fatores que auxiliam o setor industrial, esta dissertação teve por objetivo a implementação destes indicadores, pretendendo dar visibilidade a determinados processos que, no dia a dia da empresa, passam despercebidos, e à qual a implementação do novo ERP veio ainda dar maior destaque. Em paralelo, e por forma a melhorar estes processos, são também implementados princípios-base que, aliados ao desenvolvimento dos indicadores, trarão resultados a longo prazo no que diz respeito a melhorias produtivas.

KEYWORDS

KPIs, Continuous improvement, TPM, LEAN, Industry 4.0

ABSTRACT

Currently, there is a growing concern on the part of companies regarding the improvement of processes and cost reduction in which an increasingly higher level of quality is required, in order to maintain competitiveness in the market. Thus, there is clearly a need for an evolution of manufacturing processes, i.e., an update in the way that production lines are approached. Thus, technology and its successive advances are the main means to achieve these goals. Although its implementation is gradual, working methods are influenced and, therefore, it is essential to maintain a set of good practices so that the technological implementation process is successful. The companies have, as an auxiliary means, the Lean tools that allow to evaluate and have a quick and efficient response according to the customers' requirements.

The symbiosis between these two tools results in continuous improvement through the enhancement of activities that generate added value for the company. However, in order to be able to visualize the evolutions over time, the existence of key indicators is essential. Therefore, it is an additional tool that, together with the two described above, facilitate decision-making regarding the company's systems and processes.

This dissertation has as a final result, taking into account this set of factors that help the industrial sector, the implementation of these indicators aiming to give visibility to certain processes that go unnoticed in the company's daily life and that the implementation of the new ERP came affect even more. In parallel, and in order to improve these processes, basic principles are also implemented which, together with the development of indicators, will bring long-term results in terms of productive improvements.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

5S	<i>Seiri</i> (organização), <i>Seiton</i> (arrumação), <i>Seiso</i> (limpeza), <i>Seiketsu</i> (normalização) e <i>Shitsuke</i> (disciplina)
AI	Inteligência Artificial
AR	Realidade Aumentada
BD	<i>Big Data Analysis</i>
CC	<i>Cloud Computing</i>
DMS	Sistema de Gestão Documental
EPS	<i>Eight Pillars Strategy</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
IaaS	Infraestrutura como Serviço
IoT	<i>Internet of Things</i>
IT	Tecnologia Industrial
JIT	Just in Time
KDN3	<i>Kaizen</i> Diário Nível 3
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
KPP	Parâmetros-chave de desempenho
MCDA	Análise de Decisão por Múltiplos Critérios
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
MTTW	<i>Mid Time to Wait</i>
NEE	<i>Net Equipment Effectiveness</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OT	Tecnologia Operacional
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PMP	Preventiva dos Planos de Manutenção
RCM	Manutenção Centrada em Confiabilidade
SAC	Serviço de Apoio ao Cliente
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Input</i>	Introduções ao processo
<i>Lean</i>	Filosofia que visa ampliar o valor para o cliente e minimizar o desperdício
<i>Output</i>	Resultado final do processo
<i>Pivot table</i>	Tabela dinâmica no MS Excel®

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - METODOLOGIA <i>ACTION-RESEARCH</i> (MOURATO <i>ET AL.</i> , 2020)	5
FIGURA 2 - METODOLOGIA <i>ACTION-RESEARCH</i> (MARTINS <i>ET AL.</i> , 2021)	5
FIGURA 3 - PLANO DE ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O PERÍODO DE ESTÁGIO	6
FIGURA 4 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA EMPRESA DE ACOLHIMENTO	12
FIGURA 5 - TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 (BAHRIN <i>ET AL.</i> , 2016)	18
FIGURA 6 - ESTRUTURA DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO (BAKER, 1995)	22
FIGURA 7 - FLUXO DE TRABALHO COM BASE NO SISTEMA DE INFORMAÇÃO (CARO <i>ET AL.</i> , 2003)	23
FIGURA 8 - METODOLOGIA DOS 5S	25
FIGURA 9 – ETAPAS DA METODOLOGIA SMED	27
FIGURA 10 – CICLO PDCA	28
FIGURA 11 - OEE E AS PERSPETIVAS DE DESEMPENHO (MOREIRA <i>ET AL.</i> , 2018)	30
FIGURA 12 - ESTRATÉGIA DOS OITO PILARES DA TPM NAKAJIMA (1988)	34
FIGURA 13 - FLUXO DE UMA ENCOMENDA	43
FIGURA 14 - FLUXO DAS REUNIÕES DIÁRIOS DAS UNIDADES INDUSTRIAIS	43
FIGURA 15 - FLUXO DE UMA ENCOMENDA	44
FIGURA 16 - FLUXO DE INFORMAÇÃO NUMA REUNIÃO DE ALINHAMENTO	44
FIGURA 17 - % CUMPRIMENTO PLANO DE PRODUÇÃO POR SEMANA	45
FIGURA 18 - HORAS DE PRODUÇÃO TEÓRICA POR TURNO	46
FIGURA 19 - TAXA DE OCUPAÇÃO POR CENTRO DE TRABALHO	47
FIGURA 20 – CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS BASES DE DADOS	48
FIGURA 21 - <i>DASHBOARD</i> DA LOGÍSTICA	49
FIGURA 22 – FLUXO DE UMA AMOSTRA	51
FIGURA 23 – EVOLUÇÃO DO <i>LEAD TIME</i> AO LONGO DOS MESES	52
FIGURA 24 – EVOLUÇÃO DA PERCENTAGEM DO <i>LEAD TIME</i> AO LONGO DOS MESES	52
FIGURA 25 - <i>DASHBOARD</i> DOS INDICADORES DE RESPOSTA DA ENGENHARIA DE PRODUTO	53
FIGURA 26 – LIGAÇÃO ENTRE INDICADORES	54
FIGURA 27 – QUANTIDADE EM TONELADAS E CUSTO DA MATÉRIA-PRIMA	55
FIGURA 28 - PÁGINA DO <i>DASHBOARD</i> DE RECEÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA DA ECONOMIA CIRCULAR	56
FIGURA 29 – PERCENTAGEM DE CUMPRIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	58
FIGURA 30 – TAXA DE OCUPAÇÃO POR EQUIPA	59
FIGURA 31 – EVOLUÇÃO DAS HORAS DE ATRASO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	59
FIGURA 32 - <i>DASHBOARD</i> DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO	60
FIGURA 33 – EXEMPLO SMED	62
FIGURA 34 – GESTÃO VISUAL APLICADA NA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA	64
FIGURA 35 – MATRIZ IMPLEMENTADA PELO INSTITUO KAIZEN PARA AVALIAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	65

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - OBJETIVOS PROPOSTOS PARA O DECORRER DO ESTÁGIO	4
TABELA 2 - CICLO <i>ACTION-RESEARCH</i> (MARTINS <i>ET AL.</i> , 2021)	6
TABELA 3 - REVISÃO DA LITERATURA - INDÚSTRIA 4.0	15
TABELA 4 - ASPETOS FUNDAMENTAIS PARA A DIGITALIZAÇÃO DE EMPRESAS INDUSTRIAIS	21
TABELA 5 - REVISÃO DA LITERATURA - METODOLOGIAS DOS 5S	24
TABELA 6 - CONCEITOS DA METODOLOGIA DOS 5S	25
TABELA 7 - REVISÃO DA LITERATURA - CICLO PDCA OU DEMING	28
TABELA 8 - ETAPAS DO CICLO PDCA	29
TABELA 9 - REVISÃO DA LITERATURA – KPI'S	31
TABELA 10 - REVISÃO DA LITERATURA - <i>TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE</i>	32
TABELA 11 - DESCRIÇÃO DOS OITO PILARES DA TPM	34
TABELA 12 - FASES E ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA TPM	36
TABELA 13 - BASES DE DADOS UTILIZADAS E RESPETIVA INFORMAÇÃO CONSULTADA	45

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos	3
1.3	Metodologia	4
1.4	Estrutura do relatório	6
2	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROCESSOS E DOS PROBLEMAS	11
2.1	Caracterização da empresa.....	11
2.2	Caracterização dos processos.....	11
2.3	Caracterização dos problemas.....	12
3	CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	Evolução para a Indústria 4.0.....	15
3.1.1	Princípio da Indústria 4.0	17
3.1.2	Digitalização de Empresas Industriais	21
3.2	Melhoria Contínua.....	24
3.2.1	Ferramentas <i>Lean</i>	24
3.3	Total Productive Maintenance (TPM).....	31
3.3.1	Pilares da TPM	34
3.3.2	Como Implementar a TPM	36
4	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	41
4.1	DIGITALIZAÇÃO DE KPIS.....	41
4.1.1.	LOGÍSTICA	41
1)	SELEÇÃO DE KPIS A DIGITALIZAR	41
2)	FLUXO DE INFORMAÇÃO E RECOLHA DE DADOS PARA CÁLCULO DE KPIS	42
3)	IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO	45
4)	RESULTADOS	48
5)	ANÁLISE CRÍTICA	49
4.1.2.	ENGENHARIA DO PRODUTO	49
1)	SELEÇÃO DE KPIS A DIGITALIZAR	50
2)	FLUXO DE INFORMAÇÃO E RECOLHA DE DADOS PARA CÁLCULO DE KPIS	50
3)	IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO	51
4)	RESULTADOS	53
5)	ANÁLISE CRÍTICA	53
4.1.3.	ECONOMIA CIRCULAR	54
1)	SELEÇÃO DE KPIS A DIGITALIZAR	54
2)	FLUXO DE INFORMAÇÃO E RECOLHA DE DADOS PARA CÁLCULO DE KPIS	54
3)	IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO	54
4)	RESULTADOS	55
5)	ANÁLISE CRÍTICA	56
4.1.4.	MANUTENÇÃO	56

1)	SELEÇÃO DE KPIS A DIGITALIZAR	56
2)	FLUXO DE INFORMAÇÃO E RECOLHA DE DADOS PARA CÁLCULO DE KPIS	57
3)	IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO	57
4)	RESULTADOS	60
5)	ANÁLISE CRÍTICA	60
4.2	MELHORIA CONTÍNUA	61
4.3	IDENTIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS A USAR E RESPETIVA SEQUÊNCIA.....	61
4.4	IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS	62
4.5	ANÁLISE CRÍTICA.....	63
4.6	IMPLEMENTAÇÃO DA TPM.....	63
4.7	IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E MANUTENÇÃO AUTÓNOMA.....	63
4.8	ANÁLISE CRÍTICA.....	66
5	CONCLUSÕES	69
5.1	CONCLUSÕES FACE AOS OBJETIVOS	69
5.2	PRINCIPAIS CONTRIBUTOS PARA A EMPRESA.....	70
5.3	DESENVOLVIMENTO PESSOAL	70
6	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	73

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado entre 6 de outubro de 2020 e 31 de maio de 2021 com o tema “Digitalização de KPI’s para controlo industrial”, e insere-se na indústria corticeira, mais propriamente na área de melhoria contínua.

No desenrolar do estágio, foi realizada uma análise dos principais processos, de forma a perceber de que forma e sobre quais atuar. Neste mesmo capítulo, é enquadrado de forma mais pormenorizada este projeto, seguido da abordagem aos principais objetivos do mesmo, assim como análise à metodologia adotada e à estrutura deste relatório.

1.1 Contextualização

Ao longo dos anos, o crescimento das empresas tem tomado proporções enormes no que toca à modernização de processos e, conseqüentemente, evolução competitiva. Estes problemas, provocados pelas necessidades de desenvolvimento, abrangem, ainda que de forma desigual, todos os setores industriais.

A exigência de aumentar a produtividade conseguindo manter ou até reduzir custos, torna necessário melhorar os processos envolventes ao setor, tornando-os mais simples e eficazes, possíveis de monitorizar e gerir, desde o pedido efetuado pelo cliente até à expedição do produto.

Tendo a realidade da empresa sofrido uma enorme entropia nos processos devido à recente implementação do novo ERP, em que todas as fontes de dados utilizadas até ao momento ficaram inutilizáveis. Surge assim a necessidade de atualizar os indicadores e a análise dos KPI’s por forma a melhorar a tomada de decisão em função dos procedimentos realizados, bem como otimizar alguns dos mesmos de acordo com as iniciativas determinadas com base nos KPI’s.

Assim, este documento tem como objetivo apresentar métodos de melhoria sobre o fluxo da informação com base na Indústria 4.0, análise de KPIs e controlo da produção, de forma a aumentar a capacidade da mesma, redução de tempos improdutos, bem como desperdícios e evolução cognitiva dos operadores.

1.2 Objetivos

O presente relatório tem como objetivo o estudo e análise de melhoria dos processos de informação entre unidades industriais. Surge pela necessidade de uniformização do

fluxo de informação, de forma que todas as áreas tenham acesso ao mesmo tipo de dados e em tempo real, situação que influencia de forma direta o controlo de produção. No entanto, para o decorrer do estágio, foi criada uma série de objetivos e tarefas aliadas às atividades desenvolvidas pelo departamento.

Assim, os objetivos foram definidos da seguinte forma:

Tabela 1 - Objetivos propostos para o decorrer do estágio

Tema	Descrição
Digitalização de KPIs de controlo industrial	Desenvolvimento de ferramentas digitais que permitam a gestão e interação diária entre unidades, nomeadamente, nas Reuniões de Alinhamento – <i>Power BI, Sharepoint</i> . Análise dos indicadores existentes no passado – perceber a forma de cálculo e fontes de dados.
Implementação de TPM numa linha de produção	Desenvolvimento de um plano de Manutenção Preventiva. Participar proativamente no sentido de desenvolver melhorias e criar condições para que estas práticas possam ser executadas.
Auxílio no suporte da dinâmica de ideias de Melhoria existente na fábrica	Sustentação de práticas Kaizen - 5S, Standardização de processos. Implementar KDN3 (Kaizen Diário Nível 3) na área das IET (Infraestruturas), bem como promover a sua sustentação pelas restantes áreas, enquadrando com a recente implementação de SAP® e necessidade de padronizar processos.

1.3 Metodologia

A pesquisa utilizada neste trabalho enquadra-se com as necessidades industriais que serviram como base para o desenvolvimento da solução que pode ser transferida para outras situações semelhantes, onde pode ser necessário melhorar a produtividade e encontrar soluções de baixo custo que sejam suficientemente flexíveis para ser adotadas por diferentes áreas industriais.

Com vista a desenvolver uma solução capaz de responder às exigências, utilizou-se a metodologia *Action-Research*, uma vez que permite que sejam realizadas ações e, se alguma é retirada da solução final, é encontrada de imediato outra ação capaz de ser

aplicável a outras situações em que esta solução possa ser aplicada, ou seja, permite a transferência de conhecimento.

Esta metodologia possui várias abordagens e, uma delas é o trabalho realizado por (Mourato *et al.*, 2020), que a define através de um ciclo interativo com sete passos, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1 - Metodologia Action-Research (Mourato *et al.*, 2020)

No entanto, neste trabalho utilizou-se a metodologia apresentada por (Martins *et al.*, 2021), que ilustra esta metodologia através de cinco passos.

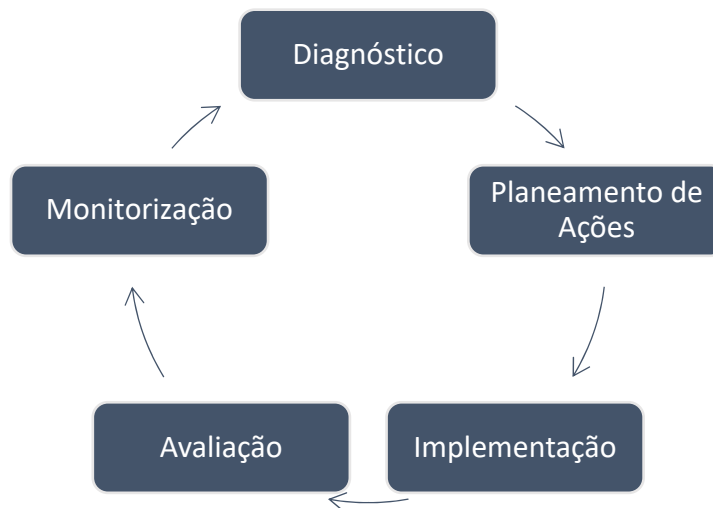


Figura 2 - Metodologia Action-Research (Martins *et al.*, 2021)

Assim, o ciclo começa com a fase de observação do problema identificado e das condições existentes, seguindo-se a fase do planeamento de ações a tomar que, neste caso, traduzem a solução a ser implementada.

A terceira fase é de essencial importância, uma vez que se trata do processo de implementação da solução, enquanto o quarto passo se baseia na avaliação da mesma. O quinto e último ponto relaciona-se com a monitorização do conceito implementado,

assim como registo da aprendizagem durante o processo, que resulta na possibilidade de aplicação e conhecimento para resolver problemas semelhantes.

Neste contexto, as diferentes fases previamente descritas podem ser traduzidas em ações concretas, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Ciclo Action-Research (Martins et al., 2021)

Fase	Descrição
Diagnóstico	Análise do problema e dos constrangimentos correspondentes. Definição dos requisitos necessários.
Planeamento de Ações	Elaboração de uma ou mais soluções para resolver o problema, tendo em conta os requisitos.
Implementação	Elaboração de uma nova ferramenta, conforme estipulado.
Avaliação	Análise da ferramenta em ação, retirando notas sobre possíveis melhorias no futuro.
Monitorização	Acompanhamento da utilização da nova ferramenta e registo de aprendizagens durante o processo, de forma a transferir o conhecimento adquirido.

Assim, tendo em conta a metodologia aplicada, dispôs-se no tempo o plano de atividades desenvolvidas no decorrer do estágio, conforme se observa na Figura 3. Apesar de nem todas estarem diretamente relacionadas com o tema desta dissertação, enquadram-se em tarefas paralelas realizadas no departamento.

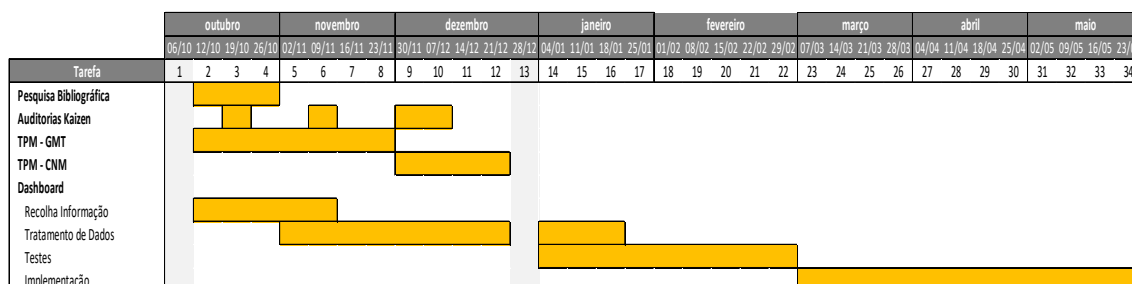


Figura 3 - Plano de atividades realizadas durante o período de estágio

1.4 Estrutura do relatório

A estrutura deste relatório divide-se em sete capítulos. No presente capítulo, designado de “introdução”, é realizada uma breve apresentação do que virá a ser desenvolvido no relatório, nomeadamente uma contextualização com a empresa de acolhimento, bem como os objetivos e a metodologia de investigação utilizada.

No segundo capítulo, designado de “caracterização da empresa, dos processos e dos problemas”, é apresentada a empresa onde foi realizado o estágio, seguido da caracterização dos processos e dos problemas encontrados no início da dissertação.

No capítulo seguinte, denominado “contextualização teórica”, são apresentados exemplos de projetos e implementações realizadas sobre os temas descritos, tendo como objetivo definir conceitos-chave, teorias e metodologias que servirão de base para o desenvolvimento do projeto de dissertação, de forma a clarificar e facilitar os processos.

De seguida, o quarto capítulo apresenta o “desenvolvimento e resultados” obtidos através da implementação das novas ferramentas baseadas no estudo do capítulo anterior. Este capítulo está subdividido por áreas de trabalho, ou seja, é realizada uma análise referente aos trabalhos e alterações efetuadas em cada uma das áreas de ação na empresa.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões retiradas após aplicação dos princípios e das ferramentas bem como a evolução em termos pessoais e o contributo para a empresa.

O sexto capítulo apresenta a “bibliografia e outras fontes de informação” que foram úteis para a análise de casos práticos aplicados noutros contextos que serviram de base para o desenvolvimento desta dissertação.

O último capítulo, denominado “anexos” apresenta figuras e tabelas que servem de apoio às análises elaboradas.

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROCESSOS E DOS PROBLEMAS

- 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA
- 2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS
- 2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PROBLEMAS

2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROCESSOS E DOS PROBLEMAS

Esta secção tem como objetivo contextualizar este projeto em função da empresa e da realidade da mesma, demonstrando os respetivos processos e problemas.

2.1 Caracterização da empresa

O trabalho desenvolvido enquadra-se nas funções do Departamento de Engenharia de uma organização que tem como ocupação central a produção de aglomerados de cortiça.

Sob a alçada da equipa de Melhoria Contínua, este projeto teve um tempo determinado de 9 meses, em regime laboral. Consiste na digitalização de dados, inicialmente analisados em MS Excel®, para o software Power BI®, facilitando desta forma a apresentação dos mesmos e interpretação por parte de todos os intervenientes nos processos abrangidos.

A Figura 4 exibe a estrutura organizacional existente na empresa de acolhimento, destacando-se o Departamento de Melhoria Contínua, sob a supervisão interna do Eng. Carlos Marinho.

2.2 Caracterização dos processos

Com a implementação do novo ERP (*Enterprise Resource Planning*), os processos que existiam à data foram alvo de uma enorme entropia e, portanto, surge a necessidade de os adaptar.

Em termos de análise de dados, as bases eram ficheiros de MS Excel® e as ferramentas a estes associados, como *pivot tables* e gráficos. Portanto, as análises eram limitadas e bastante suscetíveis ao erro, uma vez que se tratava de bases de dados alimentadas manualmente.

Relativamente à Melhoria Contínua, um departamento com os princípios e processos bem assentes, foi bastante simples entrar no fluxo de tarefas, visto que estavam bastante organizadas. Desde auditorias aos postos de trabalho, até à utilização de ferramentas *Lean*, estavam bastante claros os objetivos do departamento e os processos necessários para os atingir. Contudo, devido à dinâmica da empresa, nem todos os princípios estavam bem assentes, como por exemplo a manutenção autónoma.

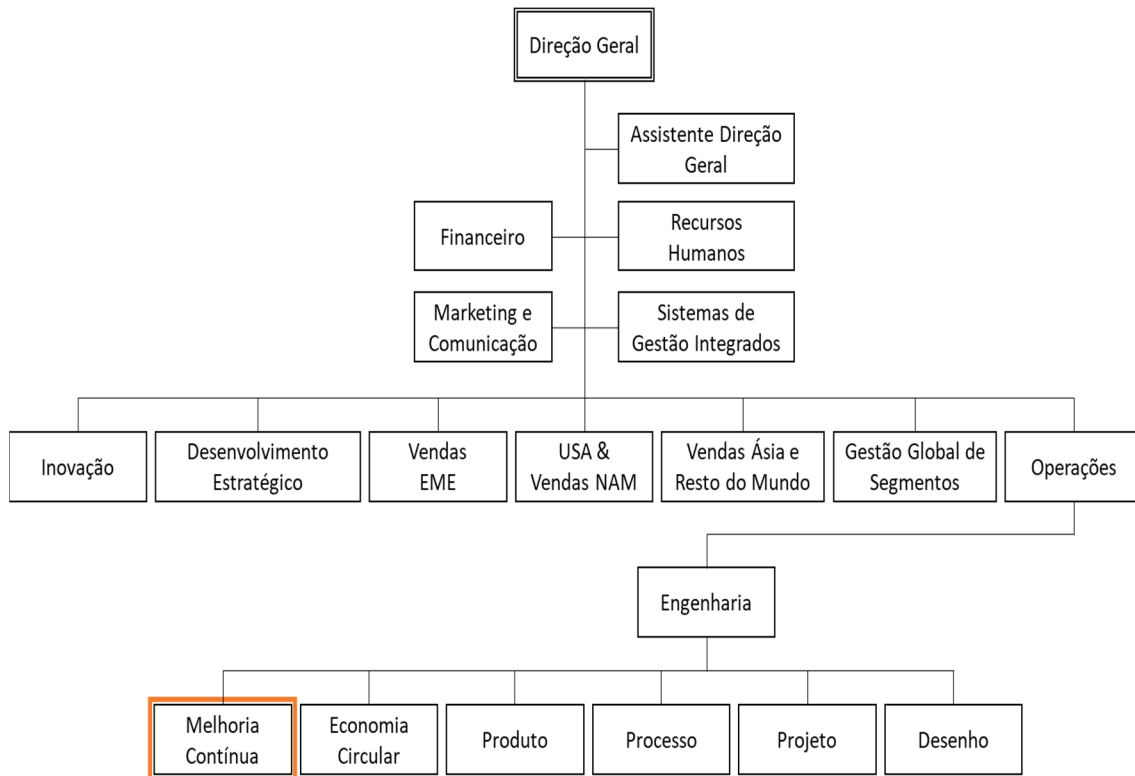


Figura 4 - Estrutura organizacional da empresa de acolhimento

2.3 Caracterização dos problemas

Conforme descrito anteriormente, o principal problema e o alvo deste estágio foram a implementação do novo ERP e a necessidade da atualização das fontes de dados a este inerentes. Entretanto, foi aproveitada a oportunidade para realizar alguns avanços tecnológicos com vista à implementação dos conceitos de Indústria 4.0.

Por outro lado, no que toca à Melhoria Contínua, os processos estavam bastante bem definidos, contudo, conforme descrito acima, não eram periodicamente praticados e monitorizados, daí surgir a necessidade de avaliar quais os motivos e, posteriormente, encontrar ferramentas simples, que permitissem implementar alguns dos pilares da TPM.

CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

3.1 EVOLUÇÃO PARA A INDÚSTRIA 4.0

3.2 MELHORIA CONTÍNUA

3.3 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

4.1 DIGITALIZAÇÃO DE KPIS

4.2 MELHORIA CONTÍNUA

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DA TPM

3 CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

Por forma a introduzir os temas de trabalho e avaliar quais os impactos que os mesmos tiveram noutros projetos semelhantes, este capítulo propõe-se a demonstrar o resultado dos mesmos e de que forma estes podem servir de base para a metodologia utilizada neste relatório.

3.1 Evolução para a Indústria 4.0

A 4ª Revolução Industrial, conhecida também como Indústria 4.0, é um conceito amplamente interdisciplinar e é usualmente associada ao campo da engenharia, onde foi inicialmente introduzida, mas atrai cada vez mais a atenção de outras áreas, nomeadamente económicas e de gestão (Yu & Schweisfurth, 2020).

Segundo Yu e Schweisfurth (2020), este conceito pode ser descrito como uma revolução aplicando princípios de sistemas ciberfísicos, *internet* e tecnologias de orientação futura, além de sistemas inteligentes com paradigmas aprimorados de interação homem-máquina. Outro conceito surge no sentido em que a Indústria 4.0 representa a capacidade de comunicação entre os componentes industriais.

Ambas as interpretações enfatizam a comunicação e interação entre o homem e a máquina, que requer a utilização de soluções através da IoT (*Internet of Things*), e ainda a criação de grandes quantidades de dados.

Assim, com o objetivo de apresentar alguns trabalhos na área, surge a tabela abaixo, abarcando diversas especialidades e dando a conhecer os *outputs* nas referidas temáticas.

Tabela 3 - Revisão da Literatura - Indústria 4.0

Referência	Descrição do Trabalho
(Erboz, 2017)	Uma das chaves principais da Indústria 4.0, e talvez a mais importante, é a criação de indústrias altamente automatizadas através da relação homem-máquina. Neste sentido, os principais avanços originam, através de uma grande interação, uma otimização de soluções, comunicação organizacional, entre outras eficiências. A melhor descrição para a visão da Indústria 4.0 é atingida pelo <i>Boston Consulting Group</i> (BCG), que descreve sucintamente os nove pilares de acordo com a forma como estes

	<p>podem ajudar à criação de novos modelos de negócio por parte das empresas.</p>
<p>(Pereira <i>et al.</i>, 2019)</p>	<p>Implementado na indústria automóvel, o sistema <i>Business Process Management</i> (BMP) foi desenvolvido com o objetivo de reduzir os gastos e aumentar a produtividade através de uma melhor tomada de decisão. Como resultado de uma redução do tempo de ação durante a manutenção, obtiveram-se ganhos temporais de 26 minutos, correspondentes à redução de 1,61€ por unidade, ou seja, uma otimização da eficiência em 41%.</p>
<p>(Pinto <i>et al.</i>, 2019)</p>	<p>A constante necessidade de aumento de produção na indústria automóvel, torna necessária uma modernização e automatização da tecnologia. No entanto, este processo não pode ser abrupto nos países em desenvolvimento e, nesse sentido, foi implementado um sistema de controlo de produção que permite a integração das capacidades cognitivas dos operadores com a evolução tecnológica, de forma a obter a informação em tempo real sobre o estado da produção, bem como aumentar a confiabilidade e monitorização da mesma.</p>
<p>(Costa <i>et al.</i>, 2021)</p>	<p>Atualmente, as empresas focam-se numa maior disponibilidade de ativos, melhor qualidade e redução dos custos dos mesmos. Desta forma, a manutenção torna-se ainda mais importante e, nesse sentido, o objetivo passa por desenvolver uma estratégia de manutenção preditiva num equipamento, de forma a reduzir paragens não planeadas e aumentar a capacidade de produção, através da automatização da mesma a curto prazo.</p>
<p>(Yu & Schweisfurth, 2020)</p>	<p>Conhecida como quarta transformação tecnológica, a Indústria 4.0 cria um grande impacto nas empresas, principalmente nas PMEs, que enfrentam consecutivas mudanças e inovações para manter a competitividade. Assim, é analisada de que forma a tecnologia, a empresa e indústria estão relacionados, de modo a implementar este conceito. Os resultados mostram que as empresas com níveis mais automatizados de produção e maior variedade de produtos, estão mais capazes de implementar a Indústria 4.0. Este estudo permite ainda perceber os desafios e planos para a implementação da mesma.</p>
<p>(Sá <i>et al.</i>, 2020)</p>	<p>A tradição de produção e consumo de vinho em Portugal, devido às características climáticas e territoriais, atrai cada vez mais turistas e, nesse sentido, a indústria vinhateira vê como potencial fator de crescimento a Indústria 4.0, que estimula o crescimento da eficiência a par da competitividade. Assim sendo, torna-se necessário analisar, através de uma simulação, de que forma poderá evoluir de forma conjunta o turismo e a produção de vinho.</p>

O desenvolvimento tecnológico tem criado diversas vantagens no mundo dos negócios, nomeadamente a criação de novos conceitos como a digitalização, *Internet of Things* (IoT) e *Cyber Physical Systems* (CPS), que têm ganho importância entre a indústria (Erboz, 2017). No entanto, as empresas tradicionais nos países em desenvolvimento não conseguem adaptar-se abruptamente para um sistema integrado de produção e gestão. Neste sentido, é necessário estabelecer estratégias de implementação em função de cada tipo de empresa (Pinto *et al.*, 2019).

Segundo Pereira *et al.* (2019), este tema consiste na transformação digital dos processos de fabrico que incorpora diversas associações, nomeadamente Tecnologia Industrial (IT) e Tecnologia Operacional (OT), *Big Data Analysis* (BD) e organização, levando à Inteligência Artificial (AI). Neste sentido, o objetivo passa por evoluir a partir da Indústria 3.0, onde os equipamentos eram automatizados e individualmente controlados por computadores, para um caso em que exista um sistema capaz de reunir e organizar dados recolhidos a partir de sensores instalados em equipamentos, com a finalidade de gerar decisões inteligentes de modo perfeitamente automático. Este conceito representa uma integração de sistemas e agentes, com o objetivo comum de melhorar a eficiência, flexibilidade e resposta de uma linha de produção (Rosa *et al.*, 2018; Pinto *et al.*, 2019).

3.1.1 Princípio da Indústria 4.0

O conceito de Indústria 4.0 pode ser definido como projeto de “empresas inteligentes”, através da ligação entre os mundos virtual e real com o auxílio de sistemas *cyber* físicos, e como resultado da fusão entre processos tecnológicos e negócios.

O ciclo de vida da produção industrial torna-se orientado para a evolução das solicitações dos clientes e engloba:

- a ideia e ordem de desenvolvimento e produção;
- distribuição dos produtos recicláveis
- todos os serviços relacionados.

A interligação entre o ser humano, objetos e sistemas, originam dinâmica, otimizações em tempo real e auto-organização dentro da empresa, criando sistemas que evoluem utilizando critérios como custos, disponibilidade e eficiência de recurso.

A Indústria 4.0 enfatiza a ideia de digitalização consistente e ligação de todas as áreas de produção na economia (Bahrin *et al.*, 2016).

A Figura 5 ilustra as tecnologias relacionadas com a Indústria 4.0:

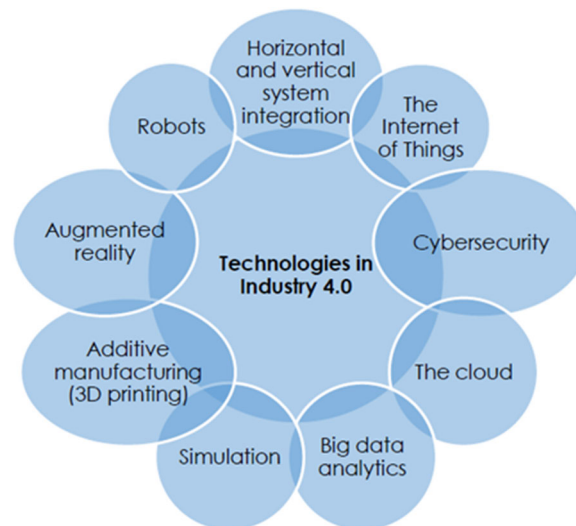


Figura 5 - Tecnologias da Indústria 4.0 (Bahrin *et al.*, 2016)

1. **Big Data and Analysis**

O conceito de *Big Data* aplica-se a extensas, diversas e complexas bases de dados que influenciam a tomada de decisão organizacional relativamente à própria estratégia. Deste modo, a evolução do nível de dados e melhoria das capacidades tecnológicas conferem uma vantagem competitiva à empresa em termos de produtividade, inovação e competição.

Este processo consiste na análise de largas bases de dados que compilam informações sobre preferências de clientes, algoritmos no caso de correlações, tendências e outras informações.

A capacidade de gerir estas bases de dados conferem às empresas vantagens competitivas que resultam em benefícios nas operações, *marketing*, experiência do cliente, entre outras.

2. **Robôs Autónomos**

Os robôs são utilizados na indústria para resolver tarefas complexas, as quais não são facilmente resolvidos pelo Homem. Através de estratégias de automação tradicionais, as empresas não conseguem implementar completamente as estratégias JIT (*Just in Time*) e melhorias contínuas, se não optarem por robôs autónomos.

Contudo, a utilização de um operador é também importante, uma vez que permite a interligação com a estação no desempenho das tarefas. Portanto, a informação necessária é precavida por parte do operador que controla o sistema, fornecendo instruções ao robô industrial (Mikael & Mats, 2011).

Quanto maior a utilização de robôs na indústria, mais acelerado se torna o processo de implementação da Indústria 4.0. Os robôs podem ser determinantes em certas áreas como produção, logística, distribuição de atividades, e é possível serem controladas remotamente pelo Homem graças à cooperação humano-robô (Bahrin *et al.*, 2016).

3. **Simulação**

As ferramentas de simulação desempenham um papel de apoio à produção, através da promoção da produção ambientalmente sustentável.

De forma a aumentar o ambiente competitivo, as simulações fornecem ajustes relativamente a sistemas complexos através do planeamento de operações, contendo conhecimento, informação e estimativas precisas sobre o sistema, utilizando a capacidade de engenharia (Weyer *et al.*, 2016). A estratégia de planeamento pode ser determinada através de modelos de simulação que permitem uma investigação dinâmica para os sistemas de produção, com o auxílio de dados adquiridos em tempo real (Uhlemann *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2020).

4. **Sistemas de Integração Vertical e Horizontal**

A integração vertical refere-se a sistemas flexíveis e reconfiguráveis incorporados na indústria, e de que forma estão inteiramente integrados entre si para alcançar agilidade. Por outro lado, a integração horizontal está relacionada com a integração dos parceiros com as cadeias de abastecimento.

Os sistemas de produção são desenhados de acordo com uma estrutura auto-organizada, que relaciona vários objetos físicos entre si através de redes inteligentes.

5. **The Industrial Internet of Things (IoT)**

A tarefa principal da *Internet of Things* é relacionar a *internet* com os dados recolhidos por meios físicos. IoT refere-se, portanto, à próxima revolução tecnológica, fornecendo soluções para cálculos e análises, por exemplo, confiando em sistemas baseados em *clouds*. Através da recolha de dados, computadores e outros equipamentos relacionados, são capazes de tomar decisões sobre operações (Rahman & Rahmani, 2018).

Com o auxílio da IoT, as operações de negócio tornam-se mais ágeis e integradas, de forma a atingir vantagens competitivas na base das cadeias de abastecimento.

6. **The Cloud**

A *Cloud Computing* (CC) é uma forma de visualizar os recursos e serviços, bem como agrupar clientes e fornecedores num sistema.

Atualmente, podem enumerar-se três modelos de *cloud computing*:

- *Software* como Serviço (SaaS): o acesso depende da compra do consumidor, bem como do ERP;
- Plataforma como Serviço (PaaS): os consumidores têm acesso às próprias aplicações na *cloud*, assim como os desenvolvedores de *software*;

Infraestrutura como Serviço (IaaS): oferecem as atividades básicas, bem como a capacidade de armazenamento.

Assim, a CC traz diversas vantagens assim como ajuda as cadeias de abastecimento a automatizar e integrar, mas também facilita a gestão e administração.

Algumas das plataformas de *cloud* mais conhecidas são o *Google Drive*, *Windows Azure* e o *BlueCloud* (Candel Haug *et al.*, 2016).

7. Produção Aditiva

A produção aditiva, ou geralmente conhecida como Impressão 3D, refere-se à produção personalizada de acordo com as necessidades dos clientes. A forma mais comum é a prototipagem e métodos de impressão 3D, de modo a produzir pequenos lotes e ganhar vantagens através de baixos níveis de *stock* ou sobreprodução.

A produção aditiva é considerada como um processo de produção de peças através de modelos de dados em 3D. As atividades, como maquinagem e furação, são realizadas camada após camada, representando pequenos lotes de produtos que podem ser produzidos através de pequenas linhas de materiais. Para esta tecnologia, as tarefas podem ser realizadas segundo a filosofia JIT, devido à versatilidade, velocidade e adaptação (Frazier, 2014).

8. Realidade Aumentada (AR)

A realidade aumentada é definida pela tecnologia interativa que permite uma harmonia entre o mundo virtual e os utilizadores, enquanto este mundo é utilizado como parte real do meio envolvente (He *et al.*, 2017).

Esta tecnologia realça a interação entre o Homem e o equipamento, controlado remotamente em tarefas de manutenção e inspeção visual que o Homem forneceu virtualmente.

A realidade aumentada fornece aos utilizadores o controlo de movimentos, utilizando sensores tecnológicos de forma a controlar determinadas tarefas.

9. Cyber Security

Cyber Security relaciona-se com a proteção de dados e do sistema contra a divulgação de informações, roubo ou danos no *hardware*, *software* ou dados eletrónicos, bem com da interrupção ou desvio de serviços.

Uma questão também relevante prende-se com o facto de que esta pode ter um impacto altamente destrutivo no ambiente de negócio devido às intenções prejudiciais de possíveis ataques terroristas; portanto, são necessários soluções preventivas e sistemas de defesa contra os efeitos negativos deste tipo de incidentes.

É de importância significativa construir um sistema de defesa nacional e preparar funcionários contra ataques cibernéticos. Apesar das soluções contra este problema terem um custo elevado para as empresas, este valor pode não ser suficientemente elevado quando comparado com os efeitos negativos destes ataques (Cho & Woo, 2017).

3.1.2 Digitalização de Empresas Industriais

A digitalização na indústria é uma operação inerente a sistemas de Indústria 4.0, resultando assim em melhorias de produtividade, qualidade, gestão de recursos e comunicação com os clientes (Oesterreich & Teuteberg, 2016; Zhou, 2013). Assim, a digitalização permite uma redução significativa dos custos operacionais e é um processo que tem vindo a ser estimulado pelo (Sung, 2018):

- aumento de dados;
- poder computacional;
- conectividade;
- novas formas de relação entre o Homem e os equipamentos

Segundo Barreto *et al.* (2017), o conceito de Indústria 4.0 requer um longo período de desenvolvimento e análise que pode ser convertido em quatro aspetos fundamentais para a sua implementação, tendo em conta a visão futura da produção (Tabela 4):

Tabela 4 - Aspetos Fundamentais para a Digitalização de Empresas Industriais

Aspeto	Descrição
Fábrica	É um dos componentes mais importantes na Indústria 4.0, uma vez que o futuro da mesma envolve uma integração de todos os recursos de produção. Estes irão mudar, visto que a informação circulará de forma automática, transformando a fábrica num meio inteligente e consciente o suficiente para prever e manter os equipamentos, controlar o processo de produção e gerir o sistema da fábrica (Lucke <i>et al.</i> , 2008).
Negócio	Irá existir uma rede de comunicação completa entre diversas empresas, fábricas, clientes, recursos, fornecedores durante a nova revolução. A configuração em tempo real irá ser otimizada, dependendo das exigências e do estado das secções associadas à rede, que irão fornecer o máximo lucro para todos os associados, de acordo com os recursos limitados (Kagermann <i>et al.</i> , 2013).
Produtos	Com a Indústria 4.0, as linhas de produção conseguem alcançar novos tipos de produtos. Com os elementos associados à Indústria 4.0, muitas funções são acrescentadas aos produtos, como por exemplo, medição do

estado do mesmo ou do utilizador, informação de carregamento, rastreio e análise dos resultados, dependendo da informação fornecida. Além disso, pode ser adicionada informação completa sobre a produção, de forma a otimizar o *design*, função e manutenção do produto (Abramovici & Stark, 2013).

Cientes Serão uma parte também afetada por diversas vantagens da Indústria 4.0, nomeadamente novos métodos de compra. O facto de ter produtos inteligentes, permite ao cliente não só ter informação do produto, como também ter acesso a avisos de utilização, dependendo do próprio comportamento (Schlechtendahl *et al.*, 2014).

A digitalização consiste em convergir os mundos virtual e real que irão, de uma forma generalizada, ter um impacto muito elevado no setor económico, que pode ser influenciado pelo aparecimento deste novo paradigma e da emergência de desenvolvimentos tecnológicos (Albach *et al.*, 2015).

Assim, é necessário integrar um processo de suporte e gestão do sistema de informação. Sabe-se que terá de ser um sistema organizado e dinâmico, com funções de *input*, que são processadas de forma a organizar, estruturar e disseminar dados, conforme ilustrado na Figura 6 seguinte.

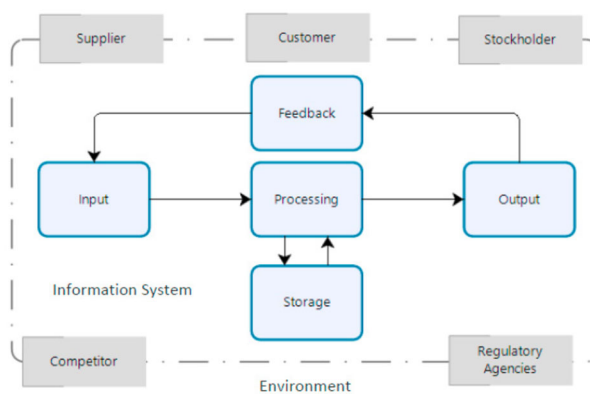


Figura 6 - Estrutura do Sistema de Informação (Baker, 1995)

Como *input* do sistema de informação temos a recolha de dados provenientes da organização, ou de um ambiente externo. O passo seguinte envolve a conversão destes dados em informação relevante através de cálculos, comparações, ações alternativas e armazenamento de dados. Por fim, na última fase é recebida a informação extraída, normalmente em forma de documentos e/ou relatórios. O processo de *feedback* verifica, analisa e avalia os *outputs* do sistema de informação (Baker, 1995; Gräßler & Yang, 2016).

O desenvolvimento de um fluxo de trabalho através do sistema de informação, conforme ilustra a Figura 7, divide-se em cinco fases distintas de análise e compilação de dados, além de uma metodologia cooperativa.

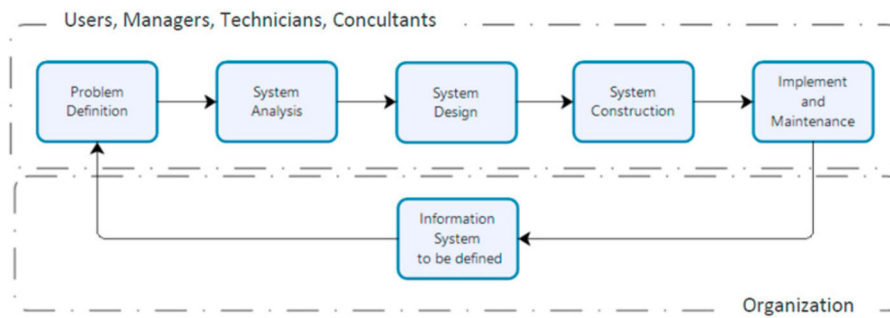


Figura 7 - Fluxo de trabalho com base no Sistema de Informação (Caro *et al.*, 2003)

Os objetivos principais adjacentes à implementação de um sistema de informação, podem ser descritos da seguinte forma (Pereira *et al.*, 2019):

- Toda a informação tecnológica suporta e assiste a estratégia e os objetivos da organização;
- Garantia de um melhor controlo;
- Expansão dos processos de segurança e produção;
- Minimização de riscos associados, como a perda de informação;
- Ampliação do desempenho geral;
- Melhoria da aplicação dos recursos;
- Redução de custos associados a processos;
- Apoio na tomada de decisão.

O desenvolvimento de um sistema de informação, que provém de uma interpretação completa de um ciclo de informação, é denominado de Sistema de Gestão Documental (DMS), em que um dos campos principais é o novo método de digitalização. O objetivo principal do DMS é atingir diferentes tipos de sistemas que otimizam a tomada de decisão do operador, aumentando a produtividade e, conseqüentemente, diminuindo os custos. Inicialmente, o DMS era associado ao processo de desmaterialização do papel, que representa um dos maiores problemas de todas as indústrias.

Uma vez implementado o fluxo de trabalho do DMS, surgem as seguintes vantagens (Hollingsworth, 1995):

- Desmaterialização de documentos e processos associados;
- Gestão dos ficheiros da organização de forma centralizada;
- Padronização de documentos, processos e procedimentos;
- Padronização de processos de trabalho;
- Velocidade de disponibilização, acesso e tratamento de documentos;
- Controlo dos fluxos de informação (documentos e processos);
- Ganhos na eficiência administrativa e, conseqüentemente, redução dos custos operacionais;
- Redução das necessidades de espaço físico para ficheiros e custos com fotocópias;
- Capacidade de medir a eficiência dos recursos

3.2 Melhoria Contínua

3.2.1 Ferramentas *Lean*

De forma a tornar possível a implementação da filosofia *Lean* numa organização, é necessário, através do envolvimento dos operadores, a aplicação de metodologias, técnicas e ferramentas (Ribeiro *et al.*, 2019; Martins *et al.*, 2018). Assim, são descritas abaixo algumas dessas ferramentas.

1. Metodologia dos 5S

A metodologia dos 5S constitui a base para a implementação de qualquer processo de melhoria e consiste na relação de cinco atividades, de forma a criar um posto de trabalho com um adequado controlo visual e práticas *Lean*. Este método permite a melhoria dos sistemas de desempenho, uma vez que auxiliam na redução do tempo requerido para adicionar valor: permite, assim, um aumento da produtividade e realça a qualidade do produto. Seguidamente, é apresentada na Tabela 5 uma revisão de trabalhos em 5S.

Tabela 5 - Revisão da Literatura - Metodologias dos 5S

Referências	Descrição do Trabalho
(Pinto <i>et al.</i> , 2019)	A manutenção assume um papel cada vez mais importante na indústria, e o setor automóvel não é exceção. Nesse sentido, a IATF 16949:2016 impõe a implementação de KPIs (<i>Key Performance Indicators</i>) como forma de controlo de desempenho no fabrico e, desta forma, é necessário padronizar o processo. A implementação destas mudanças obriga à aplicação de algumas ferramentas <i>Lean</i> , com vista à melhora de procedimentos e fluxos de informação. Assim sendo, aplicaram-se as metodologias SMED e 5S, obteve-se uma redução em 11% dos tempos de <i>setup</i> e atingiu-se um OEE superior a 90%.
(Costa <i>et al.</i> , 2018)	Atualmente, a flexibilidade é um fator de extrema importância nas empresas para responder às solicitações dos clientes. Neste sentido, a implementação de ferramentas <i>Lean</i> requer uma transformação das indústrias, mas, por outro lado, gera diversas vantagens. A metodologia dos 5S é a base das ferramentas <i>Lean</i> e auxilia, além da limpeza, na organização e padronização dos processos. Desta forma, esta metodologia foi essencial numa empresa metalúrgica, visto que resultou na melhoria da segurança no posto de trabalho, aumentou a produtividade e reduziu significativamente os desperdícios.
(Freitas <i>et al.</i> , 2019)	A logística tem assumido um papel cada vez mais determinante nas cadeias de abastecimento. Assim, o objetivo deste trabalho é detetar reclamações associadas a falhas de comunicação entre

funcionários, interpretar a reduzida eficiência em certas atividades, a falta de espaço para receções e armazenamento e o não cumprimento do sistema de *stock* FIFO. Desta forma, uma combinação de ferramentas *Lean* foi implementada e os resultados mostram um impacto positivo em determinadas atividades, nomeadamente uma redução em 50% na rotação de funcionários, cerca de menos 75 minutos por movimentação, e melhores condições de trabalho para os funcionários.

O acrónimo 5S remete para as cinco palavras de origem japonesa que representam os diferentes estados inerentes a esta metodologia (Costa *et al.*, 2018):



Figura 8 - Metodologia dos 5S

Tabela 6 - Conceitos da Metodologia dos 5S

Ideologia	Descrição
Seiri Organização	O objetivo é classificar todo o material desnecessário e segregá-lo que é menos útil para as rotinas diárias.
Seiton Arrumação	O principal é a definição dos locais para todos os bens materiais na área de trabalho, para que esteja sempre arrumado no mesmo local.
Seiso Limpeza	Implica a limpeza da área de trabalho e dos equipamentos, de modo a melhorar a higiene e as condições de segurança nos postos de trabalho.
Seiketsu Normalização	A padronização constitui o primeiro passo na manutenção dos 3Ss anteriormente referidos. O objetivo é criar procedimentos padrão, de forma que os operadores possam executar as tarefas diárias sempre do mesmo modo.

<i>Shitsuke</i>	As primeiras três fases são operacionais; o quarto ponto mantém o estado alcançado através das fases anteriores, e o quinto passo promove o comprometimento com a melhoria contínua.
Disciplina	

O programa dos 5S promove muitos benefícios para a organização, sendo os mais notórios:

- maximização da eficiência;
- redução de defeitos;
- melhor segurança na área de trabalho;
- melhoria na qualidade de vida e moral dos operadores

2. SMED (*Single Minute Exchange of Die*)

A metodologia SMED é conhecida por retratar a redução de tempos de preparação, troca de equipamentos de afinação e quais as ferramentas associadas a essas trocas (Pinto, 2014).

O tempo de troca é definido como o tempo necessário para realizar a preparação de um sistema de produção de forma a executar diferentes produtos tendo em conta todos requisitos. Temos então o típico exemplo de desperdício, uma vez que a substituição de ferramentas não é uma atividade que gere valor para a empresa e origina despesas ocultas (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002).

Um aspeto fundamental desta metodologia relaciona-se com as suas características de atividades internas e externas. Todas as atividades de *setup* que não interferem diretamente com o equipamento e que podem ser resolvidas sem comprometer a produção, são designadas de atividades externas. As ações em que seja necessário parar o funcionamento do equipamento, são descritas como atividades internas. A correta separação destes dois conceitos é o contributo fundamental que têm para a redução dos tempos de *setup* (Dillon & Shingo, 1985; Rosa *et al.*, 2017a).

A metodologia SMED é composta por quatro etapas, sendo estas descritas na Figura 9 (Dillon & Shingo, 1985):

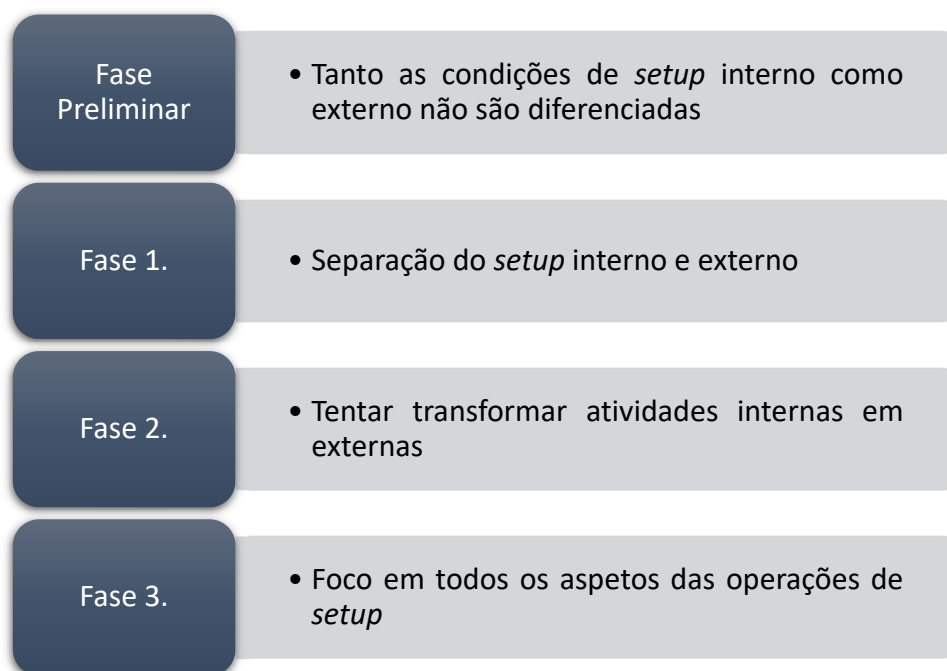


Figura 9 – Etapas da metodologia SMED

Este conjunto de procedimentos exige uma monitorização contínua de todos os processos, o que se torna de crucial relevância para se atingir os resultados pretendidos. O método operacional consequente dos resultados obtidos através da metodologia SMED deve ser registado, uma vez que este registo promove a criação do trabalho normalizado que serve como base para treinar e evoluir a equipa (Esa *et al.*, 2015).

Os resultados da aplicação desta metodologia resultam numa maior produtividade, redução de *stocks*, melhoria da qualidade, redução do *lead-time*, maior flexibilidade e lotes de menor dimensão (Rosa *et al.*, 2017b).

3. Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) ou Deming

O ciclo PDCA foi inicialmente desenvolvido para controlar a qualidade dos produtos, no entanto, pouco tempo depois foi reconhecido como um método de desenvolvimento de melhorias nos processos organizacionais (Maruta, 2012). Atualmente, este ciclo é caracterizado por se focar na melhoria contínua ou, por outras palavras, uma procura contínua por melhores métodos, de forma a otimizar produtos e processos (Albuquerque, 2015).

Neste sentido, a Tabela 7 resulta da pesquisa por trabalhos sobre este tema, e ilustra as finalidades dos mesmos após a sua implementação.

Tabela 7 - Revisão da Literatura - Ciclo PDCA ou Deming

Referências	Descrição do Trabalho
(Ogorodnyk <i>et al.</i> , 2016)	Este documento discute melhorias numa linha de montagem manual de patins, utilizada numa escola de aprendizagem na faculdade. Em termos da filosofia <i>Lean</i> , estas melhorias serão aplicadas segundo os conceitos de flexibilidade e indústrias de aprendizagem. Neste sentido, foi elaborada uma lista de sugestões com diversas técnicas que têm por objetivo aumentar a capacidade produtiva da linha de montagem, bem como introduzir o conhecimento teórico na indústria de aprendizagem.
(Schmidt, 2019)	Os regulamentos gerais de segurança devem seguir um modelo único, o que pode levar a utilizações inadequadas em função dos diferentes cenários possíveis. Desta forma, estes regulamentos são melhores considerando um nível mínimo de segurança. Assim sendo, é discutido um modelo de desenvolvimento para um sistema de segurança de um percussor explosivo, tendo em conta a legislação vigente em Singapura. Para isso, é utilizado o Ciclo de <i>Deming</i> como ferramenta, de forma a desenvolver um sistema maduro de segurança, através de dois ciclos PDCA que incorporam <i>feedback</i> e observações de prática contínua.
(Glass <i>et al.</i> , 2016)	É cada vez mais comum ver a produção <i>Lean</i> ser utilizada nas indústrias modernas e, nesse sentido, este artigo testa essa mesma teoria, conduzindo uma pesquisa sobre este tema na região alemã. Foi então criado um sistema a ser implementado em 85 empresas associadas a linhas de montagem, processo e maquinaria. Com esta pesquisa, o objetivo foi corroborar três suposições baseadas numa vasta pesquisa bibliográfica. Além disso, são descritos os fatores críticos para o sucesso, bem como as barreiras existentes associadas à produção <i>Lean</i> .

De acordo com Sokovic *et al.* (2010), o ciclo PDCA é muito mais do que uma simples ferramenta, sendo descrita como uma filosofia de melhoria contínua introduzida na cultura organizacional. Esta metodologia significa uma mudança gradual, originando assim uma evolução da empresa que pode ser representada pela Figura 11.



Figura 10 – Ciclo PDCA

Cada passo desta ferramenta pode ser descrito de acordo com a Tabela 8:

Tabela 8 - Etapas do Ciclo PDCA

Etapa	Descrição
Planejar	1. Identificar o problema 2. Analisar os dados existentes atualmente 3. Identificar possíveis causas 4. Desenvolver um plano de ação
Realizar	5. Implementar o plano 6. Recolher dados
Verificar	7. Analisar os dados obtidos e comparar com os iniciais, de modo a verificar a progressão
Agir	8. Normalizar, caso os resultados sejam satisfatórios 9. Concluir

De forma a que as etapas anteriores sejam implementadas com eficácia, é necessária a utilização de outras ferramentas de qualidade, sendo que estas auxiliam, principalmente, na análise do problema e definição de ações a serem realizadas (Silva *et al.*, 2017).

4. OEE

Para um mercado competitivo é necessária uma disponibilidade contínua de equipamentos sofisticados e com um índice elevado de confiabilidade e precisão (Relkar & Nandurkar, 2012). Neste sentido, o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um indicador de desempenho utilizado regularmente para avaliar a utilização dos equipamentos, o qual pode ser aplicado a diversos níveis dentro de uma organização.

Inicialmente, o OEE pode servir de referência para uma medição inicial do nível de desempenho. De seguida, um valor de OEE calculado para uma linha de produção pode ser utilizado como termo de comparação com outras linhas produtivas da fábrica, evidenciando níveis mais baixos de desempenho. Por fim, se um equipamento funciona individualmente, esta ferramenta é capaz de identificar qual o pior desempenho e indica em que recursos deve incidir a otimização (R. Singh *et al.*, 2013).

O OEE é um indicador muito simples, que pode ser calculado com base em dados operacionais ou de equipamentos, os quais podem ser recolhidos de forma manual ou automática para um determinado período de tempo (Kreppenhofer & Langer, 2009). Assim, a Figura 12 resume os elementos-chave e os parâmetros que influenciam esta ferramenta.

De acordo com Nakajima (1988), os valores de OEE próximos de 0,4 não são comuns nas empresas de produção. Embora os fatores analisados individualmente possam traduzir resultados bastante positivos, este indicador permite ainda avaliar possíveis erros de análise. Com isto, um objetivo de atingir 85% de OEE representa um claro potencial de melhoria para muitas empresas.

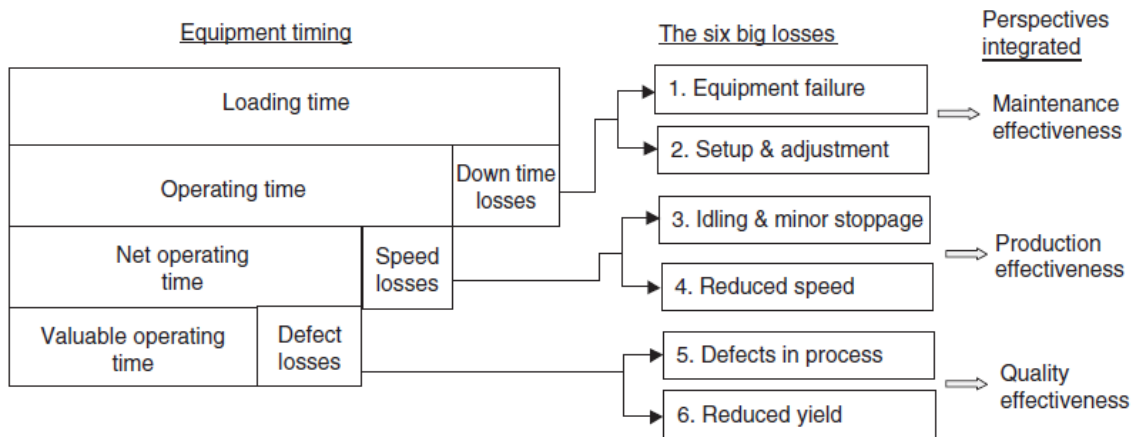


Figura 11 - OEE e as perspectivas de desempenho (Singh *et al.*, 2020)

As seis grandes perdas são então avaliadas pelo OEE, em função da disponibilidade (A), desempenho (P) e índice de qualidade (Q). Assim (Singh *et al.*, 2020):

$$OEE = A \cdot P \cdot Q \tag{1}$$

Cada um dos parâmetros é calculado da seguinte forma:

$$A = \frac{\textit{operating time}}{\textit{loading time}} \cdot 100 \tag{2}$$

$$P = \frac{\textit{net operating time}}{\textit{operating time}} \cdot 100 \tag{3}$$

$$Q = \frac{\textit{valuable operating time}}{\textit{net operating time}} \cdot 100 \tag{4}$$

$$= \frac{\textit{total amount produced} - \textit{defect amount}}{\textit{total amount produced}} \cdot 100$$

Nas fórmulas acima:

Operating Time = tempo disponível para produção;

Loading Time = tempo total de produção;

Net Operating Time = tempo teórico para produzir uma dada quantidade;

Valuable Operating Time = tempo necessário para produzir uma dada quantidade sem defeitos.

O OEE é um importante indicador, capaz de integrar aspetos de diferente relevância numa única ferramenta (Muchiri & Pintelon, 2008). Dada a importância desta ferramenta para a evolução das empresas, uma vez que permite avaliar o desempenho ao longo do tempo, visualizando avanços e regressões dos processos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre indicadores-chave e a sua implementação nas diferentes áreas, bem como os resultados obtidos. O resumo desse trabalho encontra-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Revisão da Literatura – KPI's

Referências	Descrição do Trabalho
(Singh <i>et al.</i> , 2020)	A medição de desempenho é um parâmetro essencial para avaliar a competitividade das empresas. Assim, um grupo de investigadores académicos resolveu estudar a aplicação de práticas de <i>Green Lean</i> na indústria. Este conceito associa-se às preocupações ambientais e sociais, além de manter por base a filosofia de maximizar os recursos e reduzir os desperdícios associados às atividades. Desta forma, o objetivo deste estudo prende-se com a determinação e avaliação dos vários parâmetros-chave de desempenho (KPP) relativos à aplicação destas práticas. Pesquisas futuras terão como base estes KPP's para a classificação dos mesmos, através de uma técnica apropriada de Análise de Decisão por Múltiplos Critérios (MCDA).
(Joppen <i>et al.</i> , 2019)	A falta de conhecimento sobre os efeitos e benefícios da Indústria 4.0 é um dos obstáculos-chave à otimização do planeamento de produção. Assim, este documento analisa indicadores-chave de desempenho (KPI's) e demonstra a relação matemática numa representação gráfica. Além disto, é apresentado um quadro estrutural onde os KPI's são relacionados com as alterações na produção influenciadas pela Indústria 4.0. Desta forma, conclui-se que os KPI's registam essas mudanças e demonstram os benefícios dessa implementação.
(Bhadani <i>et al.</i> , 2020)	A utilização do conceito de indicadores-chave de performance é recorrente na indústria para formalizar e representar os objetivos das operações. Desta forma, o objetivo deste artigo é determinar os KPIs para processos agregados de produção utilizando simulações dinâmicas. Estes indicadores desenvolvidos são úteis, tanto para os operadores como para os supervisores, uma vez que auxiliam na tomada de decisão. Assim, os resultados evidenciam relações e dependências entre vários equipamentos e indicadores de processo.

5. TPM

Como última ferramenta escolhida, temos a *Total Productive Maintenance*, que também se integra na filosofia *Lean*, todavia é analisada com mais pormenor no subcapítulo seguinte.

3.3 Total Productive Maintenance (TPM)

A gestão da manutenção é um tópico de importância estratégica para a indústria e, no seguimento do capítulo anterior, também se integra na lista de ferramentas *Lean*. Um processo efetivo de manutenção, bem como a manutenção preventiva, podem reduzir significativamente os riscos de falha dos equipamentos que levam a quebras das linhas

de produção. Contudo, devido à complexidade de algumas linhas de produção, os riscos de falha num componente crucial de um equipamento podem não ser totalmente evitados (Ribeiro *et al.*, 2019). Neste sentido, a filosofia de *Total Productive Maintenance* tem como objetivo principal otimizar o desempenho geral dos equipamentos e assegurar a melhor eficiência durante a sua utilização, reduzindo custos, *lead-times* e aumentando a qualidade do produto final (Amorim *et al.*, 2019; Díaz-Reza, García-Alcaraz, & Martínez-Loya, 2018; Duffuaa & Raouf, 2015).

Desta forma, são descritos na Tabela 10 alguns trabalhos sobre esta filosofia, evidenciando os resultados e possíveis orientações para futuras aplicações.

Tabela 10 - Revisão da Literatura - *Total Productive Maintenance*

Referências	Descrição do Trabalho
(dos Reis <i>et al.</i> , 2019)	Com o objetivo de rentabilizar uma linha de produção automóvel, recorreu-se à implementação de TPM, de forma a melhorar o estado operacional dos equipamentos. Neste sentido, seguiu-se a estratégia de reduzir as perdas causadas por falhas de equipamentos, cujo foco é o desenvolvimento de ações de identificação de problemas. No final desta análise, é possível perceber o aumento do rendimento da linha desde o momento em que foram implementadas as ações, nomeadamente o incremento de 18% obtido nas operações, comparando com o período inicial.
(Kigsirisin <i>et al.</i> , 2016)	Atualmente, diversas estações de tratamento de água enfrentam dificuldades devido a quebras de equipamentos e perdas de água durante o processo. Assim, um método possível para solucionar este problema é a implementação dos EPS (<i>Eight Pillars Strategy</i>), uma estratégia de TPM para reduzir estas quebras. Uma redução da taxa de falha e aumento de disponibilidade, qualidade e desempenho, originam um incremento no OEE (Overall Equipment Effectiveness) e NEE (Net Equipment Effectiveness) em todas as fases do processo. Como consequência, a estação tem a capacidade de produzir mais quantidade e em melhor qualidade, monitorizando o produto final através do lucro.
(Santos <i>et al.</i> , 2019)	A indústria alimentar é um setor com um elevado nível competitivo, o que obriga a várias estratégias de produção, de forma a garantir uma grande capacidade de resposta. Este trabalho foi aplicado em quatro empresas e consiste na análise crítica dos equipamentos em função da qualidade, disponibilidade, segurança e ambiente, custos e complexidade tecnológica. A classificação destes ativos permitiu a definição de estratégias de abordagem por categoria, que motivou a aplicação de uma metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM), revisão de Preventiva dos Planos de Manutenção (PMP), entre outras.

(Guariente <i>et al.</i> , 2017)	A indústria automóvel constitui um dos setores mais exigentes do mercado global, e requer constantes evoluções na produtividade com o mínimo de investimentos. Neste sentido, este estudo desenvolveu uma proposta que visa implementar a manutenção autónoma numa empresa que fabrica e comercializa tubagens de ar condicionado. Como efeitos deste processo, surgiu um incremento de 10% no indicador de disponibilidade e, conseqüentemente, um aumento de 8% do OEE, devido à redução da taxa de paragens, bem como do MTTR.
(Ribeiro <i>et al.</i> , 2019)	De forma a reduzir o risco de falha dos equipamentos, é sugerida uma melhoria da capacidade de uma linha de produção através do TPM e suportado por ferramentas <i>Lean</i> . Inicialmente, é realizada uma análise e avaliados o MTBF, MTTR, OEE e disponibilidade. Como resposta aos problemas identificados, é desenvolvido um plano de ações seguindo a metodologia dos 5S e gestão visual, em paralelo com um plano de instrução dos operadores. Os resultados finais mostram evoluções a nível de organização, aumentando o MTBF e reduzindo o MTTR, o que resulta numa evolução do OEE.
(Pinto <i>et al.</i> , 2020)	Em determinadas empresas, é necessário implementar melhores estratégias de manutenção. Neste sentido, foi utilizada a metodologia de TPM aplicada em duas linhas de CNC. O processo foca-se essencialmente em eliminar falhas de eficiência e, através da análise dos manuais de manutenção e do <i>know-how</i> interno, optou-se por procedimentos de manutenção autónoma e preventiva, o que resultou numa clara evolução dos indicadores, nomeadamente na redução da taxa de falhas em 23% e 38%, em cada uma das linhas, bem como um incremento de 5% do OEE.

A abordagem TPM é focada em duas fases: uma primeira é principalmente direcionada para a melhoria da eficiência geral das linhas de produção, enquanto que na segunda é realizada uma melhoria sobre o conceito de manutenção autónoma, ou seja, consiste na atribuição de responsabilidades aos operadores dos equipamentos de realizar procedimentos simples de manutenção (Díaz-Reza *et al.*, 2018; Kiran, 2017; Pascal *et al.*, 2019).

A implementação da TPM pode traduzir melhorias significativas, nomeadamente de qualidade, através de uma melhor estabilidade dos equipamentos, melhoria de produtividade através da eliminação de interrupções, micro paragens ou perdas de ritmo, e melhoria das taxas de entrega com o auxílio de uma calendarização antecipada. A redução da acumulação de trabalho em progresso (WIP – *Work in Progress*) nos locais definidos para o efeito, resultam numa redução dos tempos de paragem dos equipamentos e, por sua vez, traduzem maior satisfação por parte dos operadores, uma

vez que são atingidos melhores resultados, são atribuídas mais responsabilidades e envolvimento, bem como tarefas mais complexas (Szejczewski & Jones, 2013).

3.3.1 Pilares da TPM

De forma a sondar qualquer ocorrência de problemas nos equipamentos, tais como quebras de eficiência, Nakajima (1988), o maior contribuinte para a *Total Productive Maintenance*, definiu TPM como a forma de atingir a maximização da eficiência dos equipamentos no sistema. Nakajima (1988) também propôs a implementação da chamada Estratégia dos Oito Pilares (EPS), que consiste em alcançar o conceito de zero defeitos e, aplicando aos equipamentos, zero quebras e perdas mínimas de produção (Kigsirisin *et al.*, 2016). A EPS é ilustrada na Figura 13, e os respetivos pilares são descritos na Tabela 11.

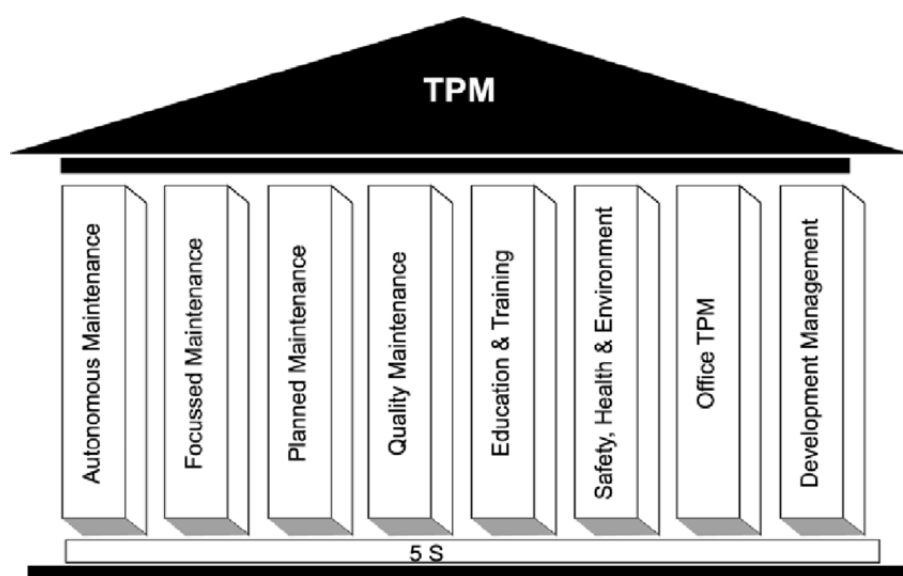


Figura 12 - Estratégia dos Oito Pilares da TPM Nakajima (1988)

Os oitos pilares são descritos individualmente na Tabela 11.

Tabela 11 - Descrição dos Oito Pilares da TPM

Pilar	Descrição
Manutenção Autónoma	O objetivo passa por desenvolver as capacidades dos operadores, de forma a que estes estejam capazes de realizar pequenas tarefas de manutenção e, assim, permitir que os técnicos de manutenção se possam focar noutras intervenções de complexidade superior ou maior valor. De uma forma resumida, consiste na atribuição de responsabilidades aos operadores por cuidar dos equipamentos em utilização própria, por forma a evitar a sua degradação (Santos <i>et al.</i> , 2012).

Manutenção Focada	Foca-se na identificação e eliminação de todas as perdas e, com isto, obtenção de uma maior eficácia em termos de utilização de equipamentos, sistemas e processos com o auxílio de técnicas de análise e aperfeiçoamento, originando alterações com vista a alcançar o máximo de produtividade (Santos <i>et al.</i> , 2012).
Manutenção Planeada	Define o nível ideal de desempenho do equipamento através da implementação de atividades, com o objetivo de restabelecer o mesmo ao seu estado ideal e mantê-lo, por meio de atividades de manutenção preventiva e preditiva, utilizando, para isso, uma base de dados, pelo que é essencial um registo contínuo e organizado de desempenho dos equipamentos (Méndez & Rodriguez, 2017).
Manutenção da Qualidade	As atividades de manutenção da qualidade visam estabelecer condições para prevenir quaisquer defeitos de qualidade. Portanto, o objetivo é eliminar as não conformidades que surgem de forma recorrente (Santos <i>et al.</i> , 2012), ou seja, através da implementação da TPM é realizado um ajuste gradual dos componentes do sistema e do equipamento, o que resulta num comportamento menos variável do mesmo, criando assim um processo estável (Méndez & Rodriguez, 2017).
Educação e Prática	Este é um pilar fundamental da TPM, uma vez que é aqui que surge a compreensão da filosofia da mesma e, com isso, um entendimento da correta execução do processo e utilização dos equipamentos. Isto apenas é possível através de formações para melhorar as habilidades dos operadores relacionadas com a manutenção, e melhoria dos níveis de produtividade no local de trabalho (Méndez & Rodriguez, 2017).
Segurança, Saúde e Ambiente	O objetivo é assegurar zero acidentes de trabalho, zero doenças ocupacionais e zero acidentes ambientais. Portanto, é essencial ter um ambiente bem iluminado, limpo e organizado, e tomar todas as medidas de segurança necessárias para prevenir acidentes, além de garantir a correta gestão de todos os materiais, de forma a garantir que não haja efeitos adversos ao meio ambiente (Morgado <i>et al.</i> , 2019). É necessário, portanto, estabelecer padrões que também atendam a todas as leis e regulamentos vigentes dos departamentos competentes (Méndez & Rodriguez, 2017).
TPM nos Escritórios	O objetivo é atingir zero perdas funcionais, criar locais de trabalho eficientes, capazes de fornecer serviços e suporte eficazes para outros departamentos (Shinde & Prasad, 2018). Um outro objetivo passa também por permitir que os funcionários

visualizem os processos de forma integrada e, com base nessa visão, serão estabelecidos padrões e procedimentos para avaliar, analisar e melhorar continuamente esses processos. Todo este processo pode garantir um suporte contínuo, desde o escritório até as atividades de operação, manutenção, *marketing* e expansão da empresa (Santos *et al.*, 2012).

Gestão do
Desenvolvimento

O foco passa por reduzir ao máximo os problemas e o tempo de execução em novos equipamentos, aplicar nestes o conhecimento adquirido através de utilização de outros equipamentos e implementar um plano de manutenção (Ahuja & Khamba, 2008).

3.3.3 Como Implementar a TPM

A implementação correta da TPM é um processo que pode levar entre dois a três anos até se conseguir obter resultados de nível mundial. Como base desta implementação estão doze etapas sugeridas por Nakajima (1988).

No entanto, cada empresa estará em diferentes níveis de desenvolvimento, sendo por isso necessárias diferentes orientações e ajustes para a implementação da TPM, visto que não se trata de um processo simples. Assim, as dozes etapas sugeridas por Nakajima (1988) podem dividir-se em cinco fases, servindo como um bom ponto de partida para a correta implementação, de acordo com a descrição da Tabela 12 (Pinto, 2013).

Tabela 12 - Fases e etapas de implementação da TPM

Fase	Etapas de Implementação
Preparação	<ul style="list-style-type: none"> • Declaração da intenção da direção da empresa em implementar a TPM • Educação, treino e divulgação para implementação da TPM • Organização da promoção da TPM • Estabelecimento de diretrizes básicas e objetivos da TPM • Identificação das grandes perdas • Definição dos índices relativos • Elaboração de um plano mestre para o desenvolvimento da TPM
Introdução	<ul style="list-style-type: none"> • Lançamento do projeto empresarial da TPM
Implementação	<ul style="list-style-type: none"> • Sistematização para elevação do rendimento produtivo <ul style="list-style-type: none"> • Melhorias específicas • Manutenção autónoma • Educação e planeamento • Estudo prévio do sistema de gestão e controlo • Manutenção da qualidade

-
- Melhorias dos processos administrativos
 - Segurança, saúde e meio ambiente

Consolidação

- Execução plena da TPM e manutenção autónoma
-

DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

4.1 DIGITALIZAÇÃO DE KPIS

4.2 MELHORIA CONTÍNUA

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DA TPM

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

No seguimento do capítulo anterior, colocando em prática algumas das metodologias abordadas acima, foram desenvolvidos indicadores em cada uma das áreas de intervenção bem como colocadas em prática as ferramentas *lean* mais importantes, na ótica da empresa.

Subdividido em três tópicos, sendo eles digitalização de KPI's, melhoria contínua e TPM, neste capítulo é enunciada a metodologia utilizada por forma a responder às necessidades da empresa.

4.1 DIGITALIZAÇÃO DE KPIS

Com a implementação do novo ERP, o foco da empresa passou por colocar os dados no novo sistema, para evitar ao máximo paragens de produção por falta de informações. Com isto, por falta de tempo em analisar os dados e a forma como os extrair, sentiu-se uma queda no que toca a indicadores de controlo industrial.

Assim sendo, surge a necessidade de interpretar esses mesmos dados e transportá-los para relatórios onde seja possível, de uma forma visual, analisar rapidamente evoluções ou quebras e, assim, agir de imediato para evitar perdas.

Para isto, utilizou-se como ferramenta de análise o *Microsoft Power BI*[®], que permite visualizar estes dados através de relatórios que podem ser consultados e partilhados online, de forma dinâmica através de filtros, ou através de ficheiros PDF.

4.1.1. LOGÍSTICA

Posto isto, um dos principais focos e onde se desenrolou grande parte deste estágio foi na área de logística, mais concretamente no departamento de planeamento, e nas reuniões diárias a este inerentes.

1) SELEÇÃO DE KPIS A DIGITALIZAR

Em função da realidade da empresa, surge a necessidade de começar por analisar indicadores simples, para controlo e gestão da produção.

Assim sendo, um dos melhores indicadores para controlo de produção é a **taxa de cumprimento do plano de produção**, que varia em função da capacidade alocada, e que nos permite acompanhar os progressos da mesma ao longo da semana, evidenciando pequenos desvios e facilitando a tomada de decisão.

Para calcular este indicador são necessários o **número de horas de produção teóricas** e o **número de horas planeadas**. Estes indicadores podem também ser analisados independentemente, como no caso do primeiro, que nos permite acompanhar o desempenho das áreas de acordo com as cadências tabeladas e, se for necessário, ajustá-las. Já o segundo indicador varia dependendo de atrasos de produção de semanas anteriores. Por outras palavras, temos o número de horas de produção teórica, que é a base do planeamento, ou seja, permite alocar a máxima quantidade para produção em função da capacidade total de cada linha produtiva e das respetivas cadências e, quando calculado com a **capacidade disponível** de cada centro de trabalho, dá-nos visibilidade sobre a **taxa de ocupação** de cada área.

Falando ainda em número de horas, podemos determinar o **número de horas em aberto** e, assim, perceber se, por exemplo, é necessário recorrer a turnos de fim de semana ou se, por outro lado, é necessário antecipar ordens de produção da semana seguinte.

Com este indicador, e tendo em conta a valorização de cada material, temos visibilidade sobre os **valores em aberto** para produção, o que permite ter noção dos valores em atraso de semanas anteriores.

Assim sendo, é possível ter noção do **número de ordens de produção em atraso**. Com isto surge a necessidade de justificar estes atrasos, daí aliar-se aqui as áreas de Manutenção e Qualidade, que são as grandes responsáveis por paragens de produção.

Do lado da **Manutenção**, é importante ter visibilidade sobre as **ordens de produção** que estão afetadas por alguma avaria, enquanto do lado da **Qualidade**, o ponto importante passa por perceber qual a **quantidade rejeitada** para cada material, bem como do **número de ordens** afetadas, de forma a poder intervir sobre possíveis condições de armazenamento ou até de produção.

2) FLUXO DE INFORMAÇÃO E RECOLHA DE DADOS PARA CÁLCULO DE KPIS

Para analisar os indicadores acima indicados, o processo mais complexo é, sem dúvida, a obtenção dos dados necessários. Neste sentido, é necessário entender de que forma circula a informação na empresa, para conseguirmos entrar no fluxo e retirar a informação necessária.

Assim, de uma forma resumida, a Figura 14 demonstra de que modo é tratada uma encomenda colocada por um cliente.

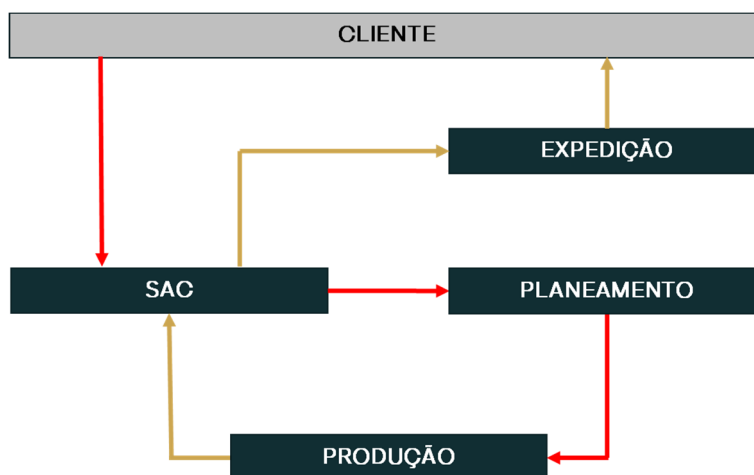


Figura 13 - Fluxo de uma encomenda

Após rececionada pelo Serviço de Apoio ao Cliente (SAC), a encomenda segue três passos:

- Planeamento de produção em função do pedido do cliente e da carteira de encomendas;
- Produção do material na semana planeada;
- Validação da entrega com o cliente por parte do SAC e transporte da encomenda para o armazém de produto acabado, onde será expedida na data planeada.

Entrando, mais concretamente na área de planeamento, é então importante analisar ao pormenor as informações trocadas nas reuniões diárias de alinhamento, para entender que dados são necessários analisar.

Num momento inicial, este departamento estava inserido em quatro reuniões diárias com cada uma das unidades industriais, onde era delineado um planeamento diário em função das ordens de produção em aberto na semana em questão (Figura 15).

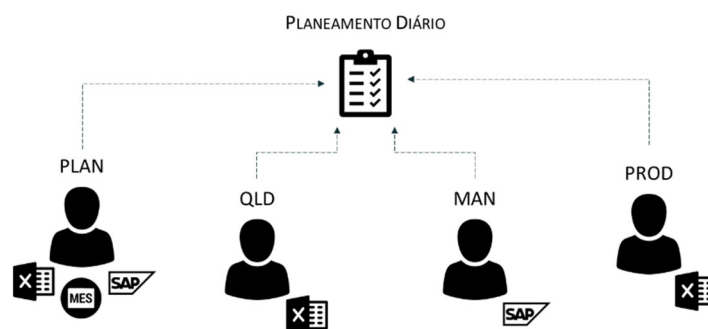


Figura 14 - Fluxo das reuniões diárias das unidades industriais

Com a presença do Diretor Industrial como figura máxima da reunião, as informações trocadas de maior relevância prendem-se com (Figura 16):

- atrasos de produção
- rejeições por qualidade

- carteira de encomendas da semana em análise
- paragens de produção por avarias
- datas de carregamento da semana em análise



Figura 15 - Fluxo de uma encomenda

Assim sendo, na Figura 17 surge o fluxo de informação numa reunião de alinhamento.

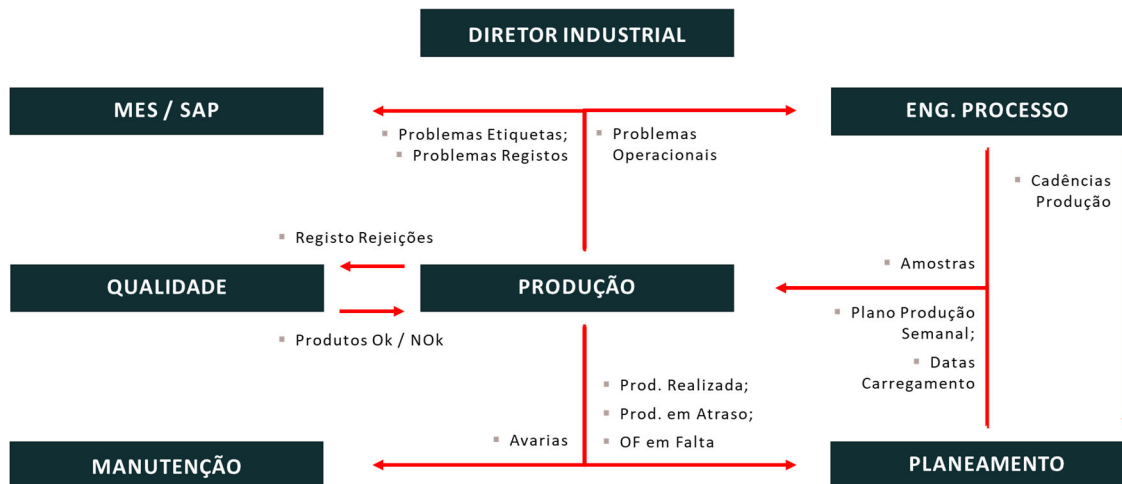


Figura 16 - Fluxo de informação numa reunião de alinhamento

Depois de identificadas as áreas e as informações analisadas, é necessário recolher os dados e quais as fontes de informação mais credíveis.

Assim sendo, a sugestão passa por aproveitar a recente implementação do ERP, no entanto, o facto de haver ainda pouca solidez em termos de conhecimento tornou-se, por vezes, um contratempo no desenvolvimento do projeto.

Ainda assim, aliado ao sistema SAP foi implementado também o MES (*Manufacturing Execution System*), com o objetivo de fazer a ligação entre o chão-de-fábrica e SAP, ou seja, os operadores abrem ordens de produção, alocam as produções realizadas e automaticamente a informação é inserida em SAP.

Sendo dois sistemas com bastante potencial e numa fase inicial de implementação, são, sem dúvida, fontes de informação nas quais a empresa centrará confiança a curto prazo. Com isto, podemos retirar diversas informações destes sistemas:

Tabela 13 - Bases de dados utilizadas e respetiva informação consultada

SAP	MES
Ordens de venda	Quantidade produzida
Ordens de produção	Quantidade rejeitada
Cadências de produção	Tempo real de produção
Data de produção	Paragens de produção
Notas de avaria	
Datas de carregamento	
Valorização do material	

3) IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO

Um dos melhores indicadores para controlo de produção é a taxa de cumprimento do plano de produção (Figura 18), que varia em função da capacidade alocada e é calculada da seguinte forma:

$$\% \text{ Cumprimento Plano} = \frac{\# \text{ horas de produção realizadas}}{\# \text{ horas planeadas}} \cdot 100 \quad (5)$$

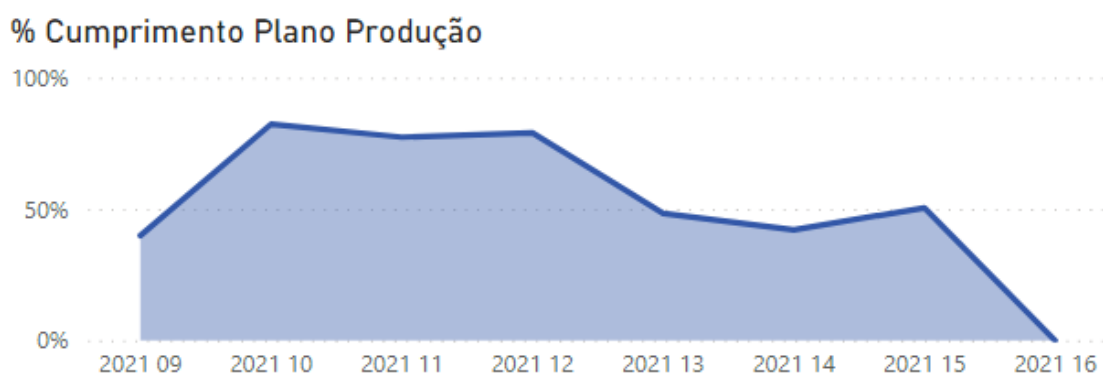


Figura 17 - % Cumprimento Plano de Produção por Semana

No entanto, para conseguirmos obter o número de horas é necessário ter em consideração as cadências teóricas de produção, que nos permite determinar, no caso das horas de produção realizadas e em função da quantidade produzida, qual o tempo necessário de ação. Com isto, pode ainda surgir a necessidade de atualizar as cadências e, assim, visualizar rapidamente esses casos:

$$\# \text{ horas produção realizadas} = \frac{\text{quantidade produzida [un]}}{\text{cadência teórica [un/h]}} \quad (6)$$

A figura abaixo demonstra um exemplo gráfico de acompanhamento das horas de produção teóricas por turno.

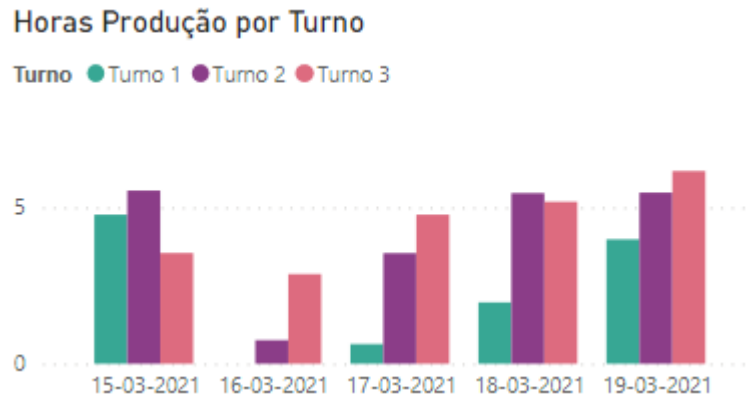


Figura 18 - Horas de Produção Teórica por Turno

Ainda relativo à taxa de cumprimento do plano de produção, o denominador deste indicador é também determinado através das cadências teóricas, no entanto, varia em função de eventuais atrasos e pode ser determinada da seguinte forma:

$$\# \text{ horas planeadas} = \frac{\text{quantidade planeada [un]}}{\text{cadência teórica [un/h]}} \quad (7)$$

Através da associação deste indicador com a capacidade disponível de cada centro de trabalho, podemos então determinar a taxa de ocupação de cada área, sendo que a capacidade disponível é calculada através de um OEE teórico, visto que a empresa ainda não possui dados para calcular um OEE real.

Assim, podemos calcular a capacidade disponível através do número de operadores e horas de trabalho, ou, como referido acima, do OEE teórico:

$$\text{cap. disponível} = \# \text{ horas trabalho} \cdot \# \text{ dias de trabalho} \cdot \text{OEE teórico} \quad (8)$$

A taxa de ocupação resulta do quociente entre a capacidade alocada, ou por outras palavras, do número de horas planeadas, e a capacidade disponível, sendo este valor expresso em percentagem, geralmente:

$$\text{taxa de ocupação} = \frac{\text{cap. alocada}}{\text{cap. disponível}} \cdot 100 \quad (9)$$

O gráfico da figura 20 traduz um exemplo de alguns centros de trabalho com as respetivas taxas de ocupação.

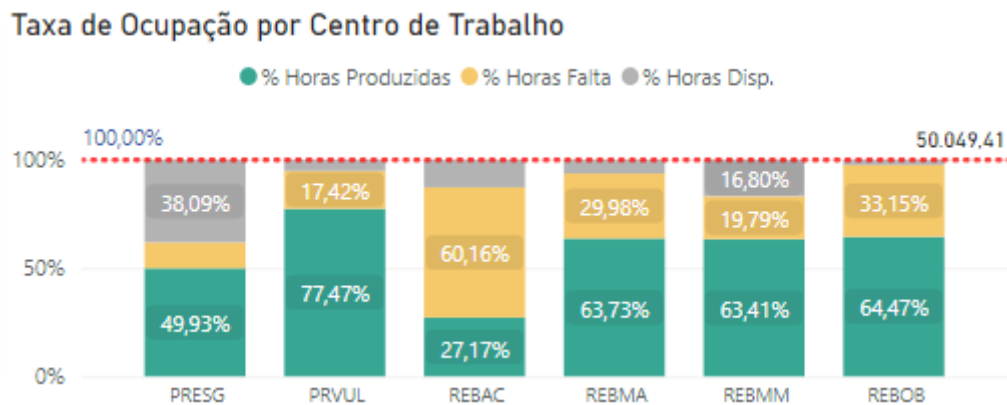


Figura 19 - Taxa de Ocupação por Centro de Trabalho

Ainda com estes dados, podemos chegar a outra métrica que nos permite perceber qual a situação de atrasos de produção ao longo da semana de trabalho, e de que forma poderemos responder, como, por exemplo, recorrer a horas-extra ou turnos de fim de semana. Estamos a falar, então, do número de horas em aberto:

$$\# \text{ horas em aberto} = \# \text{ horas planeadas} - \# \text{ horas de produção} \quad (10)$$

Mais do que ter noção do número de horas em aberto, é relevante perceber qual o volume de ordens de produção em atraso, portanto, surge a necessidade de obter um número que resulta da contagem das ordens cuja data de produção é inferior à corrente:

$$\text{Ordens em Atraso} = \text{CONTAR}(\text{ordens} \mid \text{data} < \text{HOJE}()) \quad (11)$$

Tendo em conta então este volume, é possível obter o valor em aberto, em euros. Desta forma, existe visibilidade sobre os valores, em euros, em atraso na produção:

$$\text{Valores em aberto} = \text{Qtd. Material em Atraso} * \text{Valor do Produto} \quad (12)$$

De modo a justificar estes atrasos, como referido anteriormente, torna-se interessante relacionar as áreas da manutenção e da qualidade, sendo estas as responsáveis por grande parte dos atrasos.

Assim, determinar o número de ordens de produção afetadas por avarias, resulta apenas da contagem das mesmas.

$$\text{Ordens MAN} = \text{CONTAR}(\text{ordens} \mid \text{avaria} <> "") \quad (13)$$

No entanto, o processo não é propriamente expedito, visto que esta informação resulta de um cruzamento de dados entre tabelas. Desta forma, temos de interligar as tabelas através do único elemento comum, o equipamento de produção (Figura 21).

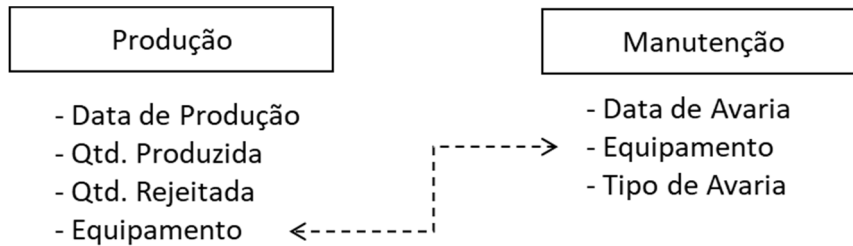


Figura 20 – Correspondência entre as bases de dados

Caso este equipamento conste na lista de equipamentos com avaria, é então contabilizada a ordem de produção.

No caso da Qualidade, a lógica é exatamente a mesma e, portanto, são apenas contabilizadas as ordens cuja quantidade de material rejeitado é superior a zero.

$$\text{Ordens QLD} = \text{CONTAR}(\text{ordens} \mid \text{qtd. rejeitada} > 0) \quad (14)$$

Como último indicador, e dado que existe acesso às quantidades produzidas conformes e não-conformes, pode-se determinar a percentagem de rejeição de cada ordem de produção, ou ainda analisá-la por tipo de material:

$$\% \text{ Rejeição} = \frac{\text{Qtd. Rejeitada}}{\text{Qtd. Total Produzida}} \cdot 100 \quad (15)$$

Esta análise permite intervir sobre possíveis condições de armazenamento, ou mesmo de produção, cujas etapas possam ser melhoradas de forma a reduzir este valor.

4) RESULTADOS

Como resultado final, foi desenvolvido o *dashboard* abaixo, onde se pode visualizar todos estes dados e, de uma forma visualmente simples, avaliar o desempenho das áreas.

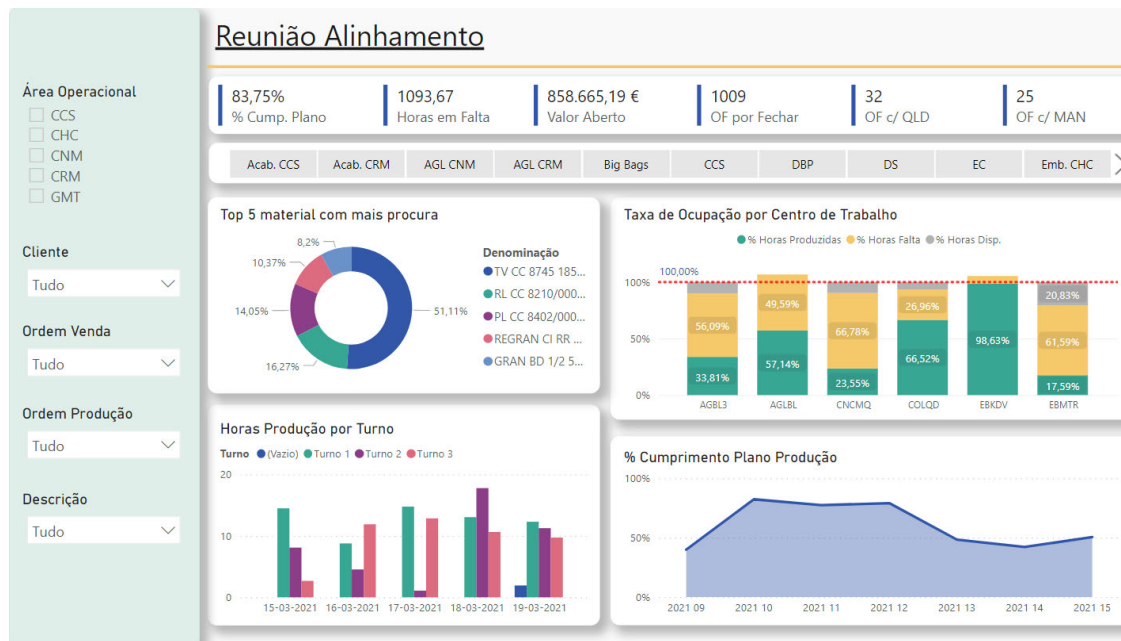


Figura 21 - Dashboard da Logística

Este *layout* permite filtrar os dados por área operacional, cliente, ordem de venda, ordem de produção, ou ainda por descrição de material.

De salientar ainda que se torna mais fácil ter acesso ao top 5 de materiais com mais procura, que resulta das 5 referências com maior volume de encomendas.

Uma grande vantagem desta ferramenta é que permite a interação entre os diferentes gráficos e, desta forma, ajustar as pesquisas.

5) ANÁLISE CRÍTICA

O desenvolvimento deste trabalho tinha como principal foco a criação de indicadores que até à data não existiam, portanto, foi atingido o objetivo principal. Contudo, em paralelo, conseguiu-se também centralizar toda a informação necessária para a realização das reuniões de alinhamento diário, que até à altura era consultada em vários ficheiros, com maior facilidade na partilha da mesma, monitorizando o desempenho de cada unidade industrial. Um dos outros pontos principais foi o suporte à tomada de decisão que, com esta ferramenta passou a ser possível analisar em tempo real e intervir.

Em suma, apesar das dificuldades em obter informações sobre o processo e “entrar” no fluxo de informação, os objetivos propostos foram atingidos e a informação passou a circular de uma forma mais clara para qualquer interveniente.

4.1.2. ENGENHARIA DO PRODUTO

Em paralelo, também aproveitando os avanços da empresa no que toca a fluxos de informação, o departamento da Engenharia do Produto sentiu necessidade de avaliar determinadas métricas e reportar dados visuais para analisar em reuniões de direção.

1) SELEÇÃO DE KPIS A DIGITALIZAR

O indicador de maior relevância para controlo dos processos desta área é, sem dúvida, o tempo entre o pedido de amostra efetuado por um cliente e a resposta por parte da empresa, ou seja, o **lead time**.

Sendo este indicador melhor quanto mais baixo for, é então estipulado um valor **objetivo mensal**. Com isto, é relevante ter uma visão sobre esta **taxa de cumprimento do objetivo de lead time**.

A par da análise deste indicador, é interessante perceber a **quantidade de pedidos abertos e fechados** por mês, de forma a analisar de que forma a quantidade de pedidos abertos pode ser um dos motivos para um **lead time** mais elevado.

Olhando ainda para o número de pedidos abertos e fechados, é importante, por uma questão de gestão, entender a que **área** corresponde a cada um e, desta forma, atuar nesse sentido.

Por fim, seguindo a mesma lógica e entrando em mais pormenor, surge também a necessidade de analisar o **número de pedidos por responsável**.

2) FLUXO DE INFORMAÇÃO E RECOLHA DE DADOS PARA CÁLCULO DE KPIS

Num projeto mais simples, visto que é um departamento mais pequeno e a informação estava mais centralizada numa só pessoa, o diretor da Eng. do Produto, entender o fluxo de informação e as fontes da mesma tornou-se bastante menos complexo.

De uma forma bastante idêntica ao fluxo de uma encomenda, também um fluxo de uma amostra segue três etapas (Figura 23):

- Submissão do pedido de amostra por parte do comercial;
- Pedido de amostra para a produção por parte do membro da Eng. de Produto de cada área;
- Validação da entrega com o cliente por parte do comercial e transporte da encomenda para o armazém, onde será expedida na data planeada.

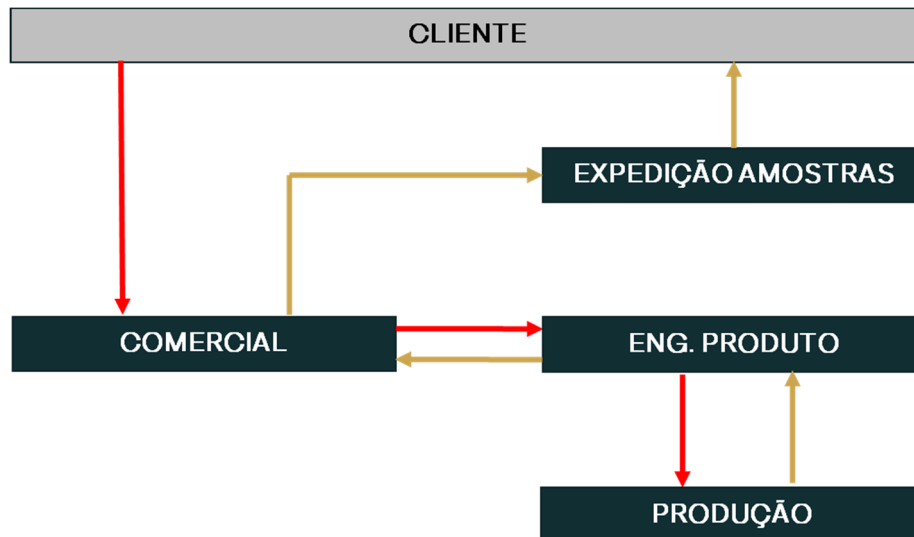


Figura 22 – Fluxo de uma amostra

O fluxo inicia com a submissão do pedido de amostra num sistema, no entanto, existe o *SharePoint* como única base de dados consultada, uma vez que sincroniza os dados com o *software* utilizado pelos comerciais.

3) IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO

Tal como referido anteriormente, o indicador fundamental para esta área é o *lead time*, e calculá-lo é um processo simples, no entanto tem duas condições:

1. Pedido fechado

Neste caso, o *lead time* resulta da soma dos dias úteis entre a data de abertura e a data de fecho:

$$\text{Lead time} = \text{SOMA}(\text{dias úteis} \mid \text{data fecho} <> \text{""}) \quad (16)$$

2. Pedido em aberto

Neste caso, o pedido não está fechado, portanto, não temos data de conclusão e, por isso, calculamos o *lead time* através da soma de dias úteis entre a data de abertura e o dia corrente:

$$\text{Lead time} = \text{SOMA}(\text{dias úteis} \mid \text{data abertura} < \text{data} \leq \text{hoje}) \quad (17)$$

Na Figura 24, surge um gráfico com a evolução do *lead time* ao longo dos meses:

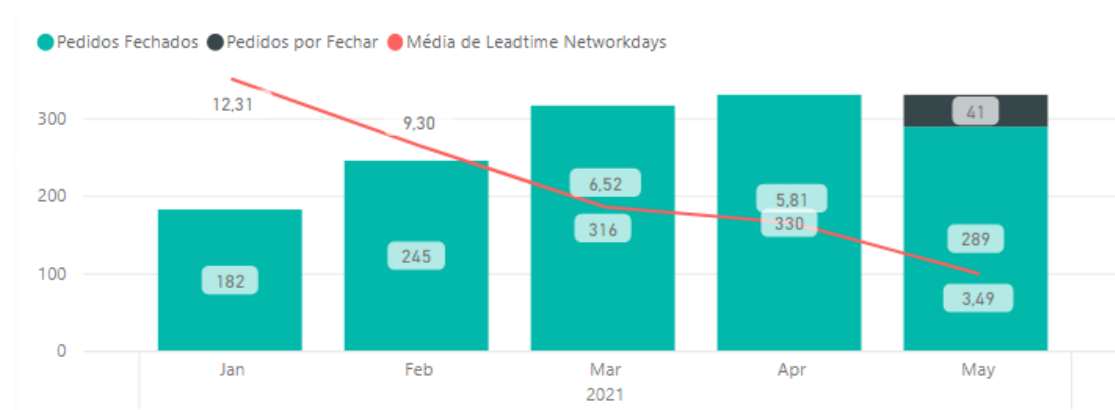


Figura 23 – Evolução do *lead time* ao longo dos meses

Posto isto, surge então a necessidade de avaliar o desempenho em função do objetivo estipulado para respostas a pedidos. Este valor é variável de ano para ano, em função do desempenho no período transato.

Tendo então o *lead time* calculado e o objetivo tabelado, podemos então determinar a taxa de cumprimento do *lead time* racionalizando o primeiro pelo segundo:

$$\% \text{ Cump. } lead \text{ time} = \frac{lead \text{ time}}{obj. \text{ lead time}} \cdot 100 \quad (18)$$

De igual forma à análise do *lead time*, temos na Figura 25 a evolução da percentagem de cumprimento ao longo do tempo:

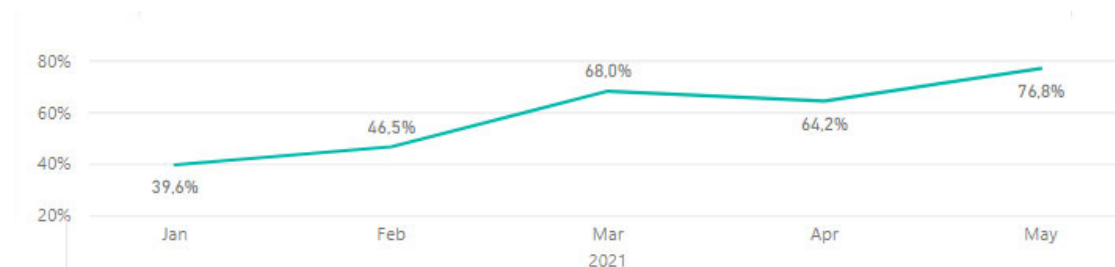


Figura 24 – Evolução da percentagem do *lead time* ao longo dos meses

Determinado este indicador, torna-se necessário ter visibilidade sobre o número de pedidos em aberto que podem justificar um elevado valor para o *lead time*. Assim, resulta então a contagem do número de pedidos sem data de fecho:

$$\text{Pedidos Abertos} = \text{CONTAR}(\text{pedidos} \mid \text{data fecho} = "") \quad (19)$$

Em sentido inverso, mas mantendo a mesma lógica, podemos calcular o número de pedidos fechados, de forma a ter visibilidade do volume concluído, o qual resulta da contagem de pedidos com data de fecho:

$$\text{Pedidos Fechados} = \text{CONTAR}(\text{pedidos} \mid \text{data fecho} <> 0) \quad (19)$$

Na Figura 23, além do *lead time*, está também representado o número de pedidos fechados e em aberto por mês.

4) RESULTADOS

Como produto final desta área, temos o *dashboard* da Figura 26 que, de uma forma expedita, nos permite observar o volume de pedidos, abertos e fechados ao longo dos meses, bem como a evolução do *lead time* neste período de tempo. Em paralelo, temos ainda visibilidade sobre a evolução da taxa de cumprimento do *lead time*, bem como o valor percentual e absoluto atual.

De forma a ajustar a pesquisa, este *dashboard* permite filtrar os dados por tipo de amostra e analisar os mesmos. De igual forma, podemos também avaliar por tipo de *cluster*, *sales company* e *joint venture*, ou ainda os pedidos por área operacional.

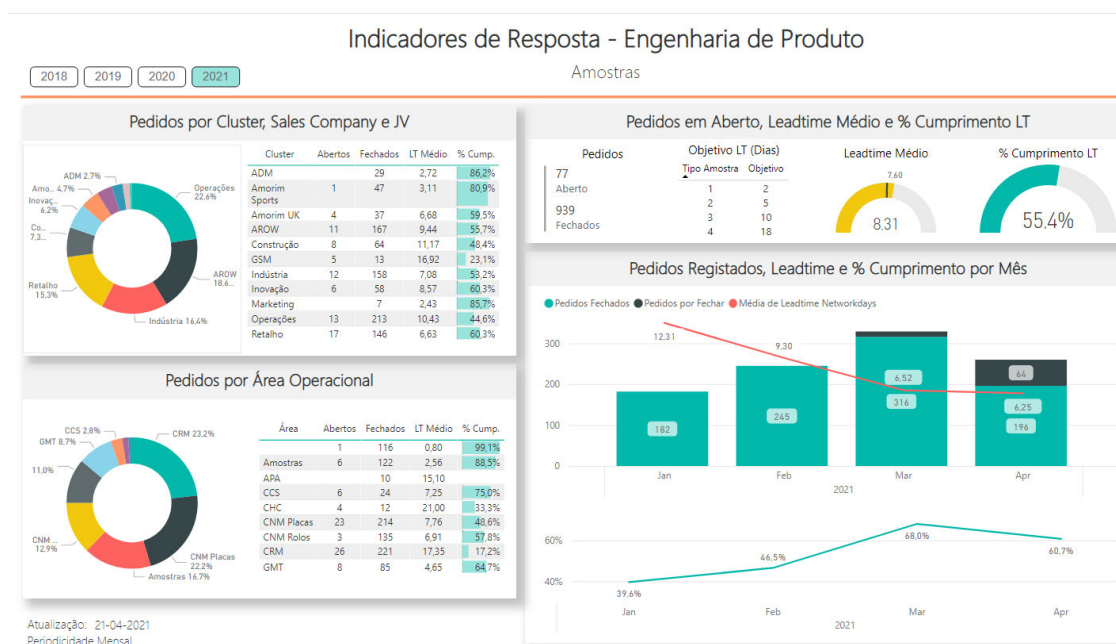


Figura 25 - *Dashboard* dos Indicadores de Resposta da Engenharia de Produto

5) ANÁLISE CRÍTICA

Conforme abordado anteriormente, num projeto mais simples em termos de fluxo de informação, os objetivos passavam por aproveitar os avanços no que diz respeito a sistemas de gestão da empresa e, com isto, obter resultados em tempo real.

Assim, o desenvolvimento de indicadores para esta área trouxe à empresa maior controlo dos processos e um maior suporte à tomada de decisão sobre os mesmos, ou seja, com periodicidade semanal passou a ser abordado o estado destes indicadores, para assim melhorar a taxa de resposta ao cliente.

4.1.3. ECONOMIA CIRCULAR

Ainda na área de Engenharia, o departamento da Economia Circular também tirou proveito na implementação de MES, no sentido em que se tornou possível analisar dados em tempo real de receções e consumos de matéria-prima. Assim, optou-se por digitalizar estes dados e extrair relatórios visuais para controlo destas operações.

1) SELEÇÃO DE KPIS A DIGITALIZAR

Sendo esta uma área com bastante dinâmica, tanto em termos de consumos como de receção de material, é importante ter visibilidade da **quantidade** movimentada, geralmente em toneladas.

Consequentemente, e aliada à quantidade, o **valor em euros** movimentado é outro indicador de grande relevância neste departamento.

Não havendo mais dados para analisar, a ideia passa por explorar de que forma podemos alternar a visibilidade destes.

2) FLUXO DE INFORMAÇÃO E RECOLHA DE DADOS PARA CÁLCULO DE KPIS

Partindo de uma lógica idêntica à área analisada anteriormente, a informação está centralizada numa só pessoa, o que, portanto, torna mais fácil o processo de obtenção de dados.

Neste caso, temos todos os movimentos representados em MES, portanto os registos estão apenas numa plataforma e há apenas o processo de registo de quantidades, o que causa menor entropia no fluxo de informação.

3) IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO

Tal como referido anteriormente, está-se perante uma área dinâmica, no entanto temos poucos indicadores a analisar. Assim sendo, de forma a explorar ao máximo os dados que temos, é necessário interligá-los para melhorar a análise (Figura 27):

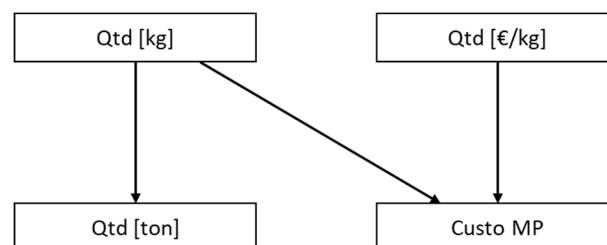


Figura 26 – Ligação entre indicadores

Partindo então dos valores em quilogramas, tanto das quantidades como dos custos, chegamos ao valor de quantidade em toneladas, bem como ao custo da matéria-prima.

Por ser uma área produtiva, o indicador de maior relevância para controlo de operações é a quantidade de material. Contudo, esta é registada em quilogramas e, por se estar perante valores muito elevados, surge a necessidade de os transformar em toneladas:

$$Qtd. [€/ton] = \frac{Qtd. [€/kg]}{1000} \tag{20}$$

Em paralelo, é importante analisar a que valor estamos a rececionar mercadoria e, assim, mudar de fornecedores ou mesmo incrementar quantidades. Desta forma, o custo da matéria-prima resulta do produto entre o custo pela quantidade, tudo na mesma unidade de medida, euros por quilogramas:

$$Custo MP = Custo [€/kg] \cdot Qtd [kg] \tag{21}$$

Assim, na Figura 28 estão retratados estes dois indicadores, analisados no mesmo gráfico, permitindo analisar a quantidade rececionada por mês, e o valor a ela inerente.

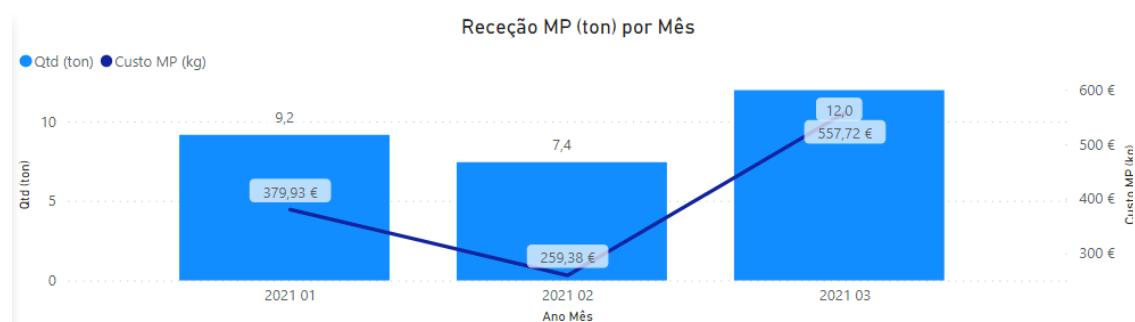


Figura 27 – Quantidade em toneladas e custo da matéria-prima

4) RESULTADOS

Como resultado final neste departamento temos a criação do *dashboard* da Figura 29:

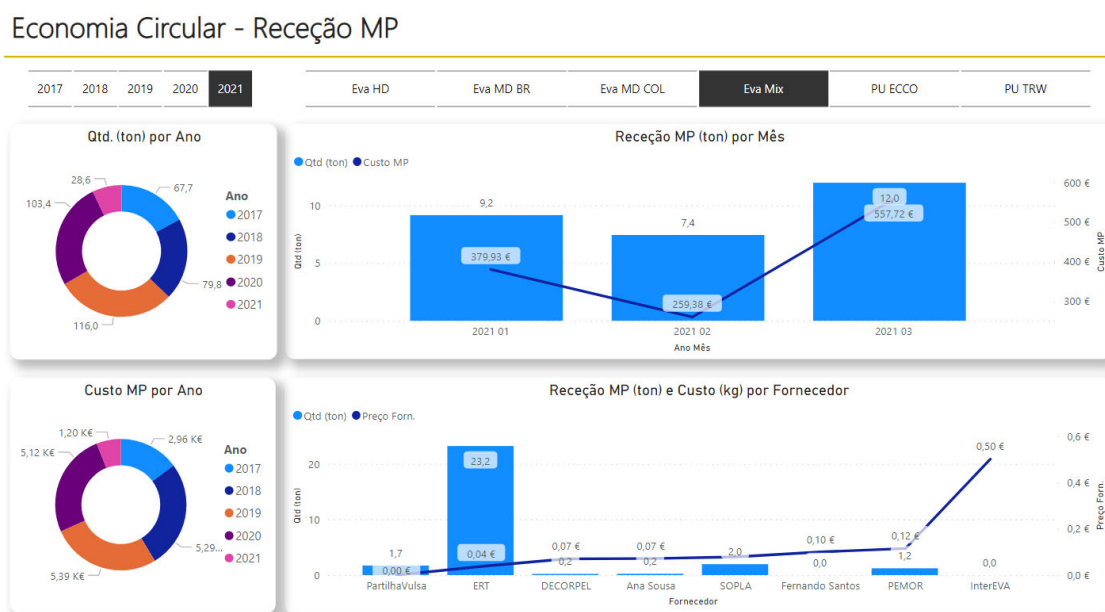


Figura 28 - Página do Dashboard de Receção de Matéria-Prima da Economia Circular

Apesar dos pouco indicadores, neste trabalho podem ser aplicados diversos filtros e, assim, alternar a forma como visualizamos os dados. Podem ser comparadas as quantidades e os custos entre os anos, assim como pelos meses do ano selecionado. Então, é possível ter a relação entre o volume de material rececionado e o custo da matéria-prima a ele associado.

Em paralelo, pode-se ter acesso à análise por fornecedor que, tal como referido anteriormente, permite avaliar o mesmo através da relação quantidade-preço e, por exemplo, incrementar as quantidades encomendas para um determinado fornecedor, em detrimento de outros.

5) ANÁLISE CRÍTICA

Neste departamento o projeto seria inicialmente simples, dado que a informação estava toda centralizada numa pessoa e o objetivo era apenas o acompanhamento da implementação do novo ERP e, com isso, melhorar a obtenção dos dados. Contudo, tornou-se complexo devido à escassez dos mesmos e, com isto, maior dificuldade na criação de indicadores.

Ainda assim, os objetivos foram atingidos, dado que se conseguiu obter informação em tempo real e, desta forma, analisar a movimentação de matérias-primas ao minuto. Como objetivo secundário, conseguiu-se ainda reduzir a probabilidade de erro por inserção dos dados manualmente e, com isto, deturpar análises.

Em suma, o departamento conseguiu obter indicadores através de uma infraestrutura robusta que, com o crescente desenvolvimento na empresa, permitirá a criação de mais indicadores e assim acompanhar os desenvolvimentos no que diz respeito ao sistema de gestão da fábrica.

4.1.4. MANUTENÇÃO

Por fim, surge a área da Manutenção, cuja situação inicial no que toca a indicadores era nula e que, também ela, aproveitou a informação obtida no sistema de gestão para controlo diário das notas de avaria, bem como de tempos médios de reparação, por exemplo.

1) SELEÇÃO DE KPIS A DIGITALIZAR

Nesta área, está-se perante uma análise semelhante entre empresas, uma vez que os indicadores de manutenção são universais, sendo os mais comuns: *Mean Time Between Failures (MTBF)*, *Mean Time to Repair (MTTR)*, *Mid Time to Wait (MTTW)*. Neste caso apenas iremos analisar o **MTTR** e o **MTBF**.

Contudo, de forma a facilitar a análise nas reuniões de *Kaizen* Diário, é interessante ter visibilidade sobre o **número de ordens de manutenção em aberto**, de forma a planear o dia de trabalho.

Com este indicador, surge então a necessidade de perceber a evolução do **cumprimento do plano de manutenção**, ou seja, o balanço entre o número de ordens abertas e fechadas.

De seguida, devido às diferentes necessidades de utilização dos equipamentos, estes são priorizados, e assim é possível determinar esta **taxa de cumprimento do plano de manutenção por tipo de equipamento**, sendo que os equipamentos críticos têm um objetivo de ordens fechadas superior aos equipamentos menos prioritários.

De modo a justificar possíveis taxas de cumprimento do plano de manutenção mais baixas, é necessário ter noção da **taxa de ocupação** de cada equipa ou operador, uma vez que a análise por número de ordens pode ser mal interpretada, pelo facto de as reparações demorarem diferentes intervalos de tempo, em função da gravidade da avaria.

Por fim, de forma a planificar trabalho em horas extraordinárias, surge então a necessidade de analisar o **número de horas em atraso**, e assim, recorrer a turnos extra, caso seja necessário.

2) FLUXO DE INFORMAÇÃO E RECOLHA DE DADOS PARA CÁLCULO DE KPIS

Num processo bastante mais simples do que qualquer um dos enumerados anteriormente, na área da Manutenção o fluxo de informação é o mais acessível.

Aquando da avaria, o diretor industrial submete um pedido de intervenção no novo ERP e, nesse mesmo momento, o responsável do turno de Manutenção é alertado, sendo destacado um elemento para resolver a avaria ou, no caso de ser necessário adquirir algum componente, é avaliada a situação e encomendada a alternativa.

O objetivo é ter os equipamentos parados o menor período de tempo possível, portanto este fluxo de informação é bastante curto e acessível.

3) IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO

De entre os indicadores mais comuns, temos o MTTR, que corresponde ao tempo médio de reparação, ou seja, resulta do quociente entre o somatório dos tempos de reparação pelo número de reparações:

$$\text{MTTR} = \frac{\sum \text{Tempos reparação}}{\text{Número de reparações}} \quad (22)$$

Um outro indicador bastante utilizado é o MTBF, ou seja, tempo médio entre falhas dos equipamentos, e pode ser calculado através do quociente entre a diferença do tempo útil e tempo de avaria, pelo número de avarias do equipamento em análise:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo útil} - \text{Tempo de avaria}}{\text{Número de avarias}} \quad (22)$$

De forma a aprofundar a análise nesta área, surge também a necessidade de ter visibilidade sobre o número de ordens encerradas e, assim, perceber qual o volume de trabalho concluído. Assim, este indicador pode ser determinado através da contagem de ordens com data de encerramento.

$$\text{Ordens Encerradas} = \text{CONTAR}(\text{ordens} \mid \text{data fecho} <> "") \quad (23)$$

Posto isto, tendo então o número de ordens encerradas e com um objetivo delineado para as mesmas, pode-se calcular a taxa de cumprimento do plano de manutenção preventiva, por exemplo, resultando do indicador anterior sobre o objetivo do mesmo:

$$\% \text{ Cump. Plano Preventiva} = \frac{\text{Ordens encerradas}}{\text{Obj. ordens encerradas}} \quad (24)$$

Na Figura 30 surge a distribuição da percentagem de cumprimento do plano de manutenções preventivas, estando estas agrupadas por unidade industrial, por forma a facilitar a análise pelos líderes de cada turno:

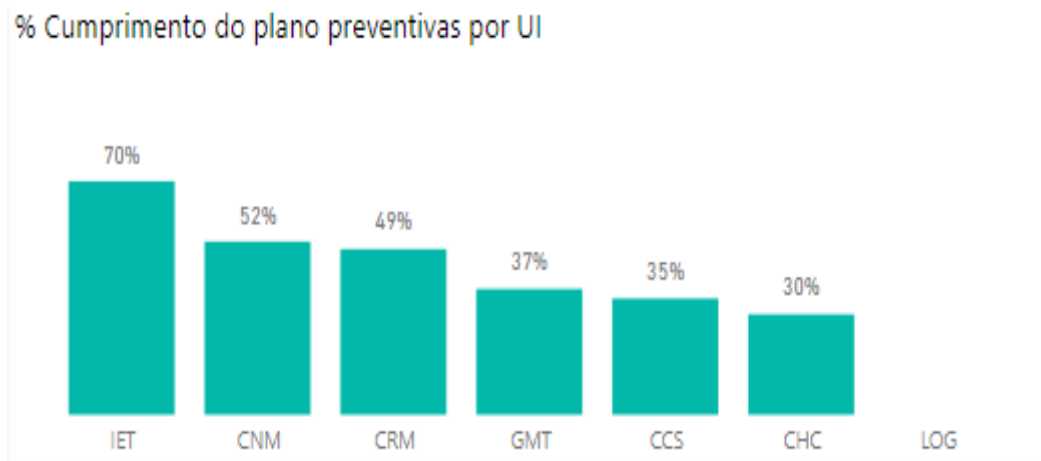


Figura 29 – Percentagem de Cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva

Tal como descrito anteriormente, de forma a poder justificar possíveis taxas de cumprimento de plano inferiores, surge então a necessidade de analisar a taxa de ocupação de cada técnico, ou mesmo da equipa onde este está inserida. Assim, esta taxa resulta do quociente entre a capacidade alocada, ou seja, o número de horas teoricamente necessárias para as intervenções, e a capacidade efetivamente disponível.

$$\text{Taxa Ocupação} = \frac{\text{Capacidade alocada}}{\text{Capacidade disponível}} \quad (25)$$

De igual modo à taxa de cumprimento do plano de preventivas, também a taxa de ocupação surge em função das equipas de cada unidade industrial (Figura 31):

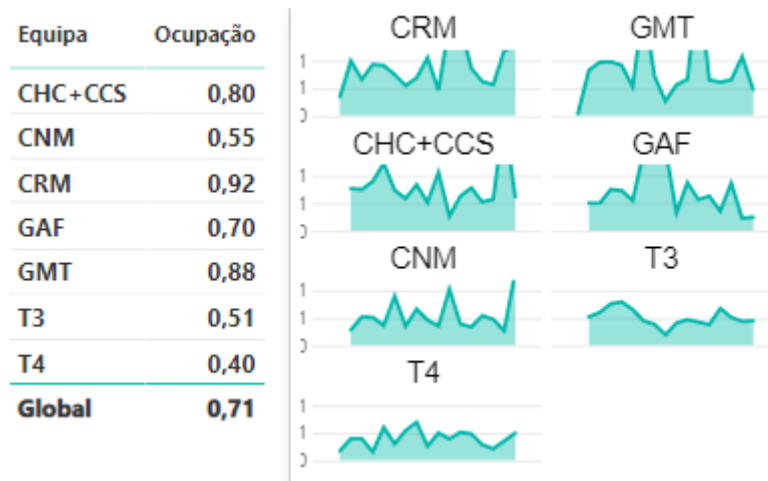


Figura 30 – Taxa de Ocupação por Equipa

Tal como referido acima, é estimado para cada intervenção um tempo médio de reparação, estando este tabelado e sendo alvo de análise periodicamente para, se for necessário, ser ajustado.

$$\text{Capacidade alocada} = \text{Horas teóricas (tabeladas)} \quad (26)$$

Como quociente da taxa de ocupação, temos a disponibilidade de cada operador, que resulta do número de horas de trabalho diário ao longo de um mês:

$$\text{Capacidade disponível} = \text{Horas trabalho/dia} \cdot 22 \text{ dias/mês} \quad (27)$$

Como último indicador, por forma a planear possíveis horas extra necessárias, surge o número de horas em atraso, que resulta da soma de horas cujas ordens de manutenção não têm data de fecho:

$$\text{Horas Atraso} = \text{SOMA}(\text{horas} \mid \text{data fecho} = "") \quad (28)$$

Sendo este um indicador cumulativo, pode ser analisado ao longo das semanas, conforme o gráfico abaixo:



Figura 31 – Evolução das Horas de Atraso de Manutenção Preventiva

4) RESULTADOS

Como resultado deste projeto, surge então o *dashboard* apresentado na Figura 33, resumindo os indicadores de maior relevância até ao momento.

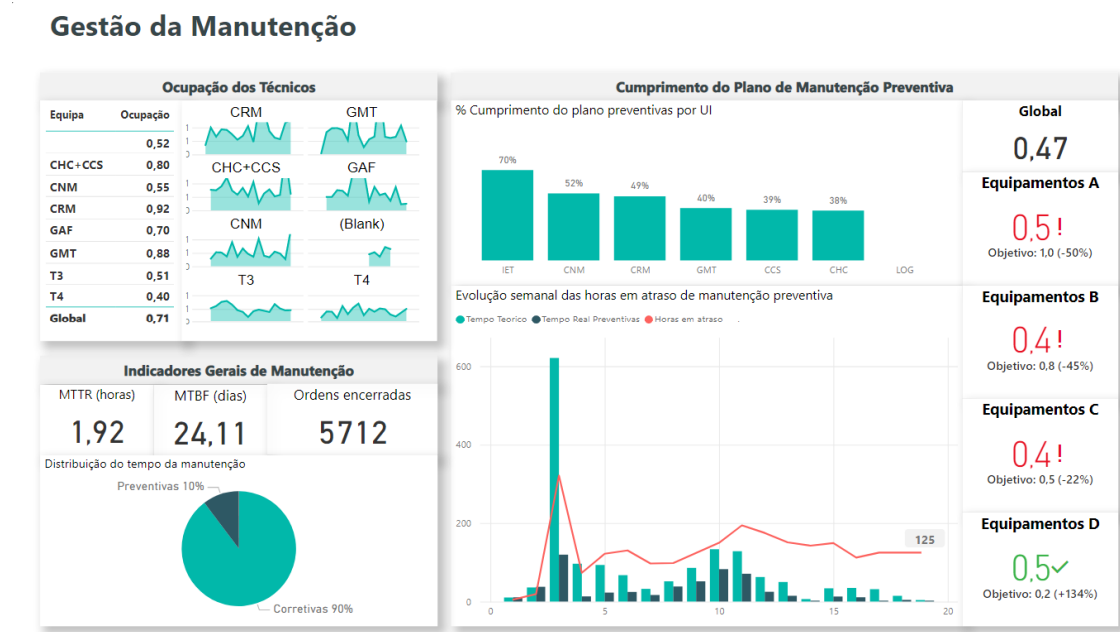


Figura 32 - Dashboard de Gestão da Manutenção

De uma forma bastante explícita, permite-nos analisar a carga de trabalho por equipa de manutenção, e ver de que forma o mesmo se vai acumulando, potenciando a antecipação de turnos extra, por exemplo.

É possível ainda perceber de que forma está a ser cumprida a manutenção preventiva por tipo de equipamento, conforme descrito no capítulo seguinte mais pormenorizadamente, tendo em conta os objetivos para os mesmos, bem como a carga por tipo de intervenção.

Este *layout* permite ainda analisar os dados através de filtros por equipa de manutenção, e ainda por tipo de manutenção, de forma a facilitar a visualização e discussão em reuniões diárias de passagem de turno.

5) ANÁLISE CRÍTICA

Partindo de um ponto zero neste departamento, os objetivos passavam pela criação de indicadores básicos para controlo das intervenções de manutenção. Faltando dados, era impossível até à data perceber de que forma agir, de modo a reduzir o número de intervenções e, conseqüentemente, paragens das linhas de produção.

Como é possível observar, cerca de 85% das intervenções realizadas eram corretivas, ou seja, não havia disponibilidade para manutenção preventiva devido a excesso de carga nas corretivas. Contudo, o ciclo continuaria a aumentar, dado que sem manutenção

preventiva os equipamentos acabariam por se degradar e obrigar, mais tarde ou mais cedo, a intervenções corretivas.

Assim, através destes indicadores, a empresa optou então por uma nova estratégia: dividir a equipa de manutenção por cada unidade industrial, ficando estes apenas responsáveis pelos equipamentos das mesmas.

Desta forma, com uma equipa distribuída e conhecedora dos próprios equipamentos, a carga diminui, permitindo a disponibilidade para intervenções preventivas e, com isto, redução do número de corretivas.

4.2 MELHORIA CONTÍNUA

Estando este departamento inserido, de forma direta ou indireta, em todos os processos da empresa, é, por vezes, uma área que passa despercebida na dinâmica da mesma. Este foi um dos principais obstáculos encontrados, dado que nem sempre é atribuída a devida relevância ao trabalho da melhoria contínua.

Assim, apesar de estar bem definida a dinâmica dos processos entre a produção e este departamento, o objetivo principal era cimentar a importância deste e ampliar os resultados obtidos.

Num momento inicial, o departamento de Melhoria Contínua, constituído por apenas dois elementos, tinha uma dinâmica bem vincada sobre a gestão de ideias de melhoria. Este processo desenrolava-se em quatro passos:

1. Introdução das ideias por parte dos supervisores em *SharePoint*;
2. Aprovação e atribuição de responsabilidades sobre as ideias em reuniões quinzenais com a supervisão e direção industriais;
3. Aplicação prática das ideias validadas;
4. Recolha do *feedback* final.

Em paralelo, outra das funções deste departamento era auditar processos, segundo um objetivo de auditorias anual, por forma a averiguar o funcionamento das áreas. Destas auditorias saíam diversas ações, nomeadamente aberturas de casos de estudo para simplificar ou aumentar a celeridade dos processos.

Assim, surge então a necessidade de recorrer a algumas ferramentas, como por exemplo SMED ou TPM, por forma a analisar estes casos de estudo.

4.3 IDENTIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS A USAR E RESPETIVA SEQUÊNCIA

Aquando da identificação de um caso de estudo, seja este aberto através de auditorias, conforme referido anteriormente, ou após solicitação do Diretor Industrial, são analisadas as ferramentas a utilizar para o mesmo.

Assim, na empresa, as análises centram-se essencialmente em duas ferramentas:

- SMED (*Single Minute Exchange of Die*): consiste no acompanhamento do processo em análise, com registo vídeo-fotográfico por forma a identificar movimentos ou passos desnecessários, ou ainda possíveis subcontratações que possam ser vantajosas para substituir processos internos.

- TPM (*Total Productive Maintenance*): projetos periódicos (6, 9 ou 12 meses, por exemplo) em parceria com o Instituto *Kaizen*, com o objetivo de recolher informações dos principais problemas das áreas em análise, as causas desses problemas e, dentro da realidade da empresa, as possíveis soluções para melhorar os resultados. O objetivo passa por, de uma forma mais pormenorizada, analisar processos e alterá-los para obter melhores rendimentos.

4.4 IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS

A realidade da empresa já estava bem ajustada perante a utilização das ferramentas de melhoria contínua, ou seja, já existiam boas dinâmicas no que diz respeito à aplicação das mesmas.

No caso do SMED, conforme referido acima, já era utilizado o registo vídeo-fotográfico para registar os procedimentos e, posteriormente, descrevê-los num documento MS Excel®, por forma a resumir o processo.

A Figura 34 é um exemplo de um registo em MS Excel® de um SMED ao processo de produção num equipamento.

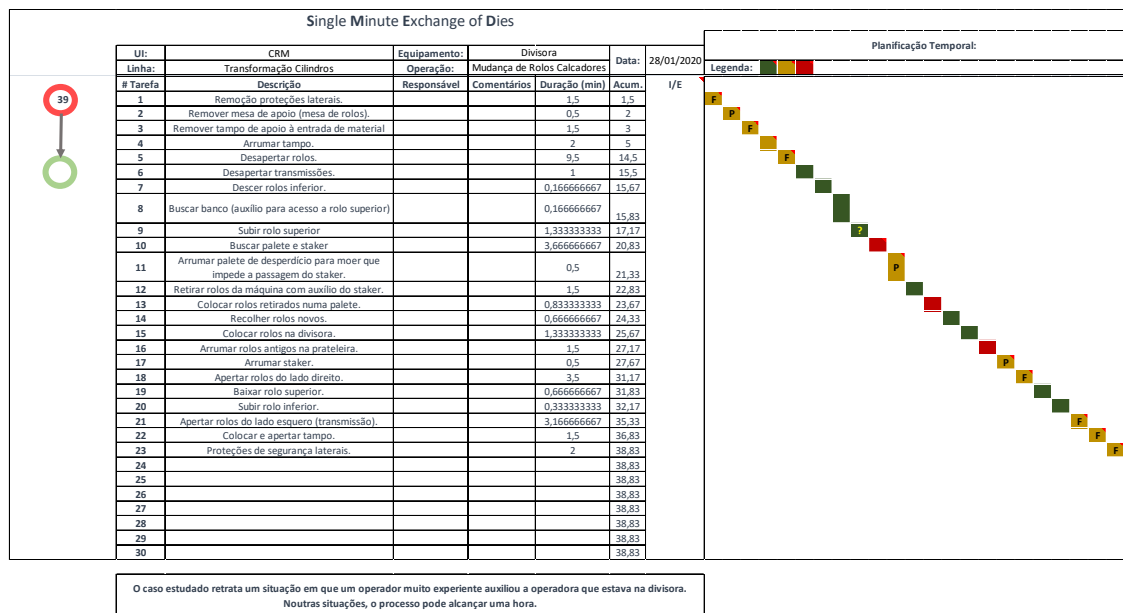


Figura 33 – Exemplo SMED

No caso do TPM, trata-se de um processo mais extenso e dependente da parceria com o Instituto *Kaizen*, conforme referido acima. Assim, através de reuniões semanais, eram realizados *follow-ups* e estipuladas novas tarefas para desenvolver na semana seguinte.

No subcapítulo seguinte, será descrita mais pormenorizadamente esta ferramenta.

4.5 ANÁLISE CRÍTICA

No que a esta área diz respeito, tal como referido acima, a empresa já tinha os princípios bastante bem assentes, contudo, durante este estágio, foram avaliadas as responsabilidades da gestão da melhoria contínua, e a empresa optou por delegar estas funções nas respetivas unidades industriais, ficando este departamento apenas com a função de suporte e auditoria das mesmas.

Isto resulta numa maior consolidação dos processos e melhoria na gestão dos recursos, visto que este departamento é constituído por apenas duas pessoas, e estas não têm capacidade temporal ou mesmo espacial para auxiliar todas as secções da empresa.

Assim, além da melhoria da harmonia entre os processos deste departamento, este estágio teve mais resultados na organização das tarefas deste.

Como resultado final, surgiu então mais tempo para acompanhar os processos com o Instituto *Kaizen*, situação que nem sempre era possível devido à ocupação dos intervenientes, bem como abertura de novas análises, dado que os recursos humanos aumentaram aquando da divisão das tarefas pelas unidades industriais.

4.6 IMPLEMENTAÇÃO DA TPM

Num projeto em parceria com o Instituto *Kaizen*, foram desenvolvidas algumas ações do sentido de implementar a TPM na empresa, em função das necessidades da mesma.

Conforme descrito anteriormente, estes projetos eram realizados a médio prazo, ou seja, duravam cerca de 6 a 12 meses. Contudo, o foco principal do projeto aquando da realização deste estágio centrou-se em dois principais pilares: manutenção autónoma e planeada.

Ambos os pilares estavam implementados na filosofia da empresa, no entanto, não tinham uma intervenção ativa por parte dos operadores. Partindo então de um ponto zero, houve a necessidade de formar, criar condições e, acima de tudo, acompanhar os operadores para garantir que estes eram corretamente implementados. Nesta fase, entra também a Melhoria Contínua, e aqui, a importância deste departamento.

4.7 IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

O processo de implementação da manutenção autónoma e planeada foi extenso, contudo também foi simplificado ao máximo, para que todos os operadores fossem capazes de as realizar.

Relativamente à manutenção autónoma, o primeiro passo foi a atribuição de etiquetas com cores e símbolos a cada equipamento. De acordo com a Figura 35, tanto a cor como o símbolo tinham significados diferentes, sendo que as cores se relacionam com a

periodicidade das intervenções, e os símbolos com o tipo das mesmas, permitindo através de gestão visual o processo da manutenção autónoma.

Quanto às cores:

- **azul:** realização no final de cada turno;
- **verde:** realização no final de cada semana;
- **amarelo:** realização no final de cada mês

Relativamente aos símbolos:

- **olho:** inspeção visual;
- **gota:** lubrificação;
- **lixo:** limpeza;
- **ferramenta:** intervenção da equipa de Manutenção

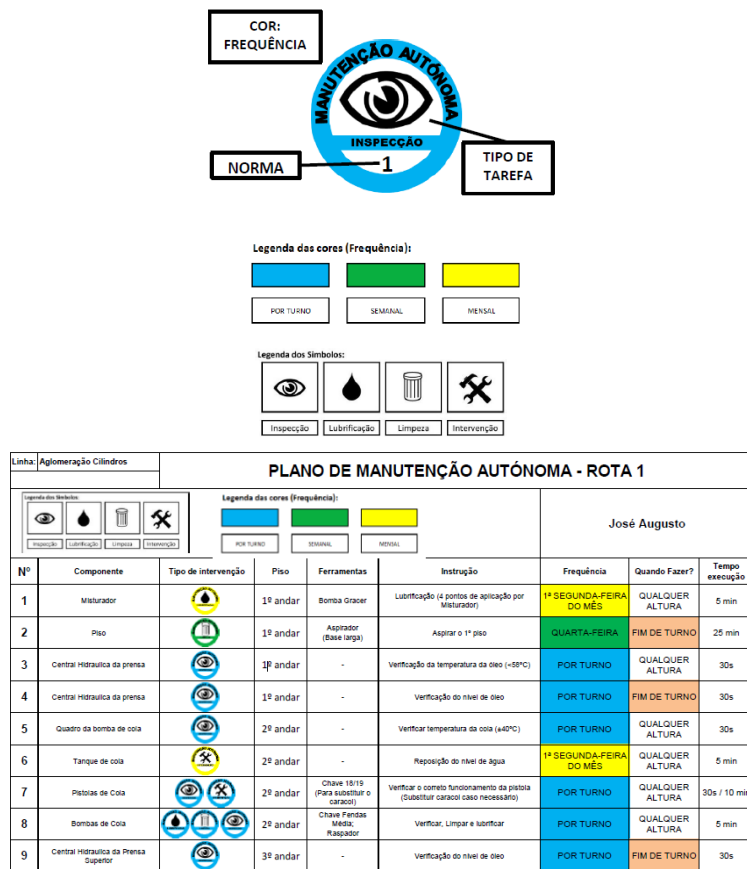


Figura 34 – Gestão visual aplicada na Manutenção Autónoma

Em paralelo com a atribuição das etiquetas, foi criado um plano de manutenção autónoma dividido por rotas, ou seja, com o “caminho” que o operador deve seguir contendo a identificação dos componentes sobre os quais deve realizar a manutenção, o tipo da mesma e a periodicidade, com uma pequena instrução das tarefas a realizar e das ferramentas necessárias.

O objetivo passa por planear e manter explicitas as tarefas que os operadores devem realizar, permitindo que qualquer pessoa, sem grande formação, o possa fazer.

Relativamente à manutenção planeada, num patamar também nulo no que toca às práticas da empresa, optou-se por desenvolver um plano de intervenção, tendo por

princípio a priorização dos equipamentos. Na base desta lógica está que um equipamento essencial para a produção nunca pode parar, portanto, é um equipamento prioritário. Em sentido contrário, um equipamento que apenas é solicitado uma vez por semana e não afeta a linha de produção, é menos prioritário no que toca a intervenções.

Para definir os tipos de equipamentos, recorreu-se a uma matriz desenvolvida pelo Instituto *Kaizen*, a qual tem em consideração vários parâmetros além da utilização, como por exemplo o custo das peças para substituição, o tempo de entrega das mesmas, e se a avaria coloca em risco a segurança do operador.

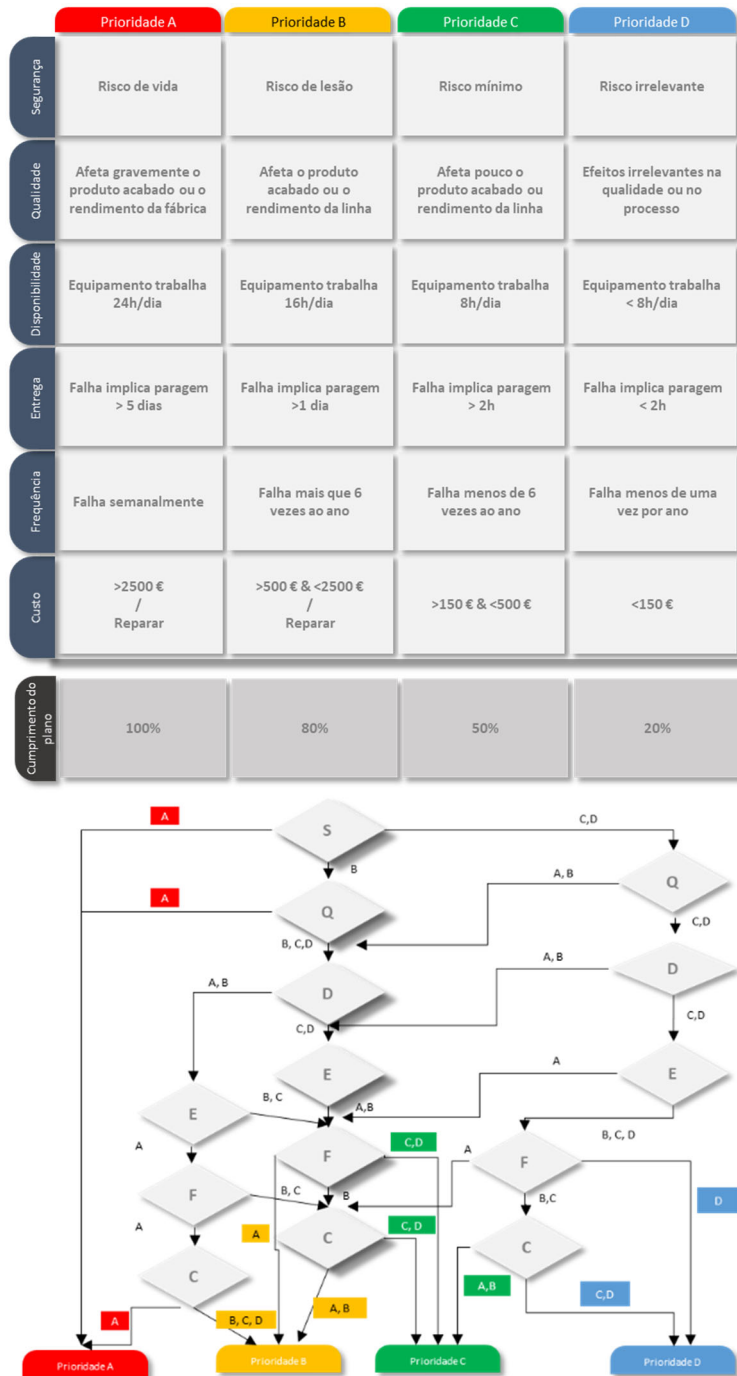


Figura 35 – Matriz implementada pelo Instituto Kaizen para avaliação dos equipamentos

Desta forma, os equipamentos são distribuídos por tipo A, B, C ou D e, aquando da realização da manutenção planeada, a atenção recai mais sobre os equipamentos do tipo A e B.

4.8 ANÁLISE CRÍTICA

Na filosofia da empresa estava bem estruturada a importância da TPM, contudo esta não era suficientemente colocada em prática e obrigava a excessivas intervenções corretivas, aumentando as despesas para a empresa.

Assim, partindo de passos simples e aliado à criação de indicadores, conforme descrito no capítulo anterior, a TPM ganhou maior relevância e a empresa assumiu uma nova postura ao distribuir a equipa de manutenção pelas unidades industriais. Assim, o foco passou a ser a manutenção preventiva, ou planeada, em vez de corretiva.

A empresa está agora perante um processo longo para inverter a tendência das intervenções, contudo, através das pequenas práticas de manutenção autónoma implementadas, e com os recursos humanos distribuídos pelas respetivas áreas, a longo prazo o objetivo será certamente atingido, até chegar ao ponto em que as linhas produtivas apenas param excecionalmente, situação que não acontece neste momento.

CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES FACE AOS OBJETIVOS

5.2 PRINCIPAIS CONTRIBUTOS PARA A EMPRESA

5.3 DESENVOLVIMENTO PESSOAL

5 CONCLUSÕES

Finalizado o estágio e revendo todo o desempenho ao longo do mesmo, neste capítulo são analisadas as conclusões alcançadas bem como os contributos para a empresa e de que forma este estágio ajudou no desenvolvimento pessoal.

5.1 CONCLUSÕES FACE AOS OBJETIVOS

Os objetivos propostos inicialmente assentavam sobre os processos da empresa até à data de início do estágio, contudo, ao longo do mesmo, estes mesmos processos foram sendo alterados e, com isto, nem todos os objetivos se mantiveram.

Relativamente à digitalização de KPIs de controlo industrial, mais especificamente ao *dashboard* de suporte das reuniões de alinhamento, passou a ser baseada em indicadores em tempo real, facilitando a tomada de decisão e permitindo a redução de fontes de consulta, bem como simplificação do fluxo de informação.

Os restantes projetos relacionados com a digitalização de indicadores surgiram como consequência de apresentações sobre o primeiro, e após ser percecionado o potencial do mesmo. Conclui-se então que os objetivos foram atingidos com sucesso, superando ainda as expectativas.

Relativamente à implementação da TPM, inicialmente o objetivo era centrar-se numa linha de produção, no entanto, dado que partíamos do ponto zero, optou-se por adotar processos básicos e, ao mesmo tempo genéricos, por forma a abranger todos os processos da empresa.

Como resultado final originou, conforme descrito anteriormente, uma nova estratégia adotada pela empresa que visa a criação de condições para que estas práticas sejam executadas, e que trará resultados a longo prazo e, assim, um melhor cumprimento do plano de manutenção preventiva, bem como uma redução do número de intervenções corretivas.

Por último, relativamente à área de melhoria contínua, esta estava presente em todos os processos da empresa, contudo, também este projeto resultou numa nova aposta por parte da empresa, resultando na distribuição das tarefas pelas respetivas unidades industriais.

Com isto, a abrangência deste departamento aumentou, dado que o foco sobre a implementação das ideias de melhoria deixou de ser responsabilidade do mesmo,

permitindo a utilização mais frequente das ferramentas de melhoria contínua e participação mais ativa nas parcerias com o Instituto *Kaizen*.

5.2 PRINCIPAIS CONTRIBUTOS PARA A EMPRESA

Em função dos objetivos propostos, numa perspetiva de utilizador das várias ferramentas desenvolvidas, pode dizer-se que os contributos para a empresa foram positivos no que toca ao fluxo de informação e simplificação da análise de dados.

Com tantos processos a decorrer diariamente, muitos eram os que passavam despercebidos, e a implementação do novo ERP criou bastante entropia nestes, afetando ainda mais a sua prática. Assim, um dos principais contributos para a empresa foi o ganho de visibilidade de determinados indicadores, que permitiram analisar e agir sobre resultados menos positivos, como o caso da TPM, ou mesmo da Melhoria Contínua que, aliados a outros, permitiram um crescimento da mesma e melhores condições de trabalho no que diz respeito à centralização da informação e fluxo da mesma, bem como das tarefas associadas a cada função.

5.3 DESENVOLVIMENTO PESSOAL

Em termos pessoais, tratando-se da primeira experiência a nível profissional, penso que não poderia ter sido melhor. Um ambiente de trabalho bastante agradável, onde a entreaajuda domina no dia a dia da empresa, que culminou com a permanência na mesma após a conclusão deste estágio.

Ao longo destes meses, proporcionou-se um grande crescimento pessoal devido à atribuição de responsabilidades para a realização de determinadas tarefas com visibilidade por parte da direção da empresa, sempre com um grande acompanhamento por parte de toda a equipa do departamento de Engenharia.

Dado que o conhecimento sobre a indústria era nulo à data do início do estágio, sinto-me bastante satisfeito com a evolução e agradecido pela oportunidade de realizar este estágio.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Abramovici, M., & Stark, R. (2013). *Smart Product Engineering: Proceedings of the 23rd CIRP Design Conference, Bochum, Germany, March 11th-13th, 2013*. Springer Science & Business Media.

Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*.

Albach, H., Meffert, H., Pinkwart, A., & Ralf, R. (2015). Management of permanent change. *Management of Permanent Change*, 1–240. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-05014-6>

Albuquerque, A. C. R. de Q. (2015). Evaluation of the Application of the Pdca Cycle in Decision-making in Industrial Processes. *Federal University of Pará, Brazil*.

Amorim, G., Hatakeyama, K., & Rojas-Lema, X. (2019). Implantation of Total Productive Maintenance: A Case Study in the Manufacturing Industry. In *New Global Perspectives on Industrial Engineering and Management* (pp. 259–267). Springer.

Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6–13), 137–143. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>

Baker, B. (1995). The role of feedback in assessing information systems planning effectiveness. *Journal of Strategic Information Systems*, 4(1), 61–80. [https://doi.org/10.1016/0963-8687\(95\)80015-1](https://doi.org/10.1016/0963-8687(95)80015-1)

Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>

Bhadani, K., Asbjörnsson, G., Hulthén, E., & Evertsson, M. (2020). Development and implementation of key performance indicators for aggregate production using dynamic simulation. *Minerals Engineering*, 145(August 2019), 106065. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.106065>

Candel Haug, K., Kretschmer, T., & Strobel, T. (2016). Cloud adaptiveness within industry sectors - Measurement and observations. *Telecommunications Policy*, 40(4), 291–306. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2015.08.003>

Caro, J. L., Guevara, A., & Aguayo, A. (2003). Workflow: A solution for cooperative information system development. *Business Process Management Journal*, 9(2), 208–220. <https://doi.org/10.1108/14637150310468407>

Cho, H. S., & Woo, T. H. (2017). Cyber security in nuclear industry – Analytic study from the terror incident in nuclear power plants (NPPs). *Annals of Nuclear Energy*, 99,

- 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2016.09.024>
- Costa, C., Pinto Ferreira, L., C. Sa, J., & Silva, F. J. G. (2018). *Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company*. 001–012. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>
- Costa, S., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., & Pereira, T. (2021). Guidelines for Machine Tool Sensing and Smart Manufacturing Integration. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 251–257. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.036>
- Davies, R. (2015). Industry 4.0: Digitalisation for productivity and growth (Briefing). *European Parliamentary Research Service, PE 568.337*.
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., Avelar-Sosa, L., Mendoza-Fong, J. R., Saenz Diez-Muro, J. C., & Blanco-Fernández, J. (2018). The role of managerial commitment and TPM implementation strategies in productivity benefits. *Applied Sciences*, 8(7), 1153.
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., & Martínez-Loya, V. (2018). *Impact Analysis of Total Productive Maintenance: Critical Success Factors and Benefits*. Springer.
- Dillon, A. P., & Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*. CRC Press.
- dos Reis, M. D. O., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 908–915. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.173>
- Duffuaa, S. O., & Raouf, A. (2015). Reliability-centered maintenance. In *Planning and Control of Maintenance Systems* (pp. 245–260). Springer.
- Erboz, G. (2017). How to Define Industry 4.0: The Main Pillars of Industry 4.0. *Managerial Trends in the Development of Enterprises in Globalization Era, November 2017*, 761–767.
- Esa, M. M., Rahman, N. A. A., & Jamaludin, M. (2015). Reducing high setup time in assembly line: a case study of automotive manufacturing company in malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 211, 215–220.
- Frazier, W. E. (2014). Metal additive manufacturing: A review. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 23(6), 1917–1928. <https://doi.org/10.1007/s11665-014-0958-z>
- Freitas, A. M., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Pereira, J. (2019). Improving efficiency in a hybrid warehouse: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38, 1074–1084. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.195>
- Glass, R., Seifermann, S., & Metternich, J. (2016). The Spread of Lean Production in the Assembly, Process and Machining Industry. *Procedia CIRP*, 55, 278–283. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.021>
- Gräßler, I., & Yang, X. (2016). Interdisciplinary Development of Production Systems

- Using Systems Engineering. *Procedia CIRP*, 50, 653–658.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.008>
- Guariente, P., Antonioli, I., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, 13, 1128–1134.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174>
- He, Z., Chang, T., Lu, S., Ai, H., Wang, D., & Zhou, Q. (2017). Research on Human-computer Interaction Technology of Wearable Devices Such as Augmented Reality Supporting Grid Work. *Procedia Computer Science*, 107(Icict), 170–175.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.03.074>
- Hollingsworth, D. (1995). Workflow management coalition: The workflow reference model. *Workflow Management Coalition*, 59(10), 904–913.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21787529>
<http://www.avicos.ru/images/photo/1/7.pdf>
- Joppen, R., von Enzberg, S., Gundlach, J., Kühn, A., & Dumitrescu, R. (2019). Key performance indicators in the production of the future. *Procedia CIRP*, 81, 759–764. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.190>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Forschungsunion: Berlin, Germany*.
- Kigsirisin, S., Pussawiro, S., & Noohawm, O. (2016). Approach for Total Productive Maintenance Evaluation in Water Productivity: A Case Study at Mahasawat Water Treatment Plant. *Procedia Engineering*, 154, 260–267.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.472>
- Kiran, D. R. (2017). Chapter 13-Total Productive Maintenance. *Total Quality Management*, 177–192.
- Kreppenhof, D., & Langer, T. (2009). Effektivitätsermittlung von Produktionssystemen: Nutzung produktbezogener Prozessdaten zur Kennzahlenermittlung. *Zeitschrift Für Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 104(10), 871–876.
- Lucke, D., Constantinescu, C., & Westkämper, E. (2008). Smart Factory - A Step towards the Next Generation of Manufacturing. *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier, Sfb 627*, 115–118. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-267-8_23
- Martins, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2021). Warehouse operations logistics improvement in a cork stopper factory. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1723–1729.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.240>
- Martins M, Godina R, Pimentel C, Silva F. J. G., Matias, JCO. A practical study of the implementation of SMED to Electron-Beam machining in automotive industry. *Procedia Manuf* 2018;17:647-654. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.113>

- Maruta, R. (2012). Maximizing knowledge work productivity: a time constrained and activity visualized PDCA cycle. *Knowledge and Process Management*, 19(4), 203–214.
- Méndez, J. D. M., & Rodriguez, R. S. (2017). Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(1), 1013–1026.
- Mikael, H., & Mats, J. (2011). How to improve the use of industrial robots in lean manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22(7), 891–905. <https://doi.org/10.1108/17410381111160951>
- Moreira, A, Silva, F. J. G., Correia, A.I., Pereira, T., Ferreira, L. P., de Almeida, F. (2018). Cost reduction and quality improvements in the printing industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 623–630. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.107>
- Morgado, L, Silva, F. J. G., Fonseca, L. M. (2019). Mapping Occupational Health and Safety Management Systems in Portugal: outlook for ISO 45001:2018 adoption. *Procedia Manufacturing*, 38, 755-764. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.103>
- Mourato, J., Pinto Ferreira, L., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Dieguez, T., & Tjahjono, B. (2020). Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2020-0327>
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. Productivity Press, Cambridge, MA.
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83, 121–139. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>
- Ogorodnyk, O., Granheim, M. V., & Holtskog, H. (2016). Preconditions for Learning Factory A Case Study. *Procedia CIRP*, 54, 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.076>
- Pascal, V., Toufik, A., Manuel, A., Florent, D., & Frédéric, K. (2019). Improvement indicators for Total Productive Maintenance policy. *Control Engineering Practice*, 82, 86–96.
- Pereira, M. T., Silva, A., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2019). A DMS to support industrial process decision-making: A contribution under Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 613–620.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.079>

- Pinto, B., Silva, F. J. G., Costa, T., Campilho, R. D. S. G., & Pereira, M. T. (2019). A strategic model to take the first step towards industry 4.0 in SMEs. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 637–645. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.082>
- Pinto, G. F. L., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Casais, R. B., Fernandes, A. J., & Baptista, A. (2019). Continuous improvement in maintenance: A case study in the automotive industry involving Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1582–1591. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.127>
- Pinto, G., Silva, F. J. G., Baptista, A., Fernandes, N. O., Casais, R., & Carvalho, C. (2020). TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1423–1430. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>
- Pinto, J. (2014). Introdução ao pensamento Lean-A filosofia das organizações vencedoras. Lisboa: Lidel Edições Técnicas Lda.
- Pinto, J. P. (2013). *Manutenção LEAN* (LIDEL (ed.)).
- Rahman, H., & Rahmani, R. (2018). Enabling distributed intelligence assisted Future Internet of Things Controller (FITC). *Applied Computing and Informatics*, 14(1), 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.aci.2017.05.001>
- Relkar, A. S., & Nandurkar, K. N. (2012). Optimizing & analysing overall equipment effectiveness (OEE) through design of experiments (DOE). *Procedia Engineering*, 38, 2973–2980. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.347>
- Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1574–1581. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 765–775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017a). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017b). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Rosa C., Silva FJG, Ferreira LP, Pereira T, and Gouveia R. (2018). Establishing Standard Methodologies to Improve the Production Rate of Assembly Lines Used for Low AddedValue Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 555–562.

- <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.096>
- Sá, J., Ferreira, L. P., Dieguez, T., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2020). *Role of the Industry 4.0 in the wine production and enotourism sectors The Wine-making Sector in Portugal. 1*, 1–10. <https://doi.org/10.1007/978-981-33-4256-9>
- Santos, R. M., Sassi, A. C., Sá, B. M., Miguez, S. A., & Pardaul, A. A. (2012). Ergonomics Program Management in Tucuruí Hydropower Plant using TPM Methodology. *Work, 41*(Supplement 1), 2822–2830.
- Santos, T., Silva, F. J. G., Ramos, S. F., Campilho, R. D. S. G., & Ferreira, L. P. (2019). Asset priority setting for maintenance management in the food industry. *Procedia Manufacturing, 38*(2019), 1623–1633. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.122>
- Schlechtendahl, J., Keinert, M., Kretschmer, F., Lechler, A., & Verl, A. (2014). Making existing production systems Industry 4.0-ready: Holistic approach to the integration of existing production systems in Industry 4.0 environments. *Production Engineering, 9*(1), 143–148. <https://doi.org/10.1007/s11740-014-0586-3>
- Schmidt, H. (2019). Explosive precursor safety: An application of the Deming Cycle for continuous improvement. *Journal of Chemical Health and Safety, 26*(1), 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2018.09.005>
- Shinde, D. D., & Prasad, R. (2018). Application of AHP for ranking of total productive maintenance pillars. *Wireless Personal Communications, 100*(2), 449–462.
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production, 150*, 324–338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>
- Silva, F. J. G., Swertvaegher, G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L.P., Sá, J.C. (2020). Robotized solution for handling complex automotive parts in inspection and packing. *Procedia Manufacturing, 51*, 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.023>
- Singh, C., Singh, D., & Khamba, J. S. (2020). Understanding the key performance parameters of green lean performance in manufacturing industries. *Materials Today: Proceedings, xxx*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.328>
- Singh, R., Shah, D. B., Gohil, A. M., & Shah, M. H. (2013). Overall equipment effectiveness (OEE) calculation - Automation through hardware & software development. *Procedia Engineering, 51*, 579–584. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.082>
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality improvement methodologies– PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 43*(1), 476–483.
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change, 132*, 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>

- Szwejczewski, M., & Jones, M. (2013). Cost Reduction through total productive maintenance. In *Learning From World-Class Manufacturers* (pp. 66–83). Springer.
- Uhlemann, T. H. J., Lehmann, C., & Steinhilper, R. (2017). The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Production System for Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 61, 335–340. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.152>
- Van Goubergen, D., & Van Landeghem, H. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3–4), 205–214.
- Weyer, S., Meyer, T., Ohmer, M., Gorecky, D., & Zühlke, D. (2016). Future Modeling and Simulation of CPS-based Factories: an Example from the Automotive Industry. *IFAC-PapersOnLine*, 49(31), 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.168>
- Yu, F., & Schweisfurth, T. (2020). Industry 4.0 technology implementation in SMEs – A survey in the Danish-German border region. *International Journal of Innovation Studies*, 4(3), 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2020.05.001>
- Zhou, J. (2013). Digitalization and intelligentization of manufacturing industry. *Advances in Manufacturing*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.1007/s40436-013-0006-5>

ANEXOS

7.1 ANEXO1

