

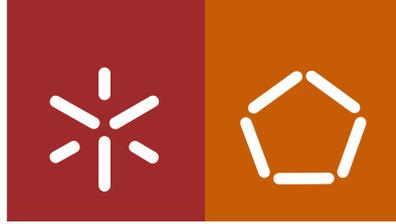


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Pedro Miguel Pinto Martins

**Especificação de uma Plataforma Colaborativa  
para partilha de informação de manutenção  
interempresas**





**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Pedro Miguel Pinto Martins

**Especificação de uma Plataforma Colaborativa  
para partilha de informação de manutenção  
interempresas**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia de Sistemas

Trabalho efetuado sob a orientação da  
**Professora Doutora Isabel da Silva Lopes**  
e da  
**Professora Doutora Maria Leonilde da Rocha Varela**

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

Realizar um mestrado é um longo caminho, principalmente para alguém que achava que tinha a sua vida académica fechada há mais de uma década atrás. É composto por desafios, momentos difíceis e alegrias e por vezes pode ser solitário. Felizmente tive a felicidade de contar com contributos de várias pessoas que se revelaram indispensáveis para a concretização da mesma. Finalizar esta jornada só foi possível com o apoio, energia e força de várias pessoas, a quem dedico especialmente este projeto de vida.

Começo por agradecer à pessoa que fomentou a minha vertente de investigação, a minha orientadora, Professora Doutora Isabel Lopes. Tenho a agradecer a sua orientação exemplar, pautada pelo rigor e detalhe científico, a sua total disponibilidade para esclarecer qualquer questão e discutir o melhor caminho a seguir, bem como o seu empenho incedível e saudavelmente exigente, contribuindo para o enriquecimento deste projeto.

À Professora Doutora Leonilde Varela por ter embarcado neste projeto connosco, contribuindo para enriquecer este projeto com conhecimentos, complementando-a com diferentes perspetivas e conceitos. Ao meu colega de projeto de investigação, e agora amigo, Doutor Humberto Teixeira, pelo serenar em momentos de maior nervosismo e conselhos que se revelaram extremamente úteis em todas as etapas subjacentes ao trabalho a desenvolver, bem como pela partilha de conhecimento sobre os temas.

A todos os membros do consórcio associados ao projeto, gostaria de deixar uma palavra pela sua disponibilidade e contribuição para que os objetivos fossem atingidos, esperando que no futuro os nossos caminhos se cruzem.

Aos meus amigos de longa data e aos novos que tive o prazer de conhecer durante o Mestrado em Engenharia de Sistemas, tenho de agradecer a palavra amiga e de força com que sempre me presentearam.

À minha família, principalmente os meus pais, pois sem o seu apoio e disponibilidade, não teria tido a oportunidade de voltar a estudar.

A todos, o meu muito obrigado.

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

O presente projeto de dissertação foi desenvolvido no âmbito da conclusão do Mestrado em Engenharia de Sistemas pela Universidade do Minho e teve como principal objetivo definir os requisitos e especificações de uma plataforma colaborativa e o seu desenvolvimento.

O caso de estudo em causa foi desenvolvido em colaboração com uma empresa da área dos derivados de madeira, que pretende ver o conhecimento dos seus técnicos de manutenção mais experientes ser capturado, retido e disseminado por todos os elementos das diversas equipas de manutenção. Além disso, a empresa tem um plano que visa alterar gradualmente o seu plano de manutenção. Depois dos requisitos e especificações definidas, selecionou-se quais os tipos de dados e informação a integrar na plataforma, bem como a sua arquitetura de informação. Posteriormente, identificaram-se quais os indicadores de desempenho (*Key Performance Indicators*), KPIs, mais pertinentes para auxiliar as decisões futuras da empresa e que seriam explorados na plataforma. A fase seguinte consistiu numa análise aos registos da empresa, de forma a identificar as suas potencialidades e falhas, bem como, a que tipos de ativos se associam mais avarias para se selecionarem as localizações funcionais e tipos de ativo protótipo. Depois de processar os dados dos registos, foram calculados os KPIs definidos e visualizados em um ficheiro de *PowerBI*. Com as tabelas de normalização dos modos de falha e efeitos, é expectável que os registos se tornem mais rigorosos e originem uma base de dados robusta e KPIs com valores fidedignos. Assim, será possível expandir estes procedimentos a todas as localizações da fábrica. Com as tabelas de correspondência entre localizações funcionais, é expectável que as análises comparativas se possam alargar ao nível de linhas e posteriormente entre fábricas diferentes. Analisando a situação atual da empresa, facilmente se compreende que os registos atuais carecem de rigor, e que uma grande quantidade deles não possui todos os campos de registo preenchidos, impossibilitando assim que a empresa faça análises de desempenho credíveis e possa promover mudanças sustentadas ao seu plano de manutenção. Todos os requisitos e especificações da plataforma, bem como a informação a armazenar e a sua arquitetura, foram aprovados pela empresa. Espera-se que a curto/médio prazo, já seja possível ter registos mais rigorosos que promovam decisões sustentadas à alteração da política de gestão de manutenção da empresa.

## Palavras-Chave:

Gestão da Manutenção, Gestão de ativos, Indústria 4.0, Manutenção Preditiva, Plataforma Colaborativa

## ABSTRACT

The present dissertation project was developed within the scope of conclusion of MSc in Systems Engineering at University of Minho and the main objective was to define the requirements and specifications of a collaborative platform and its development.

This case study was developed in collaboration with a company that works wood derivatives, which intends to see the knowledge of its most experienced maintenance technicians captured, retained, and disseminated by all elements of the various maintenance teams. In addition, the company has a plan that aims to gradually change its maintenance plan. After the requirements and specifications were defined, the types of data and information to be integrated into the platform were selected, as well as their information architecture. Subsequently, the most relevant KPIs were identified to help the company's future decisions, and which will be explored on the platform. The next phase consisted in an analysis of the company's records, in order to identify their plus and failures, as well as, which types of assets are associated with more failures, in order to select the functional locations and types of assets for prototype. After processing the data from the records, the defined KPIs were calculated and visualized in *PowerBI*. With the normalization tables of failure modes and effects, it is expected that the records will become more rigorous and give rise to a robust database and KPIs with reliable values. Thus, it will be possible to expand these procedures to all locations in the factory. With the correlation tables between functional locations, it is expected that comparative analyzes can be extended to the level of lines and later between different plants. Analyzing the current situation of the company, it is easy to understand that the current records lack accuracy, and that a large number of them do not have all the registration fields filled in, thus making it impossible for the company to carry out credible performance analyzes and to promote sustained changes to its maintenance plan. All platform requirements and specifications, as well as the information to be stored and its architecture, were approved by the company. It is expected that in the short/medium term, it will be possible to have more rigorous records that promote sustained decisions to change the company's maintenance management policy.

## Keywords:

Maintenance Management, Asset Management, Industry 4.0, Predictive Maintenance, Collaborative Platform

# ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas.....	xii
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologia de investigação.....	4
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão da Literatura.....	7
2.1 Evolução da manutenção.....	7
2.2 Manutenção.....	10
2.3 Gestão da manutenção.....	11
2.4 Estratégias de manutenção.....	13
2.4.1 Melhoria.....	14
2.4.2 Manutenção preventiva.....	14
2.4.3 Manutenção corretiva.....	15
2.5 RCM e TPM.....	16
2.5.1 Metodologia RCM.....	16
2.5.2 Metodologia TPM.....	17
2.6 Indicadores de desempenho na área da manutenção.....	18
2.7 Análise e exploração de dados no âmbito da manutenção.....	20
2.8 Indústria 4.0 e o seu impacto na gestão da manutenção.....	23
2.9 Importância do conhecimento na área da manutenção.....	24
2.10 Redes e plataformas colaborativas.....	26
2.11 Arquitetura de <i>software</i> de gestão de conhecimento.....	28

3.	Contexto empresarial .....	29
3.1	A realidade atual da empresa e a sua missão .....	29
3.2	Política de gestão de manutenção atual .....	30
3.2.1	Estrutura organizacional da área da manutenção .....	30
3.2.2	Linha protótipo .....	31
3.2.3	A importância do <i>IBM Maximo</i> .....	32
4.	Requisitos e especificações da Plataforma Colaborativa .....	39
4.1	Requisitos da plataforma colaborativa .....	39
4.2	Especificações globais da plataforma de trabalho colaborativa (entre diferentes fábricas) ...	40
4.2.1	Especificações do sistema de trabalho colaborativo e o seu fluxo de dados, e informação entre unidades fabris diferentes .....	40
4.2.2	Especificações de informação integrando as técnicas AMR com a plataforma colaborativa e sua estrutura .....	44
4.3	Especificação dos diversos módulos da plataforma colaborativa .....	48
4.3.1	Módulo de análises e melhorias ( <i>Benchmarking</i> ) .....	48
4.3.2	Dados e informação a partilhar .....	53
5.	Desenvolvimento e exploração do protótipo .....	55
5.1	<i>PowerBI</i> .....	55
5.2	Importação e preparação de dados para exploração em <i>PowerBI</i> .....	56
5.3	Análise e melhorias - submódulo “Análises” .....	59
5.3.1	Análises - estudo comparativo .....	59
5.3.2	Análises - apoio à identificação de problemas .....	75
5.4	Análise e melhorias - Submódulo “Identificação de melhorias de forma colaborativa” .....	82
6.	Análise e discussão dos resultados .....	84
6.1	Resultados obtidos .....	84
6.2	Dificuldades e problemas identificados .....	85
6.3	Propostas de melhoria .....	87
7.	Conclusões e trabalhos futuros .....	89
7.1	Conclusões .....	89

7.2	Trabalhos futuros .....	91
	Referências Bibliográficas .....	93
	Apêndice I – Número de avarias por tipo de equipamento .....	100
	Apêndice II – Análises comparativas e listas ordenadas definidas para o suporte ao módulo de Análises .....	101
	Apêndice III – Tabelas de correspondência entre as localizações funcionais protótipo da linha BP9 e as correspondentes da linha BP7 .....	105
	Apêndice IV– Requisitos definidos para o submódulo “Identificação de melhorias de forma colaborativa” .....	106
	Apêndice V– Requisitos e especificações definidos para o módulo “Dados e informação a partilhar” .....	107
	Apêndice VI– Diversos utilizadores da plataforma colaborativa e a que tipo de informação têm acesso .....	108
	Apêndice VII– Questionário desenvolvido e fornecido aos técnicos .....	109
	Apêndice VIII – Lista de componentes do carro de ventosas e descrição do efeito .....	110
	Apêndice IX – Lista de componentes do carro de ventosas e descrição do efeito a si associada .....	112
	Apêndice X – Mapa retirado diretamente do IBM Maximo com campo “Duração” .....	113
	Apêndice XI.1 – Valores utilizados para o cálculo da taxa de ocupação dos técnicos de manutenção .....	114
	Apêndice XI.2 – Valores utilizados para o cálculo da taxa de ocupação dos técnicos de manutenção .....	115
	Apêndice XI.3 – Valores utilizados para o cálculo da taxa de ocupação dos técnicos de manutenção .....	116
	Apêndice XI.4 – Valores utilizados para o cálculo da taxa de ocupação dos técnicos de manutenção .....	117
	Apêndice XII.1 – Desenvolvimento da base de dados .....	118
	Apêndice XII.2 – Desenvolvimento da base de dados .....	119
	Apêndice XII.3 – Desenvolvimento da base de dados .....	120
	Apêndice XII.4 – Desenvolvimento da base de dados .....	121
	Anexo I – Percentagem de cumprimento dos vários tipos de Intervenções para os últimos 30 e 7 dias .....	122
	Anexo II.1– <i>Template</i> do RCA utilizado pela empresa .....	123
	Anexo II.2– <i>Template</i> do RCA utilizado pela empresa .....	124

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- As três gerações da Manutenção e as suas especificidades (criado a partir de Moubray, 1997) .....	10
Figura 2 – Lista de objetivos da Gestão da Manutenção (Moubray, 1997).....	12
Figura 3 - Objetivos da Gestão da Manutenção (Wireman, 2005).....	12
Figura 4 - Os diferentes tipos de manutenção segundo EN 13306, 2017.....	13
Figura 5 - Edifício TPM (adaptado de Ahuja & Khamba, 2008).....	17
Figura 6 - Relação entre a estrutura de dados e a sua qualidade (adaptado de Taleb et al., 2018) .....	22
Figura 7 - Tecnologias de análise de dados utilizadas em cada fase (Sahal et al., 2020) .....	24
Figura 8 - Unidade fabril de Oliveira do Hospital .....	30
Figura 9 - Organigrama da equipa de manutenção da fábrica de Oliveira do Hospital .....	31
Figura 10 - Página inicial do IBM Maximo em desktop .....	32
Figura 11 - IBM Maximo versão mobile : gestão das OT (esquerda) e criar um SR (direita) .....	33
Figura 12 – Aplicações do IBM Maximo (esquerda) e possíveis mapas a retirar (direita).....	34
Figura 13 - Campos de pesquisa para filtrar as Ordens de Trabalho .....	34
Figura 14 - Exemplo de codificação de uma localização onde se detetou uma avaria .....	35
Figura 15 - Hierarquia do sistema de codificação usado nas várias fábricas da empresa.....	35
Figura 16 - Algumas OTs preenchidas no Zoom Production .....	38
Figura 17 - Algumas OTs preenchidas no IBM Maximo .....	38
Figura 18 – Módulos da plataforma colaborativa e sua respetiva arquitetura, e o fluxo de informação entre si e uma fábrica exemplo .....	44
Figura 19 - Cálculo da Disponibilidade em DAX .....	56
Figura 20 - Cálculo do valor cumulativo da percentagem de avarias em DAX .....	56
Figura 21 - Número de avarias por tipo de ativo para as localizações protótipo representadas em PowerBI .....	58
Figura 22 - Valores do MTBF para os diferentes níveis hierárquicos .....	61
Figura 23 - Valores do MTBF por ativo para os diferentes níveis hierárquicos .....	62
Figura 24 – Casos em que os registos não foram preenchidos até à posição funcional .....	63
Figura 25 - Alguns registos de OT no IBM Maximo onde se verifica a ausência do registo ao nível da localização e/ou posição funcional.....	63
Figura 26 – MTBF para a linha BK5 (BP9) e BK3 (BP7) comparando níveis hierárquicos diferentes (sistemas e famílias de ativo), e sua evolução temporal em três sistemas da linha BK5 (BP9).....	64

Figura 27 - Valores do Tempo Médio de Paragem para os vários níveis hierárquicos .....	65
Figura 28 - Valores da Disponibilidade para vários níveis hierárquicos .....	67
Figura 29 - Exemplos de alguns relatórios passíveis de extrair do IBM Maximo.....	67
Figura 30 - Percentagem de custo de componentes por nível hierárquico .....	68
Figura 31 - Custo por componente para a linha BP9 .....	69
Figura 32 - Custos totais e de serviços por localização funcional e para as linhas BP9 e BP7 .....	70
Figura 33 - Percentagem do valor que cada localização funcional representa no total do valor dos serviços subcontratados e no valor de custos totais .....	71
Figura 34 - Custos associados às intervenções corretivas e preventivas das linhas BP9 e BP7 que não têm ativo associado .....	71
Figura 35 – Custos e consumos associados às intervenções corretivas das linhas BP9 e BP7 que não têm ativo associado .....	73
Figura 36 - Comparação de custos corretivos e preventivos para as localizações funcionais protótipo e as suas correspondentes.....	73
Figura 37 - Aplicação em DAX da fórmula para a taxa de ocupação dos técnicos .....	74
Figura 38 - Gráficos para a Taxa de ocupação dos técnicos para diferentes níveis hierárquicos .....	75
Figura 39 – Lista de famílias de componentes para um ativo do tipo “Carro de ventosas” e o modo de falha apresentado numa determinada avaria .....	76
Figura 40 - Efeitos observados por tipo de ativo para o sistema 00805.....	78
Figura 41 - Mapa de decomposição de efeitos por tipo de ativo e componentes associados a estes para o sistema 00805.....	79
Figura 42 - Lista ordenada de componentes substituídos por tipo de ativo e a sua legenda .....	80
Figura 43 - Lista ordenada de componentes substituídos por ativo e a sua legenda .....	81
Figura 44 - Curva de Pareto referente ao número de avarias por ativo .....	81
Figura 45 - Quantidade de OTs sem ativo e família de componentes associada.....	86
Figura 46 - Quantidade de famílias de componentes por escala de degradação .....	87
Figura 47 - Servidor utilizado para o acesso remoto e importação da BD .....	118
Figura 48 - Criação e ativação da Base de dados protótipo, e criação e povoamento da tabela “Consumos_BP7_BP9”.....	119
Figura 49 - Criação da tabela “Lista_de_OTs_OH” na Base de dados e seu povoamento .....	120
Figura 50 - Criação da tabela “Ordens de Compra_OH” na Base de dados e seu povoamento.....	120
Figura 51 - Tabelas importadas da Base de dados para o PowerBI (sinalizadas com retângulos vermelhos) e desenvolvimento de alguns gráficos .....	121

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - As três categorias de alterações associadas à terceira geração (Moubray, 1997) .....	9
Tabela 2- Identificação dos 5S e seu significado .....	18
Tabela 3 – Períodos que requerem subcontratações .....	30
Tabela 4 - Requisitos e especificações de suporte ao desenvolvimento dos módulos da plataforma colaborativa .....	41
Tabela 5 - Requisitos e especificações de suporte ao desenvolvimento da arquitetura de informação .	45
Tabela 6 - Situações para as quais cada tipo de dispositivo de suporte é aconselhável.....	46
Tabela 7 - Requisitos dos RCAs.....	51
Tabela 8 - Lista de efeitos para os componentes da vertente elétrica do carro de ventosas.....	77
Tabela 9 - Campos a utilizar como filtro de pesquisa em cada etapa do RCA .....	82

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR - *Augmented Reality* (Realidade Aumentada)  
AMR - *Augmented and Mixed Reality* (Realidade Aumentada e Mista)  
BD - Base de Dados  
CBM - *Condition Based Maintenance*  
CMMS - *Computerized Maintenance Management System*  
DAX - *Data Analysis Expressions*  
EAM - *Enterprise Asset Management*  
FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*  
FSC - *Forest Stewardship Council*  
GIGO - *Garbage In - Garbage Out*  
IoT – *Internet of Things Technology*  
ISO - *International Organization for Standardization*  
JIT - *Just In Time*  
KPI - *Key Performance Indicator*  
MA - Manutenção Autónoma  
MC - Manutenção Corretiva  
MDF - *Medium Density Fiberboard*  
MP - Manutenção Preventiva  
MR - *Mixed Reality* (Realidade Mista)  
MTBF - *Mean Time Between Failures*  
MTTF - *Mean Time To Failure*  
MTTR - *Mean Time To Repair*  
MWT - *Mean Waiting Time*  
OC - Ordem de Compra  
OEE - *Overall Equipment Effectiveness*  
O.H. - Oliveira do Hospital  
OT - Ordens de Trabalho  
PB - *Particleboard* (painéis de aglomerado de madeira)  
PEFC - *Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes*  
RCA - *Root Cause Analysis*  
RCM - *Reliability Centred Maintenance*

SAKM - *Software Architecture Knowledge Management*

SR - *Service Request* (Pedidos de Serviço)

TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação

TPM - *Total Productive Maintenance*

# 1. INTRODUÇÃO

O presente documento resulta de um projeto de investigação, realizado em uma empresa que fabrica derivados de madeira, e foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular “Dissertação em Engenharia de Sistemas” do Mestrado em Engenharia de Sistemas da Universidade do Minho. Neste capítulo é apresentado o enquadramento que justifica esta dissertação, bem como os seus objetivos, metodologia e a estrutura da mesma.

## 1.1 Enquadramento

As condições de negócio e mercados encontram-se em rápida e contínua mudança, sendo estes afetados por diversas necessidades dos clientes, que exigem maior qualidade, menor tempo de entrega, maior nível de serviço ao cliente e preços mais baixos. Ao mesmo tempo, os ciclos de vida dos produtos têm vindo a decrescer (Alsyouf, 2007), levando, muitas empresas a realizar alterações internas: maior mecanização e automação das operações (Yamashina, 1995; Suito, 1998) advindo novos desafios. Os desafios de manutenção e fiabilidade de sistemas de engenharia captaram a atenção de pesquisadores e responsáveis industriais em todo o mundo devido à evolução contínua, inovação e complexidade das tecnologias modernas implantadas nos sistemas de fabrico e produção (Eyoh & Kalawsky, 2018). A importância da função manutenção aumentou devido ao seu papel em manter e melhorar a disponibilidade dos equipamentos, eficiência de desempenho, qualidade dos produtos, garantir entregas dentro do prazo e eficácia de custo total da planta em altos níveis, e cumprir com os requisitos ambientais e de segurança (Al-Najjar, 1998). Em um ambiente cada vez mais moderno que as empresas vivenciam, uma paragem imprevista pode levar a perdas de produção, e a consequências mais graves, como uma entrega para além da data prevista e às repercussões que possam implicar na imagem da empresa (Alsyouf, 2007). Por estes motivos, as empresas têm vindo a procurar formas de aumentar a sua eficiência (Ahuja & Khamba, 2008), centrando esforços em uma melhor organização e gestão da manutenção (Kutucuoglu et al., 2001).

Assim como as outras funções das fábricas, a função de manutenção requer gestão de conhecimento, podendo esta ser considerada como um processo que contempla várias atividades em um ciclo que inclui captura e/ou criação de conhecimento, partilha e disseminação de conhecimento e aplicação do mesmo (Weinreich & Groher, 2016). A captura/criação de conhecimento contempla o desenvolvimento

de novos conteúdos, ou a substituição de conteúdos já existentes. A partilha e a disseminação do conhecimento referem-se à sua transferência, e a sua aplicação refere-se à sua utilização por parte de uma organização para obter uma vantagem competitiva. Na área de gestão de manutenção, essas atividades podem ser suportadas por diferentes ferramentas como sistemas de informação de gestão de manutenção, denominados Sistemas Computadorizados de Gestão de Manutenção (CMMS) ou Sistema de Gestão de Ativos Empresariais (EAM), Realidade Aumentada (*Augmented Reality*) (AR)/Realidade Aumentada e Mista (*Augmented and Mixed Reality*) (AMR) (para partilha de conhecimento), sensores e dispositivos móveis, além de plataformas colaborativas.

De acordo com Ruiz *et al.* (2014), a resolução de problemas requer pesquisa e partilha de informação entre os elementos que fazem parte de um contexto específico, neste caso, que fazem parte da equipa de manutenção da empresa em questão. Os membros da equipa de manutenção da empresa (técnicos e especialistas) possuem muito conhecimento específico devido a um grande número de experiências ao longo dos anos. Capturar esse conhecimento, armazená-lo e partilhá-lo por todos os elementos associados à equipa de manutenção das várias fábricas da empresa é um importante ato de gestão de manutenção (Potes Ruiz *et al.*, 2014), prevenindo o aparecimento de problemas e promovendo resoluções mais rápidas e eficazes.

O presente caso de estudo foi realizado em parceria com uma empresa da área dos derivados de madeira, que prevê que na próxima década, a maioria dos seus técnicos de manutenção mais experientes irá atingir a idade da reforma e por consequência, abandonar a atividade. O projeto surge então para fazer face à necessidade da empresa em não perder esse conhecimento e auxiliar na implementação de medidas que permitam atingir os objetivos definidos para o seu futuro. Visa a definição de especificações e desenvolvimento de uma plataforma colaborativa que permita reter e auxiliar na formação de futuros técnicos ou de técnicos menos experientes. Pretende-se que fomente o trabalho colaborativo e interação entre elementos do departamento de manutenção e as diversas fábricas, de maneira que possam resolver os problemas de forma mais rápida, e auxilie ações de melhoria e intervenções.

Com o crescimento inerente à associação de duas grandes empresas em uma só, e para responder às necessidades do mercado, foram identificados novos desafios e dificuldades. A empresa tem como grande objetivo aumentar a disponibilidade dos seus equipamentos para pelos menos 90%. Pretende realizar alterações profundas na sua estratégia de gestão da manutenção de maneira a atingir os resultados desejados nos diversos KPIs. Essas alterações prendem-se com a alteração de uma estratégia reativa/preventiva calendarizada para uma estratégia de manutenção condicionada/preditiva, além da

redução gradual da manutenção escassa/em demasia, para dar lugar a intervenções de manutenção oportunas ou somente quando necessárias. Essa nova estratégia de gestão de manutenção será definida tendo por base uma nova política de criticidade que está a ser definida em outro contexto do projeto de investigação paralelo e KPIs que serão identificados e explicados posteriormente nesta dissertação.

A maior dificuldade identificada pela empresa, e que levou à realização deste projeto, prende-se com a grande rotação de colaboradores da área da manutenção. Os fatores identificados para que tal aconteça são os seguintes:

- Atualmente os jovens possuem maior grau de escolaridade e pretendem trabalhos mais interessantes;
- Ao mesmo tempo são menos experientes;
- Estão constantemente à procura de novas oportunidades e
- Não pretendem ficar muito tempo na mesma posição e localização, pelo que saem da empresa mais rapidamente.

Além destes problemas identificados dentro do seio dos colaboradores de faixas etárias mais baixas, mais de 25% da equipa técnica de manutenção irá reformar-se nos próximos 10 anos, o que leva a empresa a planear uma mudança de uma organização baseada em experiência (especialização) para uma organização baseada em conhecimento. Este foi o fator decisivo para o surgimento deste projeto, a necessidade de reter o conhecimento de parte dos técnicos de manutenção mais experientes, e criar uma plataforma para agregar e depois disseminar por entre todos os envolvidos na gestão da manutenção de todas as fábricas da empresa.

## 1.2 Objetivos

O principal objetivo deste projeto de dissertação é a definição de uma arquitetura de informação que integre técnicas de AR/AMR, e uma plataforma colaborativa, bem como os requisitos e especificações para o seu posterior desenvolvimento. Contempla ainda a sua integração com o *software* de gestão da manutenção (EAM – *Enterprise Asset Management, IBM Maximo*) da empresa. Dessa forma, são propostos os seguintes objetivos específicos a atingir:

- Definir os requisitos e especificações da plataforma de trabalho colaborativa, os tipos de dados e informação a integrar nos diversos módulos da mesma, bem como a sua arquitetura;
- Definir os indicadores de manutenção que serão o suporte para as análises comparativas;

- Desenvolver um ficheiro protótipo de criação de *dashboards* que permita visualizar os KPIs e listas ordenadas;
- Desenvolver uma Base de dados (BD) protótipo que contemple os registos da empresa quanto à gestão de manutenção, por forma a alimentar os *dashboards*;
- Compatibilizar com as plataformas da empresa: de forma a não criar uma solução que fosse incompatível com os *softwares* já utilizados pela empresa, e por consequência, sem utilidade para a mesma, a plataforma colaborativa será desenvolvida a partir de especificações que facilitem a sua integração com as seguintes plataformas já existentes:
  - EAM – *IBM Maximo*;
  - Microsoft 365;
  - Bases de dados da empresa (*Microsoft Azure*);
  - Convergência com as regras de segurança em vigor.

### 1.3 Metodologia de investigação

O presente projeto de dissertação seguiu a metodologia de Estudo de Caso. De acordo com Simons (2009), é uma metodologia que pode ser definida como “uma exploração aprofundada a partir de múltiplas perspetivas da complexidade e singularidade de um determinado projeto, política, instituição, programa ou sistema em um contexto real”.

Dessa forma, o projeto contemplou as seguintes etapas:

1. Recolha e análise de dados: esta etapa contemplou uma revisão bibliográfica sobre os temas abordados ao longo da dissertação, nomeadamente, gestão de manutenção e suas estratégias, indústria 4.0 e importância da retenção de conhecimento na sua implementação. Em paralelo foi realizado um levantamento do estado atual do departamento de manutenção no que diz respeito ao modo como os registos são realizados e sua qualidade, e qual a informação disponível, bem como quais as necessidades da empresa. Para isso foram utilizadas técnicas que incluem entrevistas, observação, análise de conteúdos e questionários, Apêndice VII.
2. Definição dos requisitos e especificações da plataforma colaborativa: tendo por base a recolha e análise de dados realizada, foram definidos e validados os requisitos e as especificações que seriam as linhas de orientação para desenvolver a plataforma colaborativa de maneira a cumprir com os objetivos definidos na secção 1.2.

3. Validação da plataforma colaborativa: o trabalho foi desenvolvido tendo por base um número reduzido de equipamentos e localizações funcionais da fábrica de O.H., com o intuito de desenvolver o conteúdo a integrar na plataforma colaborativa. Como resultado desta etapa obteve-se o modelo conceptual da plataforma colaborativa, com os diversos módulos de informação definidos. Foi ainda desenvolvido um ficheiro de análise de indicador de *PowerBI* e uma Base de dados provisória para protótipo (Apêndice XII).
4. Análise e discussão dos resultados: com o trabalho desenvolvido identificou-se quais as carências dos registos da empresa, bem como procedimentos para os resolver. O ficheiro de *PowerBI* desenvolvido ressaltou que no estado atual, os registos da empresa, não poderão ainda servir como suporte para tomadas de decisão devido à falta de fiabilidade dos dados. Algumas das soluções já começaram a ser implementadas, nomeadamente o preenchimento da duração.

## 1.4 Estrutura da dissertação

Este documento encontra-se organizado em sete secções principais. O presente capítulo é referente à Introdução, onde se apresenta o seu enquadramento e quais definidos os objetivos da mesma, uma breve descrição da metodologia de investigação a seguir, e por fim a sua organização.

No capítulo 2 é realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema em estudo, com o intuito de o investigador obter domínio sobre o estado de arte em relação aos temas a abordar.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa, a sua história e realidade atual, com o objetivo de enquadrar o trabalho na organização a que se destina. Complementa-se este capítulo com a descrição da sua política de gestão de manutenção atual e quais os seus objetivos a curto/médio prazo.

No capítulo 4 apresentam-se os requisitos e especificações da plataforma colaborativa, sendo devidamente explicados e justificados. São validados os tipos de dados e informação a integrar nos diversos módulos da plataforma, bem como a sua arquitetura de informação.

O capítulo 5 diz respeito à exploração dos diversos módulos da plataforma colaborativa, apresentando a forma como a informação será arrumada e partilhada, bem como, quais os indicadores contemplados para as análises a realizar posteriormente.

De seguida, surge o capítulo 6, Análise e Discussão dos Resultados, no qual se analisa os momentos anterior e posterior à adoção das ações implementadas. São também mencionadas algumas dificuldades e problemas identificados durante a realização deste projeto, com ênfase na qualidade dos registos. De

seguida são apresentadas as propostas de melhoria para fazer face aos problemas encontrados e as vantagens que se esperam atingir com elas.

Por último, surge o capítulo 7, com as conclusões a retirar deste trabalho, bem como sugestões de trabalho futuro.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

De maneira a fazer um enquadramento teórico desta dissertação, neste capítulo irá ser realizada uma revisão de literatura relativamente aos dois temas principais desta dissertação, Gestão da Manutenção e a importância da partilha de conhecimento na Indústria 4.0. Os temas a abordar serão a evolução da manutenção, metodologias de gestão da manutenção, alguns dos seus principais indicadores (KPIs) e a importância da Indústria 4.0 no contexto atual das empresas.

### 2.1 Evolução da manutenção

O consumo de um produto abrange o período desde que este é adquirido até que é “eliminado”, percorrendo várias fases. Desta forma, o ciclo de vida de um equipamento é composto por várias etapas, sendo agrupadas de acordo com as atividades executadas. Essas atividades passam pela aquisição, operação/utilização, manutenção e venda/“eliminação” (Hansen & Mowen, 2006).

No passado, a manutenção era tida como um mal necessário, ou seja, o ato de substituir um componente numa máquina de um processo após falha da mesma (Tsang, 1995), tendo sido provavelmente a área da gestão que mais alterações sofreu nos últimos anos. Alterações essas que surgiram devido à grande variedade de ativos físicos (equipamentos/máquinas), projetos de maior complexidade, novas técnicas de manutenção e a uma mudança de panorama relativamente à organização da manutenção e responsabilidades (Moubray, 1997).

Atualmente, as empresas já olham para a manutenção como um processo de gestão de extrema importância, que incorpora diversos processos organizacionais, tais como produção, qualidade, meio ambiente, análise de riscos e segurança (Stamboliska et al., 2015). De acordo com Muchiri *et al.* (2011) a fiabilidade do equipamento e a sua manutenção, são fatores de grande peso e com forte impacto na capacidade de uma empresa fornecer serviços de qualidade atempadamente aos seus clientes. No entanto, até chegar a este ponto, a manutenção passou por várias fases, associadas à evolução e mudanças na indústria, nomeadamente na gestão e suas abordagens, tecnologias de processo e produtos, expectativas do consumidor, comportamentos do fornecedor e competitivo (Ahuja & Khamba, 2008). De acordo com Moubray (2017), a manutenção conheceu duas gerações até atingir a terceira geração. A primeira geração contempla o período pré II Guerra mundial, onde a indústria não era totalmente mecanizada, fazendo com que as paragens à espera de reparação não fossem muito

valorizadas. Desse modo, a prevenção de falhas não se tornava uma prioridade para os gestores, ao mesmo tempo que se faziam valer de equipamentos simples e sobredimensionados, tornando-os frágeis e fáceis de reparar. As tarefas associadas também eram simples, sem requererem uma manutenção sistemática, para além de limpeza e lubrificação.

O início da II Guerra Mundial trouxe grandes mudanças e novas necessidades, nomeadamente na procura por todo o tipo de recursos, bem como de mão-de-obra. A escassez de mão-de-obra originou um aumento da mecanização de processos (Alsayouf, 2007), o que levou a que na década de 50 o número de máquinas aumentasse, bem como a complexidade das mesmas. Estes novos fatores, até aqui inexistentes para a indústria, levaram a que os tempos de inatividade das máquinas passassem a ser uma das suas preocupações (Moubray, 1997). Desse modo, surgiu a ideia de que as falhas deviam e poderiam ser prevenidas, iniciando-se assim a segunda geração, surgindo assim o conceito de manutenção preventiva (MP), visando prolongar o período de vida do equipamento. A partir da década de 60, essa manutenção passou a constar de inspeções periódicas realizadas em intervalos fixos. Com estas novas operações, o custo associado à manutenção teve um grande aumento em comparação com as restantes áreas de gestão, contribuindo dessa forma para o aparecimento de sistemas de planeamento e controlo da manutenção. Estes sistemas tinham em vista aumentar o ciclo de vida dos equipamentos (Moubray, 1997).

Este sistema prolongou-se até meados dos anos 70, altura em que os processos industriais sofreram grandes mudanças, sendo acompanhados pela gestão da manutenção, dando assim início à terceira geração. Estas mudanças prendem-se com a necessidade de prolongar a vida útil dos equipamentos, além de reduzir os custos a si associados (Moubray, 1997). Com a manutenção preventiva a revelar-se insuficiente para fazer face a estas questões, novas técnicas foram desenvolvidas, tendo por base análise de efeitos, monitorização da condição, bem como modos de falha (FMEA), além de equipamentos mais focados na manutibilidade (Moubray, 1997). Além das alterações a nível das políticas de gestão da manutenção, foi uma década que trouxe também mudanças a nível organizacional. De acordo com (Rødseth & Strandhagen, 2015) uma das grandes mudanças foi a necessidade de melhorar a integração entre as diferentes áreas de gestão, nomeadamente gestão da manutenção e gestão da produção. Num passado não muito distante, a gestão da manutenção apenas era tida em conta a nível operacional dentro da gestão da produção, sendo assim deixada de parte nas decisões estratégicas da empresa. Uma das metodologias criadas para fazer face a esta necessidade de inclusão foi a metodologia TPM (*Total Productive Maintenance*), onde a palavra “Total” se refere à participação total de todos os envolvidos/colaboradores (Nakajima, 1988).

As mudanças associadas à terceira geração podem ser agrupadas em três categorias de acordo com a Tabela 1 (Moubray, 1997):

Tabela 1 - As três categorias de alterações associadas à terceira geração (Moubray, 1997)

Novas expectativas	Os períodos de inatividade afetam a capacidade produtiva através da redução de <i>output</i> e afetando o nível de serviço. Com a maior tendência para o uso dos sistemas <i>Just In Time</i> (JIT), e com a redução de <i>stock</i> associado, uma pequena falha num equipamento pode prejudicar todo o processo produtivo. As empresas encontram-se ainda numa fase em que têm de cumprir com obrigações ambientais e de segurança.
Novas pesquisas	Ao contrário das expectativas originais, as novas expectativas vieram alterar alguns paradigmas dados como certos e alterando crenças. Constata-se que a relação entre a idade operacional dos equipamentos e a probabilidade de eles falharem, é cada vez menor.
Novas técnicas	Surgem novas técnicas de gestão da manutenção, bem como ferramentas de suporte à decisão. Equipamentos mais fiáveis e alteração das estratégias organizacionais.

Perante estas alterações, a manutenção deparou-se com novos desafios nomeadamente quais as técnicas a seguir, tendo em conta que com determinadas opções é possível reduzir os custos enquanto se melhora o desempenho. No caso de as escolhas não serem as mais indicadas existe a possibilidade de se adicionar problemas, agravando os já existentes (Moubray, 1997).

Na Figura 1 são representadas de forma resumida as três gerações da manutenção e as características que as distinguem umas das outras, bem como a sua evolução.

Em 2000, no seguimento das três gerações já descritas, surge a 4ª geração onde a estratégia já contempla a gestão e a metodologia TPM, enquanto que a 3ª geração contempla a produção e o TPM (Moubray, 1997). O seu foco é a eliminação de falha em vez de previsão ou prevenção (Dunn, 2003).

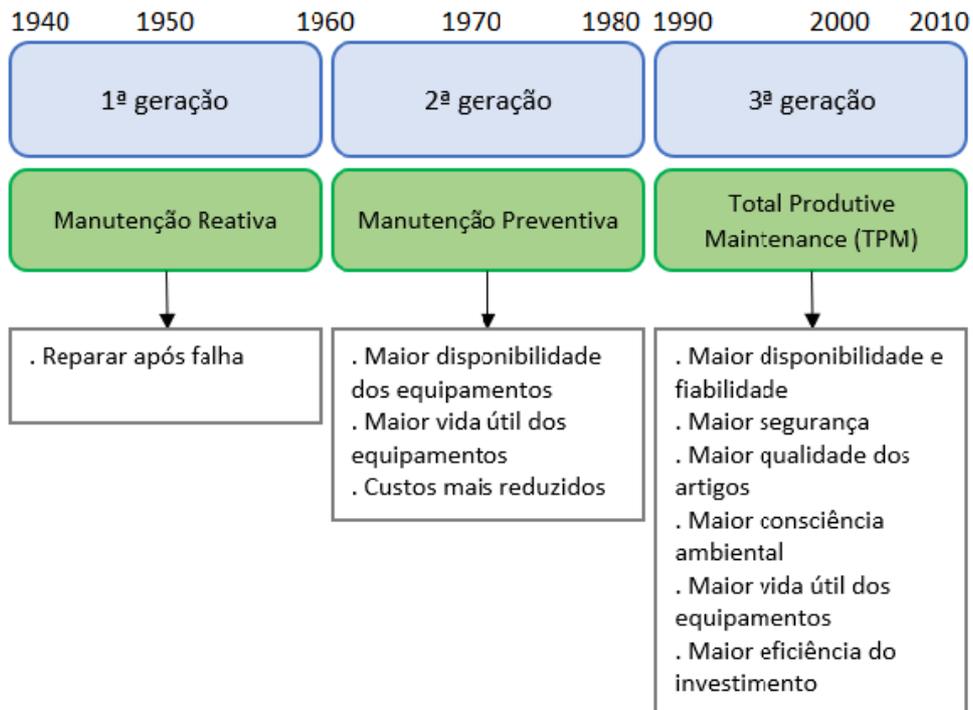


Figura 1- As três gerações da Manutenção e as suas especificidades (criado a partir de Moubray, 1997)

## 2.2 Manutenção

A norma EN 13306:2017 refere que a manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um ativo, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”. A sua função é inerente à produção, mas mesmo assim, compreender e quantificar suas atividades pode ser problemático (Kumar et al., 2013). A sua função tem como propósito servir três “personagens” distintos, nomeadamente, o utilizador, o proprietário e a sociedade. O utilizador pretende trabalhar com uma máquina que funcione de forma satisfatória e sem falhas, enquanto o proprietário espera que a mesma gere o máximo retorno financeiro possível. A sociedade espera que o impacto ao nível ambiental, de saúde e de segurança seja o mais reduzido possível (Eti et al., 2004).

Recentemente a manutenção é vista como mais do que um grupo de pessoas e/ou uma oficina e ultrapassa os limites de um departamento tradicional. (Kumar et al., 2013) usa os termos departamento ou função para indicar esse escopo mais amplo.

Inclui decisões de engenharia e ações associadas que são necessárias para a otimização da capacidade do equipamento especificado, devendo executar uma função especificada dentro de um nível de desempenho que pode estar relacionado com a capacidade, taxa, qualidade, segurança e capacidade de resposta (Tsang et al., 1999). Kelly acrescenta que o propósito da manutenção é que os equipamentos

atingam o nível de *output* definido e padrão de operação com o mínimo custo de recursos, sempre de acordo com as restrições de condição e segurança (Kelly, 1989). Mais recentemente, Bertolini & Bevilacqua também referem o aumento de produtividade como resultado de uma estratégia de manutenção adequada e refere ainda a possibilidade de redução dos custos operacionais (Bertolini & Bevilacqua, 2006).

Facilmente se pode concluir que à medida que a literatura se vai aproximando de tempos mais recentes, a mensagem de que a manutenção é tida como um fator de forte impacto nos custos, segurança e ambiente, disponibilidade e produtividade das empresas, tende a estar cada vez mais presente.

### 2.3 Gestão da manutenção

No que diz respeito à gestão da manutenção, a norma EN 13306:2017 descreve-a como “um conjunto de atividades para estabelecer objetivos de manutenção, estratégias e responsabilidades, a fim de as implementar através de meios como o plano de manutenção, controlo de manutenção e supervisão, e melhoria de métodos na organização, incluindo aspetos económicos”. A sua função será assegurar que os equipamentos continuem a realizar as ações que os utilizadores pretendam que os mesmos realizem (Moubray, 1997), além de lhes proporcionar uma maior vida útil e disponibilidade, bem como uma maior segurança (sendo estes fatores essenciais para a excelência operacional), contribuindo ainda para o desempenho desejado a um custo mais reduzido. No entanto, para que seja implementada uma boa gestão de ativos, que tem a gestão da manutenção como um dos seus departamentos, são necessárias ferramentas modernas, de tecnologia e de gestão (Pascual & Kumar, 2016). Esses sistemas de gestão de ativos são conhecidos por *Enterprise Asset Management* (EAM), ou no caso de empresas mais pequenas, que se focam no aumento do tempo de atividade dos ativos, por *Computerized Maintenance Management System* (CMMS). De acordo com a IBM (n.d.), um EAM é o resultado da combinação de serviços, sistemas e *softwares* concebidos para gerir o ciclo de vida de todos os ativos de uma empresa. De acordo com a Organização Internacional para Standardização (*International Organization for Standardization* - ISO), “um ativo é um item, algo ou entidade que tem potencial ou valor atual para uma organização” (ISO 55000, 2014).

No que diz respeito aos objetivos da gestão da manutenção, existem diferentes perspetivas na definição dos mesmos. Embora as várias perspetivas tenham pontos de contacto, diferem em alguns dos objetivos. Nas figuras seguintes são apresentadas duas visões possíveis quanto aos objetivos da gestão da

manutenção, nomeadamente pela perspectiva de Moubray (1997), que está representada na Figura 2 e mais recentemente na perspectiva de Wireman (2005).

- Assegurar as funções da fábrica, nomeadamente disponibilidade, fiabilidade, qualidade do produto;
- Assegurar o ciclo de vida do equipamento;
- Garantir segurança da fábrica e ambiental;
- Garantir a rentabilidade na manutenção;
- Garantir o uso eficiente dos recursos (energia e matérias-primas)

Figura 2 – Lista de objetivos da Gestão da Manutenção (Moubray, 1997)

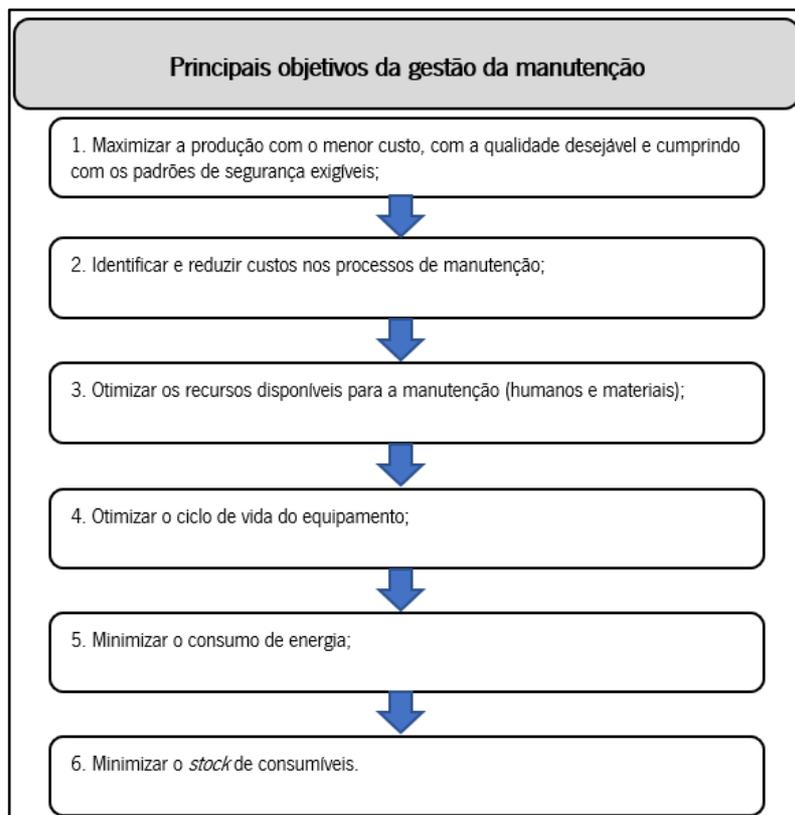


Figura 3 - Objetivos da Gestão da Manutenção (Wireman, 2005)

Como mencionado anteriormente, a gestão da manutenção tem como objetivo o desenvolvimento das condições que permitam obter uma maior disponibilidade dos equipamentos a um custo mais reduzido.

Para isso, foram desenvolvidas um conjunto de atividades, nomeadamente:

1. Planeamento: Planeamento das atividades de manutenção, bem como dos recursos necessários (ferramentas, materiais, competências necessárias);

2. Programação: Calendarização das atividades de manutenção e garantir a disponibilidade de recursos;
3. Execução: Instalação, inspeção, modificação, restauração e reparação de equipamentos;
4. Atividades de suporte: Registos de avarias e respetivas ordens de trabalho, relatórios de manutenção, alterações da configuração das máquinas, controlo de stock, entre outros.

## 2.4 Estratégias de manutenção

Segundo a norma internacional da terminologia da manutenção (EN 13306, 2017), num primeiro nível, existem três visões globais para a sua gestão, nomeadamente melhoria, manutenção preventiva e manutenção corretiva, que devem ser conciliadas por forma a se obter uma boa gestão de manutenção. De acordo com a Figura 4 da EN 13306:2017, para além das três visões globais para a gestão da manutenção, estão ainda definidos outros subtipos de estratégias de manutenção.

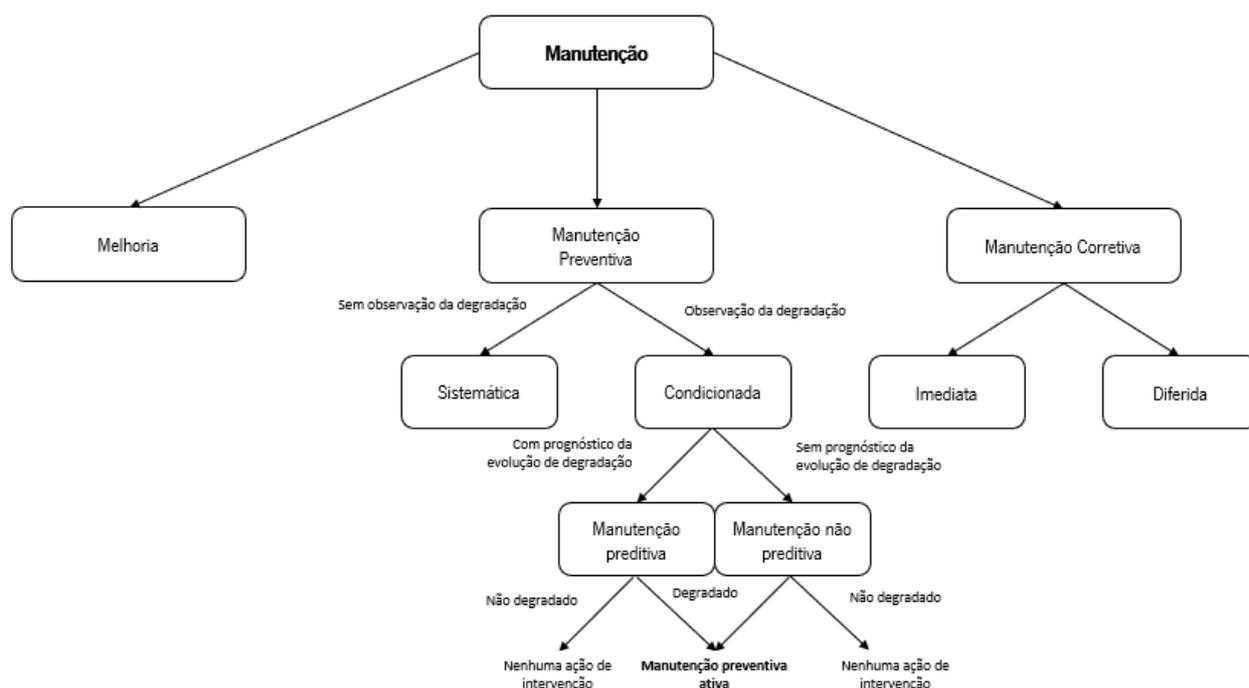


Figura 4 - Os diferentes tipos de manutenção segundo EN 13306, 2017

A melhoria consiste numa visão com especificidades diferentes das restantes, pois requer mudanças de características de fiabilidade intrínsecas, com o intuito de reduzir a frequência de falha, minimizando impactos e custos, ou mesmo eliminando-os. A manutenção preventiva visa prevenir a ocorrência de falhas e diminuir a probabilidade da sua ocorrência, através da implementação de ações de carácter preventivo, como por exemplo a substituição de componentes, ações de limpeza, lubrificação ou inspeção visual. Por sua vez, a manutenção corretiva implica a substituição de componentes degradados

ou reparação dos mesmos, restaurando assim a condição de funcionamento dos equipamentos de acordo com o expectável.

#### 2.4.1 Melhoria

A melhoria de um equipamento é vista como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão que têm em vista a melhoria intrínseca da fiabilidade e/ou manutenibilidade e/ou segurança de um equipamento, sem alteração da sua função original. Uma melhoria também pode ser introduzida em um processo para evitar o mau uso de um equipamento, de modo a evitar falhas ( EN 13306, 2017). Todas as metodologias e técnicas da gestão de equipamentos de uma fábrica procuram melhorar vários aspetos nas mesmas e a produção, sendo o objetivo final da gestão da manutenção a sua melhoria contínua.

#### 2.4.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é a chave para o sucesso do processo de gestão de qualquer equipamento e, tal como o nome indica, é realizada antes da deteção de qualquer falha, reduzindo o nível de ações reativas a um nível baixo o suficiente, de modo a permitir que as restantes iniciativas envolvidas nesse processo de gestão sejam efetivas (Wireman, 1998). O anexo A da norma (EN 13306, 2017) descreve a manutenção preventiva como aquela que é realizada a intervalos de tempos pré-determinados, ou de acordo com critérios definidos, tendo como finalidade a redução da probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um equipamento. Deverá ainda ser dividida em manutenção sistemática e condicionada.

Diversa literatura refere que a manutenção preventiva predeterminada pode também ser chamada de manutenção (preventiva) sistemática. Como o nome indica, é uma manutenção que tem uma periodicidade previamente definida, em função do número de horas de funcionamento ou do número de ciclos de produção, e que será executada de acordo com essa calendarização inicial. Por outro lado, a manutenção preventiva condicionada carece do estado de observação e análise de parâmetros previamente definidos para auferir o estado de degradação e/ou de funcionamento de determinado equipamento. Esta avaliação pode ser realizada através da observação do operador, e/ou por inspeção, e/ou por testagem e/ou por monitorização da condição do sistema. Alguns dos parâmetros de observação mais comuns são a análise de ruídos, análise de vibrações ou análise de óleo (EN 13306, 2017).

A partir de 2017, e com a atualização da norma Europeia da Manutenção (EN 13306) para fazer face às constantes necessidades das empresas (de forma a não perderem competitividade), surgem duas estratégias a partir da manutenção condicionada - manutenção condicionada Preditiva e manutenção condicionada Não Preditiva. A manutenção condicionada preditiva ocorre quando os dados do equipamento são analisados de modo a permitir um prognóstico da degradação associada (EN 13306, 2017). Com os avanços tecnológicos relacionados com a *Internet of Things* (IoT) no domínio da gestão de ativos, a sua adoção potencia aos agentes decisores, uma análise preditiva mais eficaz e detalhada, bem como em *timings* mais propícios à tomada de decisão (Brous et al., 2018). Por outro lado, a manutenção condicionada não preditiva não contempla estes prognósticos baseados em análises de dados dos equipamentos, mas sim, na observação da condição dos mesmos. Dependendo da condição, opta-se por realizar uma intervenção ou não.

#### 2.4.3 Manutenção corretiva

Contrariamente à manutenção preventiva, a manutenção corretiva é realizada depois de ser detetada uma falha, e consiste em restaurar, o mais rapidamente possível, as condições que permitam ao equipamento cumprir a sua função (Tsang, 1995). É uma estratégia reativa, pois a intervenção é despoletada por um evento de falha não previsto, podendo originar custos elevados associados a perdas de produção incorridas devido a paragens de equipamentos e à sua recuperação, bem como danos secundários e riscos de segurança/saúde infligidos pela falha (Tsang, 1995). Bevilacqua & Braglia, (2000), que realizaram uma análise quantitativa baseada nos fatores referidos, afirmam que uma estratégia de manutenção totalmente corretiva pode originar custos entre 15% a 70% do custo total de produção, devendo por isso, os gestores, selecionar a melhor política para cada equipamento ou sistema. Para mitigar essas situações e custos, a manutenção preventiva deve ser realizada sempre que é previsível uma diminuição da probabilidade de ocorrência de falhas. No entanto, uma frequência muito alta de intervenções preventiva também pode resultar em custos elevados, uma vez que recursos podem ser desperdiçados sem ser necessário. Para apoiar a tomada de decisão e substituir as decisões subjetivas por decisões objetivas, foram desenvolvidos modelos de otimização de manutenção. Modelos de otimização de manutenção são aplicados para encontrar uma solução de manutenção balanceada que se aproxime de um objetivo sob determinados critérios (Vilarinho et al., 2017).

Tal como acontece com a manutenção preventiva, também a manutenção corretiva se divide em dois tipos: se a anomalia apresentar avarias críticas, que comprometam o bom funcionamento do equipamento, a ação de reparação será imediata, sendo uma ação de manutenção corretiva imediata.

Caso contrário, pode ser realizado um planeamento para a realizar a ação de intervenção em um momento mais oportuno, sendo uma ação de manutenção diferida (EN 13306, 2017).

## 2.5 RCM e TPM

Atualmente, uma boa estratégia de manutenção deverá ser integrada com várias secções/funções da empresa ou organização em questão (Alsyouf, 2007), sendo algumas decisões de intervenção tomadas ao nível operacional (Muchiri et al., 2011). Enquanto que outras decisões, como a política e conceitos, são decididas a nível estratégico (Muchiri et al., 2011). Mediante a informação e necessidades de todas as secções, envolvendo toda a estrutura de decisão, para ações de manutenção e políticas, identifica-se qual a(s) metodologias(s) de manutenção que mais se adequa à empresa, sendo as mais comuns a *Reliability Centred Maintenance* (RCM) e a *Total Productive Maintenance* (TPM) (Pintelon & Parodi-herz, 2015), que se forem implementadas em conjunto originarão melhores resultados (Ben-Daya, 2000). Tratam-se de duas filosofias preventivas (Braglia et al., 2013), que dependem da qualidade dos equipamentos, sistemas e processos para serem aplicadas com sucesso (Ben-Daya, 2000). Neste contexto, a metodologia de planeamento mais comum é o (RCM). Porém, ao longo dos anos, a função manutenção beneficiou com o desenvolvimento de diferentes metodologias e filosofias. Assim, a literatura científica apresenta uma grande variedade de conceitos relacionados com a manutenção

As metodologias RCM e TPM exigem que os departamentos de manutenção e produção operem sinergicamente para discernir e evitar possíveis problemas, de forma a serem implementadas com sucesso (Braglia et al., 2019).

### 2.5.1 Metodologia RCM

A metodologia RCM identifica ações de manutenção preventiva para as causas dominantes das falhas do equipamento, considerando a sua viabilidade técnica e a eficácia de custos (Jiang, 2015; Ahuja & Khamba, 2008). No âmbito do RCM, as iniciativas de manutenção são focadas sobretudo nos componentes ou unidades funcionais para os quais a fiabilidade assume maior relevância (Garg & Deshmukh, 2006). Monitoriza a operação de cada componente e define as consequências associadas às suas falhas, criando uma estrutura de consequências em ordem decrescente de gravidade das falhas individuais (Poor et al., 2019), e é utilizada para otimizar as estratégias de manutenção preventiva (Ben-Daya, 2000). Ao determinar as consequências, todas as atividades dos elementos do dispositivo monitorizado devem ser especificadas. Se o nível de risco devido à falha não puder ser reduzido pelo

modo de manutenção selecionado, será necessário reconstruir o elemento. Assim, o RCM também trata da análise de possíveis causas de falhas do dispositivo (por exemplo, manutenção negligenciada, desgaste, entre outras) e como ferramentas básicas utilizadas por esta metodologia, pode-se incluir:

- Análise do modo de falha e análise de efeitos - FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*;
- Análise de causa e consequências.

### 2.5.2 Metodologia TPM

O pai da metodologia TPM (Nakajima, 1988) descreve o TPM como uma política de manutenção produtiva levada a cabo por todos os colaboradores, divididos por pequenos grupos de todos os setores de atividade das empresas. Hartmann (1992), que foi responsável pela implementação do TPM em várias empresas, constatou que a eficiência global do equipamento aumenta constantemente, se houver envolvimento ativo por parte dos operadores. O TPM tem como objetivo fomentar as zero paragens por parte dos equipamentos, zero produtos com defeito e zero desperdícios, ou seja, remoção de todas as atividades que não acrescentem valor e signifiquem desperdício (Maletič et al., 2014; Nakajima, 1988), além de capacitar os funcionários e melhorar a condição dos equipamentos (Ben-Daya, 2000; Maletič et al., 2014). É suportado essencialmente por duas características: gestão dos equipamentos (a mais importante) e a capacitação dos funcionários (Ben-Daya, 2000). Por forma a clarificar o TPM, o *Japan Institute of Maintenance* desenvolveu um “edifício” tendo por base 8 pilares (os oito pilares do TPM), sendo eles os demonstrados na Figura 5: Manutenção autónoma, Manutenção planeada, Melhorias específicas, Gestão da qualidade do processo, Gestão de novos equipamentos, Educação e formação, Saúde, Segurança e Ambiente e por último, TPM em áreas administrativas.

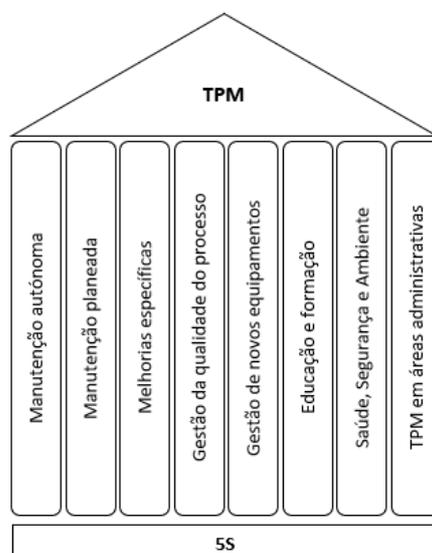


Figura 5 - Edifício TPM (adaptado de Ahuja & Khamba, 2008)

Tendo como “fundações” o conceito de 5S, é criado o edifício mencionado anteriormente. Esses conceitos referem-se a cinco palavras japonesas, que se iniciam por “S”, sendo elas identificadas na Tabela 2.

Tabela 2- Identificação dos 5S e seu significado

Japonês	Português
Seiri	Separar
Seiton	Organizar
Seiso	Limpar
Seiketsu	Normalizar
Shitsuke	Disciplinar

Murthy *et al.* (2002) e Garg & Deshmukh (2006) identificam as seguintes fragilidades, que são transversais a ambas as metodologias: são abordagens essencialmente qualitativas que não contemplam a carga de operação do equipamento e seu efeito no processo de degradação, não consideram assuntos estratégicos de longo prazo, e não abordam a subcontratação para manutenção e seus os riscos associados. Analisando a literatura relativamente à relação entre o RCM e o TPM, identifica-se uma complementaridade entre ambas (Braglia *et al.*, 2019), sendo que é importante destacar o papel vital que o RCM tem na implementação do TPM (Ben-Daya, 2000).

## 2.6 Indicadores de desempenho na área da manutenção

De acordo com a norma Europeia de Indicadores de desempenho (NP EN 15341, 2009), “um indicador é uma característica mensurável (ou um conjunto de características) ou um fenómeno, de acordo com determinada fórmula, que atesta uma evolução”.

Todos os setores de atuação requerem de um sistema de gestão de indicadores de modo a medir o seu desempenho. Para o setor da manutenção, a norma NP EN 15341:2009 refere um conjunto de indicadores para medir o desempenho na área da manutenção de acordo com três pontos de vista: económico, técnico e organizacional, estando divididos em três níveis e sendo posteriormente definidos consoante a necessidade do cliente (Weber & Thomas, 2005). Para empresas na área da produção, a sua performance e competitividade, estão dependentes da fiabilidade, disponibilidade e produtividade das suas instalações de produção, sendo que estes indicadores não podem ser definidos de forma isolada mas sim, resultantes de uma análise integrada com os indicadores de manutenção (Muchiri *et al.*, 2011). Rødseth & Strandhagen (2015) referem que o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um

indicador essencial na área da manutenção (bem como na área do planeamento e produção), corroborando com Weber & Thomas (2005) que também definem o OEE como um dos indicadores mais importantes na área da manutenção.

Aquando da seleção da estratégia de manutenção, vários indicadores devem ser tidos em conta, entre os quais o MTTR (*Mean Time to Repair*), equação (1) que corresponde ao tempo de paragem do equipamento que se encontra em reparação (Lopes, 2007), pretendendo-se valores o mais reduzidos possível.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total das reparações}}{\text{Número total de avarias}} \quad (1)$$

O MTBF (*Mean Time Between Failures*), equação (2), avalia a fiabilidade de um sistema ou máquina através do cálculo do tempo médio entre avarias. Representa o tempo médio durante o qual o equipamento reparável funciona normalmente até que ocorra nova avaria (Lopes, 2007), e ao contrário do MTTR, são pretendidos valores o mais elevados possível.

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{\text{Número total de avarias}} \quad (2)$$

Indicadores como o MTTR ou MTBF só podem ser calculados e analisados a partir de uma amostra de dados de falhas considerável, afetando a decisão final sobre a estratégia a adotar (Bevilacqua & Braglia, 2000).

É importante considerar o MWT (*Mean Waiting Time*), equação (3), onde é facilmente perceptível a importância da duração das paragens e das reparações para o seu cálculo, e permite auferir a rapidez com que uma equipa começa uma intervenção (avaliando assim a sua eficiência e capacidade de resposta).

$$MWT = \text{Duração total da paragem} - \text{Duração da reparação} \quad (3)$$

Disponibilidade, equação (4), e está relacionado com perdas por avaria, tempos de *setup* e de ajuste (Eti et al., 2004), e custos associados às falhas ou segurança e questões ambientais (Bevilacqua & Braglia, 2000).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad (4)$$

A taxa de ocupação dos técnicos, equação (5), reflete se os recursos humanos da empresa estão a ser racionalmente utilizados ou se pelo contrário, a quantidade dos mesmos necessita de ser ajustada.

$$\text{Taxa de ocupação dos técnicos} = \left( \frac{\text{Número total de horas de paragem}}{\text{Número total de horas de atividade}} \right) \times 100 \quad (5)$$

Nas secções de desenvolvimento e análise desta dissertação, os indicadores definidos para realizar as análises comparativas no âmbito do projeto serão identificados e explorados.

## 2.7 Análise e exploração de dados no âmbito da manutenção

Análises regulares da fiabilidade do equipamento de produção não reduzem apenas os custos de manutenção, mas também garantem uma maior qualidade dos artigos produzidos. Os métodos tradicionais de análise de fiabilidade usam um grande número de informações de falha de equipamentos semelhantes ao longo do tempo para obter suas características gerais, sendo baseadas em dados experimentais de muitas amostras, sendo o resultado apenas uma média (Dai et al., 2019). O método de análise da fiabilidade baseado em um modelo de degradação é um avanço no desenvolvimento da tecnologia de engenharia de fiabilidade. Mas ainda existem algumas debilidades neste método, como os dados reduzidos ou pouco rigorosos, sendo na prática difíceis e/ou caros de obter. Em estudos recentes, métodos de monitorização de condição têm sido utilizados para obter sinais dinâmicos, que refletem a condição do equipamento e podem ser utilizados para análise de fiabilidade sem perturbar o funcionamento normal do equipamento (Dai et al., 2019).

A qualidade e rigor dos dados é um fator crítico para uma gestão de ativos eficaz, e no caso desse rigor não ser o desejável, pode resultar em consequências negativas para uma organização (Koronios et al., 2005), enquanto que empresas que tenham acesso a dados de alta qualidade promovem as atividades empresariais e a tomada de decisão (Madhikermi et al., 2016).

Com estes estudos, percebe-se a importância que os dados têm nas decisões de gestão da manutenção e a necessidade de que os mesmos tenham o máximo rigor possível, para que desse modo possam ter tomadas decisões sustentadas e em tempo útil (Madhikermi et al., 2016).

As empresas geram, a nível organizacional, grandes quantidades de dados, estruturados e não estruturados, duradouros e temporais, dados de conteúdos, e presentemente tem-se verificado um grande aumento de metadados. Apesar desta explosão de quantidade de dados, existe a sensação de que os diretores, ao nível de gestão, não confiam nos dados que possuem, nomeadamente no seu rigor, consistência e se serão oportunos na tomada de decisão (Koronios et al., 2005). Smith (1993) indica que a recolha de dados que servirão de suporte às decisões deverá começar pela seleção de um sistema que irá ser o ponto de partida para as análises que se irão realizar. Esta seleção deverá seguir os critérios que se entendam serem os mais pertinentes, como por exemplo, o sistema com mais intervenções

corretivas ou o sistema com maior tempo de paragem associado (Smith, 1993), dando outra segurança ao diretores na hora de confiar ou não na informação de que dispõem.

Como se pode verificar em diversa literatura, para fazer face a estas exigências, os dados que suportam a gestão da manutenção passam por diversas fases até serem robustos o suficiente na tomada de decisões. Jardine *et al.* (2006) e Lee *et al.* (2014) referem que para o caso da manutenção condicionada, além da aquisição dos dados é ainda necessário o seu tratamento/processamento de forma a que seja possível extrair a informação relevante para a tomada de decisão e a consequente decisão (Jardine et al., 2006; Lee et al., 2014).

A aquisição de dados consiste na recolha e armazenamento de dados relacionados com variáveis que podem refletir o processo de degradação dos componentes que estão em monitorização (Prajapati et al., 2012), além de que a seleção de equipamentos de medição deve considerar as variáveis a serem monitorizadas (Rocha et al., 2019). Os dados recolhidos podem ser categorizados em dois tipos principais: dados de eventos e dados de monitorização de condições. Os dados de evento incluem as informações sobre os acontecimentos/ações (por exemplo, instalação, avaria, revisão geral, etc., e quais foram as causas), e/ou as intervenções realizadas (por exemplo, pequenos reparos, manutenção preventiva, troca de óleo etc.) em relação ao equipamento em análise. São importantes para avaliar o desempenho de indicadores de condição e para apoiar ações de melhoria ou refinar os indicadores estabelecidos anteriormente (Jardine et al., 2006). No entanto, dados relacionados com equipamentos críticos serão tendencialmente escassos ou inexistentes porque a sua falha será de evitar a todo o custo (Lei et al., 2018). Por outro lado, os dados de monitorização de condição são as medições relacionadas com estado do equipamento em questão (Jardine et al., 2006). São dados muito versáteis, podendo ser a vibração registada, registos sonoros, temperatura, pressão, entre outros, usando vários micro-sensores para efetuar esses registos (Kirianaki et al., 2002).

Tendo o processo de recolha de dados implementado, a próxima fase será o tratamento dos mesmos, sendo conhecida como *Data Processing*, que tem como objetivo a extração da informação importante para o suporte à tomada de decisões (Elghazel et al., 2015). Pode-se dividir esta fase em duas subfases: *Data cleaning* e *Data analysis*. A primeira fase, *Data cleaning*, assume uma importância extrema, pois muitas vezes os dados tendem a ser não-estruturados e imperfeitos, principalmente os dados de evento, pois geralmente são introduzidos manualmente (Jardine et al., 2006). Assegura, ou pelo menos aumenta a chance, de que dados limpos (sem erros) sejam usados para análise e modelagem adicionais. Sem esta etapa, pode-se entrar na chamada situação de GIGO (*Garbage In - Garbage Out*), ou seja, dados não rigorosos são usados como *inputs*, e os *outputs* resultantes não servirão de base sustentável para

uma boa tomada de decisão. Dados não rigorosos são causados por muitos fatores, incluindo o fator humano como já foi referido (Jardine et al., 2006). Para as situações de dados de condição, que dependem dos microsensores instalados, os erros na recolha de dados podem adivir de falhas nos sensores. Nesse caso, a solução será isolar o sensor em falha (Xu et al., 2003). De todas as formas, Jardine *et al.* (2006) afirma que não existe uma maneira fácil de realizar esta fase e que por vezes, exige que os dados sejam analisados manualmente. O recurso a ferramentas gráficas, por vezes, poderão ser uma grande ajuda na procura e remoção de erros nos dados recolhidos. *Data cleaning* é uma etapa muito complexa do processamento de dados (Jardine et al., 2006) e que será explorada no capítulo de desenvolvimento desta dissertação, pois foi uma etapa muito trabalhosa e demorada, que exigiu muita observação e cruzamento de fontes de dados.

A segunda etapa do *Data processing* consiste na análise destes dados e retirar informação relevante, ou seja, *Data analysis*. Dados de pobre qualidade podem originar decisões erradas ou pouco precisas, exigem mais tempo de análise e geram informação pouco clara (Lai & Leu, 2018). De forma a melhorar a eficiência e qualidade desta etapa, antes de processar grandes quantidades de dados, os valores incompletos, inadequados e anormais para a situação em questão, deverão ser identificados e removidos de acordo com o método demonstrado na Figura 6 (Taleb et al., 2018).

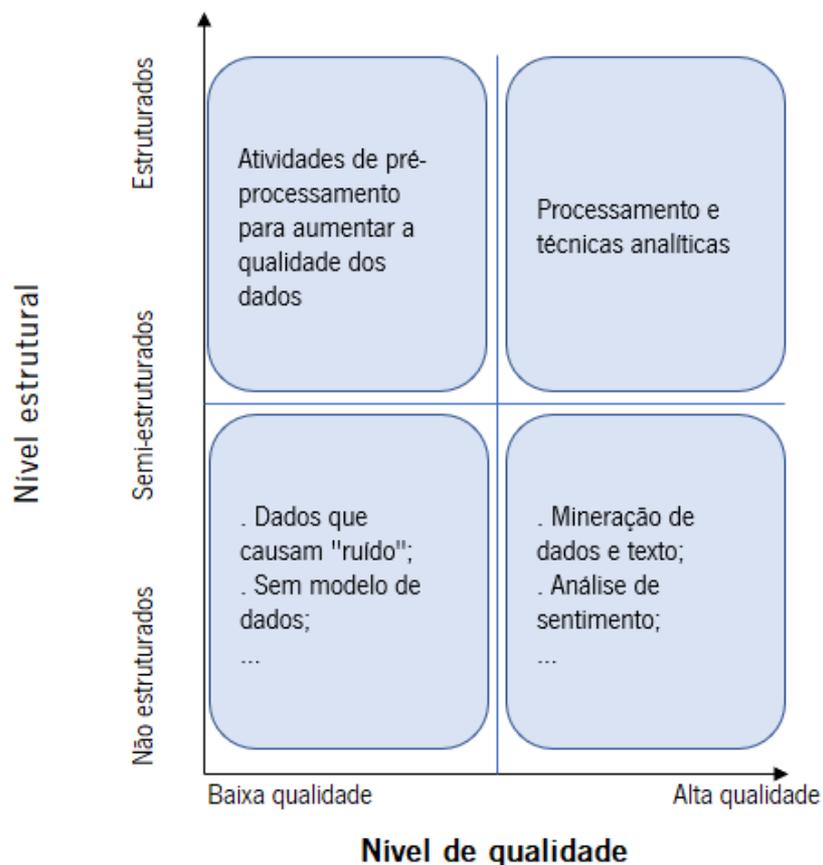


Figura 6 - Relação entre a estrutura de dados e a sua qualidade (adaptado de Taleb *et al.*, 2018)

## 2.8 Indústria 4.0 e o seu impacto na gestão da manutenção

Desde 2011, quando os conceitos da Indústria 4.0 foram anunciados pela primeira vez, essa revolução industrial cresceu e tomou forma a partir de alguns conceitos teóricos para aplicações no mundo real, tendo influenciado quase todos os setores (Yang & Gu, 2021). A sua aplicabilidade pode ser encontrada nas mais variadas áreas de atuação e afectar quase toda a população em geral de várias maneiras (Yang & Gu, 2021). Dois objetivos principais para os aplicativos da Indústria 4.0 são garantir o máximo tempo de atividade em toda a cadeia de produção e aumentar a produtividade enquanto reduz o custo de produção. À medida que a economia baseada em dados evolui, as empresas começaram a utilizar técnicas de *big data* para atingir esses objetivos. As tecnologias de *big data* e IoT cada vez mais desempenham um papel fundamental na criação de aplicativos orientados a dados (Sahal et al., 2020). A chamada “smartização” da indústria de manufatura foi concebida como a quarta revolução industrial ou Indústria 4.0, uma mudança de paradigma impulsionada pelo surgimento e maturidade progressiva das novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) aplicadas a processos e produtos industriais (Diez-Olivan et al., 2019). Do ponto de vista da ciência de dados (*Data Science*), essa mudança de paradigma permite extrair conhecimento relevante dos equipamentos monitorizados por meio da adoção de estratégias inteligentes de monitorização e fusão de dados, bem como pela aplicação de métodos de *machine learning* e de otimização. Um dos principais objetivos da ciência de dados nesse contexto é prever efetivamente comportamentos anormais em equipamentos, ferramentas e processos industriais, de modo a antecipar eventos críticos e potenciais danos, que podem eventualmente causar importantes perdas económicas e problemas de segurança (Diez-Olivan et al., 2019). Consequentemente, o prognóstico baseado em dados, prevendo uma estratégia de manutenção preventiva (Sahal et al., 2020), está gradualmente a ganhar popularidade em diferentes setores industriais (Diez-Olivan et al., 2019). A estratégia de manutenção preventiva prevê falhas com antecedência suficiente para que os agentes de decisão possam tomar as medidas mais apropriadas, como ação de manutenção, substituição ou até mesmo um desligar do equipamento planeado (Sahal et al., 2020). Os processos de fabrico, principalmente, seguem a linha de montagem, portanto, qualquer falha na linha de montagem resulta em um efeito dominó, sendo por isso, de vital importância evitar qualquer local de falha dentro da linha de montagem. Recorrendo a soluções de manutenção preditiva, essas falhas podem ser evitadas ou pelo menos mitigadas. No entanto, para a previsão ser mais precisa e ideal, é de extrema necessidade recolher e analisar grandes quantidades de dados relevantes dentro de um prazo razoável (Ali et al., 2019; Patel et al., 2017). As aplicações relativas a MP são consideradas aplicações analíticas cruciais orientadas a dados especiais para as indústrias de manufatura em larga escala, e Sahal *et al.* (2020)

estruturam essas aplicações em formato de canal (*pipeline*) para o processamento de *big data*. É um processo que contempla quatro fases: Recolha de dados (*Data Collection*), Análise de dados (*Data Analyzing*), Armazenamento de dados (*Data Storing*) e por fim Consulta de dados (*Data Querying*). Essas quatro fases estão representadas na Figura 7, bem como os *softwares* de livre acesso que se podem utilizar em cada uma delas. É portanto possível de referir que as tecnologias de análise de *big data* e de processamento de fluxo são um requisito fundamental para soluções de manutenção preditiva (Ferreiro et al., 2017).

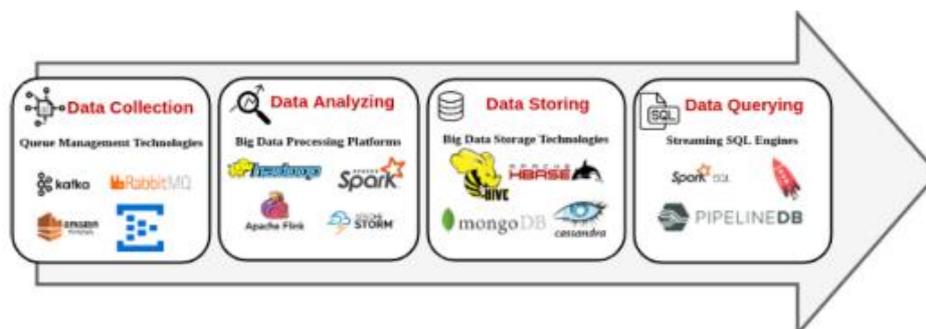


Figura 7 - Tecnologias de análise de dados utilizadas em cada fase (Sahal et al., 2020)

Sendo ambas filosofias pró-ativas, a estrutura em formato de canal de Sahal *et al.* (2020) para a manutenção preventiva complementa as fases referidas por Prajapati *et al.* (2012) e Elghazel *et al.* (2015) para a manutenção condicionada, nomeadamente a aquisição de dados e o processamento de dados. Sahal *et al.* (2020) contempla estas duas fases no seu fluxo (*Data Collection* e *Data Analyzing*) com o armazenamento dos dados e a sua consulta.

## 2.9 Importância do conhecimento na área da manutenção

A manutenção industrial é um campo complexo e de muito conhecimento (Aromaa et al., 2015). O conhecimento é um ativo intangível que se desenvolve a partir de certas atividades mentais realizadas por um indivíduo. No entanto, o conhecimento é valioso apenas quando usado e, portanto, o deve ser transferido e partilhado, ou seja, gerido (Mansor et al., 2012). Como outras funções das fábricas, a função de manutenção requer gestão do conhecimento, podendo ser considerada como um processo que envolve várias atividades em um ciclo composto por captura e / ou criação de conhecimento, partilha de conhecimento, disseminação e sua aplicação (Weinreich & Groher, 2016). Sendo a gestão de conhecimento um conjunto de atividades que visa estabelecer os objetivos da manutenção, a estratégia e as respetivas responsabilidades. A sua implementação é realizada com recurso ao planeamento da manutenção, seu controlo e supervisão, além de melhorias dos métodos na organização incluindo fatores

económicos (EN 13306, 2017). Já a captura / criação de conhecimento diz respeito ao desenvolvimento de novos conteúdos ou à substituição de conteúdos existentes baseados em conhecimentos tácitos ou explícitos. Partilha e disseminação de conhecimento referem-se à sua transferência (Weinreich & Groher, 2016).

A aplicação do conhecimento capturado e/ou gerado refere-se à sua aplicação numa organização para obter uma vantagem competitiva.

Como referido anteriormente, na área de gestão de manutenção, essas atividades podem ser suportadas por diferentes ferramentas, tais como sistemas de informação de gestão de manutenção, denominados *Enterprise Asset Management (EAM)*, *Computerized Maintenance Management Systems (CMMS)*, ou ainda, de acordo com Aromaa *et al.* (2016) a Realidade Aumentada (para partilha de conhecimento), sensores e dispositivos móveis, juntamente com plataformas colaborativas.

Existem dois tipos principais de conhecimento nucleares para a sua gestão: tácito e explícito. Conhecimento tácito (*know-how*) é o conhecimento assimilado pela mente humana através da experiência e trabalhos: *Know-how* e aprendizagem assimilados pelas mentes das pessoas, sabedoria e experiência pessoais específicas do contexto, mais difíceis de extrair e codificar. Inclui perceções e intuições (Aromaa *et al.*, 2015).

Conhecimento explícito (saber que) é codificado e digitalizado em livros, documentos, relatórios ou memorandos. Informação documentada que pode facilitar a ação. Apenas uma parte do conhecimento explícito é facilmente acessível, podendo ser armazenado em sistemas de informação e reutilizado de forma eficiente. Tornar explícito o conhecimento tácito é o objetivo da Engenharia do Conhecimento. (Aromaa *et al.*, 2015) afirma que a transferência do conhecimento tácito em uma organização de manutenção requer três etapas distintas da sua gestão: capturar o conhecimento tácito, processar a informação capturada para torná-la adequada para partilha, e finalmente, comunicá-la. Especialistas humanos podem formalizar diretamente conhecimento implícito (tácito) de forma explícita ou também pode ser extraído (automaticamente ou não) de informações relacionadas com experiências anteriores armazenadas no sistema de informação da empresa (Potes Ruiz *et al.*, 2014).

(Mansor *et al.*, 2012) afirma que um *warehouse* de conhecimento deve incluir informações sobre as melhores práticas, métodos de manutenção e de avaliação, sintomas de problemas e contramedidas.

(Potes Ruiz *et al.* 2014), refere que a resolução de problemas requer a busca e a partilha de conhecimento entre um grupo de indivíduos em um determinado contexto. Indivíduos relacionados com manutenção (técnicos e especialistas) adquirem muita experiência (conhecimento implícito ou tácito) ao longo dos anos. Capturar esse conhecimento, armazená-lo e distribuí-lo dentro e entre as comunidades

de prática é uma questão importante da gestão de manutenção. Apoiar-se ainda na modelação do conhecimento formal de vários especialistas como suporte à decisão na resolução de problemas dentro desta área para facilitar a gestão da manutenção colaborativa.

(Potes Ruiz et al., 2014) propuseram um *framework* que permite gerir e gerar conhecimento a partir de informações de experiências anteriores, a fim de melhorar as decisões relacionadas à atividade de manutenção.

Aromaa *et al.*, (2015) pretendiam aumentar a compreensão das interações dos técnicos de manutenção e partilha de conhecimento com colegas, e tecnologia durante os trabalhos de manutenção, desenvolvendo um modelo de partilha de conhecimento em trabalhos de manutenção. Foram analisados três casos de manutenção industrial recorrendo a entrevistas e observação, tendo sido posteriormente proposto um modelo genérico de troca informal de conhecimento entre diferentes intervenientes da indústria de serviços. O modelo foca-se em ilustrar informações e partilha de conhecimento do ponto de vista dos técnicos de manutenção. Baseado no modelo proposto, afirmam ser mais fácil de enfrentar os desafios de recolha de conhecimento e a sua partilha. Além disso, apoia a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias que contribuam para a partilha de conhecimento no futuro.

Aromaa *et al.*, (2016) estudaram o uso de tecnologias de partilha de conhecimento, recorrendo a AR para orientação de tarefas de manutenção preventiva e tecnologias “vestíveis” para recolher dados, e criar relatórios de casos reais da indústria, para descobrir se os técnicos de manutenção os consideram úteis (identificando alguns problemas em relação ao uso simultâneo de vários dispositivos e a sua colocação).

## 2.10 Redes e plataformas colaborativas

Devido às rápidas alterações da economia global, as empresas tentam reinventar-se e manter a sua competitividade através da colaboração. Práticas colaborativas como cadeias de suprimentos, cadeias de valor, empresas virtuais ou clusters estão cada vez mais a se tornarem comuns. No entanto, a colaboração apenas por colaborar não é suficiente; para que as empresas mantenham sua vantagem competitiva e continuem a sustentar seu desempenho, a colaboração deve resultar na criação de um novo e exclusivo valor (Bititci, Martinez, et al., 2004).

O termo colaboração costuma ser citado como uma forma de interação entre indivíduos e / ou empresas/*stakeholders*, e seu principal objetivo é obter benefícios que surjam para todos os participantes associados enquanto trabalham juntos em equipa (Bititci, Mendibil, et al., 2004). Além

disso, colaboração, também se refere a empresas e / ou indivíduos que trabalham juntos com um objetivo comum, embora não haja necessidade de ter ou forçar um "objetivo comum" durante a colaboração, conforme exposto em (Putnik et al., 2021a, 2021b). O que realmente importa é comunicar e partilhar informações, conhecimentos, habilidades, ao mesmo tempo que permite aprender e praticar de forma colaborativa (Putnik & Ferreira, 2019).

A implementação de plataformas e processos colaborativos tem evoluído como consequência dos novos desafios colocados às empresas pelas condições de mercado em constante mudança global, e da evolução no campo das tecnologias de informação e comunicação (Camarinha-Matos & Afsarmanesh, 2005) resultando em uma grande variedade de redes e plataformas colaborativas que surgiram nos últimos anos.

Além disso, as organizações colaborativas em rede apresentam um alto potencial permitindo o acesso a novos conhecimentos, partilhando informações e conhecimentos, juntamente com recursos, e agregando habilidades e capacidades complementares, que lhes permitem focar em suas competências essenciais (Camarinha-matos & Afsarmanesh, 2006).

Os Sistemas Cibernéticos Industriais (CPS) beneficiaram com a introdução de uma variedade de facilitadores de tecnologia, como computação baseada na *web* e semântica, sensor omnipresente, internet das coisas (IoT) com multiconectividade, arquiteturas de computação avançadas e plataformas digitais, agregado a gestão e análise de dados de ponta ou *cloud*.

Surgiram fluxos de dados cada vez mais automatizados, mas que requerem uma integração mais eficaz, em vez de eliminação das capacidades cognitivas humanas no ciclo de processos relacionados à produção.

A integração humana em ambientes ciber-físicos já pode ser suportada digitalmente de várias maneiras. No entanto, incorporar habilidades humanas e conhecimento tangível requer abordagens e soluções tecnológicas que facilitem o envolvimento pessoal dentro de sistemas técnicos de forma que aproveitem ou ampliem as suas capacidades cognitivas para alcançar sistemas sociotécnicos mais eficazes (Daniyan & Oyesola, 2020; Emmanouilidis et al., 2019), e isso pode ser fornecido por meio de plataformas colaborativas.

Em ambientes de manufatura, uma grande preocupação é a capacidade de analisar e processar falhas de equipamento em tempo real, o que apresenta muitas dificuldades e desafios técnicos (Xenakis et al., 2019), pois tanto a análise de dados automatizada quanto a humana devem ser integradas na decisão, originando processos para melhorar a precisão de decisão e soluções. Plataformas colaborativas e sistemas gerais de apoio à decisão são poderosas ferramentas para melhorar os processos de tomada

da mesma, pois podem ser usados em diversos tipos de contextos e para atender a necessidades específicas, permitindo interações e partilha de conhecimento entre diferentes entidades ou intervenientes, nomeadamente fornecedores, clientes ou parceiros de negócios que podem ser distribuídos globalmente (Arrais-castro et al., 2015; Chen et al., 2008; Cioc, 2012; Putnik et al., 2021a). Com a atual crescente necessidade de sobrevivência das empresas, num contexto cada vez mais direcionado para uma política de gestão global de recursos, ao mesmo tempo que se tenta tirar vantagem das novas tecnologias associadas à Indústria 4.0, a colaboração interempresas (Putnik et al., 2021b) assume, cada vez mais, um papel preponderante, fomentando ainda o aparecimento de canais de comunicação para a troca contínua de informação, com maior foco entre os próprios equipamentos (Roblek et al., 2016).

## 2.11 Arquitetura de *software* de gestão de conhecimento

A arquitetura de *software* tem sido um importante tópico de pesquisa ao longo das últimas duas décadas, tendo surgido as suas primeiras definições no início da década de 1990 (Perry & Wolf, 1992). Com o crescimento da importância da arquitetura de *software* orientada para a decisão em oposição a uma visão orientada para a solução, surgiu a Arquitetura de *Software* de Gestão de Conhecimento, *Software Architecture Knowledge Management* (SAKM).

Para que o conhecimento, dados e informação, possam ser integrados e disseminados convenientemente, é necessária uma arquitetura de informação que cumpra com os requisitos dos utilizadores/empresa, de forma a especificar quais as suas necessidades quanto à estruturação dos dados, e informação a agregar e disseminar. A arquitetura de *software* de gestão de conhecimento lida com a identificação e alavancagem do conhecimento de arquitetura no desenvolvimento de *software*. Nesse caso, a arquitetura de conhecimento abrange não apenas o conhecimento específico do projeto, como requisitos, decisões de projeto e sua lógica, mas também o seu conhecimento genérico, como experiência, especialização, padrões e táticas de arquitetura. Se não for gerido explicitamente, o conhecimento crítico permanece conhecimento tácito, que se desgasta com o tempo (Ali Babar et al., 2009).

### 3. CONTEXTO EMPRESARIAL

Neste capítulo será realizada uma breve apresentação e descrição da empresa que serviu de protótipo às metodologias e procedimentos definidos na realização deste projeto. Será retratada a sua história e evolução, bem como a sua área de negócio, os seus principais produtos e fábricas. Em seguida, é apresentada a sua missão e valores e por último será realizada uma descrição da atual política de gestão de manutenção e descrita a razão da realização deste projeto de investigação

#### 3.1A realidade atual da empresa e a sua missão

O presente projeto foi desenvolvido em parceria com uma empresa que atua no setor dos derivados de madeira. Atualmente a empresa tem em operação uma dezena de fábricas em quatro países, das quais cinco na Alemanha, duas em Espanha, uma na África do Sul e quatro em Portugal, em Mangualde, Oliveira do Hospital (O.H.), Castelo de Paiva e Sines, sendo a fábrica de O.H. a fábrica alvo deste projeto. Possui grande presença internacional, com 2 993 colaboradores de mais de 30 nacionalidades, presente em 9 países (com 21 Unidades Industriais e Comerciais) e os seus produtos estão presentes em 75 países, tornando-se um dos maiores produtores mundiais de painéis derivados de madeira, com um volume de negócios de 819 milhões de euros e 4,185 milhões de metros cúbicos de produção.

A sua visão e missão são sustentadas pelo *slogan* “Criar soluções de madeira para uma vida melhor”, podendo-se repartir esta frase em duas vertentes: criar soluções de madeira para uma vida e planeta melhores, e proporcionar soluções de madeira sustentáveis que melhorem a vida das pessoas. Têm a missão de criar soluções sustentáveis e que acrescentem qualidade de vida, ambicionando ser a marca de eleição dos clientes, colaboradores, fornecedores e das comunidades em que estão inseridos, sempre com o intuito de proporcionar uma vida, futuro e planeta melhores.

Em termos de certificação, possui o FSC (*Forest Stewardship Council*), o PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes*) e Gestão Ambiental, Gestão da Qualidade e Gestão de Saúde e Segurança no Trabalho, de acordo com as normas internacionais ISO 9001, ISO 14001 e ISO 18001, sendo que a maioria das fábricas também possui a norma internacional ISO 50001 certificada pela *Energy Management*.

## 3.2 Política de gestão de manutenção atual

Na presente secção serão descritos os principais fundamentos da estratégia de gestão de manutenção atual da empresa, e quais os seus objetivos para fazer face às necessidades inerentes a um mercado em constante evolução.

### 3.2.1 Estrutura organizacional da área da manutenção

A unidade fabril da empresa que será alvo das análises e protótipos encontra-se dividida em duas áreas principais, como se pode verificar na Figura 8:

- Produção de aglomerado (PB);
- Produção de aglomerado revestido de melamina (MFC).

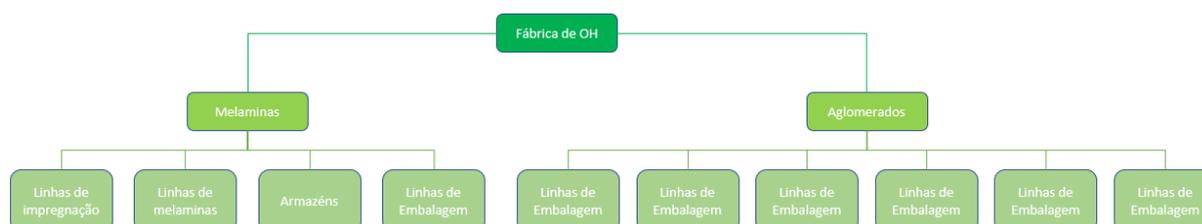


Figura 8 - Unidade fabril de Oliveira do Hospital

A equipa técnica de manutenção é composta por 43 pessoas no total das duas áreas, e estão distribuídas de acordo com o organigrama da Figura 9.

A adicionar aos seus funcionários, a empresa também recorre à subcontratação para realizar intervenções em períodos muito específicos, como demonstra a Tabela 3:

Tabela 3 – Períodos que requerem subcontratações

Paragens mensais	Com uma duração de 16 horas para a área de PB (6 a 8 pessoas)
	Com uma duração de 8 a 12 horas para a área de Melaminas (6 a 8 pessoas)
Paragem anual	Nos últimos 10 a 12 dias. É uma operação que envolve mais de 120 técnicos.

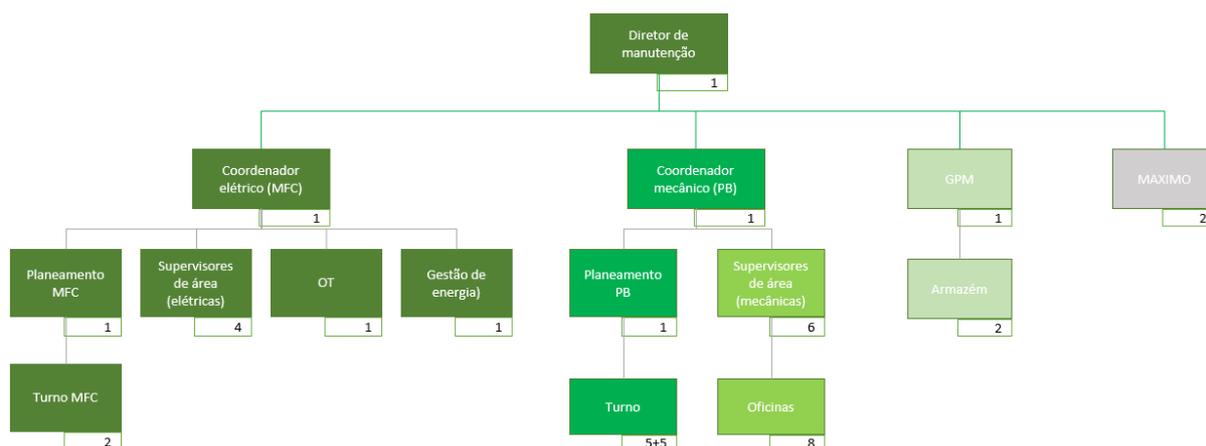


Figura 9 - Organograma da equipa de manutenção da fábrica de Oliveira do Hospital

### 3.2.2 Linha protótipo

A unidade industrial de Oliveira do Hospital tem uma linha de produção de painéis de aglomerado de madeira (PB) e painéis de fibra de madeira (*Medium Density Fiberboard*, MDF) revestidos a papel melamínico, chamada linha BP9.

Como já foi referido, a implementação do presente projeto foi realizada inicialmente na fábrica de Oliveira do Hospital, sendo a linha BP9 alvo dos ensaios de prototipagem, com o intuito de uma implementação gradual nas demais linhas e consequentemente fábricas. Devido à dimensão da linha, seu número elevado de equipamentos (ativos) e ausência de registos (ou falta de rigor nos mesmos), em conjunto com a empresa definiram-se três localizações funcionais dentro de um dos sistemas mais críticos da linha BP9 que seriam os alvos dos primeiros protótipos e análises. A empresa utiliza nas suas fábricas um sistema de codificação dos níveis hierárquicos para organização dos seus equipamentos, indo do mais abrangente para o mais específico. Localizações funcionais e sistema são dois desses níveis hierárquicos, sendo que um sistema é constituído por diversas localizações funcionais.

Como uma das outras componentes do projeto de investigação desenvolvido em paralelo com o projeto de dissertação, envolve a análise de criticidade e atribuição de planos de manutenção aos diversos equipamentos, em primeira instância foi necessário determinar qual as localizações com mais avarias associadas. Dentro dessas localizações identificaram-se quais os tipos de ativos que foram alvo de um maior número de intervenções, de forma a ter uma amostra o mais significativa possível para posteriormente ser utilizada para testar o protótipo da plataforma colaborativa. São eles o Carro de Ventosas com 68 avarias e a Mesa Tapete com 25 avarias, como se pode verificar no Apêndice I. Estas avarias são relativas ao período temporal que dista de 29 de dezembro de 2020 a 28 de abril de 2022. No entanto, a linha BP9 não possui nenhuma localização funcional que integre em conjunto Mesa Tapete

e Carro de Ventosas, pelo que se decidiu que seria pertinente a seleção de três localizações funcionais, de modo a contemplar estes dois tipos de equipamentos, que seriam as seguintes:

P051 - BK5 - 346 - 00805 - 0130/0170/0230, onde P051 é o código para O.H., BK5 para a linha BP9, 346 da área, 00805 identifica o sistema e por último, 0130/0170/0230 são as localizações funcionais selecionadas.

### 3.2.3 A importância do *IBM Maximo*

Até à data, a maioria das intervenções têm sido executadas por recursos humanos que pertencem a cada unidade fabril, sem necessidade de recorrer a apoio externo. Não obstante este tipo de práticas, existe um grupo de trabalho interno que partilha questões relacionadas com a manutenção.

É importante salientar que existe uma solução que está a ser gradualmente implementada em todas as unidades fabris, o *IBM Maximo* (IBM, 2021), um EAM, de maneira a registar os dados relativos à manutenção, permitindo uma gestão integrada de ativos, mas também a monitorização remota, manutenção preditiva ou inspeção visual quando estiver implementada na totalidade. Este EAM deverá conectar com uma solução de AR/ MR que culminará em uma ferramenta holográfica de apoio às ações de manutenção (seja de diagnóstico ou de intervenção de reparação, ou mesmo na formação de novos técnicos). O *IBM Maximo*, além da versão *desktop*, onde se apresenta a sua página inicial na Figura 10, tem ainda uma versão *mobile*, adaptada aos telemóveis e *tablets* dos utilizadores, permitindo aos técnicos preencher os campos em qualquer localização em que se encontrem ou cronometrarem ações de intervenção. Como se pode verificar na Figura 11, permite ainda abrir Pedidos de Serviço (*Service Request*) (SR) e/ou Ordens de Trabalho (OT).

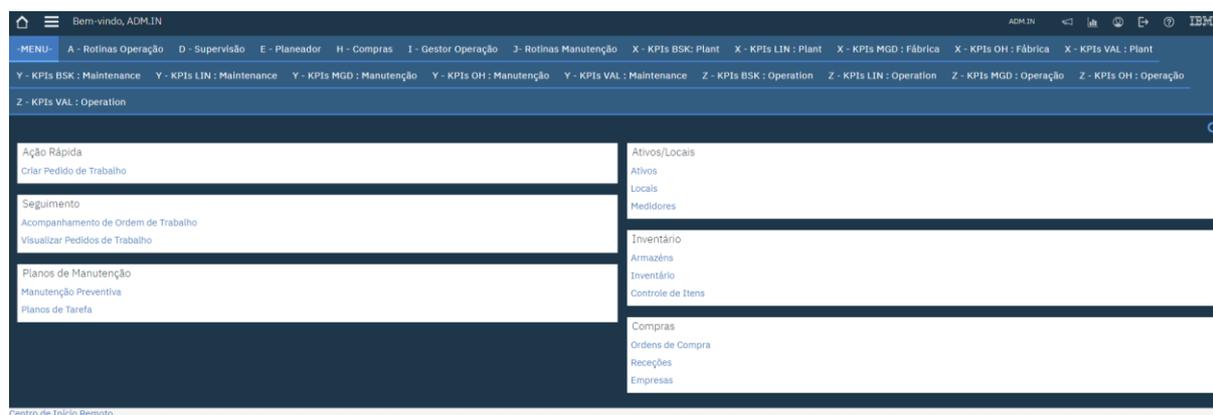


Figura 10 - Página inicial do *IBM Maximo* em *desktop*

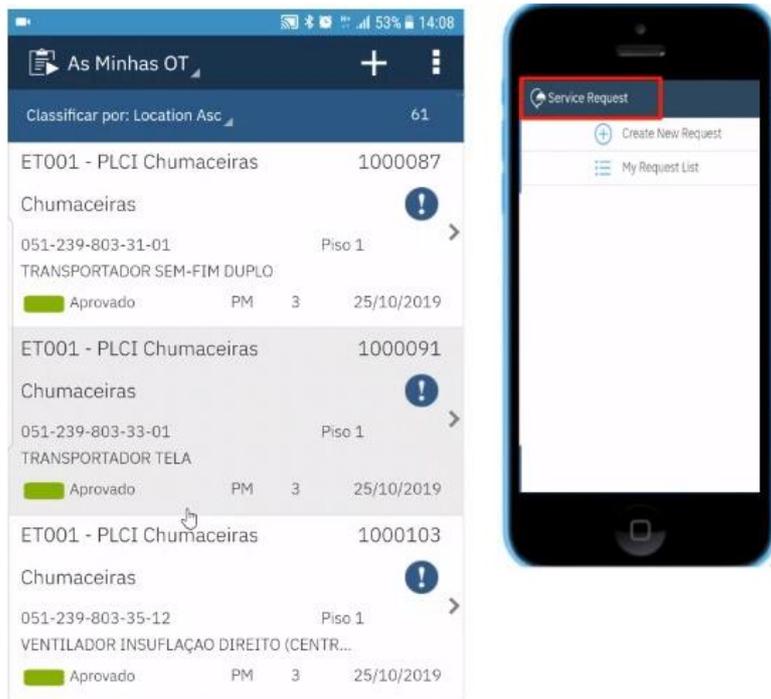


Figura 11 - IBM Maximo versão *mobile* : gestão das OT (esquerda) e criar um SR (direita)

Como se pode verificar, a versão *mobile* permite da mesma forma que a versão *desktop*, verificar as intervenções que cada técnico tem atribuídas para o seu dia de trabalho, acesso a informação detalhada da OT e ainda à escala de degradação da(s) família(s) de componentes que serão responsáveis pela avaria. Se necessário, o técnico pode ainda reservar componentes para realizar a intervenção, introduzir fotografias ou comentários que ele ache relevantes durante a resolução do problema, e que poderão ser mais-valias em ações futuras.

O *IBM Maximo* é uma solução integrada com uma vasta gama de funcionalidades, como se verifica na Figura 12, e aplicações que incorpora ferramentas avançadas analíticas e dados de *IoT* para melhorar a disponibilidade, aumentar o ciclo de vida dos ativos e otimizar desempenhos. No entanto, é uma funcionalidade que ainda não está implementada nas fábricas da empresa.

Outra das funcionalidades do *IBM Maximo*, que já se encontra a ser utilizada pela empresa, passa pelo controlo da percentagem de intervenções preventivas e corretivas calendarizadas que foram realizadas. É calculado e exibido em forma de *Chart*, diretamente no *IBM Maximo*, como se pode ver no Anexo I.

Com a necessidade de aumentar a disponibilidade dos equipamentos, reter o conhecimento dos técnicos mais experientes e a sua disseminação pelas restantes fábricas da empresa, interligando com a plataforma colaborativa que se encontrava em estudo, a empresa entendeu que a seleção do *IBM Maximo* como seu EAM seria a escolha mais acertada.

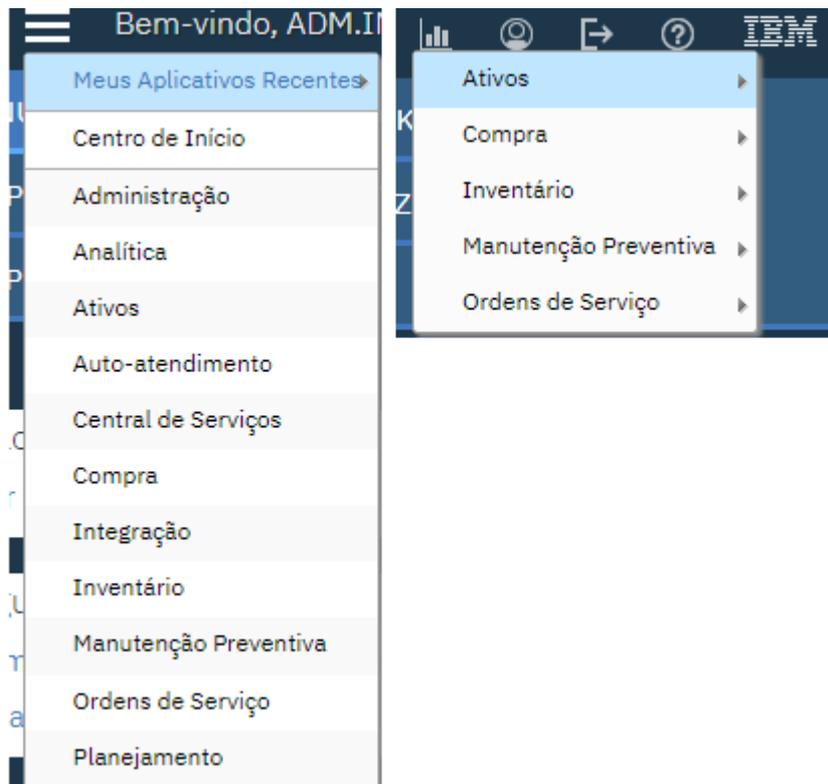


Figura 12 – Aplicações do *IBM Maximo* (esquerda) e possíveis mapas a retirar (direita)

A retenção e disseminação de conhecimento, como já foi referido, é fulcral para a estratégia que a empresa deseja seguir. Para isso, necessita de criar uma base de registos normalizados, através do *IBM Maximo*, nomeadamente quanto à descrição por parte dos técnicos relativamente ao efeito visualizado, sintoma detetado e posteriormente à causa raiz que esteve na origem da avaria. Permite também uma pesquisa mais rápida e ágil através de filtros específicos, como se pode verificar na Figura 13, tais como a localização, termos-chave (Descrição), componentes ou tipo de intervenção (TS - Tipo de Serviço), consoante a necessidade do utilizador em causa.



Figura 13 - Campos de pesquisa para filtrar as Ordens de Trabalho

Quando é realizado um SR ou se abre uma OT, é necessário preencher um campo chamado “Local”, que idealmente corresponde à Posição funcional onde se encontra o equipamento que sofreu a avaria. Para isso, a empresa criou uma codificação que tem seis níveis, para identificar esse equipamento. São esses níveis:

- 1º - a fábrica em questão (exemplo: P051);
- 2º - a linha da fábrica (exemplo: BK5);
- 3º - a área da linha (exemplo: 346);
- 4º - o sistema dentro da área (exemplo: 00805);
- 5º - a localização funcional (exemplo: 0170);
- 6º - a posição funcional (exemplo: 010), dando origem a códigos de identificação semelhantes aos da Figura 14.



Figura 14 - Exemplo de codificação de uma localização onde se detetou uma avaria

Através da Figura 15 é possível verificar que cada fábrica integra várias linhas distintas que se encontram divididas em várias áreas. Cada área é composta por vários sistemas, que integram diversas localizações funcionais. Por último, em cada localização funcional existem diversas posições funcionais, que correspondem à posição onde se encontram os ativos.



Figura 15 - Hierarquia do sistema de codificação usado nas várias fábricas da empresa

Para complementar o sistema de codificação utilizado pela empresa, é importante referir que os ativos são compostos por vários componentes.

É de salientar que as avarias são identificadas tendo por base o código da posição funcional e não o código de ativo, pois vários ativos diferentes, em momentos distintos, mas que realizam o mesmo tipo

de trabalho, podem ocupar a mesma posição funcional. Embora não seja muito usual dentro desta fábrica, foram detetadas algumas situações. Devido a esta particularidade, nas análises realizadas, os equipamentos serão analisados tendo por base a família/“tipo de ativo”, ou seja, equipamentos que podem ocupar a mesma posição funcional, que têm a mesma função. De salientar que para o presente projeto de dissertação, um tipo de ativo refere-se a equipamentos que ocupam a mesma posição funcional e realizam a mesma função, e ativo corresponde a um equipamento individual devidamente identificado através do seu código interno.

Nos registos preenchidos no *IBM Maximo*, a empresa atribui um grau de degradação a uma ou mais família de componentes, e não ao componente específico em si, identificando os modos de falha. Quando se analisam OTs que estão preenchidas com ordens de compra (OC), é possível verificar qual o componente que foi substituído (pela descrição e seu código de componente). Como nem todas as OTs têm OCs associadas, nas análises a realizar, trabalhou-se com famílias de componentes em alguns casos, e quando possível, com o componente específico.

Atualmente os técnicos têm acesso a uma ferramenta, utilizada pelos mesmos no chão de fábrica (*shop floor*), chamada de *Zoom Production*, que, no que à manutenção diz respeito, está a ser gradualmente substituída pelo *IBM Maximo*.

Como a Figura 16 demonstra, no *Zoom Production* os técnicos e operadores têm um campo de escrita livre, chamado “Observação”, o que de acordo com Jardine *et al.*, (2006), é propício à criação de registos não estruturados e pouco rigorosos, sendo de pouca utilidade nas análises para tomadas de decisão. Esse campo deveria ser utilizado para descrever o efeito visualizado no momento da avaria, de modo a criar um registo de onde se possa extrair qual o(s) efeito(s) mais vezes está associado à falha de determinado componente, mas na maioria das avarias não é preenchido. Quando é preenchido, como é de descrição livre, é difícil encontrar duas descrições iguais. Alguns operadores e técnicos optam por preencher com o número da OT e outros tentam descrever o efeito que lhes é visível, ou simplesmente não preenchem. Existe ainda um grande número de registos neste campo que foram preenchidos com a causa raiz da avaria ou com a forma como esta foi solucionada. Além deste campo com dados preenchidos com pouco rigor, nos registos do *Zoom Production*, o mesmo número de OT pode corresponder a mais do que uma paragem, o que também retira qualidade aos dados. A empresa justificou esta opção com o facto de uma mesma avaria se repetir na mesma posição funcional, levando os técnicos a atribuir o número da OT da avaria passada, assumindo dessa forma que a avaria não foi corrigida com a intervenção realizada.

No *IBM Maximo*, Figura 17, também existe um campo de escrita livre (Descrição, nomeadamente do efeito visível). Tal como no *Zoom Production*, é um campo importante na medida em que irá contribuir para o desenvolvimento de uma lista de onde se percebe qual o(s) efeito(s) mais vezes está associado à falha de determinado componente, auxiliando assim a ação de diagnóstico. Ao contrário dos registos do *shop floor*, todas as OTs têm uma Descrição associada, mas sem coerência no momento do preenchimento. Alguns técnicos optam por preencher com a resolução do problema, outros já com a causa raiz, e os que optam por preencher com o efeito não o fazem de forma normalizada. Desta forma, a fase de *Data Cleaning* para que os dados pudessem ser utilizados (Bevilacqua & Braglia, 2000) revelou-se uma componente de extrema relevância e trabalhosa deste projeto. Na secção 5.3.2 será apresentada a Tabela 8 com a lista de efeitos para a vertente elétrica, definida tendo por base os registos existentes e as entrevistas com os técnicos da fábrica. Serão disponibilizadas à empresa com o intuito de que sejam implementadas no EAM em forma de lista. Deste modo, o técnico que preencher o SR terá ao seu dispor listas de efeitos previamente definidas, dispensando assim a descrição livre, sendo o preenchimento do campo mais rápido e os dados obtidos serão mais robustos. Para este projeto foi assumido que o efeito será a perda de função ou o sintoma visualizado, sendo considerados dois tipos de efeitos: efeito ao nível do equipamento (ativo) e efeito ao nível do processo, que resultam de falhas ocultas dos equipamentos, como por exemplo, efeito ao nível da qualidade do artigo

Capítulo 3 | Contexto empresarial

Empres	Súd	Á	ma	Fu	Dia	Ani	Mé	rem	Di	Data Inicio	Data Fim	Duração	Tipo Parage	Motivo	Área	Sistema	Unid. Funcional	Equip	Tur	Tipo OP	Cód. OP	Obs	
P051	346	-	13/10/2021	2021	10	41	13	13/10/2021	10:10	13/10/2021	10:13	1,8 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	E	3	OPFR	510267317	1	
P051	346	-	13/10/2021	2021	10	41	13	13/10/2021	10:08	13/10/2021	10:10	2,5 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	E	3	OPFR	510267317	1	
P051	346	-	13/10/2021	2021	10	41	13	13/10/2021	10:05	13/10/2021	10:07	1,8 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	E	3	OPFR	510267317	1	
P051	346	-	13/10/2021	2021	10	41	13	13/10/2021	10:00	13/10/2021	10:04	4,6 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	E	3	OPFR	510267317	1	
P051	346	-	10/10/2021	2021	10	41	10	10/10/2021	05:47	10/10/2021	05:49	1,8 G	Avaria mecânica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	E	2	OPFR	510267084	1	
P051	346	-	10/10/2021	2021	10	41	10	10/10/2021	04:32	10/10/2021	04:47	15 G	Avaria mecânica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	E	2	OPFR	510267075	1 ventosa do carro ficou no meio do lote	
P051	346	-	09/10/2021	2021	10	41	9	09/10/2021	05:40	09/10/2021	05:43	3,5 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	1000-Alimentação de	10006-Transp Ventosas PblM/E	E	2	OPFR	510266637	1
P051	346	-	09/10/2021	2021	10	41	9	09/10/2021	05:53	09/10/2021	05:55	1,7 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	E	2	OPFR	510266636	2	
P051	346	-	08/10/2021	2021	10	41	8	08/10/2021	12:32	08/10/2021	12:38	5,8 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	2000-Alimentação de	A	1	OPFR	510267071	1 tracking banda 1	
P051	346	-	08/10/2021	2021	10	41	8	08/10/2021	12:29	08/10/2021	12:31	3 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	2000-Alimentação de	A	1	OPFR	510267071	1 tracking banda 1	
P051	346	-	08/10/2021	2021	10	41	8	08/10/2021	10:57	08/10/2021	10:57	0,4 G	Avaria mecânica da linha	S	N	346	5000-Escolhavidor	20006-Estação De Corte *0085 C	E	3	OPFR	510267302	2 tubo aspiração da serra de corte fora da posição
P051	346	-	08/10/2021	2021	10	41	8	08/10/2021	10:47	08/10/2021	10:57	8,7 G	Avaria mecânica da linha	S	N	346	5000-Escolhavidor	20006-Estação De Corte *0085 C	E	3	OPFR	510267302	1 tubo aspiração da serra de corte fora da posição
P051	346	-	08/10/2021	2021	10	41	8	08/10/2021	10:18	08/10/2021	10:20	1,8 G	Avaria mecânica da linha	S	N	346	2000-Alimentação de	10003-Aliment Papel Form 1° 00 B	E	3			
P051	346	-	08/10/2021	2021	10	41	8	08/10/2021	09:27	08/10/2021	09:30	2,3 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	2000-Alimentação de	10005-Aliment Papel Form 2° 00 B	E	2	OPFR	510267282	1
P051	346	-	07/10/2021	2021	10	40	7	07/10/2021	11:21	07/10/2021	11:24	2,3 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10003-Transp Ventosas Empilha C	E	3	OPFR	510267062	1
P051	346	-	07/10/2021	2021	10	40	7	07/10/2021	11:20	07/10/2021	11:21	0,7 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10003-Transp Ventosas Empilha C	E	3	OPFR	510267062	1
P051	346	-	07/10/2021	2021	10	40	7	07/10/2021	09:40	07/10/2021	09:42	1,5 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10003-Transp Ventosas Empilha B	E	2	OPFR	510267069	1
P051	346	-	07/10/2021	2021	10	40	7	07/10/2021	09:18	07/10/2021	09:20	1,8 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	7000-Corte de bordo	E	2	OPFR	510267069	1	
P051	346	-	07/10/2021	2021	10	40	7	07/10/2021	08:11	07/10/2021	08:13	2,2 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10003-Transp Ventosas Empilha B	E	2	OPFR	510267098	1
P051	346	-	07/10/2021	2021	10	40	7	07/10/2021	03:57	07/10/2021	04:00	3,8 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	7000-Corte de bordo	E	2	OPFR	510267099	1	
P051	346	-	07/10/2021	2021	10	40	7	07/10/2021	03:05	07/10/2021	03:08	2,8 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	7000-Corte de bordo	1000-"RASPAGEM E LIMPEZA	E	2	OPFR	510267099	1
P051	346	-	07/10/2021	2021	10	40	7	07/10/2021	03:00	07/10/2021	03:05	5,2 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	7000-Corte de bordo	1000-"RASPAGEM E LIMPEZA	E	2	OPFR	510267099	1 raspador
P051	346	-	06/10/2021	2021	10	40	6	06/10/2021	03:49	06/10/2021	03:54	6,1 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	1000-Alimentação de	E	2	OPFR	510266813	2 carro C4	
P051	346	-	05/10/2021	2021	10	40	5	05/10/2021	02:46	05/10/2021	02:55	9,3 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10012-Transp Lotes Saída Linha	E	2	OPFR	510266816	2 erro de segurança na saída de lotes
P051	346	-	04/10/2021	2021	10	40	4	04/10/2021	08:45	04/10/2021	08:33	47,3 G	Avaria mecânica da linha	S	N	EXT	7000-Despamento	A	1	OPFR	510266814	2 avaria no ventilador da aspiração	
P051	346	-	04/10/2021	2021	10	40	4	04/10/2021	03:19	04/10/2021	03:34	15,6 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10003-Transp Ventosas Empilha C	E	2	OPFR	510266812	2 OTTr1001289
P051	346	-	04/10/2021	2021	10	40	4	04/10/2021	02:56	04/10/2021	03:13	17 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10003-Transp Ventosas Empilha C	E	2	OPFR	510266812	2 OTTr1001289
P051	346	-	04/10/2021	2021	10	40	4	04/10/2021	02:50	04/10/2021	02:53	2,8 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10003-Transp Ventosas Empilha C	E	2	OPFR	510266812	2
P051	346	-	04/10/2021	2021	10	40	4	04/10/2021	02:35	04/10/2021	02:39	3,8 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10003-Transp Ventosas Empilha A	E	2			
P051	346	-	02/10/2021	2021	10	40	2	02/10/2021	11:18	02/10/2021	11:28	10,1 G	Avaria mecânica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10003-Transp Ventosas Empilha B	E	1	OPFR	510266628	1 Encravamento do carro
P051	346	-	30/09/2021	2021	9	39	30	30/09/2021	09:13	30/09/2021	09:15	2,3 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	5000-Escolhavidor	E	1	OPFR	510266633	1 serra e raspador pasto a manual sozinho	
P051	346	-	29/09/2021	2021	9	39	29	29/09/2021	10:45	29/09/2021	10:47	2,6 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	6000-Empilhamento	10003-Transp Ventosas Empilha B	E	1	OPFR	510266627	1
P051	346	-	27/09/2021	2021	9	39	27	27/09/2021	11:39	27/09/2021	11:43	3,3 G	Avaria mecânica da linha	S	N	346	4000-Prensa	10001-Transp Inter Mesa Carg P/B	E	1	OPFR	510266612	1
P051	346	-	27/09/2021	2021	9	39	27	27/09/2021	11:04	27/09/2021	11:34	29,3 G	Avaria mecânica da linha	S	N	346	4000-Prensa	10001-Transp Inter Mesa Carg P/B	E	1	OPFR	510266612	1 afinação do sopro da mesa de carga da prensa ot-51015289
P051	346	-	27/09/2021	2021	9	39	27	27/09/2021	10:29	27/09/2021	10:35	5,8 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	D	2	OPFR	510266611	2	
P051	346	-	27/09/2021	2021	9	39	27	27/09/2021	10:24	27/09/2021	10:27	3,4 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	D	2	OPFR	510266611	2 Avaria no sopro da estatica OT-051015271	
P051	346	-	27/09/2021	2021	9	39	27	27/09/2021	10:17	27/09/2021	10:21	3,8 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	D	2	OPFR	510266611	2	
P051	346	-	27/09/2021	2021	9	39	27	27/09/2021	03:10	27/09/2021	03:16	6,3 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	D	2	OPFR	510266611	2 Avaria no sopro da estatica OT-051015271	
P051	346	-	27/09/2021	2021	9	39	27	27/09/2021	02:47	27/09/2021	02:52	4,9 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	E	2				
P051	346	-	27/09/2021	2021	9	39	27	27/09/2021	02:39	27/09/2021	02:45	6,6 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	E	2				
P051	346	-	27/09/2021	2021	9	39	27	27/09/2021	02:34	27/09/2021	02:35	1,1 G	Avaria Elettrica da linha	S	N	346	3000-Mesa de Forma	E	2				

Figura 16 - Algumas OTs preenchidas no Zoom Production

Ordem de Trabalho	Descrição	Componente	Local	Descrição Local	Function	Cat.Lider	Descrição OT Pai	Conta	Estado	TS
0511080780	Inspecção/Revisão aos rolos de papel e aos carros de papel formação 1 e 2 - BP9 (PA_22)		bk5							cm
0511079979	Reparar Fuga da Bomba Hidráulica Mesa Elevatória de Paletes - BP9 (PA_22)		P051-BK5-346-00805	FORMAÇÃO PLACAS REVESTIDAS	WEMHONER - BP9	OH-MECAN	PARAGEM ANUAL AGOSTO 2022 MANUTENÇÃO	05OHRV-P051MAN22-ORD	APPR	CM
0511079960	Alteração da Blindagem e Bacia p/ arrefecimento Rolamento Bomba Inf Contacto - BP9 (PA_22)		P051-BK5-346-00811-0010-010	BOMBA CONT. INF.	BUFFER FUNDO DE LOTE EMPILHAMENTO	OH-MECAN	PARAGEM ANUAL AGOSTO 2022 MANUTENÇÃO	05OHRV-P051MAN22-ORD	APPR	CM
0511079959	Reparar Fuga de Ar no Cilindro de Elevação da Frente - BP9 (PA_22)		P051-BK5-346-00821-0050-010	CARRO VENTOSAS	CONTACTO PRATO INFERIOR	OH-MECAN	PARAGEM ANUAL AGOSTO 2022 MANUTENÇÃO	05OHRV-P051MAN22-ORD	APPR	CM
0511079958	Revisão Geral ao carro de Empilhamento - BP9 (PA_22)		P051-BK5-346-00821-0050-010	CARRO VENTOSAS	TRANSPORTE VENTOSAS EMPILHAMENTO	OH-MECAN	PARAGEM ANUAL AGOSTO 2022 MANUTENÇÃO	05OHRV-P051MAN22-ORD	APPR	CM
0511079957	Reparação fuga cilindro Pne. de Elevação Ventosas Esq. - BP9 (PA_22)		P051-BK5-346-00807-0030-010	CARRO PRENSA	TRANSPORTE PARA PRENSA	OH-MECAN	PARAGEM ANUAL AGOSTO 2022 MANUTENÇÃO	05OHRV-P051MAN22-ORD	APPR	CM
0511079956	Desempenar porta de entrada de lotes de agl. lado esq. - BP9 (PA_22)		P051-BK5-346-00801-0010-010	PORTA	RECEÇÃO PB/MDF CRU (ESQ.)	OH-MECAN	PARAGEM ANUAL AGOSTO 2022 MANUTENÇÃO	05OHRV-P051MAN22-ORD	APPR	CM
0511077925	Revisão Geral ao Raspador - BP9 (PA_22)		P051-BK5-346-00816-0015-010	RASPADOR(ES)	RASPAGEM PAPEL	OH-MECAN	PARAGEM ANUAL AGOSTO 2022 MANUTENÇÃO	05OHRV-P051MAN22-ORD	APPR	CM

Figura 17 - Algumas OTs preenchidas no IBM Maximo

## 4. REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES DA PLATAFORMA COLABORATIVA

Neste capítulo serão descritos os requisitos a que a plataforma colaborativa terá de corresponder, e as especificações que serviram de diretrizes ao trabalho desenvolvido de modo a integrar as técnicas de AR/AMR e a plataforma colaborativa, bem como o modo de funcionamento do sistema colaborativo.

### 4.1 Requisitos da plataforma colaborativa

Devido à rápida evolução do mercado e expansão da empresa, além da dispersão de unidades fabris e envelhecimento do seu corpo técnico de manutenção, esta sentiu a necessidade de modificar a estrutura de armazenamento da informação relativamente à gestão da manutenção. Não se pode dissociar desta decisão, o facto de a empresa ter optado por alterar a estratégia no que concerne à gestão da manutenção (reativa/preventiva calendarizada para uma estratégia de manutenção condicionada/preditiva). A solução definida para fazer face a esta questão foi o desenvolvimento e implementação de uma rede/plataforma colaborativa, entre as diversas unidades fabris, para gestão dos ativos e manutenção, com a definição de dados, informação e metodologias a partilhar entre os membros das diversas fábricas, e a sua integração com o *software* de gestão de manutenção selecionado. A forma encontrada para o suporte às diversas intervenções de manutenção com os técnicos menos experientes, ou mesmo durante a sua formação, foi a adoção de técnicas de AR.

Dessa forma, tendo por base os objetivos especificados no capítulo “Introdução” foram definidos os seguintes requisitos para a plataforma colaborativa e arquitetura de informação:

- Capturar e partilhar informações para realizar a melhoria da fiabilidade, disponibilidade, capacidade de manutenção, segurança (RAMS) e operacionalidade dos equipamentos que as fábricas têm em comum;
- Partilhar os dados do equipamento, permitindo criar uma amostra significativa de dados para análise posterior;
- Reter (capturar) o conhecimento dos técnicos de manutenção na identificação de modos de falha e reparação de equipamentos;
- Reter (capturar) o conhecimento dos técnicos de manutenção na execução de intervenções preventivas;

- Fornecer (partilhar e divulgar) informação aos técnicos durante as atividades de manutenção para apoiar o diagnóstico de falhas e reparações, tendo por base eventos anteriores semelhantes;
- Disponibilizar (partilhar e divulgar) informação aos técnicos durante as atividades de manutenção para apoio à realização de intervenções de manutenção preventiva complexas através de assistência remota e AMR;
- Reter conhecimento para formação de técnicos;
- Providenciar formação aos técnicos.

## 4.2 Especificações globais da plataforma de trabalho colaborativa (entre diferentes fábricas)

Os requisitos a que a plataforma colaborativa terá de dar resposta dizem respeito a dois tipos diferentes de funcionalidades, e consequentemente dois tipos de informação. Os dois primeiros requisitos mencionados na secção 4.1 conduzem à definição das especificações do sistema de trabalho colaborativo (plataforma colaborativa), e o fluxo de dados e informação entre unidades fabris diferentes. Os restantes requisitos servem de apoio à definição das especificações para definir a arquitetura de informação integrando técnicas AMR com a plataforma colaborativa.

Essas especificações foram divididas em dois grupos: “Especificações do sistema de trabalho e o seu fluxo de dados, e informação entre unidades fabris diferentes”, culminando no modelo conceptual da plataforma colaborativa, apresentado na Figura 18, e “Especificações de informação integrando as técnicas AMR com a plataforma colaborativa e sua estrutura”.

### 4.2.1 Especificações do sistema de trabalho colaborativo e o seu fluxo de dados, e informação entre unidades fabris diferentes

Esta secção descreve as especificações do sistema/plataforma colaborativa entre unidades fabris e apresenta o seu fluxo de dados e de informação. É importante fazer a distinção entre dados e informação. Falando especificamente da área da manutenção, dados são *outputs* retirados dos equipamentos sem serem explorados, ou seja, sem passarem pelas fases de *Data Cleaning* e *Data Analysis* (Bevilacqua & Braglia, 2000). Após a exploração de dados, estes passam a ser considerados informação relevante no auxílio à tomada de decisão (Bevilacqua & Braglia, 2000).

Para orientar o trabalho futuro e desenvolvimentos foram definidas especificações tendo em conta os requisitos definidos, e posteriormente divididas em dois grupos principais (módulos) de dados e informação, tendo por base a sua finalidade e a Tabela 4.

Tabela 4 - Requisitos e especificações de suporte ao desenvolvimento dos módulos da plataforma colaborativa

Requisitos	Especificações (diretrizes para os trabalhos desenvolvidos)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capturar e partilhar informações para realizar a melhoria da fiabilidade, disponibilidade, capacidade de manutenção, segurança (RAMS) e operacionalidade dos equipamentos que as fábricas têm em comum;</li> <li>• Partilhar os dados do equipamento, permitindo criar uma amostra significativa de dados para análise posterior.</li> </ul>	<p><b>1. Definição de métodos para análise conjunta de modos de falha e identificação de melhorias em equipamentos para aumentar a sua fiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e/ou segurança:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Definir um <i>dashboard</i> que permita comparar o desempenho do equipamento do mesmo tipo de diferentes fábricas (fiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança);</li> <li>– Definir ferramentas para análise conjunta de equipamentos e definição de melhorias (exemplo: FMEA, RCA);</li> </ul> <p>Neste aspeto, a plataforma deve permitir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Análise de falhas críticas (com impacto na segurança ou que levem a perdas de produção ou custos elevados);</li> <li>– Avaliação da criticidade de equipamentos realizados em conjunto (e partilhada), bem como a atribuição de uma política de manutenção.</li> </ul> <p><b>2. Definição de dados e informação a ser partilhada em tempo real para:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dar suporte à manutenção corretiva (falha modo, ação de reparo);</li> <li>– Dar suporte à manutenção preventiva (procedimento de manutenção, periodicidade, monitorização de condição);</li> <li>– Histórico (dados) de avarias, intervenções e melhorias.</li> </ul>

Na Tabela 4 são enumerados os requisitos e especificações de suporte ao desenvolvimento dos módulos da plataforma colaborativa. Os dois módulos definidos chamam-se “Análises e Melhorias (*Benchmarking*)” e “Partilha de Dados e Informação”. O primeiro módulo integrará dados provenientes do histórico dos equipamentos que irão ser processados em informação e analisados por forma a promover o *Benchmarking*. O segundo módulo irá agregar dados não transformados dos equipamentos, nomeadamente relativos às avarias, intervenções e melhorias, para posteriormente servirem de suporte

às intervenções de reparação, e serem ainda utilizados como fonte para o processamento de dados do primeiro módulo:

- O módulo de Análises e Melhorias (*Benchmarking*): utiliza dados transformados para realizar análises comparativas e calcular KPIs de modo a fomentar o *Benchmarking*. Estes dados provêm do histórico dos equipamentos, nomeadamente dos registos associados a avarias, intervenções e melhorias, tendo por objetivo a promoção de ações de *Benchmarking*. A estratégia de *Benchmarking* está estabelecida como uma ferramenta para aumentar o desempenho e competitividade das empresas dentro do seu ciclo de vida comercial (Kyro, 2002). “O *benchmarking* é antes de tudo uma ferramenta de melhoria, alcançada através da comparação com outras organizações reconhecidas como as melhores da área” (Bhutta & Huq, 1999). Neste caso em específico, a prática de *Benchmarking* será aplicada através de comparações de resultados de indicadores de fábrica para fábrica. Será sempre tido em conta as dimensões das fábricas em questão, o mercado em que estão inseridas e se produzem o mesmo tipo de artigo. As análises comparativas serão realizadas a partir dos resultados e informação proveniente dos KPIs de manutenção calculados por tipo de equipamento e todo o seu histórico associado, apresentados dentro do possível através de *dashboards*, permitindo alertar os utilizadores para a presença de um possível problema e promover a implementação de melhorias comprovadas. Com este tipo de análise pretende-se comparar o desempenho entre equipamentos e/ou linhas do mesmo tipo, e/ou diferentes fábricas. Caso algum equipamento ou fábrica apresente um desempenho abaixo do expectável, ou abaixo dos valores registados em outros casos, a causa será investigada e serão propostas as ações de melhoria correspondentes, utilizando ferramentas apropriadas que serão definidas durante os desenvolvimentos, com base em propostas disponíveis na plataforma colaborativa. Este tipo de informação estará acessível a um tipo de utilizador muito específico, neste caso, os responsáveis pela tomada de decisões.
- O módulo de Partilha de Dados e Informação, especificamente dados não processados: refere-se à partilha de todo o histórico relacionado com as avarias, intervenções e melhorias, bem como à informação de suporte às ações de manutenção corretiva e preventiva. Esta informação de suporte às ações de manutenção será fornecida ao técnico através de soluções móveis que, serão selecionadas tendo em conta a sua adequação a cada tipo de ação. Dentro das opções, os técnicos terão sempre à sua disposição o telemóvel ou um *tablet* (com acesso ao *IBM Maximo mobile*), além de óculos inteligentes de realidade mista modelo *HoloLens 2* (solução identificada

como a mais adequada por parte dos parceiros de consórcio de investigação responsáveis pela atividade de desenvolvimento tecnológico). Este módulo contemplará uma maior diversidade de utilizadores, sendo eles novamente os responsáveis pela tomada de decisões, mas também os técnicos de manutenção em função e em processo de aprendizagem.

Estes dois grandes módulos da plataforma colaborativa traduzem-se na representação da Figura 18, onde se podem ver os diversos submódulos e como se processa o fluxo de dados e informação.

Para o correto funcionamento da plataforma, o sistema deve ser abastecido com dados adequados e atualizados provenientes dos equipamentos e nas ferramentas de registo das diversas fábricas, nomeadamente o *IBM Maximo*, *Zoom Production* e o *SAP*. Esses dados resultam do histórico de falhas e avarias, dos diversos equipamentos, que ocorrem nas diversas fábricas e que exigem ações de manutenção. A plataforma contempla também as ações de melhoria que estão em análise ou que foram implementadas.

Relativamente à informação a integrar em cada um dos módulos, na “Partilha de Dados e Informação”, que não requer qualquer transformação de dados e análise, quando ocorre uma falha ou avaria toda a informação relevante associada a esta será registada e carregada na plataforma (por exemplo, modo de falha e descrição da intervenção de reparação, entre outros). Com este procedimento, a plataforma será enriquecida com informações que serão úteis para futuras situações semelhantes que exijam ações de manutenção (corretivas ou preventivas), partilhando-as com todas as outras fábricas. Esta partilha permitirá a qualquer técnico que se depare com um problema, já ocorrido numa das fábricas, um fácil acesso aos procedimentos para a sua resolução.

Pretende-se também que a informação relativa às ações de melhoria bem-sucedidas seja carregada na plataforma para serem analisadas e partilhadas com todas as restantes fábricas.

A Figura 18 retrata a informação e dados que a plataforma irá integrar e partilhar, bem como o seu fluxo entre a plataforma e uma fábrica exemplo.

Após reunião com os responsáveis informáticos pelo desenvolvimento técnico e implementação da plataforma colaborativa, onde foram apresentados os requisitos e especificações da mesma, foi sugerido que esta fosse desenvolvida em *Microsoft Visual Studio*. É uma ferramenta de desenvolvimento integrado de *software* em várias linguagens de programação, que permite a interligação com os *softwares* já utilizados pela empresa e a implementação da arquitetura de informação definida. Os dados não transformados alimentarão a plataforma e integrados no respetivo submódulo. Parte destes dados serão tratados em fase de *Data Processing*, podendo assim ser utilizados no cálculo de KPIs e nas análises a realizar. Os restantes dados serão disponibilizados aos técnicos e operadores através das diversas

ferramentas móveis, que estarão conectadas à plataforma colaborativa, mais adequadas a cada situação. A grande vantagem da implementação deste sistema será a possibilidade de agregar em uma Base de Dados (BD) (que é abordada e apresentada no Apêndice XII) e atualizar, em tempo real, os dados relativos aos registos dos três *softwares* utilizados pela empresa e realizar todo o processamento de dados em só um local. Deste modo, é evitada a dispersão de informação e a mesma será partilhada a partir de apenas um *software*.

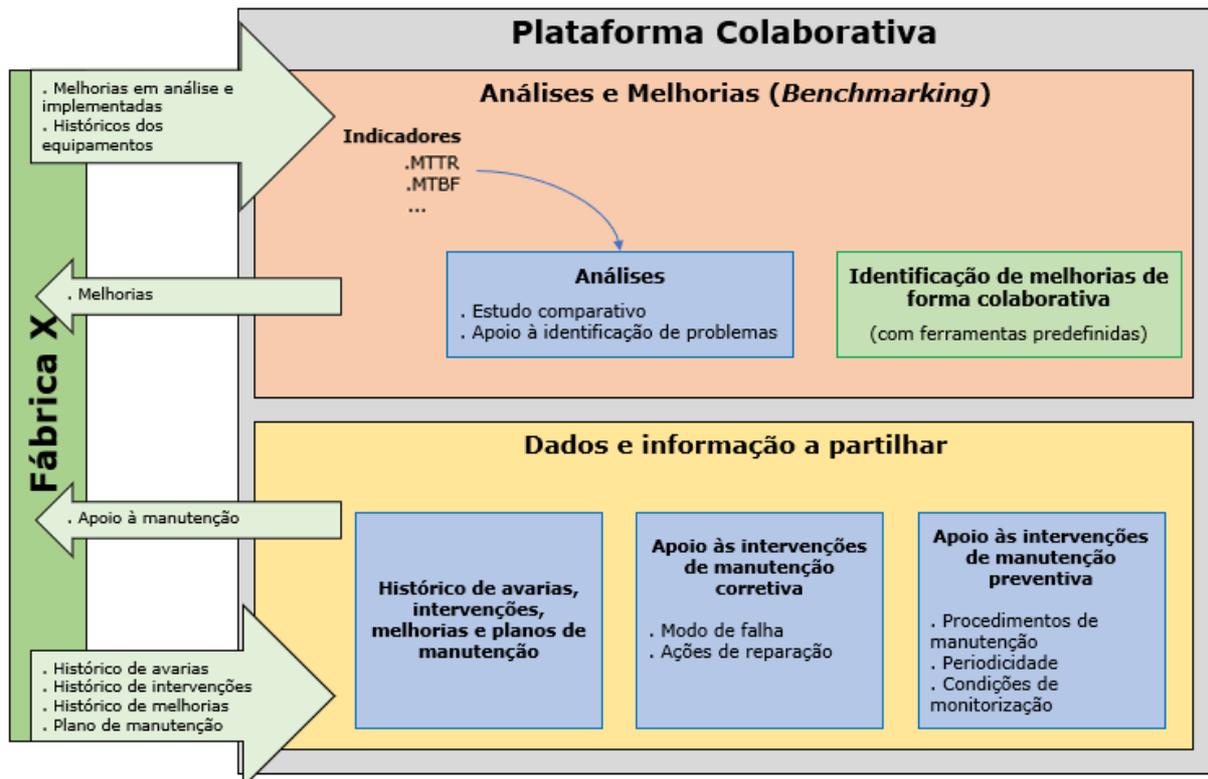


Figura 18 – Módulos da plataforma colaborativa e sua respetiva arquitetura, e o fluxo de informação entre si e uma fábrica exemplo

#### 4.2.2 Especificações de informação integrando as técnicas AMR com a plataforma colaborativa e sua estrutura

A arquitetura de informação visa assegurar que a informação necessária para apoiar o diagnóstico de avarias e reparações, intervenções de manutenção preventiva e formação dos técnicos, é disponibilizada, quando necessário, através de uma ferramenta de comunicação adequada.

Com base na Tabela 5, onde são apresentados os requisitos e especificações de suporte ao desenvolvimento da arquitetura de informação, que serviram de diretrizes para o trabalho desenvolvido, definiu-se a arquitetura e estrutura de informação integrando as técnicas de AMR com a plataforma colaborativa.

Tabela 5 - Requisitos e especificações de suporte ao desenvolvimento da arquitetura de informação

Requisitos	Especificações (diretrizes para os trabalhos desenvolvidos)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reter (capturar) o conhecimento dos técnicos de manutenção na identificação de modos de falha e reparação de equipamentos;</li> <li>• Reter (capturar) o conhecimento dos técnicos de manutenção na execução de intervenções preventivas;</li> <li>• Fornecer (partilhar e divulgar) informação aos técnicos durante as atividades de manutenção para apoiar o diagnóstico de falhas e reparações, tendo por base eventos anteriores semelhantes;</li> <li>• Disponibilizar (partilhar e divulgar) informação aos técnicos durante as atividades de manutenção para apoio à realização de intervenções de manutenção preventiva complexas através de assistência remota e AMR;</li> <li>• Reter conhecimento para formação de técnicos;</li> <li>• Providenciar formação aos técnicos.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definição de uma arquitetura de informação que indique <b>onde, como e que</b> informação será armazenada, visando auxiliar: <ul style="list-style-type: none"> <li>– O diagnóstico de falhas e reparações (histórico de manutenção normalizado);</li> <li>– Intervenções de manutenção preventiva (instruções de trabalho);</li> <li>- Formação de técnicos.</li> </ul> </li> <li>2. Definição de uma arquitetura de informação que indique <b>qual a ferramenta de comunicação</b> (HoloLens 2, Realwear, telemóvel, tablet, ...) a utilizar e a <b>respetiva informação a fornecer</b> por cada ferramenta nas seguintes situações: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Diagnóstico de falhas e reparações;</li> <li>– Intervenções de manutenção preventiva;</li> <li>– Formação de técnicos.</li> </ul> </li> </ol>

Devido às potencialidades das soluções holográficas, nomeadamente a possibilidade de visualizar as várias etapas e vídeos de como realizar determinada intervenção, ou mesmo receber indicações remotamente enquanto realiza a mesma, estas são recomendadas para suportar as seguintes situações: diagnóstico de falhas e reparações, intervenções complexas de manutenção preventiva (por exemplo, intervenções demoradas e com várias etapas sequenciais) e formação de técnicos. Devido ao seu elevado custo, surgiu a necessidade de adotar dispositivos menos dispendiosos para realizar as intervenções que na maioria das vezes não requerem assistência. Por isso, foram propostos dispositivos móveis/ *tablet* para auxiliar as intervenções preventivas de baixa e moderada complexidade e tarefas de manutenção autónomas (MA). É uma solução que fornecerá apenas uma gama limitada de funções. Na Tabela 6 são apresentados, de forma resumida, quais os dispositivos de suporte que mais se adequam a cada situação.

Tabela 6 - Situações para as quais cada tipo de dispositivo de suporte é aconselhável

Tipo de intervenção	Dispositivo de suporte		Fontes de informação
	Soluções holográficas	Telemóvel/tablet	
Manutenção corretiva	Diagnóstico de falha e reparação.	Manutenção corretiva executada autonomamente.	Registos de reparações normalizadas do EAM; Outras fontes de informação.
Manutenção preventiva	Intervenções complexas; Formação de técnicos.	Outras intervenções; Manutenção preventiva executada autonomamente.	Instruções de trabalhos.

As informações para apoiar os diagnósticos de falha e reparações devem incluir registos normalizados do EAM. Além disso, outras informações úteis podem ser fornecidas, nomeadamente:

- Esquemas técnicos e diagramas dos equipamentos;
- Vídeos de instrução;
- Informação sobre solução;
- Análise de Causa Raiz (RCA);
- Valores medidos por sensores durante o período em que a falha ocorreu.

Pretende-se que durante o diagnóstico e reparação de avarias, o técnico possa aceder à informação relativa a um determinado equipamento e à informação agregada relativa a um tipo de equipamento. Para isso, foi discutido com a empresa e explicado o motivo pelo qual os registos referentes a cada evento de falha devem ser associados ao equipamento (posição funcional). Cada registo deve ainda incluir o modo de falha e a designação dos componentes danificados, descrições normalizadas do efeito correspondente e da ação realizada para a reparação do equipamento. Essas descrições normalizadas dos efeitos foram definidas depois de algumas entrevistas com técnicos da empresa, para se perceber qual o(s) efeito(s) efetivamente visível. Para as localizações funcionais protótipo, foram identificados os componentes substituídos nos ativos que sofreram avarias, criando assim uma lista de componentes. Graças às listas de efeitos normalizados que serão gradualmente criadas e implementadas, espera-se que o processo de diagnóstico seja otimizado, pois determinado efeito estará associado a um número limitado de causas, entenda-se por componente responsável pela avaria, poupando tempo ao técnico na identificação do modo de falha.

Na subsecção 5.3.2 é apresentada a lista de efeitos, para as avarias da vertente elétrica, que foi definida em conjunto o técnico da fábrica responsável e quais os pressupostos assumidos para a sua elaboração.

Tendo por base as listas de efeitos definidas, é esperado que esta informação seja registada pelo operador no campo “Descrição do Problema” do EAM quando o “Pedido de Serviço” (SR) e a “Ordem de Trabalho” (OT) associada são gerados. Em seguida, o técnico pode comparar esta descrição com o mesmo campo da OT anterior para identificar eventos semelhantes no histórico do equipamento. Após a identificação do modo de falha, a descrição da ação relacionada com ocorrências anteriores do mesmo modo de falha, pode ser utilizada pelo técnico para auxiliar na definição de uma intervenção de manutenção adequada para a reparação do equipamento. Quando for possível identificar as causas do modo de falha durante a intervenção, uma breve descrição também pode ser fornecida. Cruzando a informação relativa aos modos de falha e às soluções implementadas em outras situações semelhantes, essa informação pode ser utilizada para auxiliar na identificação de ações de melhoria.

A execução das intervenções de manutenção preventiva será apoiada por Instruções de Trabalho. Pretende-se que a informação disponibilizada ajude na prevenção de erros e a minimizar o tempo despendido na realização da intervenção. As etapas a serem realizadas em cada intervenção serão identificadas e descritas sequencialmente, de forma objetiva, utilizando termos e expressões normalizadas. Os equipamentos mais críticos, de acordo com o critério de criticidade, terão maior prioridade na definição das instruções de trabalho.

Após a definição das fontes de informação para suporte às intervenções de manutenção corretiva e preventiva, serão estabelecidos formatos e locais de armazenagem adequados para facilitar o acesso aos arquivos. A plataforma colaborativa deve permitir que toda a informação relativa à gestão da manutenção de cada fábrica da empresa esteja acessível, de uma forma rápida e intuitiva, a todos os elementos que de uma forma ou outra estão ligados à mesma. Consoante a posição que ocupe dentro da empresa, esses elementos terão acesso à informação relevante para a sua função. Irão ser adicionados mecanismos e definida uma arquitetura de informação que simplifiquem a pesquisa de informação relativa a um determinado tipo de problema, ou a uma localização/posição funcional em específico. Esses mecanismos de pesquisa serão termos-chave, tabelas de correspondência para filtrar informação de fábrica para fábrica (pesquisar e retirar apenas informação associada a um ativo/localização funcional/sistema/linha), plantas da fábrica que permitam acesso à informação disponível para determinada localização selecionada, e tabelas normalizadas para a descrição do problema. Será por isso necessário que toda a informação seja guardada com uma breve descrição da avaria, além de ter associada a sua codificação até ao nível mais baixo possível (de preferência sempre com a posição funcional).

### 4.3 Especificação dos diversos módulos da plataforma colaborativa

Como é possível verificar na Figura 18, a plataforma colaborativa será dividida em dois grandes tipos de informação, sendo ela relativa às “Análises e melhorias (*Benchmarking*)” e “Dados e informação a partilhar”. Nesta secção é descrito o modo de funcionamento de cada módulo que integra os dois tipos principais de informação, nomeadamente, quais os seus *inputs* e *outputs*, além de ferramentas utilizadas, bem como os seus principais utilizadores e respetivas permissões tendo por base a tabela do Apêndice VI.

#### 4.3.1 Módulo de análises e melhorias (*Benchmarking*)

Nesta subsecção é abordada qual a informação que foi definida para integrar no módulo de análises e melhorias (*Benchmarking*), nomeadamente quanto aos seus submódulos, e suas especificações. Este tipo de informação será disponibilizado maioritariamente aos colaboradores da empresa que ocupem posições que exijam tomada de decisão e resulta de dados transformados, integrando três tipos de informação. Estes dados transformados provêm do histórico do equipamento, nomeadamente dos registos associados a avarias, intervenções e melhorias, e são divididos em dois submódulos: “Análises” e “Identificação de melhorias de forma colaborativa”.

##### 4.3.1.1 Submódulo “Análises”

- Estudo comparativo: será realizada uma análise comparativa do desempenho em diferentes fábricas e dentro da mesma fábrica, com o objetivo de auxiliar na identificação de diferenças significativas a partir de *outputs* dos indicadores de manutenção calculados, podendo resultar em melhorias a serem implementadas. Estes indicadores seguirão a NP EN 15341:2009 e serão representados em *dashboards* recorrendo ao *software PowerBI*;
- Apoio à identificação de problemas: a partir dos *outputs* resultantes dos indicadores de manutenção para ativos do mesmo tipo em fábricas diferentes, e das suas representações através dos *dashboards*, pretende-se que sejam realizadas análises críticas com o objetivo de verificar a existência de valores/situações que não correspondam ao expectável, com o intuito de estabelecer prioridades na resolução de problemas com vista à melhoria do desempenho e identificar a origem de menor desempenho para um determinado ativo de uma fábrica. Nesses casos será feita uma análise no sentido de perceber qual a razão para os valores em causa e se se trata de um problema a ser resolvido.

Tendo por base a NP EN 15341:2009, são especificados os indicadores de desempenho para a área da manutenção com o objetivo de se realizar um estudo comparativo aos diversos níveis das diversas fábricas e no suporte à identificação de possíveis problemas. É de vital importância salientar que não se definiram KPIs a pensar numa análise de desempenho, mas sim, com o intuito de definir indicadores que permitam identificar diferenças significativas realizando análises comparativas entre os mesmos.

As análises comparativas contempladas no presente projeto de dissertação, algumas na forma de indicadores, são apresentadas na tabela do Apêndice II, sendo composta por cinco colunas, nomeadamente “qual o submódulo em que a análise está inserida”, “o que se pretende analisar e/ou comparar”, “situação existente”, “situação desejável” e a “solução”. Com o apoio da tabela do Apêndice II, pretende-se perceber qual a situação atual da empresa, em relação aos registos, de alguns processos relevantes para o cálculo dos KPIs, qual seria a situação desejável e que procedimentos implementar para o atingir. No caso de a situação atual não ser a desejável, é apresentada uma possível solução na 5ª coluna de modo a tornar esses registos mais rigorosos e fiáveis na hora de os utilizar. Não obstante o pressuposto de que não se está a realizar uma análise de desempenho, pretende-se a identificação de eventuais/potenciais diferenças significativas, através da comparação de desempenhos.

Para a visualização desta informação foram desenvolvidos *dashboards* que serão apresentados no capítulo “Desenvolvimento e exploração do protótipo”.

Alguns indicadores serão calculados desde o nível mais alto (a nível de fábrica) até ao nível mais baixo (ativo em questão), e outros, devido à sua pertinência, apenas tendo em conta o tipo de ativo ou a fábrica em questão. Nesta secção serão agrupados de acordo com as categorias contempladas na NP EN 15341:2009: Indicadores Económicos, Técnicos e Organizacionais, sendo que os KPIs Organizacionais não são contemplados neste projeto de dissertação.

Para os indicadores económicos, dentro da mesma fábrica, será calculado e comparado o custo de manutenção dos ativos do mesmo tipo. Será um indicador calculado ao nível do tipo de ativo e apenas considerando a mesma fábrica. Isto deve-se ao facto de cada fábrica ter os seus fornecedores específicos, além de estarem situadas em países diferentes, estando assim inseridas em mercados distintos. Também não se faz uma análise a níveis superiores dentro da mesma fábrica, porque mesmo sendo níveis hierárquicos semelhantes, o número de ativos difere entre eles. Apenas será contemplada esta análise para linhas idênticas.

Relativamente aos indicadores técnicos do submódulo (1) e respetivas funções da tabela do Apêndice II, serão calculados o MTTR, equação (1), e o MTBF, equação (2), utilizando e comparando a informação de todas as fábricas, e realizando a análise dentro da mesma fábrica. Nos casos em que se realize a

análise comparativa com a informação de todas as fábricas, apenas se contemplarão análises relativas a ativos do mesmo tipo, e entre linhas idênticas. Como as fábricas em questão são todas distintas, com quantidades de ativos diferentes, o nível mais alto destas análises comparativas serão as linhas idênticas. Os restantes níveis, excetuando os ativos do mesmo tipo, também não serão alvo deste tipo de análise devido à diferença dos mesmos de fábrica para fábrica, nomeadamente na quantidade de ativos e impossibilidade de realizar tabelas de correspondência fidedignas.

Para ambos, foram assumidos alguns pressupostos para as análises entre ativos do mesmo tipo. Nas diferentes fábricas, os ativos encontram-se agrupados em famílias com uma designação comum. No entanto, a mesma família pode incluir ativos com características distintas. Por isso, não é possível estabelecer uma correspondência direta entre ativos idênticos de fábricas diferentes, surgindo a necessidade da existência de uma lista que permita estabelecer a correspondência entre ativos idênticos, de fábricas diferentes, Apêndice III.

Quando os registos começarem a ser preenchidos com a duração das paragens e duração das reparações, nomeadamente, com o registo do início da intervenção e seu término, será possível calcular o *Mean Waiting Time* (MWT). Apenas será calculado ao nível das linhas. No caso de fábricas diferentes, serão consideradas linhas idênticas, e dentro da mesma fábrica a análise envolverá todas as linhas. É um indicador que depende de vários fatores externos, como por exemplo, existência ou não de componentes para substituição, eventualidade do técnico estar em uma outra intervenção, ou de a avaria acontecer numa localização afastada, obrigando assim a uma maior distância de percurso. Analisando este indicador ao nível mais alto e a longo prazo, é possível diluir estes fatores o máximo possível.

Já anteriormente ao início do presente projeto de dissertação e de investigação, a empresa considerava a Disponibilidade, equação (4), como o indicador de maior importância e que tinha como objetivo a médio prazo que atingisse os 90% para os diversos níveis hierárquicos.

A empresa, através do *IBM Maximo*, já realiza um acompanhamento semanal e mensal das ações de intervenção preventivas, além dos restantes tipos de intervenção, que foram realizadas. É apresentado também em forma de *dashboard*, complementado com o número previsto de intervenções e as que foram realizadas, como se pode verificar no Anexo I. Sendo um dos objetivos da empresa uma maior presença da MP na sua gestão de manutenção, este indicador auxilia a compreender se o planeamento deste tipo de intervenções está a ser bem realizado ou não, se os fornecedores estão a cumprir com os prazos, entre outros fatores.

Na informação relativa ao submódulo (2) da tabela do Apêndice II, “apoio à identificação de problemas”, que visa estabelecer prioridades na resolução de problemas e identificar a origem de menores

desempenhos, foram adicionadas listas ordenadas, considerando a informação de todas as fábricas. Devido à ausência de registos nas restantes fábricas, para além de O.H., no capítulo “Desenvolvimento e exploração do protótipo” apenas serão apresentados os resultados para essa fábrica.

- Para um determinado tipo de ativo, obter a lista ordenada de modos de falha em função do número de ocorrências, utilizando a informação de todas as fábricas (1).
- Em função do número de falhas, pretende-se obter a lista ordenada de componentes para um determinado tipo de ativo, utilizando a informação de todas as fábricas (2).
- Por fim, identificou-se a necessidade de obter uma lista semelhante à anterior, mas com a diferença de a lista ordenada ser para um ativo em específico e não para o tipo de ativo. Desta forma serão analisados os ativos por posição funcional considerando a substituição mais recorrente dos seus componentes (3).

#### 4.3.1.2 Submódulo “Identificação de melhorias de forma colaborativa”

A informação relativa ao submódulo “Identificação de melhorias de forma colaborativa” diz respeito à identificação e implementação de melhorias, de forma colaborativa, recorrendo a ferramentas adequadas para o efeito, e as suas especificações foram definidas tendo por base a tabela do Apêndice IV.

Tendo a empresa já definida e implementada uma abordagem, e um formulário específico para realizar *Root Cause Analysis* (RCA), (ver Anexo II.1 e Anexo II.2) foi definida uma metodologia que já contemple esta ferramenta e alguns dos processos da empresa, de acordo com os requisitos da Tabela 7.

Tabela 7 - Requisitos dos RCAs

Requisitos
1)Os RCA devem ser partilhados entre as diferentes fábricas; 2)Analisar a possibilidade de preencher os RCA em Inglês, de modo a facilitar a pesquisa de determinada informação; 3)A informação relevante retirada da análise RCA deve estar acessível a todas as fábricas e ser de fácil pesquisa; 4)Os RCA devem ter registado o código da fábrica, linha, sistema, localização funcional e ativo associado; 5)Na etapa de descrição do problema, os registos deverão ser preenchidos de forma normalizada e o mais sucinta possível (criar tabelas com descrição normalizada para os campos “Sintoma” e “Modo de falha”); 6)Criar mecanismos e definir uma arquitetura de informação que simplifiquem a pesquisa de informação relativa a um determinado tipo de problema ou a uma localização funcional em específico:

Requisitos
<p>6.1) Mecanismos de pesquisa: termos-chave, tabelas de correspondência para filtrar informação (pesquisar e retirar apenas informação associada a um ativo/localização funcional/sistema/linha) e tabelas normalizadas para a descrição do problema;</p> <p>6.2) Arquitetura: criar uma ferramenta para preencher com colunas relativas à informação dos campos do RCA mais relevantes (previamente definidos), para funcionarem como filtros de pesquisa;</p> <p>6.3) Se os RCA forem associados ao ativo ou localização funcional, será possível criar uma ligação no ficheiro da planta do layout que direcione para os registos associados a determinado ativo ou a determinada localização funcional.</p>

Os RCAs, que neste momento se encontram armazenados na plataforma *Microsoft Teams*, deverão ser preenchidos online, na plataforma colaborativa, que os disponibilizará para todas as fábricas. A plataforma deverá contemplar os mecanismos de pesquisa e a arquitetura de informação especificada na subsecção 4.2.2 para que qualquer utilizador pesquise a informação que entenda ser útil na resolução da avaria. Deste modo, o conhecimento adquirido pelos elementos de uma fábrica quando lidaram com um determinado modo de falha, recorrente ou até então desconhecido, será transmitido aos elementos de outras fábricas caso estes se deparem com a mesma situação.

Dentro dos utilizadores da plataforma colaborativa, os Gestores de Manutenção de fábrica (Mecânica e Elétrica) e os Técnicos de manutenção de área (Mecânica e Elétrica), de fábricas que possuam equipamentos e/ou avarias semelhantes, terão a possibilidade de elaborar os RCAs, de forma colaborativa e remota, procurando, em conjunto, identificar possíveis melhorias a implementar. Juntamente com a empresa foi especificado e assumido o pressuposto de que os responsáveis por preencher os formulários de RCAs serão todos os colaboradores com um grau de escolaridade elevado, e que deverão comunicar e preencher os RCAs em Inglês, permitindo assim, que com o amadurecimento dos registos, estes se tornem normalizados.

A empresa já utiliza uma codificação para cada ficheiro de RCA, contemplando vários parâmetros, sendo eles o nome da fábrica, código da linha, área, local, equipamento ou componente em questão, efeito e modo de falha. No entanto, estes códigos não são os mesmos utilizados nos campos de registos do *IBM Maximo* para as OTs, sendo na sua maioria curtas descrições para cada parâmetro referido. Alertou-se a empresa para a possibilidade desta segunda codificação poder criar duplicação de informação e uma maior demora na pesquisa de informação. Propôs-se o uso da mesma codificação do *IBM Maximo* complementada com o efeito e o modo de falha, o que foi prontamente aceite e compreendido por parte da empresa.

#### 4.3.2 Dados e informação a partilhar

Nesta subsecção define-se as especificações do módulo “Partilha de Dados e Informação” da plataforma colaborativa, e a respetiva arquitetura e estrutura.

Este módulo apresenta dados não transformados provenientes das diversas fábricas e contempla planos de manutenção, histórico das avarias, intervenções e melhorias, bem como informação de suporte às ações de manutenção corretiva e preventiva que será visualizada pelos técnicos através da solução móvel mais apropriada para cada situação. Será organizada e dividida em três submódulos: “Histórico de avarias, intervenções, melhorias, e planos de manutenção”, “Apoio às intervenções de manutenção corretiva” e “Apoio às intervenções de manutenção preventiva”, como demonstra a Figura 18.

Posteriormente, parte destes dados irão ser tratados de forma a suportar o cálculo dos indicadores definidos para as “Análises e Melhorias (*Benchmarking*)”.

Para todos os submódulos, os dados terão origem nas ferramentas de registo da empresa, nomeadamente o *IBM Maximo*, *Zoom Production* e o SAP. A informação deve ser armazenada tendo associada fábrica, linha, área, sistema, localização funcional, posição funcional e respetivo ativo para facilitar a pesquisa. Está prevista a criação e uso de mecanismos de pesquisa semelhantes aos que foram definidos para o outro grande módulo, como termos-chave e tabelas de correspondência para filtrar informação. Dessa forma será possível pesquisar e retirar apenas informação associada a um ativo/localização funcional/sistema/linha. A arquitetura de informação deverá contemplar colunas a preencher com dados relativos às avarias, intervenções e melhorias, com possibilidade de realizar a pesquisa através dos mecanismos definidos.

O submódulo “Históricos de avarias, intervenções, melhorias e planos de manutenção” deverá integrar toda a informação relativa a avarias, intervenções, melhorias implementadas e planos de manutenção, proveniente das diversas fábricas. Dessa forma, os responsáveis pelos vários departamentos em cada fábrica poderão usufruir dessa informação e adotar procedimentos similares se assim o justificar. Nos registos de “melhorias implementadas”, está previsto um campo “Transversalização” que especifique em que outros ativos, localizações, linhas ou fábricas, uma determinada melhoria poderá ser implementada.

Na tabela do Apêndice V são apresentados os requisitos e especificações de forma resumida, para o módulo em questão.

A informação relativa aos submódulos “Apoio às intervenções de manutenção corretiva” e “Apoio às intervenções de manutenção preventiva” integrarão os procedimentos relevantes para realizar as mesmas da forma mais eficaz e eficiente possível. Será complementada com a visualização através das

soluções holográficas de todas as imagens e elementos técnicos respeitantes ao ativo, bem como vídeos de apoio, quando possível, a realizar a intervenção em questão. Diariamente, na aplicação móvel do *IBM Maximo*, será indicado quais as intervenções agendadas para o dia de trabalho. Além destas possibilidades, o uso das soluções holográficas também permite que os técnicos ou responsáveis de uma fábrica, possam em tempo real auxiliar os técnicos de outras fábricas na resolução de problemas. E no caso se depararem com um modo de falha que não conste em nenhum registo da plataforma colaborativa, prevê-se a possibilidade de membros de outras fábricas participarem nas ações de diagnóstico e intervenção através do suporte remoto, esperando-se uma redução do tempo de resolução e consequentemente de paragem. Estas duas últimas possibilidades que a plataforma colaborativa contempla, são as duas características mais diferenciadoras no que diz respeito a uma plataforma de trabalho colaborativo.

Consoante o tipo de intervenção que os técnicos tenham de realizar, esta será composta por distintos tipos de informação.

- Apoio às intervenções de manutenção corretiva

No que diz respeito às intervenções de manutenção corretiva, terá de ser realizado um diagnóstico antes de se realizar a intervenção. Para agilizar e acelerar esse processo, os técnicos terão acesso à informação relacionada com os diversos modos de falha e quais as mais prováveis causas raiz, podendo eliminar uma a uma.

Com o diagnóstico finalizado, e caso seja um técnico menos experiente ou que nunca tenha lidado com aquele tipo de avaria, terá ao seu dispor as ações de reparação que deverá seguir caso exista esse registo.

- Apoio às intervenções de manutenção preventiva

Quanto às intervenções de manutenção preventiva, os técnicos e operadores terão ao seu dispor os procedimentos de manutenção a seguir e as suas condições de monitorização.

## 5. DESENVOLVIMENTO E EXPLORAÇÃO DO PROTÓTIPO

No presente capítulo, são apresentados em *PowerBI* alguns *dashboards* relativamente às análises comparativas e listas ordenadas do Apêndice II, apresentados na secção 4.3, para testar as suas funcionalidades. Foram considerados os registos contemplados no período que dista de 29 de dezembro de 2020 a 28 de abril de 2022, para a fábrica de O.H., pois é a fábrica da empresa onde o *IBM Maximo* está implementado de forma mais sólida e é alvo de estudo do projeto de investigação e por consequência do projeto de dissertação.

### 5.1 *PowerBI*

Para este projeto selecionou-se o *PowerBI* como *software* de criação e visualização de *dashboards* pela grande diversidade de gráficos visualmente agradáveis que permite aos utilizadores criarem, para além da possibilidade de importação de informação a partir de vários tipos e formatos de Base de dados (BD). Tem ainda como vantagem a possibilidade de disponibilizar os *dashboards* em formato *mobile*, permitindo a sua visualização em qualquer situação e local.

Será utilizada uma gradação de cor em alguns dos gráficos, indo do azul (valores mais favoráveis) para o vermelho (valores mais críticos), facilitando assim a análise, tornando-a mais fácil e intuitiva. Embora a linha definida para protótipo seja a BP9, foram utilizados também alguns registos da linha BP7 (que é a mais semelhante com a BP9), para comprovar a fiabilidade do ficheiro desenvolvido em análises comparativas que envolvam mais do que uma linha. É importante salientar que a linha BP7 tem um registo mais empobrecido em relação à linha BP9, pois apresenta registos no *Zoom Production* mais incompletos, nomeadamente quanto à descrição, e por consequência menos avarias se podem fazer corresponder aos registos do *IBM Maximo*.

Graças à sua funcionalidade em linguagem *Data Analysis Expressions* (DAX,) que permite o cálculo e adição de novas colunas ao ficheiro a partir de colunas existentes, os utilizadores não necessitam de constantemente fazer nova importação de dados. Podem simplesmente calcular a nova coluna que precisam no próprio ficheiro *PowerBI* como se pode verificar nas Figura 19 e Figura 20.

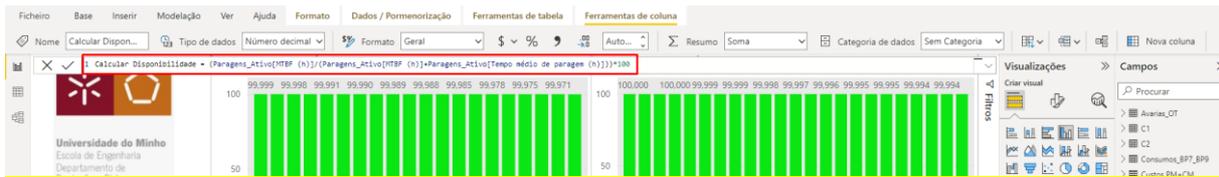


Figura 19 - Cálculo da Disponibilidade em DAX

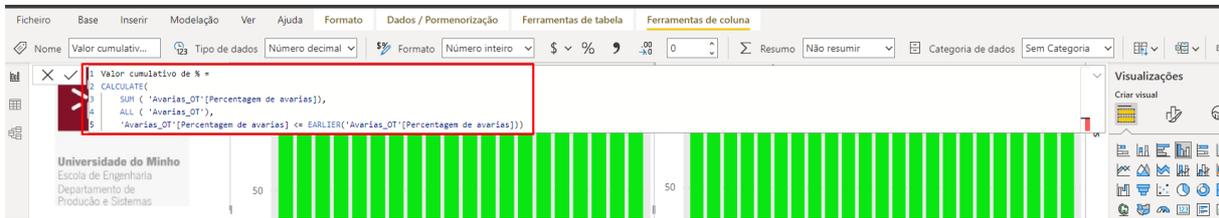


Figura 20 - Cálculo do valor cumulativo da percentagem de avarias em DAX

## 5.2 Importação e preparação de dados para exploração em *PowerBI*

De modo a obter dados fidedignos para realizar as análises comparativas futuras entre localizações e linhas diferentes, foi identificada a necessidade de criar uma lista que permita estabelecer a correspondência entre ativos do mesmo tipo e linhas idênticas, dentro da mesma fábrica e em diferentes fábricas. A solução encontrada foi a elaboração de tabelas que permitam estabelecer a correspondência entre ativos equivalentes, e localizações e linhas idênticas, começando pelas localizações funcionais alvo do teste de protótipo. Essas tabelas estão representadas no Apêndice III, onde as localizações funcionais têm a sua correspondente de outra linha realçada com a mesma cor. É perceptível que nem todas as localizações funcionais equivalentes têm a mesma descrição ou mesmo número de ativos associados. Isso deve-se ao facto de a empresa usar descrições diferentes para identificar ativos semelhantes, como por exemplo, Mesa Tapete e Mesa de Correias, e as linhas não terem todos os ativos na mesma sequência e discriminados. Por isso, o pressuposto assumido para elaborar as tabelas de correspondência foi fazer corresponder localizações funcionais equivalentes.

Para o desenvolvimento dos *dashboards* foi necessário um trabalho prévio de preparação de ficheiros, para serem posteriormente importados para o *PowerBI*, nomeadamente em formato de *Microsoft Excel Worksheet*. Esses ficheiros contemplam os registos, de acordo com as colunas das Figura 16 e Figura 17, das ferramentas utilizadas pela empresa depois de processados: mapas retirados do *Zoom Production (shop floor)* e do *IBM Maximo* (informação relativas às OTs), tendo sido ainda complementados com os campos “Componente”, “Nível de degradação” e “Condição observada”, e os registos relativos aos mapas de consumos e de custos. De forma a não criar suposições e cruzamentos

de dados errados quanto às avarias registadas no *Zoom Production*, apenas se consideraram registos com OT associada. Dessa forma, foi possível associar algumas durações registadas no *Zoom Production* aos registos de OT do *IBM Maximo*. Os registos do *IBM Maximo* tiveram ainda de ser complementados manualmente, linha a linha, com a família de componente responsável pela avaria e a sua condição observada.

Quanto ao campo “Componente” do *IBM Maximo*, devido à elevada diversidade de componentes utilizados pela empresa, estes são agrupados por famílias e não discriminados individualmente, retirando algum rigor na análise da causa raiz. Apenas nos mapas de consumos do *IBM Maximo* é possível associar o componente específico e o seu código à OT. No entanto, nem todas as intervenções de reparação necessitaram de substituição de componentes para a resolução do problema ou, de acordo com a empresa, nem todos os componentes substituídos são registados.

No que diz respeito ao nível de degradação do componente/família de componente e sua condição observada, o técnico responsável pelo diagnóstico realiza esse registo. Preenche o nível de degradação observado na família de componente, que automaticamente preenche a condição observada. Nos casos em que mais do que uma família de componentes tem uma escala de degradação associada, assumiu-se como motivo da avaria/modo de falha, o que tem um menor valor na escala de degradação, ou seja, um maior nível de degradação associada.

Para o cálculo dos indicadores económicos apenas foram considerados custos discriminados nos mapas OTs exportados do *IBM Maximo*, onde é possível retirar a informação relativamente aos consumo e custos por OT. Embora o *PowerBI* tenha uma boa capacidade de interpretar que tipo de dados compõem cada coluna, foi necessário verificar coluna a coluna se o formato estava correto. Nomeadamente em colunas identificadoras, como as OT, OC, códigos de ativo ou de componente, o *software* interpreta como sendo do tipo numérico, devendo ser convertidos em texto por serem identificadores. É necessário ainda confirmar que não existem erros, duplicação de dados e como tratar os campos nulos. Depois da importação dos ficheiros e verificação do tipo de dados, algumas futuras análises exigem interligação de tabelas de modo a criar gráficos mais detalhados com maior quantidade de informação. Ou mesmo filtrar a informação de acordo com dados de outras tabelas. Esta exploração e transformação de dados é efetuada com recurso ao editor de *Power Query* do *PowerBI*.

Após a criação dos ficheiros necessários para o tratamento e exploração em *PowerBI*, o passo seguinte consistiu em analisar quantas avarias cada localização tinha associadas por nível hierárquico, a fim de seleccionar quais seriam utilizadas para desenvolvimento do protótipo, como referido na subsecção 3.2.2, para cálculo dos indicadores e listas ordenadas pretendidas para cada um dos níveis, além de identificar

quais os tipos de ativos com mais avarias associadas por localização. Para o período definido, a percentagem de OTs sem ativo associado é bastante elevada, pelo que a lista de tipo de ativos com avarias registadas nas três localizações funcionais protótipo é muito reduzida, como se verifica na Figura 21, onde apenas quatro tipos de ativos têm avarias associadas. Nos meses que se seguiram após 28 de abril do presente ano, não se verificou evolução significativa nos registos, quer a nível de quantidade e de qualidade, pelo que se optou por manter o período definido inicialmente para desenvolver os *dashboards* e as respetivas análises.

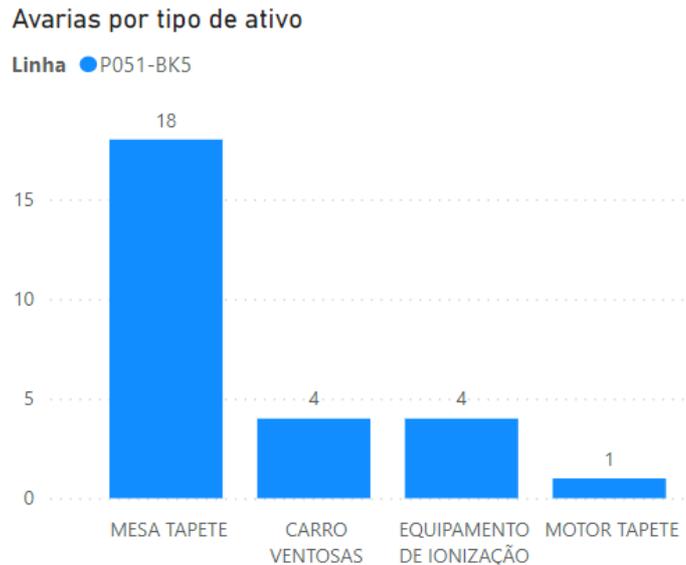


Figura 21 - Número de avarias por tipo de ativo para as localizações protótipo representadas em *PowerBI*

A utilização de ficheiros em *Microsoft Excel Worksheet* para desenvolver e atualizar os *dashboards* de análises comparativas, permite analisar os dados disponíveis, cruzar entre os diferentes *softwares*, e analisar de forma mais rápida quais as suas principais carências e potencialidades. No entanto, tem uma grande limitação que choca com o grande foco deste projeto: a partilha de informação. Ao serem utilizados ficheiros nesse formato, sempre que o ficheiro é atualizado essa atualização não é partilhada com os restantes utilizadores. A informação presente no ficheiro de *PowerBI* em análise também terá de ser atualizada, e por último, esse ficheiro atualizado terá de ser partilhado com os restantes utilizadores. Mesmo que os ficheiros com os registos de dados sejam armazenados e disponibilizados numa ferramenta de partilha, como por exemplo, o *Microsoft Teams*, sempre que um ficheiro sofre atualizações terá de ser substituído na pasta criada para o efeito. Para fazer face a essa limitação, como referido na subsecção 4.2.1, até a data final do projeto de investigação, está previsto o desenvolvimento e implementação de uma BD, Apêndice XII, que incorpore todos os dados preenchidos nos registos dos

diversos *softwares* da empresa. Posteriormente, os dados da BD serão processados e explorados na plataforma colaborativa que será desenvolvida a partir do *Microsoft Visual Studio*.

À medida que o projeto evoluía, a empresa sentiu a necessidade de substituir a BD por um *datalake* em *Microsoft Azure* que integrasse os dados e informação relativos à gestão da manutenção e da produção. O referido *datalake* ainda se encontra em fase de desenvolvimento, pelo que parte dos registos ainda não se encontram disponíveis.

### 5.3 Análise e melhorias - submódulo “Análises”

Na presente secção serão apresentados alguns *dashboards* desenvolvidos de acordo com a lista de indicadores, e listas ordenadas de componentes e de modos de falha definidas para o submódulo “Análises”, além de outras análises que se revelaram pertinentes ao longo desenvolvimento do presente projeto de dissertação.

#### 5.3.1 Análises - estudo comparativo

O estudo comparativo contempla o cálculo de indicadores técnicos e económicos dentro da mesma fábrica e/ou considerando informação de fábricas diferentes.

Para o cálculo dos diversos indicadores técnicos só foram consideradas avarias do *Zoom Production* com OT associada, para o espaço temporal definido, sendo esse o pressuposto assumido para realizar cruzamento de dados com o *IBM Maximo*.

Na análise aos registos existentes constatou-se que a data de “Início Efetivo” e de “Término Efetivo”, do *IBM Maximo*, são sempre coincidentes, além de que uma grande quantidade de avarias no *Zoom Production* não tem o número da OT associado, o que leva a que se obtenha uma amostra muito reduzida para o espaço temporal em análise, e consequentemente os valores calculados sejam muito elevados. Estas imprecisões nos registos não permitem obter resultados rigorosos e credíveis, refletindo-se nos elevados valores obtidos para o MTBF (Figura 22, Figura 23 e Figura 24) e Disponibilidade (Figura 28), e reduzidos para o MTTR (Figura 27). Para obter registos mais rigorosos foi sugerida a abertura automática de uma OT sempre que se verificar uma paragem devido a avaria. É um processo que a empresa já iniciou e quer ver implementado assim que possível. Nos registos do *Zoom Production*, a data e hora de paragem nem sempre são associadas ao sistema e à localização funcional, no entanto, o MTTR, relativamente ao nível da linha, pode ser calculado com base nestes registos de paragem.

Nos *dashboards* que serão apresentados, relacionados com o Tempo Médio de Paragem e o MTBF, os valores para estes indicadores foram calculados no ficheiro de *Microsoft Worksheet Excel*, tendo por base os registos do *IBM Maximo* (Figura 17) que se conseguiram cruzar com os registos do *ZoomProduction* (Figura 16), e as fórmulas das equações (1) e (2) para o nível mais baixo possível. Posteriormente foram replicados nos gráficos através das colunas de informação “Tempo médio de paragem (h)” e “MTBF (dias)” consoante a situação pretendida. O *PowerBI* tem ainda a capacidade de recalcular automaticamente, de acordo com o filtro de localização selecionado, valores que tinham sido calculados para níveis mais baixos, para níveis mais altos.

Para desenvolver os gráficos relativos às análises comparativas do MTBF foram utilizados apenas os registos da linha BP9 (BK5) ( Figura 22, Figura 23 e Figura 24) . Apenas nos gráficos da Figura 26 se utilizaram dados de ambas as linhas em análise, a fim de se verificar se os *dashboards* desenvolvidos cumpriam com as especificações quando os registos permitirem realizar análises comparativas fiáveis entre linhas diferentes.

Os gráficos das Figuras 22, 23 e 24 têm como objetivo facilitar as análises comparativas entre os valores do MTBF para os diversos sistemas, localizações funcionais e posições funcionais da linha BP9 (BK5), permitindo identificar quais as situações mais críticas de forma mais visual e intuitiva.

Utilizando o primeiro gráfico da Figura 22 como exemplo, “MTBF (em dias) por sistema”, que contempla a informação da coluna importada “MTBF (dias)” e selecionando a informação para as todas localizações da linha BP9 (BK5) da fábrica de O.H, facilmente se percebe que o sistema “00809” tem o valor mais crítico com 36,16 dias de intervalo entre avarias, e o sistema “01850” apresenta o valor menos preocupante com 323,09 dias entre avarias.

Para as três figuras, selecionando a mesma informação, verifica-se ausência de sistema, localização funcional e posição funcional de algumas OTs (Figura 22), enquanto que na Figura 24 e Figura 25 verifica-se que algumas OTs não são preenchidas até ao nível de posição funcional, ou seja, nível em que o ativo é especificado (sinalizado com os retângulos vermelhos). Esta observação serviu como um alerta para a empresa.

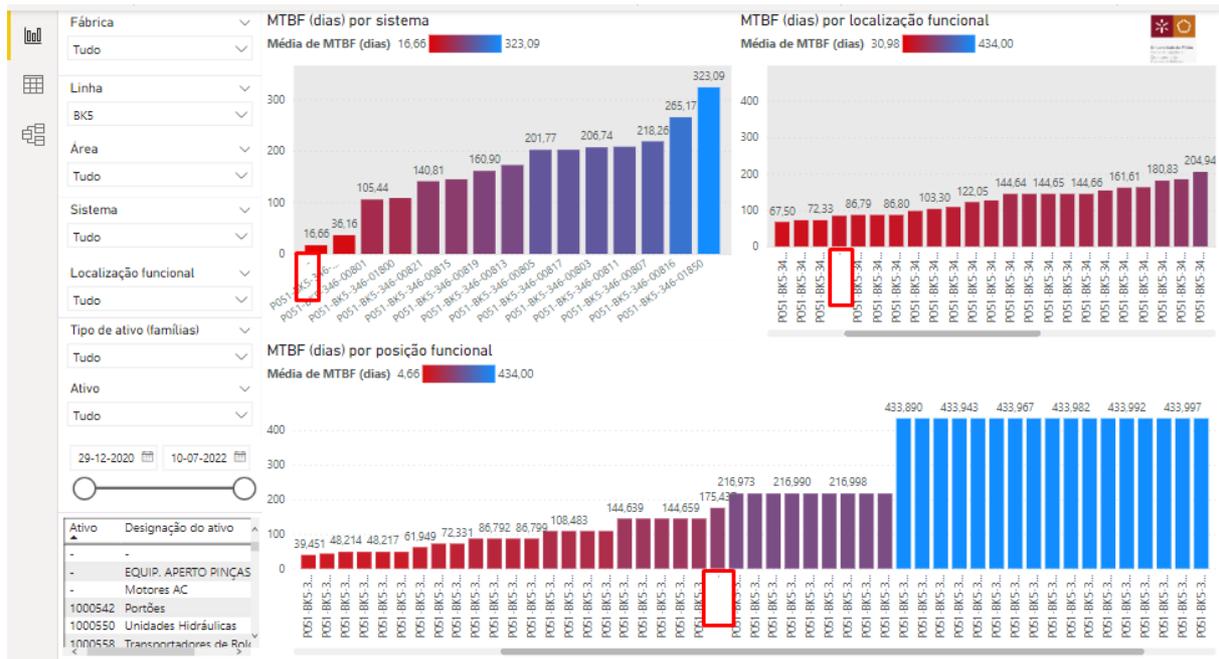


Figura 22 - Valores do MTBF para os diferentes níveis hierárquicos

Para desenvolver os gráficos na Figura 23 selecionou-se a informação relativa às colunas “ativo”, “Designação do ativo” (tipo de ativo) e “MTBF (dias)”, filtrada pela localização funcional (0170) e sistema (00805). No primeiro gráfico em exibição, “MBTF em dias por ativo do mesmo sistema”, pretende-se identificar quais os ativos de um determinado sistema selecionado que têm valores de MTBF mais críticos. Para o caso em questão, é visível que a barra com o menor valor corresponde ao ativo “1000760”, com um valor de 4,66 dias entre avarias, surgindo assim como uma situação prioritária a analisar. Também se percebe que quinta barra a contar da direita corresponde a OTs que não têm o ativo associado aquando do seu registo, significando que a cada 247,13 dias é registada uma avaria no sistema “00805” sem atribuir a sua posição funcional e por consequência o ativo.

Nos restantes gráficos da mesma figura pretende-se analisar o MTBF correspondente aos tipos de ativo e posições funcionais que integram a localização funcional P051-BK5-346-00805-0170. Os valores do MTBF são iguais para os três gráficos porque se trata de uma situação em que na localização funcional em questão apenas existem registos associados a estes três códigos de ativo (1000760, 1000770 e 1000761). Ou seja, a localização funcional “0170” apenas tem até ao momento registos de um ativo por posição funcional.

Além disso, como os ativos da mesma família registados foram sempre os mesmos e sempre com a mesma posição funcional, os dois gráficos da linha inferior acabam por ser iguais. Só em casos em que

se representassem ativos móveis, ou seja, ativos que tivessem estado em diferentes posições funcionais, é que estes dois últimos gráficos seriam diferentes.

Com uma base de registos mais rica e sólida, e cruzando os gráficos da Figura 23, pretende-se analisar se determinado ativo tem um MTBF maior ou menor, consoante a sua posição funcional, ou então, analisar se determinada posição funcional corresponde a um MTBF elevado, independentemente dos ativos a si associados.

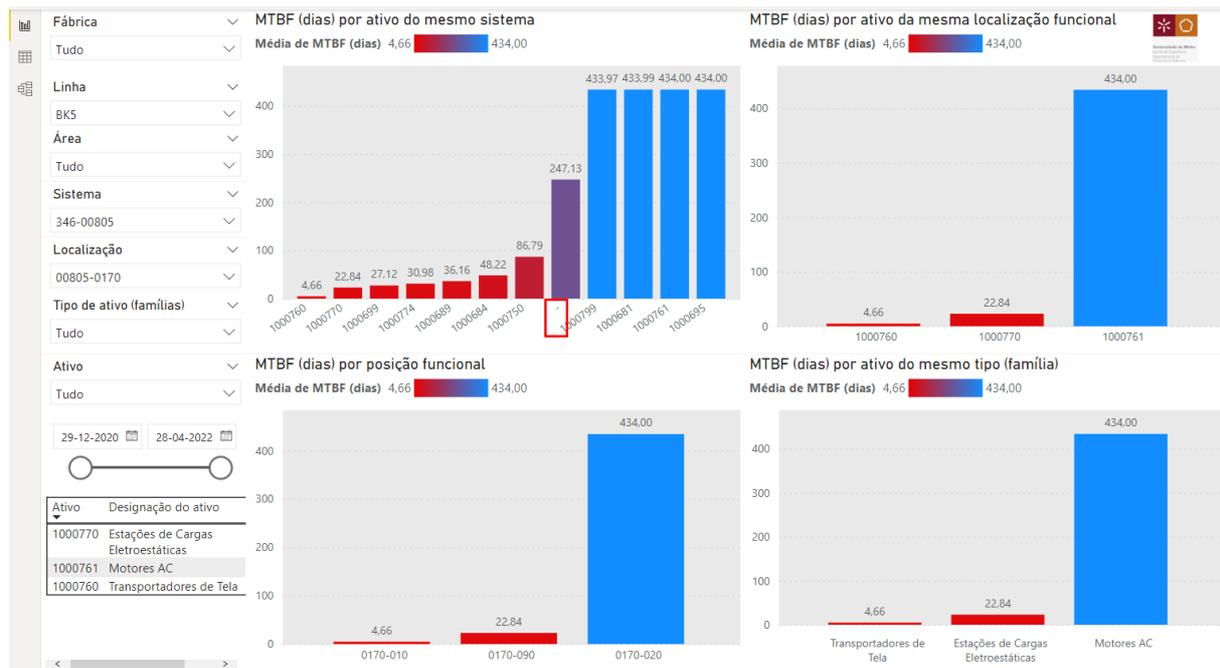


Figura 23 - Valores do MTBF por ativo para os diferentes níveis hierárquicos

Na Figura 24 reproduz-se o último gráfico da Figura 22 para mostrar a codificação completa relativa à posição. Deste modo, verifica-se até que nível a OT foi preenchida. Este gráfico permite evidenciar falhas nos registos, sendo uma informação útil para a empresa

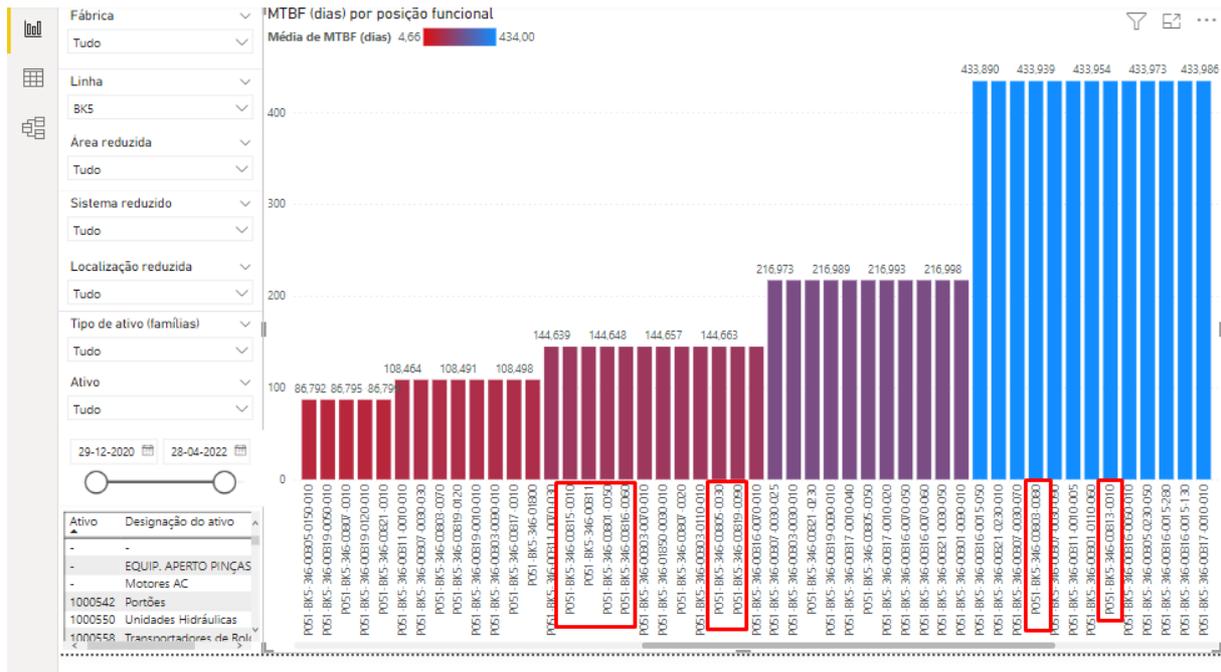


Figura 24 – Casos em que os registos não foram preenchidos até à posição funcional

Ordem de Trabalho	Descrição	Componente	Local	Descrição Local	Função	Cat.Lider
			bk5			
0511077911	Subst. filtro de alta pressão hidráulico - BP9 (PA_22)		P051-BK5-346-00813-0010-005	HIDRAULICO PRENSA	GRUPO HIDRÁULICO PRENSA	OH-MECAN
0511076641	camisa raxada do cilindro de elevação esquerdo da prensa equipa E		P051-BK5-346-00813-0010-005	HIDRAULICO PRENSA	GRUPO HIDRÁULICO PRENSA	OH-MECAN
0511075811	raspador perdeu as calibrações não passava para automático		P051-BK5-346-00816-0010-010	RASPAGEM E LIMPEZA	WEMHONER - BP9	OH-ELECT
0511075810	bomba inferior de termo fluido não deixa avasar a placa por ter a temperatura demasiado elevada		P051-BK5-346-00811-0010-010	CIRCUITO TERMOFLUIDO	WEMHONER - BP9	OH-MECAN
0511075451	placas revestidas não avançavam para a mesa de cintas		P051-BK5-346-00807-0080-030	MESA CINTAS	TRANSP. INTERMÉDIO MESA CARGA PRENSA	OH-ELECT
0511074122	Revisão bomba vácuo da estação 2 de papel		P051-BK5-346-00805-0170-070	VENTILADOR VÁCUO	FORMAÇÃO 2	OH-ELECT
0511073360	contador de folhas com erro		P051-BK5-346-00803-0030	ALIMENTAÇÃO PAPEL	WEMHONER - BP9	OH-ELECT
0511073358	motor do carro de papel disparou		P051-BK5-346-00803-0030	TRANSPORTE PALETES PAPEL	ALIMENTAÇÃO PAPEL	OH-ELECT
0511072970	2-D estação 2 não ficava em semi-automático nem automático		P051-BK5-346-00803-0070	ALIMENTAÇÃO PAPEL FORMAÇÃO 2	ALIMENTAÇÃO PAPEL	OH-ELECT
0511072969	T1 - disparo da Bomba de vácuo		P051-BK5-346-00805-0170-070	VENTILADOR VÁCUO	FORMAÇÃO 2	OH-ELECT
0511071879	Revisão ao raspador, substituir alguns anéis.		P051-BK5-346-00816-0015-010	RASPADOR(ES)	RASPAGEM PAPEL	OH-MECAN
0511070176	revestimento do rolo encontra-se a descascar		P051-BK5-346-00819-0010-010	MESA ROLOS ENTRADA ARREFECEDOR	TRANSPORTE ENTRADA ARREFECIMENTO	OH-MECAN
0511069061	Revisão à bomba de Vácuo Carro da Prensa - BP9		P051-BK5-346-00807-0030-140	BOMBA VÁCUO	TRANSPORTE PARA PRENSA	OH-MECAN
0511068669	SUBSTITUIR BOTÃO DE ESCOLHA		P051-BK5-346-00817-0010-010	MESA ESCOLHA	ESTAÇÃO DE INSPEÇÃO	OH-ELECT
0511068161	Ventosa do carro de aglomerado estação 1 danificada (proceder a alteração da mesma)		P051-BK5-346-00805-0090	ALIMENTAÇÃO INTERMÉDIA PAPEL FORM. 1	FORMAÇÃO PLACAS REVESTIDAS	OH-MECAN
0511068154	T2 - Botão de escolha de placas danificado		P051-BK5-346-00817-0010-010	MESA ESCOLHA	ESTAÇÃO DE INSPEÇÃO	OH-ELECT
0511068146	Falta de vacuo carro descarga da prensa		P051-BK5-346-00807-0070-010	CARRO VENTOSAS	TRANSPORTE VENTOSAS CHAPAS	OH-MECAN
0511067332	T1-C fotocélula estava sempre a obter leitura, e a placa não encostava no batente		P051-BK5-346-00816-0070-060	BATENTE	TRANSPORTE SAÍDA RASPADOR	
0511067005	fim de curso do raspador danificado TD		P051-BK5-346-00816-0015-010	RASPAGEM PAPEL	RASPAGEM E LIMPEZA	OH-ELECT
0511067004	T1_TC - falta de óleo no motor do carro de transporte para fundição de placa		P051-BK5-346-00804-0010-010	MESA ROLOS ELEVATÓRIA	BUFFER FUNDO DE LOTE	OH-MECAN

Figura 25 - Alguns registos de OT no IBM Maximo onde se verifica a ausência do registo ao nível da localização e/ou posição funcional

Na Figura 26 são comparados os valores do MTBF entre as linhas BP9 e BP7, ao nível da linha (primeiro gráfico), sistema (terceiro gráfico) e tipo de ativo (quarto gráfico), bem como a evolução temporal do mesmo para o sistema “00805” da linha BP9 (segundo gráfico), pois é o sistema que integra as localizações funcionais em estudo. Tal como os dashboards apresentados anteriormente, utilizam a informação relativa ao “MTBF (dias)” mas com o campo do PowerBI “Legenda” preenchida com a

informação “Linha”. Esta nuance permite identificar através das diferentes cores, que sistemas e ativos pertencem a cada linha, verificando a eventual existência de diferenças significativas entre elas.

O gráfico temporal (segundo gráfico) foi desenvolvido com a coluna de informação “Sistema” no campo “Legenda”, e permite verificar se o indicador MTBF tem apresentado tendência crescente ou decrescente no sistema definido. Espera-se que com a atualização do plano de manutenção e registos rigorosos, apresente uma tendência crescente, com intervalos entre avarias a aumentarem com o tempo (mas menores do que os atuais). Se se verificar o oposto, é sinal de que o plano de manutenção precisará de ser revisto ou então verificar se os registos estão a ser bem inseridos. Atualmente, devido ao aumento do número de registos, os valores iniciais muito elevados tenderão a diminuir.

Devido ao menor número de OTs que se podem cruzar dos registos do *Zoom Production* da linha BP7 com os registos do *IBM Maximo*, são apresentados menos sistemas para esta, mas mantêm a tendência de valores muito elevados para as realidades atuais de uma grande empresa que possui um grande número de ativos e produção contínua, o que propicia um maior número de avarias. Com a abertura de OT de forma automática, sempre que surge uma paragem, e com o preenchimento rigoroso do campo duração, é expectável que esses valores diminuam de forma considerável face aos atuais, mas que apresentem a tendência crescente.

Novamente se pode verificar a presença de avarias sem sistema e ativo registado.

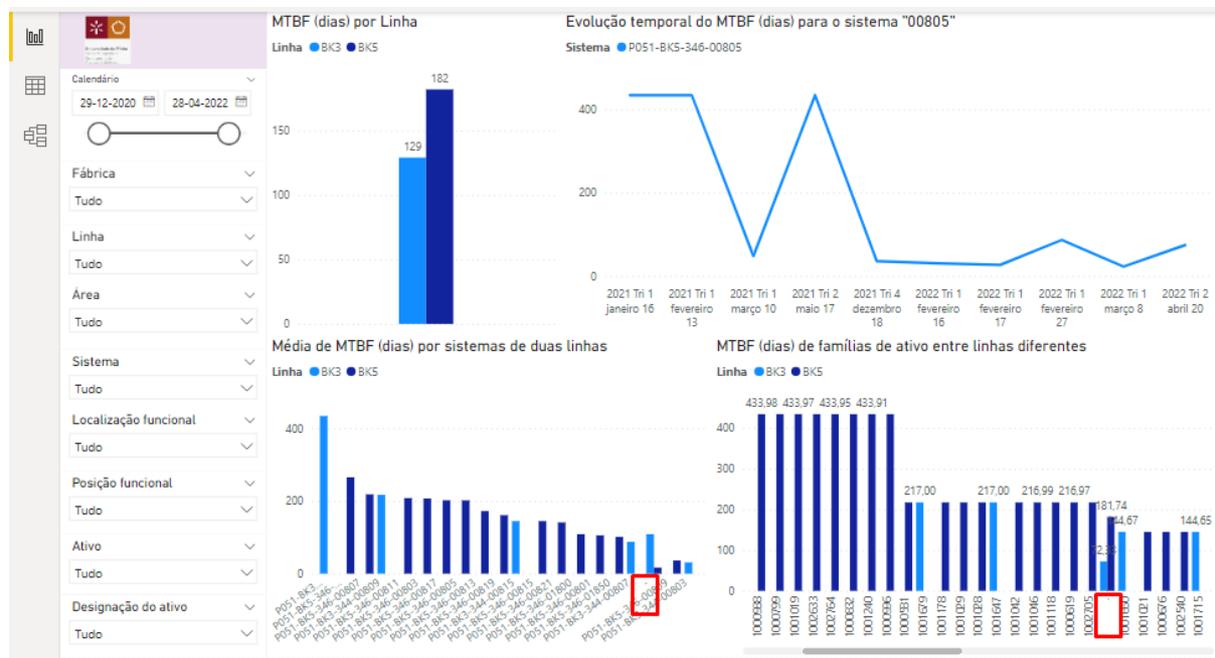


Figura 26 – MTBF para a linha BK5 (BP9) e BK3 (BP7) comparando níveis hierárquicos diferentes (sistemas e famílias de ativo), e sua evolução temporal em um sistema da linha BK5 (BP9)

O MTTR é um indicador que mede o tempo de reparação e depende de dois momentos: do início e término efetivo das reparações. Como foi referido, no *IBM Maximo*, estes valores não são registados.

Analisando os dados do *Zoom Production* verifica-se que são registados o momento em que a avaria foi detetada e a sua respetiva duração, mas não se regista os inícios e terminos das intervenções de reparação. Deste modo, não é possível realizar o cálculo do MTTR, optando-se por calcular o Tempo Médio de Paragem, utilizando-se os dados do *Zoom Production* para as OTs que se podem cruzar com o *IBM Maximo*.

Os técnicos de manutenção têm acesso a um cronómetro na aplicação *mobile* do *IBM Maximo*, mas que ainda não é utilizado pelos mesmos. Por forma a obter a duração das reparações de forma automática, foi pedido à empresa que sensibilize os seus técnicos para o uso do cronómetro quando iniciam a reparação e a terminem, explicando que será essencial para o cálculo do MTTR e o MWT. Neste indicador também surge a necessidade da abertura automática de uma OT sempre que se verifique uma paragem devido a uma avaria, pois assim, é obtida a duração das paragens também de forma automática.

Ao contrário do MTBF, onde se pretendem valores o mais elevados possível, para o MTTR, os valores mais críticos são os mais elevados. Por isso, a degradação de cor vai do vermelho (valor mais elevado) para o azul (valor mais reduzido).

A Figura 27 apresenta os gráficos desenvolvidos para realizar as análises comparativas relativamente ao “Tempo Médio de Paragem”. Todos os seus gráficos contemplam informação relativa à coluna “Tempo Médio de Paragem (h)” sem filtro quanto às localizações de ambas as linhas em análise.

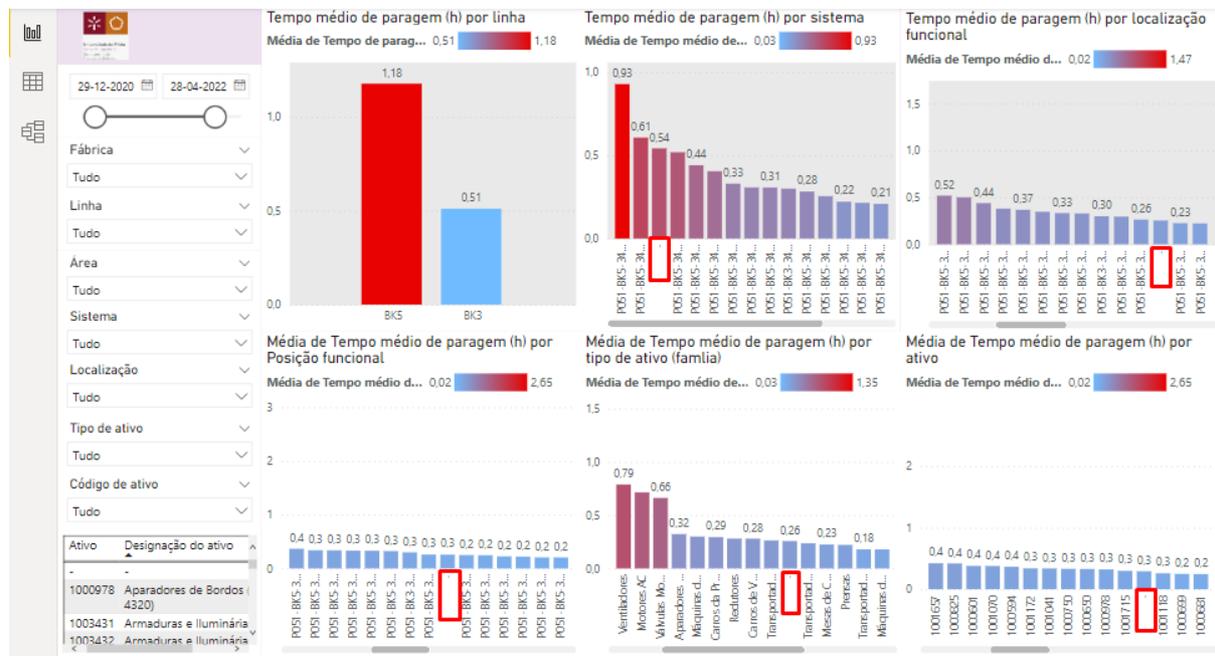


Figura 27 - Valores do Tempo Médio de Paragem para os vários níveis hierárquicos

Foram desenvolvidos gráficos que permitem realizar análises comparativas entre: linhas (primeiro gráfico), sistemas de todas as linhas (segundo gráfico), localizações funcionais de todas as linhas (terceiro gráfico), posições funcionais de todas as linhas (quarto gráfico), tipos de ativo de todas as linhas (quinto gráfico) e todos os ativos de todas as linhas (sexto gráfico). Desta forma, o utilizador pode verificar, para cada nível, a localização, o tipo de ativo, ou ativo, que apresenta valor mais crítico e se a diferença é significativa para os restantes.

Novamente sobressai a existência de valores sem ativo e localização associada.

Enquanto não houver uma evolução no preenchimento dos registos não será possível calcular e representar em *dashboards* o MWT.

A disponibilidade depende da obtenção dos valores para o MTBF e do Tempo Médio de Paragem. Embora estejam representados vários níveis hierárquicos nos gráficos da Figura 28, essa opção deveu-se ao facto de ser pertinente demonstrar que novamente, nas diversas análises realizadas, com os registos existentes, irá sempre existir informação que não tem localização associada, e por consequência, a ausência de ativo associado. Tendo em conta as necessidades da empresa, que definiu os 90% como a sua meta a atingir para a disponibilidade, filtrando a informação para todas as localizações de ambas as linhas, programaram-se os gráficos da Figura 28 para que exibam a cor verde se essa meta é atingida, e vermelho para valores inferiores.

Recorrendo-se às colunas com valores importados para o MTBF e o Tempo Médio de Paragem, através da linguagem *DAX do PowerBI* (Figura 20), calcularam-se os valores da Disponibilidade para os diversos níveis para serem replicados nos *dashboards*. Como se pode verificar, os valores da Disponibilidade para os diversos tipos de ativos e níveis (linha, sistema e localização funcional) aproximam-se dos 100%, não correspondendo à realidade de nenhuma empresa. O facto de apenas se considerarem avarias do *Zoom Production* com OT associada, fez com que o número de avarias consideradas fosse muito reduzido face ao número de ativos, originando valores demasiado elevados e favoráveis. Além disso, muitas das durações registadas no *Shop Floor (Zoom Production)* são paragens muito reduzidas (micro paragens). A empresa atribui esses valores a situações em que os equipamentos foram parados para se avaliar a situação, mas só mais tarde foi realizada a reparação. No entanto, os valores registados são os da primeira paragem (micro paragem), levando a que os tempos de paragem registados sejam muito inferiores aos reais.

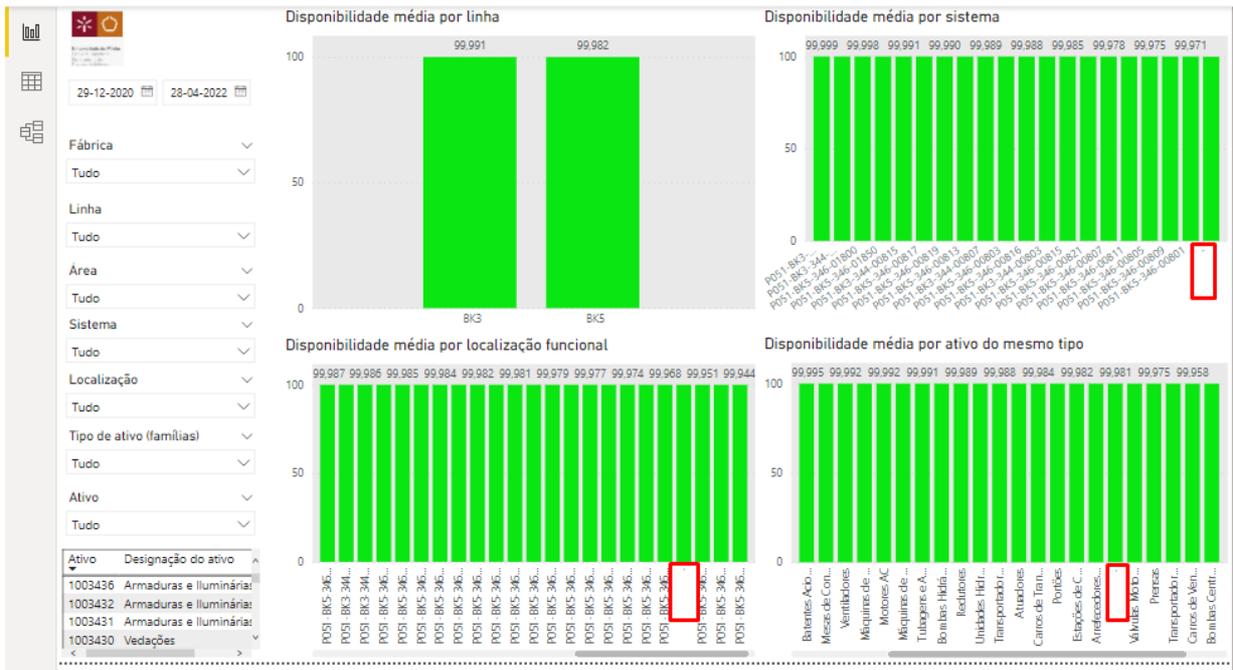


Figura 28 - Valores da Disponibilidade para vários níveis hierárquicos

Quanto à análise dos indicadores económicos, a situação atual dos registos já permite o seu cálculo e implementação em *dashboards* através de dois mapas diferentes, com registos mais rigorosos, que se podem obter através do EAM: Custos por Ordem de Trabalho (SA) e Lista de Consumo de Materiais (SA), como se pode verificar na Figura 29. Recorrendo a estes dois mapas é possível a replicação desta informação em formato de *dashboard*, possibilitando assim uma rápida análise comparativa de custos associados aos componentes, ativos ou localizações.

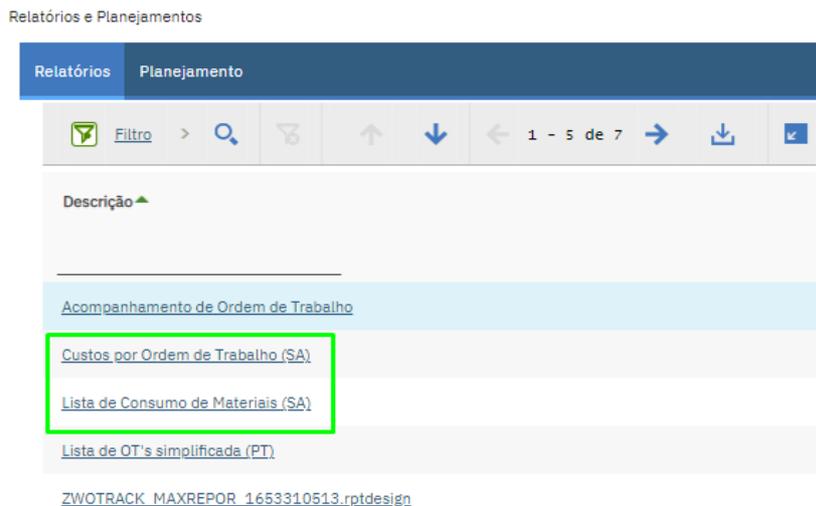


Figura 29 - Exemplos de alguns relatórios passíveis de extrair do IBM Maximo

Para esta análise não foram considerados consumíveis, pois um artigo consumível pode ser utilizado em várias intervenções, nem tubagens, pois utilizam uma unidade de medida diferente. Para além do que

foi especificado na subsecção 4.3.1, nos *dashboards* desenvolvidos são apresentadas análises comparativas económicas que vão além de apenas custos relacionados com o tipo de ativo, tal como inicialmente especificado, sendo apresentadas análises comparativas para outros níveis. Os custos serão divididos em dois tipos: custo de serviços (subcontratados) e custo de componentes.

Como foi especificado na subsecção 4.3.1, para os gráficos relativos a indicadores económicos, Figura 31, apenas se consideraram os registos relativos à linha BP9 (BK5). Nos restantes, Figura 30, Figura 32, Figura 33, Figura 34 e Figura 35, também se consideraram os registos relativos à linha BP7 (BK3) para testar a viabilidade do ficheiro relativamente a análises entre linhas diferentes.

Através dos gráficos criados no *PowerBI*, é possível realizar análises de forma muito intuitiva. Com informação relativa a todos os registos associados a ambas as linhas, na Figura 30 são apresentadas as percentagens dos custos associados a ações de manutenção por local em cada nível hierárquico, tendo sinalizado a vermelho as percentagens sem sistema, localização funcional e/ou posição funcional associada. Através deste *dashboard* o utilizador pode identificar para cada nível, qual a localização por nível que tem mais impacto ao nível dos custos, podendo ainda filtrar por tipo de ativo ou localizações equivalentes e analisar se existem diferenças significativas entre eles.

Rapidamente se retira a informação de que a linha BP9 tem um peso maior nos custos totais em relação à linha BP7 (61% para 39%) ou que o sistema com um peso maior também pertence à linha BP9, neste caso o sistema “00807” com 17.48% dos custos totais.

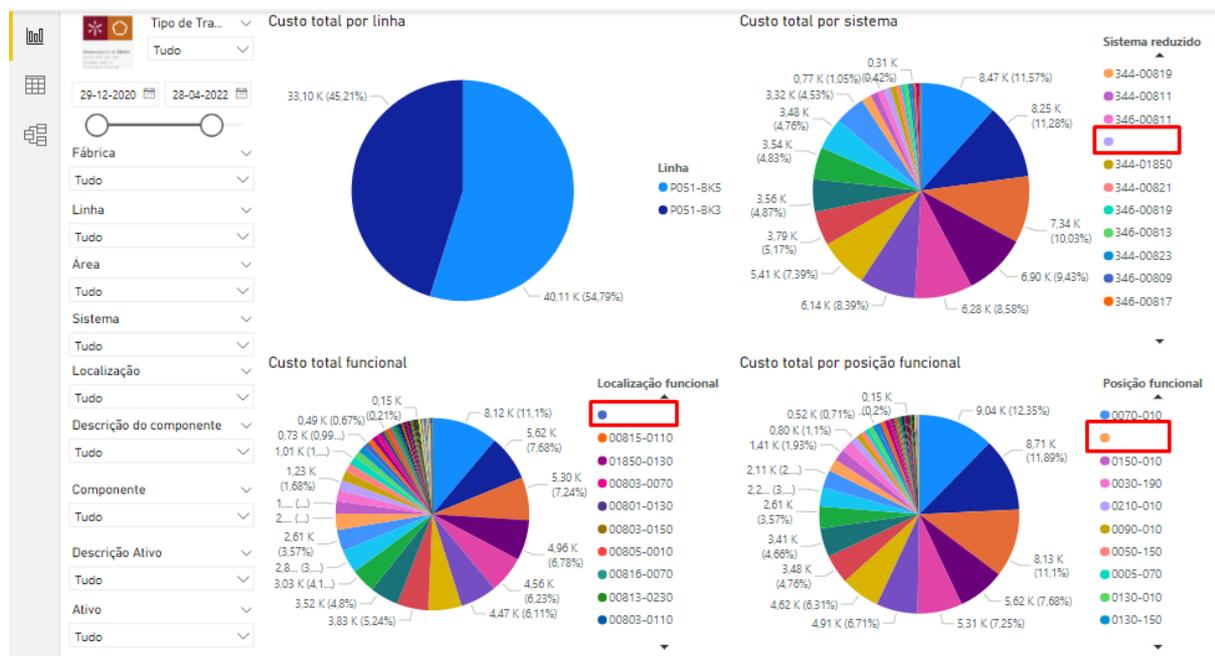


Figura 30 - Percentagem de custo total por nível hierárquico

Na Figura 31, utilizando a mesma informação, fez-se um filtro de maneira a serem visíveis os registos relativos a todas as localizações dos diferentes níveis da linha BP9 (BK5).

Criaram-se três gráficos distintos e uma tabela que permite associar os códigos dos componentes à sua descrição. No primeiro gráfico pretende-se ordenar os componentes por ordem decrescente em relação aos seus custos associados, analisando-se dessa forma quais os componentes com um maior impacto monetário. Como se pode verificar, o componente que mais custos apresentou para a empresa, com aproximadamente 4.640€, é o que possui o código 4110194326. Pela tabela de descrição dos componentes, percebe-se que é uma “Chain:Cable PN45314 PLP 521 400X9259X295”, sendo que foi utilizada apenas em ativos do tipo “Carros de Ventosas” (segundo gráfico). A grande diferença entre estes dois gráficos, é permitir ao utilizador realizar análises quanto ao componente ou quanto ao tipo de ativo que mais impacto apresenta a nível de custos.

Cruzando com o terceiro gráfico, verifica-se que os ativos onde este componente foi consumido, pertencem aos locais com as localizações funcionais P051-BK5-346-00801-0110 e P051-BK5-346-00821-0050, ambos com 2.320€ perfazendo o valor total mencionado anteriormente, como se verifica no gráfico circular de percentagens (terceiro gráfico). O facto de terem a mesma codificação para a posição funcional (010), indica que realmente são dois ativos que realizam o mesmo tipo de função. Salieta-se ainda a ausência de registos com a localização funcional e o ativo associado.

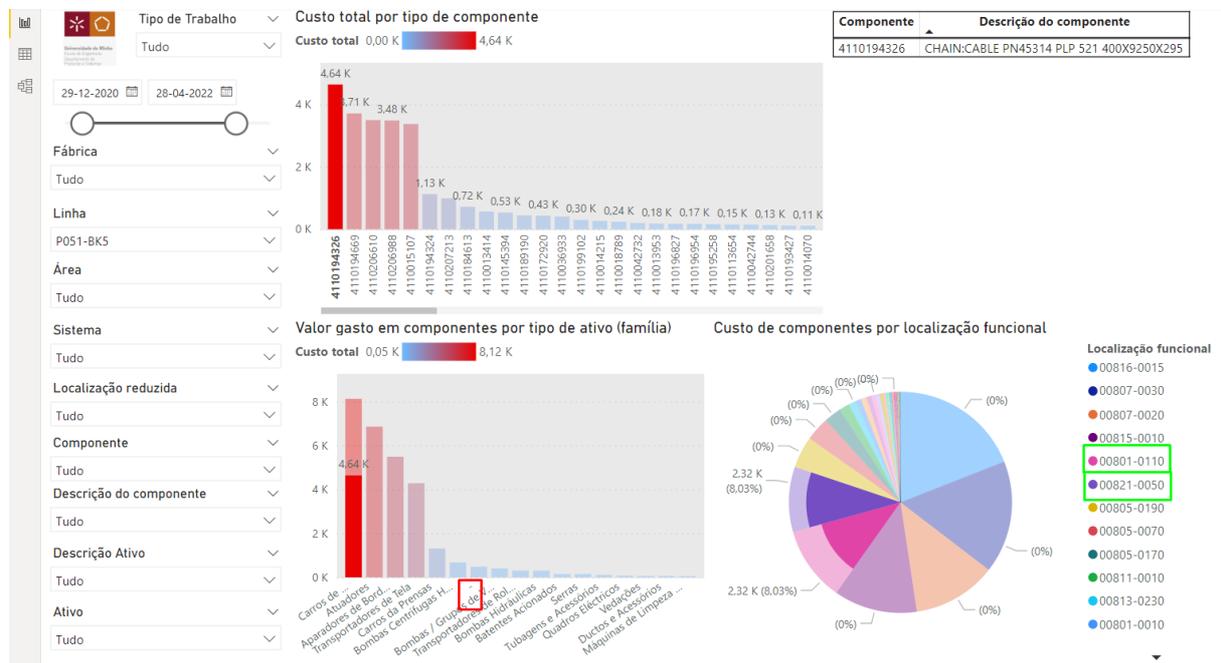


Figura 31 - Custo por componente para a linha BP9

Para os gráficos da Figura 32 foi utilizada informação relativa aos custos de serviços e de consumos, para todos os tipos de intervenções, em todas as localizações de todas as linhas. Pretende-se realizar análises comparativas entre linhas, localizações funcionais e tipos de ativo, através dos registos dos

custos associados aos componentes consumidos e serviços subcontratados, com mais ênfase neste último. Desta forma, é possível identificar quais as localizações funcionais (primeiro e segundo gráficos), os tipos de ativos (terceiro e quarto gráfico), e a linha (quinto gráfico) que estão a imputar mais custos à empresa.

Os dois primeiros gráficos apresentam os custos relativos aos serviços subcontratados (primeiro gráfico) e aos custos totais (segundo gráfico), por localização funcional, onde é possível verificar que para ambos os casos, o maior valor corresponde a localizações funcionais não registadas.

No terceiro gráfico apresentam-se os valores dos serviços subcontratados por tipo de ativo e o gráfico seguinte evidencia qual o tipo de ativo que tem um maior peso nos custos. Nestas análises comparativas já são contemplados os custos relativos a duas linhas (BP9 e BP7), e é possível verificar que a linha BP9 tem associados maiores custos de MC (63.944,95€) e menores custos de PM (11.522,80€) em relação à linha BP7 (44.646,51€ e 11.753,32€, respetivamente), quinto gráfico. Será importante, do ponto de vista da empresa, perceber se o facto da linha BP7 ter maiores custos associados à MP será a causa para uma diferença acentuada na redução de custos associados à MC comparativamente com a linha BP9.

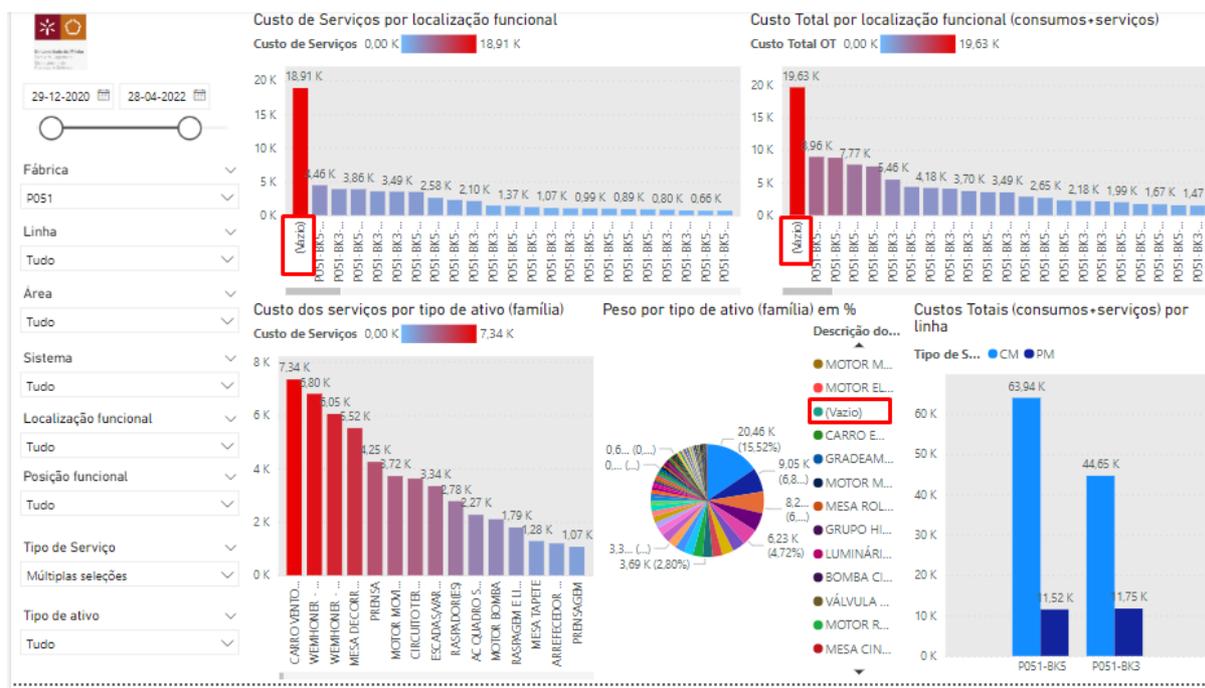


Figura 32 - Custos totais e de serviços por localização funcional e para as linhas BP9 e BP7

A Figura 33 apresenta a percentagem que cada localização funcional representa nos custos totais de serviços subcontratados (primeiro gráfico 1) e nos custos totais (segundo gráfico). São os mesmos gráficos da linha superior do *dashboard* da Figura 32, utilizando a mesma informação, mas nestes o

valor é apresentado em percentagem do valor total. É mais uma das funcionalidades do *PowerBI*, que permite ao utilizador optar por exibir os valores “Sem cálculo” ou no formato “Percentagem do total geral”. Nestes gráficos, percebe-se que a percentagem de serviços contratados sem localização funcional associada é cerca de 26% do valor total, e para o valor total associado às OTs (soma dos consumos com serviços) tem um peso de quase 15%.

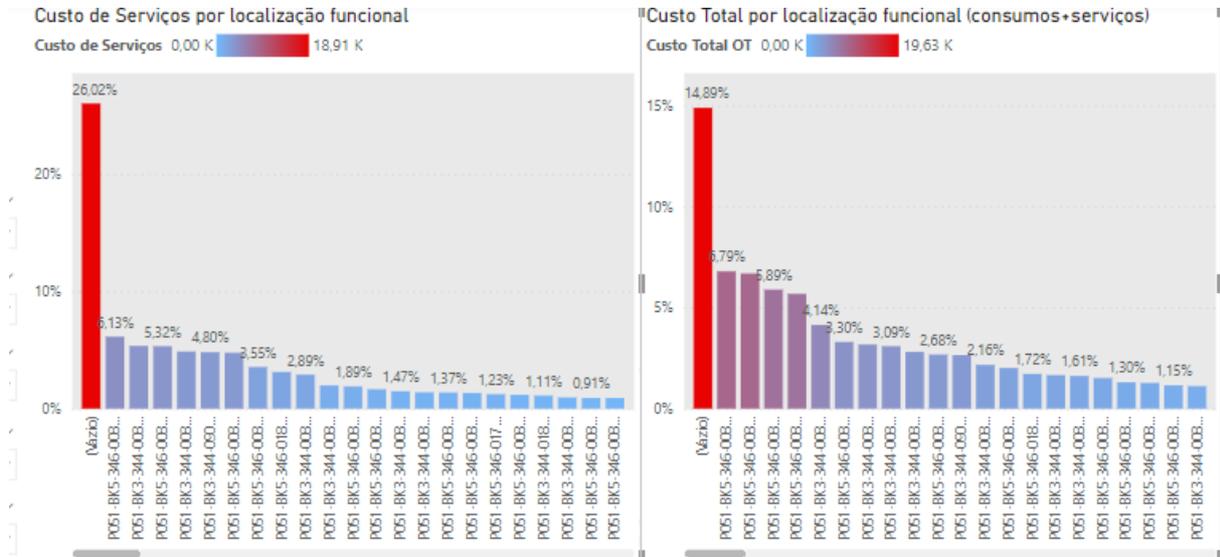


Figura 33 - Percentagem do valor que cada localização funcional representa no total do valor dos serviços subcontratados e no valor de custos totais

A Figura 34 corresponde ao mesmo *dashboard* da Figura 32, mas apresenta os custos que não têm ativo associado e que tipo de serviços contemplam.

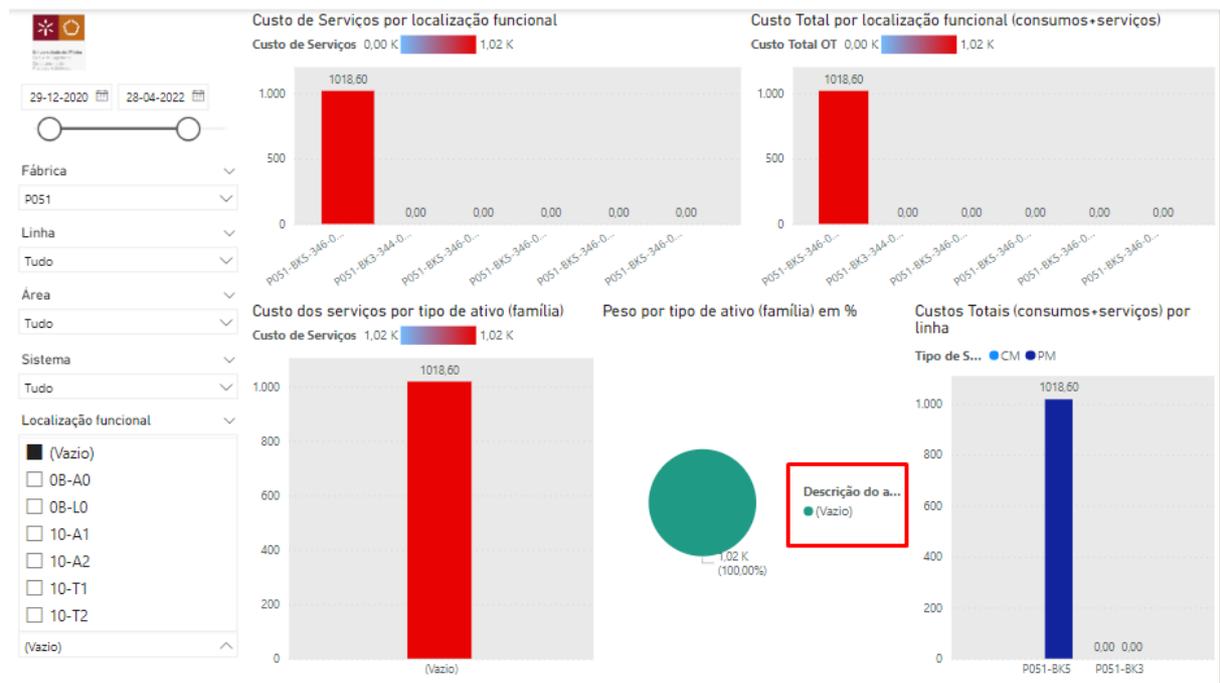


Figura 34 - Custos associados às intervenções corretivas e preventivas das linhas BP9 e BP7 que não têm ativo associado

Para obter a visualização da Figura 34, no filtro “Tipo de ativo” selecionou-se a opção é “Vazio”.

Permite ao utilizador verificar qual a verdadeira dimensão dos custos que têm registos incompletos. Neste caso, o valor total correspondente a consumos sem ativo associado para a linha BP9 é 1018,60€, e é referente a serviços subcontratados para ações preventivas na localização funcional P051-BK5-346-00807-0070.

Os gráficos da Figura 35 contemplam a informação relativa a todas as localizações de todos os níveis de ambas as linhas, BP9 e BP7, mas utilizando a coluna de registos “Tipo de Trabalho” apenas das intervenções corretivas.

Têm como objetivo apresentar para as intervenções corretivas, a lista ordenada de todos componentes que foram consumidos por tipo de ativo (primeiro gráfico), qual o valor total associado a cada tipo (família) de ativo (segundo gráfico), e a quantidade que foi consumida de cada componente no total (terceiro gráfico), bem como uma tabela resumo que apresenta componentes por código e descrição, os seus consumos, seu custo unitário e total. Optou-se novamente por não considerar os consumíveis, pois não se sabe ao certo se foram consumidos em mais do que uma intervenção, e as tubagens devido à sua unidade de medida ser diferente. Este *dashboard* permite ao utilizador a visualização das listas mencionadas, para uma localização funcional ou sistema específico, uma linha no seu total ou ainda com a informação de todas as linhas, conforme a sua necessidade.

Através do primeiro gráfico percebe-se que o tipo de ativo “Carro de ventosas” é o que mais componentes substituídos tem associados, e cruzando com o segundo gráfico verifica-se que também é o tipo de ativo com maior custo associado. No terceiro gráfico retira-se uma lista ordenada de forma decrescente da quantidade de vezes que cada componente foi utilizado, sendo o que tem o código “4110014728” o que mais vezes foi substituído.

Por último, é apresentada uma tabela com o código dos componentes, a sua descrição, qual o custo unitário e a quantidade associadas a cada um, para na última coluna ser apresentado o custo total correspondente a cada componente.

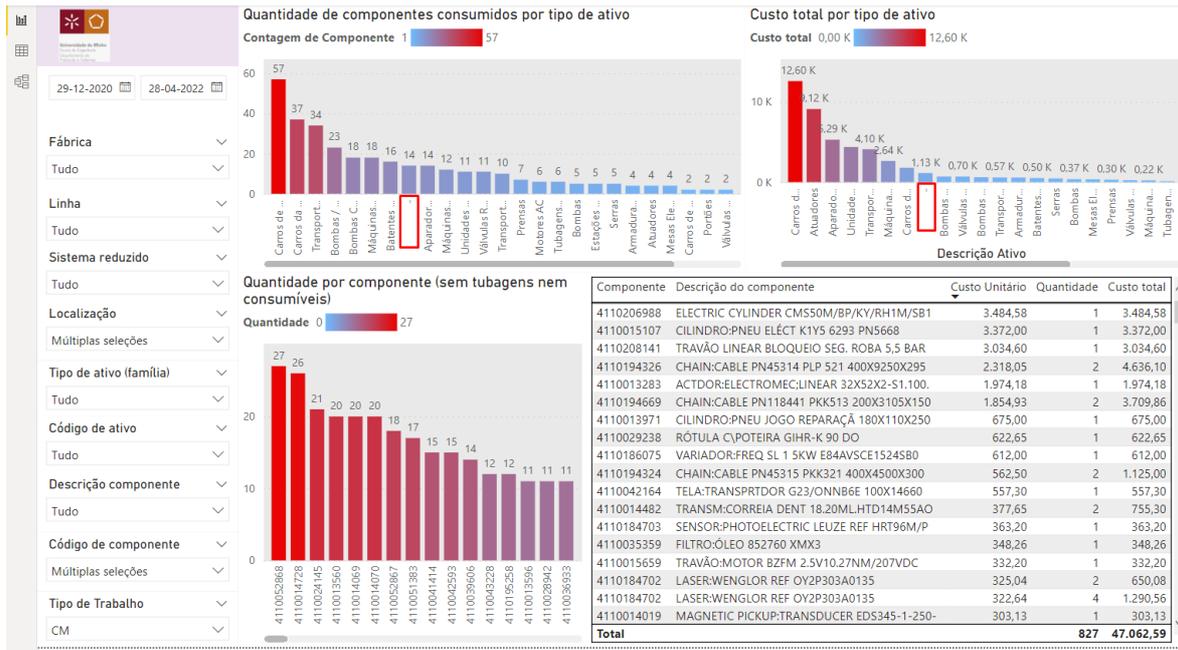


Figura 35 – Custos e consumos associados às intervenções corretivas das linhas BP9 e BP7 que não têm ativo associado

No mapa de consumos retirado do *IBM Maximo* também se verifica que alguns componentes utilizados não têm localização funcional, e/ou posição funcional/ativo associada, retirando rigor sobre a localização por nível e ativo/tipo de ativo que mais impacto financeiro tem ao nível da gestão da manutenção, como se pode verificar nas Figura 30, Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34 e Figura 35, sinalizado com os retângulos vermelhos.

Na Figura 36 são apresentadas análises comparativas para três cenários, quanto aos custos totais, entre as localizações funcionais protótipo da linha BP9 (BK5) e as suas correspondentes da linha BP7 (BK3).

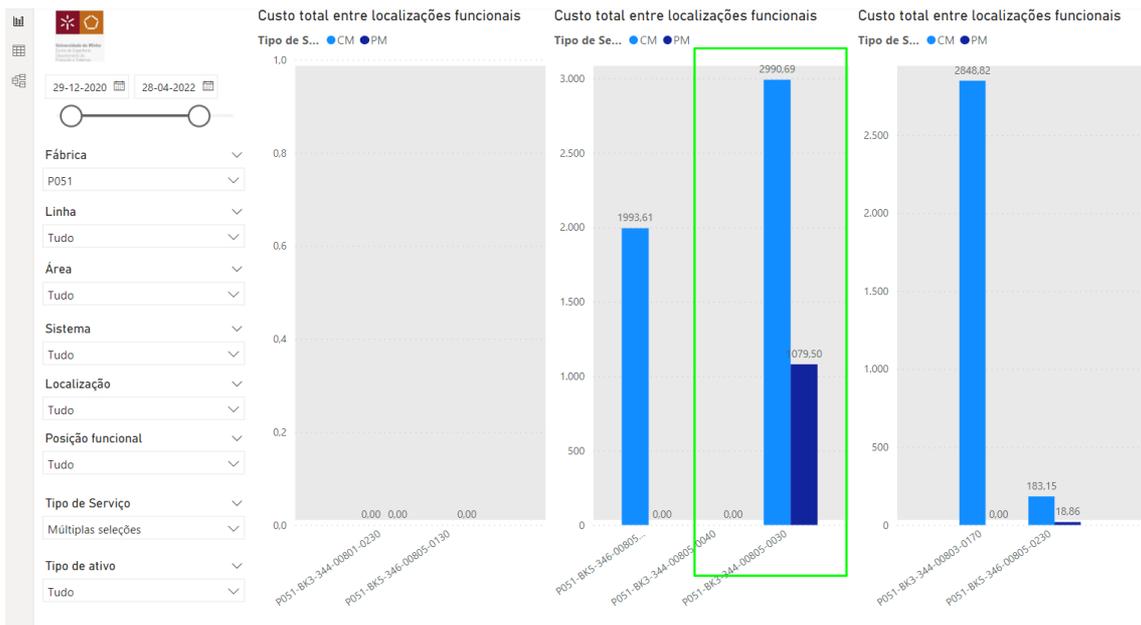


Figura 36 - Comparação de custos corretivos e preventivos para as localizações funcionais protótipo e as suas correspondentes

Cada gráfico da Figura 36 diferencia os valores para intervenções corretivas e preventivas (CM e PM). Este *dashboard* utiliza a coluna de registos relativa aos “Custos totais”, e surge com o intuito de permitir ao utilizador verificar se diferentes localizações funcionais com a mesma função apresentam diferenças significativas para o custo total ou não. Para isso, foram criados três gráficos, onde cada um compara uma localização funcional protótipo e a sua correspondente.

No primeiro gráfico da Figura 36 são comparadas as localizações funcionais P051-BK5-346-00805-0130 com P051-BK3-344-00801-0230, no segundo P051-BK5-346-00805-0170 com P051-BK3-344-00805-0030 + P051-BK3-344-00805-0040, e por último são comparadas as localizações P051-BK5-00805-0230 com P051-BK3-344-00803-0170. De salientar que no segundo gráfico são utilizadas duas localizações funcionais da linha BP7 (BK3), porque de acordo com a codificação da empresa, são ambas precisas para executar a mesma função que a localização funcional da linha BP9 (BK5). Ambas essas duas localizações são destacadas num retângulo verde para se realçar que a correspondência é feita por ambas em conjunto. Cada gráfico exigiu um filtro individual, do separador “Filtros” a indicar qual as localizações funcionais que iria integrar.

Verifica-se que as localizações da linha BP7 têm maiores custos associados, tanto para ações corretivas como preventivas. Também se verifica que uma localização funcional em cada linha não tem custos associados.

Durante o desenvolvimento deste projeto de dissertação surgiram outros indicadores de desempenho que não estão contemplados na tabela do Apêndice II, mas que por exibirem valores tão fora do usual, foram explorados e representados em *PowerBI* para reforçar junto da empresa a necessidade de melhorar a qualidade dos seus registos.

A taxa de ocupação dos técnicos, não sendo um indicador definido para incorporar a plataforma colaborativa, demonstra à empresa que o rigor no preenchimento dos campos relativos à duração das intervenções é essencial. Com os registos existentes para a linha BP9 onde é possível retirar as durações das paragens, calculou-se o total das horas de paragens durante o período respeitante à análise a realizar, e aplicou-se a fórmula da equação (5) utilizando a linguagem DAX do *PowerBI*, Figura 37. A função SUM obtém o número total de horas de paragem, somando os tempos da coluna “Tempo de paragem [h]” da tabela que foi criada com o nome “Taxa de ocupação”, sendo depois dividida pelo tempo de funcionamento (a fábrica opera em regime de três turnos, inclusive ao fim de semana).



Figura 37 - Aplicação em DAX da fórmula para a taxa de ocupação dos técnicos

Foi considerado um período 483 dias de atividade, o que perfazem 11.592 horas de atividade. De acordo com os valores do *Zoom Production*, as avarias com OT associadas perfazem um total de 177,72 horas de paragem, como se pode verificar no quadro apresentado na Figura 38 (criados a partir dos valores do Apêndice XI), para o período de atividade considerado. Dessa forma, o valor da taxa de ocupação dos técnicos, para a linha BP9 (BK5) durante este período é aproximadamente 1.53%, quadro da Figura 38, revelando que se a empresa realizasse análises tendo por base os seus registos, iria concluir que teria recursos (técnicos de manutenção) em quantidades muito acima do que necessitam. O que na prática não acontece.

Pela Figura 38 é perceptível que as taxas de ocupação associadas a cada local dos diferentes níveis hierárquicos são efetivamente muito reduzidas. Estando ainda a maior percentagem de ocupação atribuída a locais sem Localização funcional e/ou Posição funcional associada, ou sem registo do tipo de ativo correspondente, como demonstram as colunas e retângulos a vermelho.

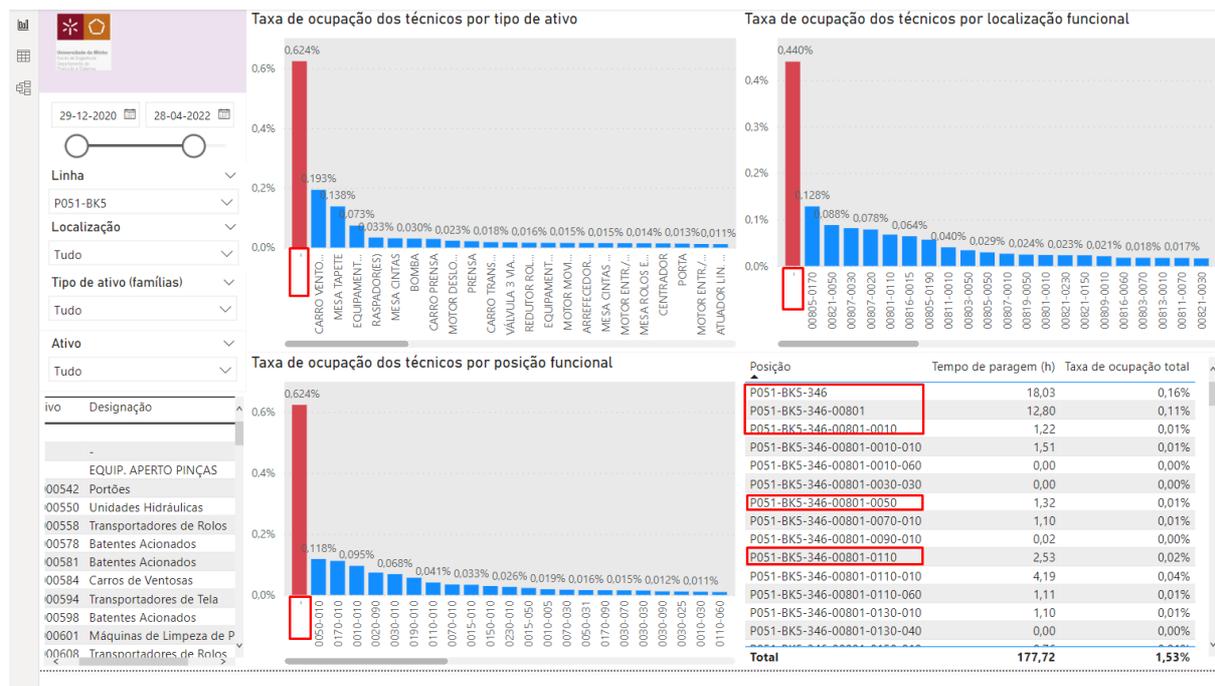


Figura 38 - Gráficos para a Taxa de ocupação dos técnicos para diferentes níveis hierárquicos

### 5.3.2 Análises - apoio à identificação de problemas

Nesta subsecção serão apresentados *dashboards* relativos à informação especificada para o apoio à identificação de problemas, nomeadamente a listas ordenadas de componentes substituídos e de modos de falha.

Quanto à “Lista ordenada de modos de falha em função do número de ocorrências, utilizando a informação de todas as fábricas”, já é possível identificar os modos de falha que contribuem para a avaria dos ativos, a partir da análise dos registos de degradação das OT (combinação “família de componente – modo de falha”). Tendo por base a literatura, o modo de falha é tido como a causa para o efeito do nível imediatamente acima (por exemplo, a falha do componente responsável por um efeito visualizado em um equipamento). Identifica cada condição específica relacionada com um item que causa a perda de função do sistema (Almeida et al., 2015).

Na Figura 39 são apresentadas as famílias de componentes associadas a um ativo do tipo “carro de ventosas”, retiradas do *IBM Maximo*, e o respetivo modo de falha diagnosticado (condição observada) para uma determinada avaria.

Componente	Observações	Escala	Condição Observada
Chumaceiras / Rolamentos			Q
Veio / Êmbolo			Q
Guias/Casquilho			Q
Corpo / "Chassis" / Chapa			Q
R.Dentadas/Polias/Excentr/Cremalh/Fusos			Q
Acionamento			Q
Estrutura (pernas,/vigas/sapatas/fixação/carris)			Q
Elementos Transmissão (conjunto)			Q
Roletes/Rodas de Suporte			Q
Instrumentação			Q
Acessórios Tubagem / Ductos / Mangueiras			Q
Cilindro Hidráulico/Pneumático		1	Q Fuga
Orgão Controlo Fluxo / Entrada / Saída			Q
Caminhos / Esteiras / Enroladores Cabos			Q
Freio / Discos /Embraegem			Q
Ventosas			Q
Sistema Lubrificação			Q
Elem.Tração (Cabos/Corr/Cintas)			Q

Figura 39 – Lista de famílias de componentes para um ativo do tipo “Carro de ventosas” e o modo de falha apresentado numa determinada avaria

À medida que ambos os projetos (dissertação e de investigação) se iam desenvolvendo, surgiu a necessidade de desenvolver uma nova lista: a lista ordenada de efeitos por tipo de ativo e as suas causas raiz associadas. Não com o intuito de identificar eventuais problemas, mas para servir de apoio ao

diagnóstico. Dessa forma, o técnico ao observar um determinado efeito, inicia a sua intervenção de diagnóstico por observar o componente que maior percentagem de vezes está associado a esse efeito. Na Tabela 8 é apresentada a lista de efeitos que foi definida em conjunto com o técnico da fábrica responsável pelas avarias elétricas para o carro de ventosas tendo por base os componentes do Apêndice VIII. Apenas foram considerados componentes utilizados em intervenções relativas ao ativo do tipo carro de ventosas.

Como foi referido na subsecção 3.2.3, os efeitos foram divididos em duas categorias: ativo, onde o efeito se verifica no ativo, e de processo, onde o efeito é verificado ao nível do processo. São também contempladas duas colunas: “Alarme” e “Observação”. Na coluna “Alarme” são identificados quais os efeitos que estão associados a mensagens de alarme, enquanto a coluna “Observação” permite que se insiram notas sobre os efeitos. Neste caso, é apresentada uma situação em que o autómato entra em stop. Foram enumerados os componentes elétricos que compõe e foram substituídos no ativo “Carro de ventosas”, e para cada um, foi pedido ao técnico que descrevesse o que se visualiza quando cada um deles falha. Nas tabelas dos Apêndice VIII e Apêndice IX foram assinalados que efeitos estão associados a cada componente. Com o evoluir do número de registos, futuramente, será possível ter uma base de apoio ao diagnóstico, onde os técnicos poderão verificar de forma sustentada qual o componente que mais vezes foi o responsável pelo efeito do momento. Dessa forma, começam o diagnóstico analisando o componente que está mais vezes associado a esse efeito, e eliminando possibilidades de forma mais rápida.

Tabela 8 - Lista de efeitos para os componentes da vertente elétrica do carro de ventosas

Carro de ventosas				
Número	Lista de efeitos	Categoria	Alarme	Observação
1	Carro parado	Ativo		
2	Erro de vácuo	Ativo	x	
3	Falha de alinhamento	Ativo	x	
4	Falha de comunicação entre CPUs	Ativo	x	Autómato entra em stop
5	Movimento irregular do macaco	Ativo		
6	Papel colado (Falha de sopro)	Processo		
7	Placas encravadas (Falha de deteção)	Processo		
8	Semáforo vermelho	Ativo	x	

A Figura 40 apresenta a lista ordenada de efeitos por tipo de ativo para as localizações funcionais protótipo da linha BP9 (BK5), utilizando os registos das OTs retirados do *IBM Maximo*, com lista de efeitos normalizada para os diversos ativos. Recorreu-se ao filtro “Posição” para se selecionarem as posições funcionais correspondentes às localizações protótipo pretendidas. A representação quanto aos efeitos por família de ativo, provém do cruzamento das colunas “Efeitos da avaria” com “Família ativo”. Neste momento, apenas o carro de ventosas possui uma lista de efeitos normalizada validada, sendo possível verificar na Figura 40, nos retângulos a verde, que alguns dos efeitos da lista verificaram-se nas localizações protótipo. Os efeitos associados aos restantes ativos ainda carecem de reuniões e validação com os técnicos, pelo que, embora normalizados, ainda estão em fase de validação. Novamente é visível uma ausência de registos, retângulo vermelho, nomeadamente quando ao efeito visível, sendo que existem 9 registos sem modo de falha associado (4 ao equipamento de ionização, 3 à mesa tapete, e 1 ao carro ventosas e motor tapete).

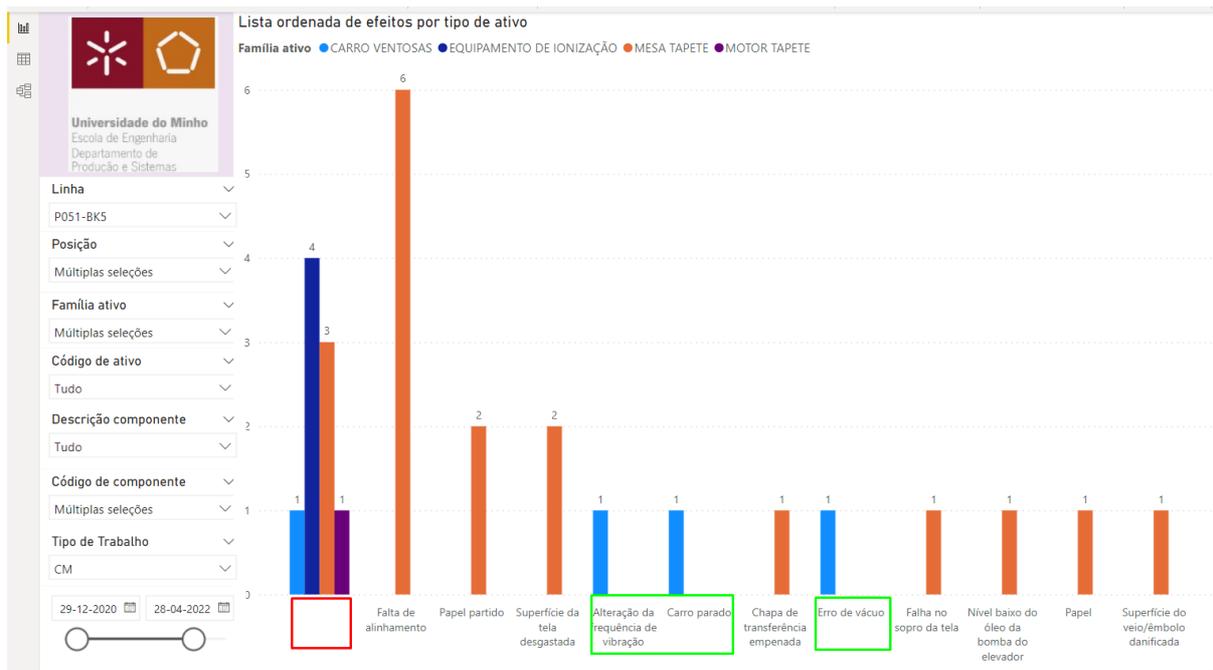


Figura 40 - Efeitos observados por tipo de ativo para o sistema 00805

A Figura 41 apresenta a forma como será utilizada a lista ordenada de efeitos por tipo de ativo, para uma situação de diagnóstico de um carro de ventosas (tipo de ativo com lista de efeitos validada pela empresa) quando se verifica um erro de vácuo, com o intuito de eliminar as possíveis causas raiz de forma mais eficaz.

Este *dashboard* utiliza a informação referente ao número de OTs, família de ativo, listas de efeitos e qual o componente associado ao efeito. Pode-se filtrar o tipo de ativo no filtro “Família ativo” ou simplesmente

clicando em cima do tipo de ativo que se quer analisar, que o gráfico decompõe os dados para o selecionado. O mesmo sucede em todos os níveis da esquerda para a direita, até chegar á lista ordenada de “Condição observada” para determinada “Família de componente”.

Os registos ainda são muito pobres para que este procedimento possa ser utilizado de momento, mas se os atuais registos fossem rigorosos, o técnico no seu equipamento *mobile*, ou ainda auxiliado remotamente, iria verificar que nas situações anteriores em que ocorreu um erro de vácuo para um carro de ventosas, as causas raiz responsáveis pelo mesmo eram em igual proporção as ventosas ou o órgão de controlo de fluxo. Sendo por estes que o técnico iniciaria o seu diagnóstico. Embora não esteja previsto que a informação presente no módulo “Análises e melhorias (Benchmarking)” seja visualizada pelos técnicos, a informação quanto a esta lista será uma exceção com o intuito de facilitar o processo de diagnóstico.



Figura 41 - Mapa de decomposição de efeitos por tipo de ativo e componentes associados a estes para o sistema 00805

Quanto à “Lista ordenada de componentes substituídos para um determinado tipo de ativo, em função do número de falhas”, Figura 42, a designação dos componentes substituídos (Causa raiz) e as respetivas quantidades são identificadas no registo da OT no campo (“Materiais”). Também existe um campo no *IBM Maximo* onde é possível identificar quais os componentes que compõem cada ativo.

A Figura 42 representa essa lista para os quatro ativos identificados anteriormente como protótipo, sendo que apenas 3 dos 4 tipos de ativos foram alvo de intervenções que exigiram substituição de

componentes. Por forma a que a empresa conseguisse identificar imediatamente qual o tipo de componente a que correspondem os códigos, foi adicionada ao *dashboard* uma tabela de correspondência Código do Componente – Descrição do componente, e uma coluna com a quantidade consumida de cada um. Quando esta lista for mais robusta em número de registos, e contemplar a informação de várias fábricas, a presença de componente(s) com uma taxa de substituição superior em relação aos outros pode acelerar a identificação da causa raiz de determinado problema. Poderá recorrer à informação disponibilizada pelas outras fábricas, utilizando os filtros de pesquisa da plataforma colaborativa, podendo pesquisar por tipo de ativo ou por modo de falha.

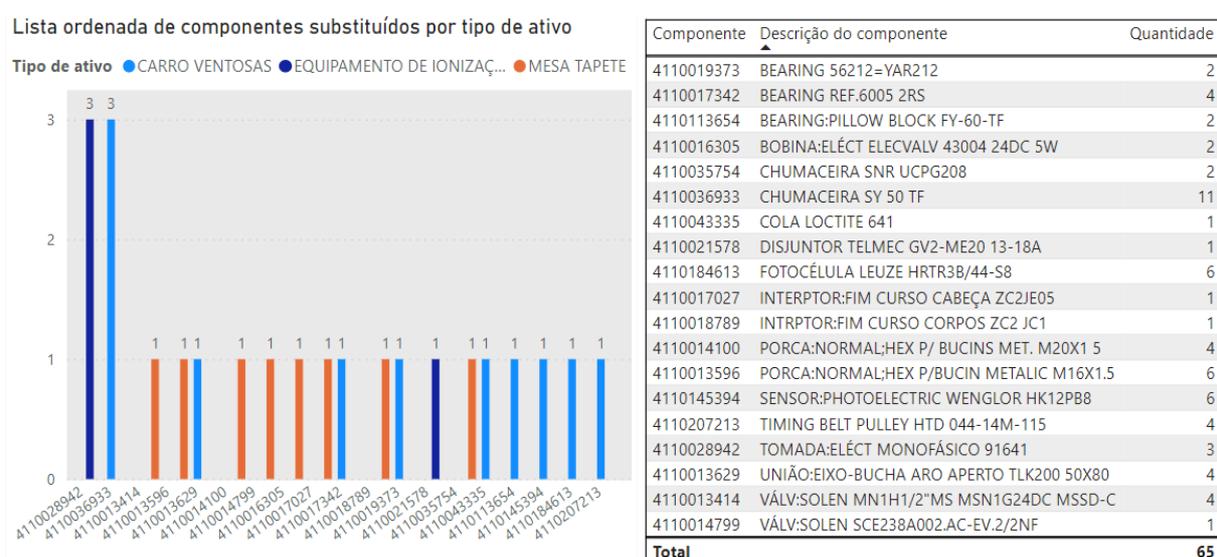


Figura 42 - Lista ordenada de componentes substituídos por tipo de ativo e a sua legenda

De seguida é apresentada a “Lista ordenada de componentes um determinado ativo, em função do número de falhas”, Figura 43. Desta forma, serão analisados os ativos por posição funcional considerando a substituição mais recorrente dos seus componentes. Em relação à lista anterior, esta apenas contemplará componentes de um ativo em específico (identificado pelo seu código), enquanto a lista anterior contempla todos os componentes consumidos para todos os ativos do mesmo tipo/família. Pretende-se que a descrição da causa da avaria seja preenchida no registo da OT, sempre que seja identificada, evitando assim a presença de registos incompletos e de pouca utilidade nas análises previstas. Para isso, pretende-se a identificação da combinação “família de componente – modo de falha” que mais contribuiu para a ocorrência da avaria, sempre que esta possa ser identificada.

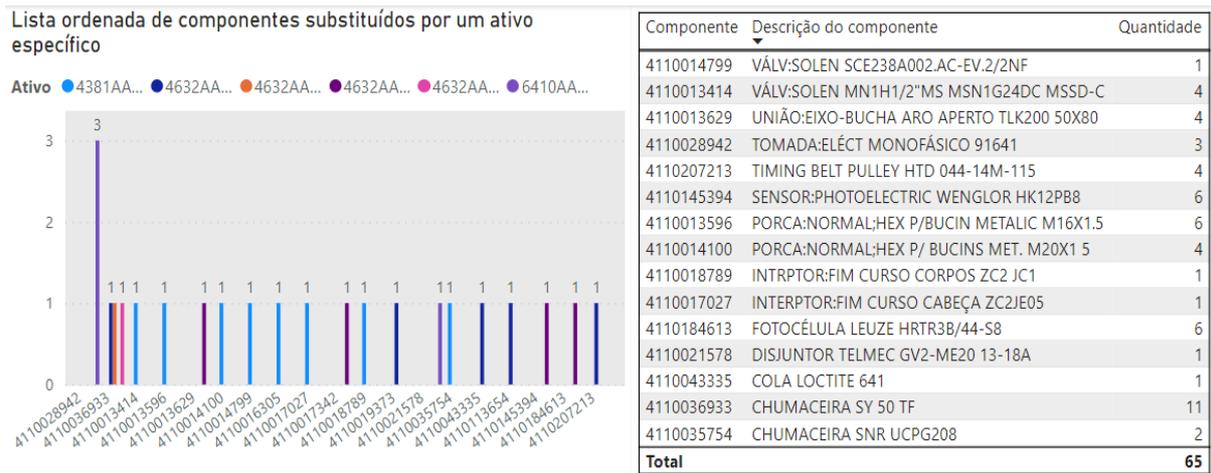


Figura 43 - Lista ordenada de componentes substituídos por ativo e a sua legenda

Durante o desenvolvimento do presente projeto de dissertação entendeu-se ser pertinente a implementação de um gráfico “curva de Pareto”, Figura 44, pois fornece uma visualização diferente quanto ao grupo de ativos, que de forma individual, têm um grande impacto no cômputo geral das intervenções. Desta forma, a empresa obtém a informação de que ativos necessitam de uma análise mais intensiva por forma a reduzir o número de avarias nestes ativos.

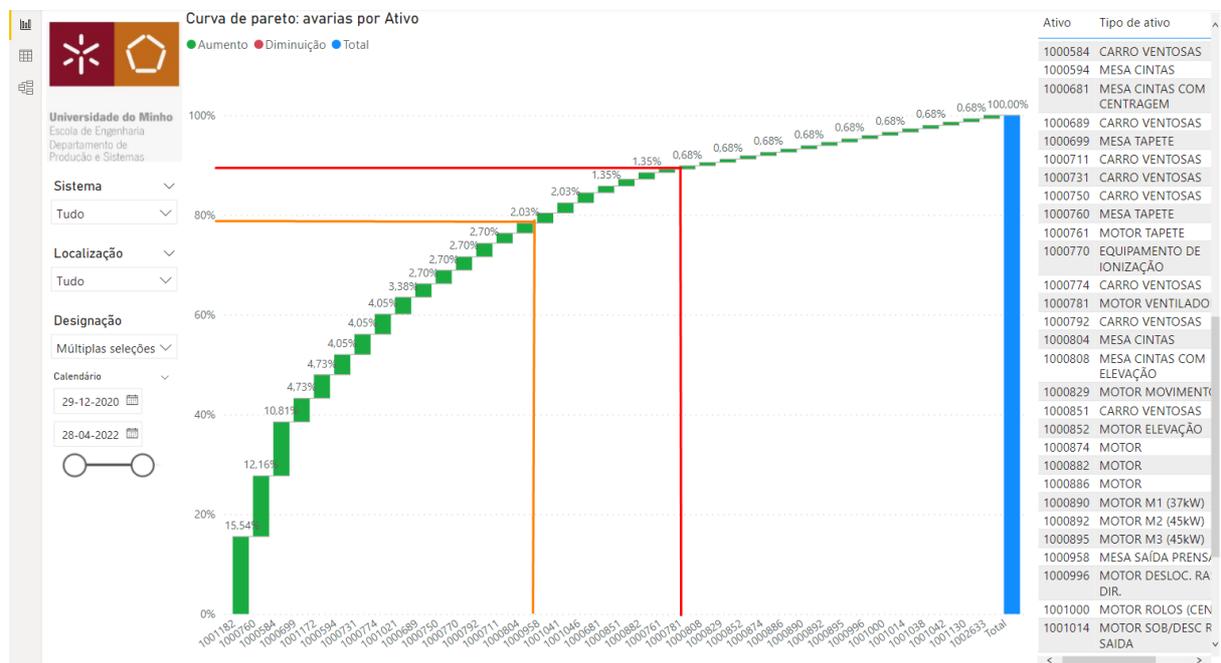


Figura 44 - Curva de Pareto referente ao número de avarias por ativo

Utilizando os registos de todas as localizações da linha BP9, organizaram-se os dados por ativo com maior número de avarias, de forma descendente, recorrendo à funcionalidade DAX do *Power BI*, foi adicionada uma coluna que faz o cálculo cumulativo dessas avarias. Posteriormente, calcula a

percentagem corresponde ao número de avarias de cada ativo em relação ao total. Selecionando a visualização “Gráfico de cascata” do *PowerBI*, é apresentada a curva de Pareto da Figura 44, tendo por base o número de avarias por ativo.

No filtro “Designação” foram retiradas as OTs que não têm o registo do ativo associado pois este gráfico tem como objetivo demonstrar que ativos têm maior impacto no número de avarias.

Os ativos são representados através do seu código para que seja possível identificar o ativo em específico. É ainda apresentada uma tabela auxiliar que permite identificar qual o tipo de ativo a que corresponde cada código de ativo.

Analisando este gráfico, identifica-se que até ao ativo 1000958, onde o gráfico cresce de forma muito acentuada, estão associadas cerca de 80% das avarias, sendo nestes ativos que a empresa deve focar os seus esforços de forma a analisar e solucionar estas situações.

A partir desse ponto até ao ativo 1000781, o gráfico começa a estabilizar, representando assim cerca de 10% das avarias. Os restantes 10% são correspondentes aos restantes ativos, onde o gráfico é quase horizontal.

#### 5.4 Análise e melhorias - Submódulo “Identificação de melhorias de forma colaborativa”

Nesta secção será abordado o modo como os RCAs serão preenchidos de forma colaborativa.

Os RCAs serão preenchidos em formato *online*, através da plataforma colaborativa, sendo disponibilizados de forma imediata. Dessa forma, permitirá a participação de agentes decisores de diferentes localizações na sua elaboração. Através da página do RCA “Descrição do Problema”, está previsto que cada agente possa dar o seu contributo na resolução do mesmo, sendo posteriormente a sua hipótese validada ou não. Para os campos apresentados na Tabela 9 são especificados quais os campos do *template* de RCA que serão utilizados como filtros de pesquisa dentro da plataforma colaborativa.

Tabela 9 - Campos a utilizar como filtro de pesquisa em cada etapa do RCA

Etapas RCA	Campos relevantes
Descrição do problema	1)Ações imediatas
	2)Sintoma (efeito visível)
	3)Modo de falha (avaria visível)
	4)Contenção sobre o Modo de Falha
	1)Potenciais Causas que provocam o MODO DE FALHA

<b>Etapas RCA</b>	<b>Campos relevantes</b>
Causas e Porquês	2)Verificação das causas diretas (Plano ações de verificação, para reter ou não reter a causa direta identificada)
Plano de ações	1)Causa Raiz
Fecho	1)Lições aprendidas

Os seguintes campos podem ser divididos em campos de auxílio na resolução do problema (sintoma, modo de falha, potenciais causas que provocam o modo de falha, ou ações imediatas) e em campos que descrevem melhorias implementadas nessa fábrica para prevenir o reaparecimento do mesmo problema (contenção sobre o modo de falha e lições aprendidas).

## 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O objetivo principal desta dissertação consistiu em definir os requisitos e especificações, em sintonia com os objetivos da empresa, tendo em vista o desenvolvimento de uma rede colaborativa para gestão da manutenção, com definição de dados e informação a partilhar, bem como a sua integração com o *software* de gestão da manutenção em utilização (neste caso um EAM – *Enterprise Asset Management*). Na secção 1.1 são descritos quais os objetivos a médio/longo prazo da empresa, bem como as dificuldades identificadas para os atingir. Para cumprir com esses objetivos, surgiu a necessidade de desenvolver uma plataforma de trabalho colaborativa, de maneira a mitigar o efeito dessas dificuldades identificadas. A plataforma colaborativa terá de cumprir com os requisitos definidos, que irão definir quais os *inputs* a importar e *outputs* a obter de parte da mesma (Bousdekis et al., 2015) e especificações definidas.

### 6.1 Resultados obtidos

Os requisitos foram divididos em dois grandes grupos tendo por base o seu objetivo, sendo eles “Desenvolvimento dos módulos da plataforma colaborativa”, onde são definidas as funcionalidades da plataforma colaborativa, e “Desenvolvimento da arquitetura de informação”, onde se especifica que informação é importante reter e com que utilizadores irá ser partilhada. Estes requisitos e especificações foram posteriormente apresentados e aprovados pela empresa.

Considerando os requisitos e as diretrizes de trabalho a seguir (especificações) foram definidos os tipos de dados e de informação a reter e a partilhar com os diversos tipos de utilizadores, sendo apresentados na secção 4.3. A plataforma integrará depois tipos de informação diferentes que serão divididos em dois módulos diferentes. Um desses módulos será composto por dados não transformados, chamado “Dados e informação a partilhar”, e contempla planos de manutenção, histórico dos equipamentos (avarias, intervenções e melhorias), bem como informação de suporte às ações de manutenção corretiva e preventiva. Depois de processados e tratados, estes dados servirão de base ao cálculo dos indicadores definidos para o 2º módulo, “Análises e Melhorias (*Benchmarking*)” e às análises comparativas a realizar. Será composto por dados transformados e integrará três tipos de informação distintas: Indicadores calculados, Análises e Colaboração na identificação de melhorias.

Com os dados e informação que foram detalhados nas subsecções 4.3.1 e 4.3.2, não só a empresa conseguirá reter o conhecimento que os técnicos mais experientes possuem, como irá usufruir de uma

ferramenta de análise comparativa de desempenho que lhe permitirá detetar potenciais problemas nas várias unidades fabris e a capacidade de os resolver de forma mais rápida e eficaz. Podendo assim, atingir as metas por si estabelecidas num prazo mais reduzido, nomeadamente no aumento da disponibilidade dos equipamentos até os 90%, e realizar as alterações necessárias na sua estratégia de gestão da manutenção de maneira a obter os resultados desejados nos restantes KPIs.

Foi ainda desenvolvido uma base de dados protótipo (Apêndice XII), em *MySQL Workbench*, para conferir a fiabilidade do ficheiro quanto à importação de diversos formatos de registos. Verificou-se que os dados são importados de forma correta, podendo assim o ficheiro ser utilizado em projetos diferentes que tenham os dados armazenados em formatos diferentes.

## 6.2 Dificuldades e problemas identificados

A maior dificuldade na realização deste projeto relaciona-se com o número reduzido de registos, em parte devido ao ainda curto período de implementação do EAM, mas também devido ao pouco rigor, campos por preencher e ausência de normalização dos existentes. Os campos “Observação” do *Zoom Production* e “Descrição” do *IBM Maximo* obrigaram a despende muito tempo na compreensão da forma como são preenchidos e no cruzamento de registos para dar a robustez necessária aos dados para se poderem utilizar nas análises a desenvolver. Este fator levou a um início de trabalho mais lento, sendo necessário analisar e comparar os registos linha a linha, entre os diferentes *softwares* de registo da empresa. Entre os campos identificados como sendo dos que apresenta maior ausência de registos, destacam-se o campo “Componente” e o “Ativo” do *IBM Maximo*, sendo que este último está ligado ao não preenchimento do registo até ao nível de posição funcional. Desta forma, ao fazer uma rápida pesquisa pelos ativos ou famílias de componentes que têm mais avarias (OTs) associadas, o valor mais representativo é em ambas as situações, a ausência de registo. Para ajudar a visualizar esta conclusão, foi criado um *dashboard* auxiliar para conclusões, com informação de todas as localizações das linhas BP9 (BK5) e BP7 (BK3), Figura 45, onde se verifica que o valor mais representativo para o campo “Componente” e “Ativo” é a ausência de registo (Vazio).



Figura 45 - Quantidade de OTs sem ativo e família de componentes associada

O campo “Componente”, do *IBM Maximo*, corresponde à família de componentes que durante o diagnóstico foi considerada como causa da avaria, e foi-lhe atribuída um grau de degradação. Sendo que o grau de degradação tem uma condição associada, campo “Condição Observada”, que será a base dos registos para atribuir o modo de falha (Figura 39). Neste grau de degradação preenchido pelo técnico, surgiu outro problema. Alguns técnicos não entendiam bem qual a função e objetivo deste campo, e atribuíam classificação 7, ou seja, “Sem problemas” à família de componentes responsável pela avaria. Isto acontecia porque estes preenchiam com o estado em que se encontrava o componente depois da reparação, e não antes de realizarem a intervenção.

Como é possível verificar na Figura 46, que foi desenvolvida para suportar a secção de “Análise e discussão dos resultados”, utilizando as colunas de registos relativas a “Escala de degradação” e “Componente”, a escala 7 (Sem problemas) corresponde ao terceiro maior nível de degradação atribuído, com cerca de 15%. Por esta razão, não é possível associar o modo de falha a esses registos. Enquanto a ausência de registo, corresponde à segunda maior percentagem com aproximadamente 18%. Sem a família de componente registada não será possível criar uma base de registos sólida para apoiar o diagnóstico futuramente, pois não se pode associar determinado efeito ao componente da causa raiz.

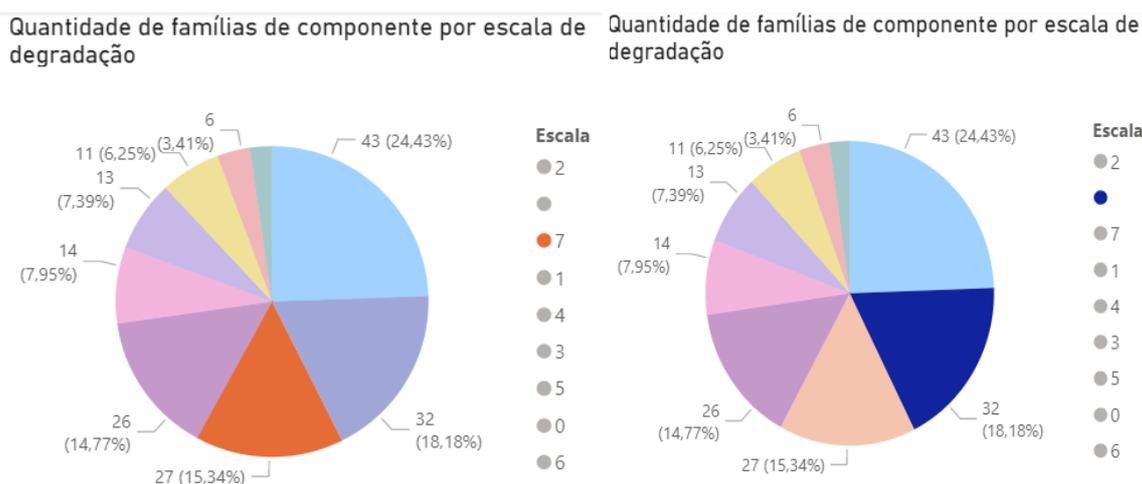


Figura 46 - Quantidade de famílias de componentes por escala de degradação

Para além destes casos em específico, na subsecção onde foram abordados os KPIs definidos para o presente projeto, várias outras situações foram apresentadas, onde se identifica novamente a ausência de registos, nomeadamente ao nível da localização.

Também nos registos do *Zoom Production* é visível essa falta de rigor, pois na maior parte das avarias não existe descrição. As que possuem descrição são preenchidas com número de OT, a mesma OT associada a várias paragens, escrita livre não normalizada (levando a erros ortográficos) e durações muito curtas. Este último fator, em conjunto com o facto de poucas avarias do *Zoom Production* poderem ser associadas a OTs do *IBM Maximo* com segurança, reflete-se significativamente nos gráficos da Figura 28, onde o indicador Disponibilidade apresenta valores próximos de 100% para todas as situações e no indicador Tempo Médio de Paragem.

Esta falta de rigor no preenchimento também se reflete no cálculo do indicador taxa de ocupação dos técnicos, obtendo-se um valor de aproximadamente 1,53%, quando é um indicador do qual se espera valores o mais elevados possível.

Tendo por base os registos existentes, as análises que se podem desenvolver de momento não poderão ser consideradas como realistas e fiáveis.

### 6.3 Propostas de melhoria

As propostas de melhoria sugeridas já começaram a ser implementadas pela empresa, tendo a apresentação dos *dashboards* demonstrado aos seus elementos, de forma fácil e rápida, o grande impacto que a ausência de registos implicava nos seus dados, alertando-os para a pouca utilidade que o estado atual terá em eventuais análises. Além disso, rapidamente mostrou que alguns sistemas que a

empresa estava a considerar como os mais críticos, afinal não tinham mesma a urgência de resolução que outros (faz-se a ressalva, tendo por base os registos atuais). Os técnicos e operadores já foram alertados de que terão de preencher a duração das intervenções, ativando o cronómetro da aplicação móvel do *IBM Maximo*, além de fazer descrições do efeito visível aquando da avaria, com a lista de efeitos que irá ser implementada, e não com a descrição da solução ou causa da avaria. Além disso, já existe, por parte da empresa, um pedido realizado à IBM, para atualizar o EAM de maneira a iniciar uma OT de forma automática sempre que surja uma nova paragem e com as listas de efeitos por tipo de ativo em forma de lista. Existiu alguma dificuldade inicial por parte dos colaboradores em aceitarem estas novas exigências, mas gradualmente os registos começam a ser preenchidos com a duração da intervenção. De todas as formas, a amostra ainda é demasiado pequena para ser possível realizar qualquer tipo de análise, pois é um procedimento recente e ainda nem todos os técnicos o realizam. Foi pedido ainda pela empresa à IBM que adicione a coluna “Duração” aos mapas das OTs retirados do *IBM Maximo*, evitando assim que os valores tenham de ser retirados através da análise individual de cada registo. Este objetivo já foi atingido, existindo agora um mapa retirado diretamente do *IBM Maximo*, Apêndice X, com uma coluna relativa à “Duração”. Dessa forma, permite aos utilizadores analisar este campo sem necessitarem de abrir OT a OT.

## 7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo são apresentadas algumas análises e considerações finais acerca do trabalho realizado em torno dos objetivos deste projeto, sendo ainda apresentadas algumas ideias para trabalhos a serem desenvolvidos no futuro.

### 7.1 Conclusões

Neste projeto abordou-se a organização e registros relativos à gestão da manutenção de uma empresa do setor de derivados de madeira, com várias unidades fabris espalhadas por diversos países, com o intuito de desenvolver uma plataforma colaborativa. Esta terá a função de reter o conhecimento existente, e de melhorar o trabalho e análises colaborativas entre as diversas fábricas, além de ser integrada com o atual *software* de gestão da empresa. Suportado por essas análises comparativas, prevê-se a implementação de um novo plano de manutenção, visando o aumento da disponibilidade e capacidade dos equipamentos, e o conseqüente aumento de qualidade de produção.

Para cumprir com estes objetivos, começou-se por definir os requisitos a que a plataforma colaborativa teria de obedecer e as especificações diretrizes para os trabalhos a desenvolver. Estes foram divididos relativamente ao seu tipo: desenvolvimento dos módulos a integrar na plataforma colaborativa, e desenvolvimento da arquitetura de informação. Respetivamente aos módulos a integrar, foram definidos dois grandes módulos, sendo eles “Análises e Melhorias (*Benchmarking*)” e “Dados e informação a partilhar”, e como se processa o fluxo de informação entre a plataforma colaborativa e as diversas fábricas. O primeiro módulo contempla dados processados que se agruparão em Indicadores, Análises comparativas e Identificação de melhorias de forma colaborativa, enquanto o segundo integra dados não transformados provenientes das fábricas, e se dividem em Histórico relativamente aos equipamentos e Planos de manutenção, e Apoio às intervenções de manutenção corretiva e preventiva. No que concerne ao desenvolvimento da arquitetura de informação, foi definido onde, como e que informação será armazenada, e a indicação de qual será a ferramenta de comunicação e visualização para as diversas situações.

Na fase de desenvolvimento, após definidos os requisitos e especificações, realizou-se uma análise exaustiva, que mereceu especial atenção, aos registos existentes, para avaliar a qualidade dos mesmos e quais as suas principais debilidades e carências, além de os tratar de maneira a serem utilizados no desenvolvimento do protótipo. Paralelamente à fase de definição das especificações, eram definidos os Indicadores que seriam pertinentes integrar na plataforma colaborativa de maneira a fomentar o *Benchmarking*. No intuito de melhorar as análises comparativas, tendo em vista a melhoria do desempenho dos equipamentos, é essencial a existência de mais registos realizados pelos operadores ao longo do tempo, para obter informações tais como as maiores causas de avaria, as paragens que mais afetam a disponibilidade das máquinas, entre outros. Num mercado cada vez mais competitivo e feroz, e onde todo o detalhe pode fazer diferença, dados e informação fidedigna são cada vez mais valiosos. Contudo, os registos atuais apresentam falta de rigor no seu preenchimento, sendo identificados dados irrelevantes ou ambíguos e falta de dados essenciais para cálculos de indicadores, como por exemplo, o MTTR, MTBF ou Disponibilidade, não permitindo à empresa realizar análises fidedignas que levem a melhorias. A percentagem de OTs preenchidas com a duração ainda é reduzida, mas já se nota uma evolução desde que foi explicado à empresa os benefícios que podem retirar daí. As restantes soluções ainda carecem da atualização dos campos do *IBM Maximo*. A dissertação foi desenvolvida em âmbito de projeto de investigação, mas devido à sua menor duração, não contemplam os mesmos objetivos finais. Com o final do projeto de investigação ainda há alguns meses de distância, espera-se uma maior implementação de ações, principalmente da plataforma colaborativa, e avaliação das mesmas.

Devido ao elevado número de ativos presentes na linha em estudo definiu-se com a empresa três localizações funcionais que seriam as localizações protótipo. A sua escolha baseou-se na importância de serem localizações com um número de avarias acima da média, e que integram dois dos tipos de equipamentos que mais paragens têm associadas: Mesa Tapete e Carro de Ventosas. Esta seleção, não teve grande relevância para o presente projeto de dissertação, porque os gráficos criados contemplam na sua maioria todas as OTs da linha BP9. Porém, no desenvolvimento de gráficos de análise a localizações específicas, a amostra de registos seria maior do que em outras localizações, permitindo auferir com mais exatidão a fiabilidade dos mesmos.

Com os dados processados de acordo com os pressupostos assumidos, foram realizados *dashboards* que representam os KPIs definidos para o projeto, utilizando a informação disponível no momento. Embora a informação devolvida pelos gráficos não possa ser considerada por parte da empresa devido à falta de rigor nos registos, os resultados no seu desenvolvimento e na implementação de novos

procedimentos por parte da empresa com o objetivo de realizar análises fiáveis, são bastante satisfatórios.

Já se iniciou o desenvolvimento de um *datalake* em *Microsoft Azure* que contempla algumas das especificações no que diz respeito aos registos. De momento, ainda não integra todos os dados e informação relativa aos registos das plataformas da empresa. Será um trabalho a realizar de forma gradual com os dados resultantes de registos rigorosos, e que irá permitir uma atualização dos *dashboards* a vários utilizadores.

Com a implementação do servidor em *Microsoft Visual Studio*, traduzindo-se na plataforma colaborativa, os dados vão estar acessíveis em tempo real e os valores dos KPIs vão poder ser atualizados sempre que o utilizador necessite. Além disso, prevê-se uma interatividade maior entre responsáveis de fábrica para fábrica, no sentido de resolver problemas e na implementação de melhorias, além de uma maior rapidez na resolução de problemas graças à informação armazenada e disponibilizada.

## 7.2 Trabalhos futuros

Todos os objetivos propostos para o projeto de dissertação foram cumpridos. No entanto, existem trabalhos, essencialmente de acompanhamento e atualização de procedimentos, e maturação do *datalake*, que deverão ser realizados continuamente. Devido à dimensão do projeto de investigação paralelo à dissertação, e ao período reduzido para fazer face a todos os desafios associados, alguns desses trabalhos ainda não começaram a ser desenvolvidos.

Os KPIs e gráficos do *PowerBI* exigem dados e informação rigorosa para que estes possam ser contemplados nas análises associados à gestão da manutenção. Dessa forma, será essencial continuar a desenvolver as tabelas de correspondência e normalização das listas de efeitos, nomeadamente relativamente às avarias mecânicas para o carro de ventosas, atualizando posteriormente nos ficheiros de análise respetivos, expandindo-as a outras localizações e fábricas, de forma que fiquem disponíveis no *IBM Maximo* quando os operadores ou os técnicos vão preencher o SR. Estas tabelas também serão de extrema importância nas situações de resolução de problemas. Apoiarão na identificação de que componentes estão associados a determinado efeito, e/ou se outros ativos equivalentes verificaram o mesmo efeito e sua resolução.

Um dos futuros trabalhos mais importantes será o desenvolvimento da plataforma colaborativa em si, com base nos requisitos e especificações identificadas na Tabela 4 e tabela 5. Para isso, será desenvolvido em ambiente integrado do *Microsoft Visual Studio* uma aplicação que importe os dados

relativos aos três *softwares* de registo da empresa, e que os permita tratar e explorar, resultando em *clean outputs* para as ferramentas de visualização (*PowerBI* e soluções móveis dos técnicos e operadores). Para que a informação seja de fácil e rápido acesso, a aplicação terá de cumprir com a arquitetura de informação definida nas especificações.

Assim que o protótipo para as localizações funcionais selecionadas esteja a funcionar corretamente e a cumprir com os requisitos definidos, é esperado que seja alargado e aplicado às restantes localizações da linha BP9 numa primeira fase. Posteriormente será alargado às restantes linhas da fábrica de Oliveira do Hospital e restantes fábricas do grupo. Só depois de implementado nas restantes fábricas é que a empresa irá usufruir de todas as potencialidades da plataforma de trabalho colaborativa, com a partilha de informação e colaboração entre fábricas diferentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 25(7), 709–756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Al-Najjar, B. (1998). Improved effectiveness of vibration monitoring of rolling bearings in paper mills. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 212(2), 111–120. <https://doi.org/10.1243/1350650981541930>
- Ali Babar, M., Dingsøyr, T., Lago, P., & Vliet, H. Van. (2009). *Software Architecture Knowledge Management: Theory and Practice*. Springer Berlin Heidelberg.
- Ali, M. I., Patel, P., Breslin, J. G., & Member, S. (2019). Middleware for Real-Time Event Detection and Predictive Analytics in Smart Manufacturing.
- Almeida, A., Cavalcante, C., Alencar, M., Ferreira, R., Almeida-Filho, A., Garcez, T. (2015). *Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis*. Springer International Publishing Switzerland. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-17969-8>
- Alsyouf, I. (2007). The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability. *International Journal of Production Economics*, 105(1), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.057>
- Aromaa, S., Aaltonen, I., Kaasinen, E., Elo, J., & Parkkinen, I. (2016). Use of Wearable and Augmented Reality Technologies in Industrial Maintenance Work. <https://doi.org/10.1145/2994310.2994321>
- Aromaa, S., Heimonen, T., Väätänen, A., & Aaltonen, I. (2015). A model for gathering and sharing knowledge in maintenance work. <https://doi.org/10.1145/2788412.2788442>
- Arrais-castro, A., Varela, L. R., Putnik, G., & Ribeiro, R. A. (2015). Collaborative Negotiation Platform using a Dynamic Multi-Criteria Decision Model Collaborative Negotiation Platform using a Dynamic Multi-Criteria Decision Model. January. <https://doi.org/10.4018/ijdsst.2015010101>
- Ben-Daya, M. (2000). You may need RCM to enhance TPM implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 6(2), 82–85. <https://doi.org/10.1108/13552510010328086>
- Bertolini, M., & Bevilacqua, M. (2006). A combined goal programming - AHP approach to maintenance selection problem. *Reliability Engineering and System Safety*, 91(7), 839–848.

- <https://doi.org/10.1016/j.res.2005.08.006>
- Bevilacqua, M., & Braglia, M. (2000). Analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability Engineering and System Safety*, 70(1), 71–83. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(00\)00047-8](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(00)00047-8)
- Bhutta, K. S., & Huq, F. (1999). Benchmarking - best practices : an integrated approach. *An International Journal*, 6, 254–268.
- Bititci, U. S., Martinez, V., Albores, P., & Parung, J. (2004). Creating and managing value in collaborative networks. <https://doi.org/10.1108/09600030410533574>
- Bititci, U. S., Mendibil, K., Nudurupati, S., Turner, T., & Garengo, P. (2004). The interplay between performance measurement, organizational culture and management styles. *Measuring Business Excellence*, 8(3), 28–41. <https://doi.org/10.1108/13683040410555591>
- Bousdekis, A., Magoutas, B., Apostolou, D., & Mentzas, G. (2015). A proactive decision making framework for condition-based maintenance. *Industrial Management and Data Systems*, 115(7), 1225–1250. <https://doi.org/10.1108/IMDS-03-2015-0071>
- Braglia, M., Castellano, D., & Frosolini, M. (2013). An integer linear programming approach to maintenance strategies selection. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 30(9), 991–1016. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2012-0059>
- Braglia, M., Castellano, D., & Gallo, M. (2019). A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(4), 612–634. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2016-0018>
- Brous, P., Janssen, M., & Herder, P. (2018). Internet of Things adoption for reconfiguring decision-making processes in asset management. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-11-2017-0328>
- Camarinha-matos, L.M.; Afsarmanesh, H. (2006). Value creation in a knowledge society. 207, 26–40.
- Camarinha-Matos, L. M., & Afsarmanesh, H. (2005). Collaborative networks: A new scientific discipline. *Virtual Organizations: Systems and Practices*, 73–80. [https://doi.org/10.1007/0-387-23757-7\\_6](https://doi.org/10.1007/0-387-23757-7_6)
- Chen, S., Luo, T., Liu, W., Song, J., & Gao, F. (2008). A FRAMEWORK FOR MANAGING ACCESS OF LARGE-SCALE. 7(19), 137–147.
- Cioc, M. (2012). Collaborative decision – making platform for participatory structures and group decision – making bodies. 31–40.
- Dai, W., Sun, J., Chi, Y., Lu, Z., Xu, D., & Jiang, N. (2019). Review of machining equipment reliability analysis methods based on condition monitoring technology. *Applied Sciences* (Switzerland), 9(14). <https://doi.org/10.3390/app9142786>

- Daniyan, I., & Oyesola, M. (2020). ScienceDirect ScienceDirect Artificial intelligence for predictive maintenance in the railcar Artificial intelligence for predictive maintenance in the railcar learning factories learning. *Procedia Manufacturing*, 45(2019), 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.032>
- Diez-Olivan, A., Del Ser, J., Galar, D., & Sierra, B. (2019). Data fusion and machine learning for industrial prognosis: Trends and perspectives towards Industry 4.0. *Information Fusion*, 50(July 2018), 92–111. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2018.10.005>
- Dunn, S. (2003). The fourth generation of maintenance. Conference Proceedings Of. [http://www.plant-maintenance.com/articles/4th\\_Generation\\_Maintenance.pdf](http://www.plant-maintenance.com/articles/4th_Generation_Maintenance.pdf)
- Elghazel, W.; Bahi, J.; Guyeux, C.; Hakem, M.; Medjaher, K.; Zerhouni, N. (2015). Dependability of wireless sensor networks for industrial prognostics and health management. *Comput. Ind.*, 68, 1–15.
- Emmanouilidis, C., Pistofidis, P., Bertonecelj, L., Katsouros, V., Fournaris, A., Koulamas, C., & Ruiz-carcel, C. (2019). Annual Reviews in Control Enabling the human in the loop : Linked data and knowledge in industrial cyber-physical systems. *Annual Reviews in Control*, 47, 249–265. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2019.03.004>
- EN 13306. (2017). *Maintenance – Maintenance terminology*. European Committee for Standardization
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T., & Probert, S. D. (2004). Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. *Applied Energy*, 79(4), 385–401. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2004.01.007>
- Eyoh, J., & Kalawsky, R. S. (2018). Evolution of Maintenance Strategies in oil and Gas Industries: The Present Achievements and Future Trends. *FEAST International Conference on Engineering Management*. <https://pdfs.semanticscholar.org/64fa/d217ef7de8fdb7a439d9dcf0eb523bcbad2e.pdf>
- Ferreiro, S., Konde, E., Fernández, S., & Prado, A. (2017). INDUSTRY 4 . 0 : Predictive Intelligent Maintenance for Production Equipment. *European conference of the prognostics and health management society*, June 2016, 0–8.
- Garg, A., & Deshmukh, S. G. (2006). Maintenance management : literature review and directions. 12(3), 205–238. <https://doi.org/10.1108/13552510610685075>
- Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2006). Cost Managment Accounting & Control. In Manager.
- Hartmann, E.H. (1992). Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant. Pittsburgh, EUA: TPM Press
- I.B.M. (n.d.). <https://www.ibm.com/business-operations/enterprise-asset-management>

- ISO 55000. (2014). *Overview, Principles And Terminology*. International Organization for Standardization, 1, 18. <http://www.irantpm.ir/wp-content/uploads/2014/03/ISO-55000-2014.pdf>
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>
- Jiang, R. (2015). *Maintenance Decision Optimization*. In: *Introduction to Quality and Reliability Engineering*. Springer Series in Reliability Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-47215-6\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-662-47215-6_17)
- Kelly, A. (1989), Maintenance and its Management, Conference Communication, Monks Hill, Surrey.
- Kirianaki, N. V., Yurish, S. Y., Shpak, N. O., & Deynega, V. P. (2002). Data Acquisition and Signal Processing for Smart Sensors. *Measurement Science and Technology*, 13(9), 1501–1501. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/13/9/706>
- Koronios, A., Lin, S., & Gao, J. (2005). A data quality model for asset management in engineering organizations. *Proceedings of the 2005 International Conference on Information Quality, ICIQ 2005*.
- Kumar, Uday, Galar, D., Parida, A., Stenström, C., & Berges, L. (2013). Maintenance performance metrics: A state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), 233–277. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0029>
- Kutucuoglu, K. Y., Hamali, J., Irani, Z., & Sharp, J. M. (2001). A framework for managing maintenance using performance measurement systems. *International Journal of Operations and Production Management*, 21(1–2), 173–194. <https://doi.org/10.1108/01443570110358521>
- Kyro, P. (2002). Revising the concept and forms of benchmarking. <https://doi.org/10.1108/14635770310477753>
- Lai, S., Leu, F. (2018). Data preprocessing quality management procedure for improving big data applications efficiency and practicality. *Adv Broad-band Wirel Comput Commun Appl*, 12: 731–738.
- Lee, J., Wu, F., Zhao, W., Ghaffari, M., Liao, L., & Siegel, D. (2014). Prognostics and health management design for rotary machinery systems - Reviews, methodology and applications. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 42(1–2), 314–334. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2013.06.004>
- Lei, Y., Li, N., Guo, L., Li, N., Yan, T., Lin, J. (2018). Machinery health prognostics: A systematic review from data acquisition to RUL prediction. In *Mechanical Systems and Signal Processing* 104, p. 799.
- Madhikermi, M., Kubler, S., Robert, J., Buda, A., & Främling, K. (2016). Data quality assessment of maintenance reporting procedures. *Expert Systems with Applications*, 63, 145–164. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.06.043>

- Maletič, D., Maletič, M., Lovrenčić, V., Al-Najjar, B., & Gomišček, B. (2014). An Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Sensitivity Analysis for Maintenance Policy Selection. *Organizacija*, 47(3), 177–188. <https://doi.org/10.2478/orga-2014-0016>
- Mansor, M. A., Ohsato, A., & Sulaiman, S. (2012). Knowledge management for maintenance activities in the manufacturing sector. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 5(1), 612–621. <https://doi.org/10.15282/IJAME.5.2012.7.0048>
- Moubray, J. (1997). Reliability-centered maintenance (2o Edition). *New York: INDUSTRIAL PRESS INC.*
- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2010.04.039>
- Murthy, D. N. P., Atrens, A., & Eccleston, J. A. (2002). Strategic maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(4), 287–305. <https://doi.org/10.1108/13552510210448504>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. Portland, OR: Productivity Press.
- NP EN 15341. (2009). *Maintenance Key Performance Indicators Introduction*. 3, 1–877. [www.ivara.com](http://www.ivara.com)
- Pascual, D. G., & Kumar, U. (2016). Maintenance Audits Handbook: A Performance Measurement Framework. In *Maintenance Audits Handbook: A Performance Measurement Framework*.
- Patel, P., Ali, M. I., & Sheth, A. (2017). On Using the Intelligent Edge for IoT Analytics On Using the Intelligent Edge for IoT Analytics. November. <https://doi.org/10.1109/MIS.2017.3711653>
- Perry, D., Wolf, A. (1992). Foundations for the Study of Software Architecture. *ACM Software Eng. Notes* 17(4), 40–52.
- Pintelon, L., & Parodi-herz, A. (2015). Maintenance : An Evolutionary Perspective Maintenance : An Evolutionary Perspective. January 2008, 21–48.
- Poor, P., Basl, J., & Zenisek, D. (2019). Predictive Maintenance 4.0 as next evolution step in industrial maintenance development. *Proceedings - IEEE International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering, SCSE 2019*, 245–253. <https://doi.org/10.23919/SCSE.2019.8842659>
- Potes Ruiz, P., Kamsu-Foguem, B., Grabot, B., Ruiz, P., Foguem, K., & Kamsu Foguem, B. (2014). Generating Knowledge in Maintenance from Experience Feedback Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO) Generating knowledge in maintenance from Experience Feedback. 68, 4–20. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.02.002i>

- Putnik, G. D., & Ferreira, L. G. M. (2019). Industry 4.0: Models, tools and cyber-physical systems for manufacturing. *FME Transactions*, 47(4), 659–662. <https://doi.org/10.5937/fmet1904659P>
- Putnik, G. D., Putnik, Z., Shah, V., Varela, L., Ferreira, L., Castro, H., Alves, C., & Pinheiro, P. (2021a). Collaborative Engineering: A Review of Organisational Forms for Implementation and Operation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1174(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1174/1/012028>
- Putnik, G. D., Putnik, Z., Shah, V., Varela, L., Ferreira, L., Castro, H., Alves, C., & Pinheiro, P. (2021b). Collaborative Engineering definition: Distinguishing it from Concurrent Engineering through the complexity and semiotics lenses. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1174(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1174/1/012027>
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2). <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Rødseth, H., & Strandhagen, J. (2015). Key Performance Indicators for Integrating Maintenance Management and Manufacturing Planning and Control. 70–77. <https://doi.org/10.1007/978>
- Sahal, R., Breslin, J. G., & Ali, M. I. (2020). Big data and stream processing platforms for Industry 4.0 requirements mapping for a predictive maintenance use case. *Journal of Manufacturing Systems*, 54(November 2019), 138–151. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.11.004>
- Simons, H. (2009). *Case study research in practice*. SAGE publications
- Smith, A.M. (1993). *Reliability-Centered Maintenance*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Stamboliska, Z., Rusiński, E., & Moczko, P. (2015). Proactive Condition Monitoring of Low-Speed Machines. *Proactive Condition Monitoring of Low-Speed Machines*, 53–68. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10494-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10494-2_4)
- Suito, K., 1998. Total productivity management. *Work Study* 47(4), 117–127.
- Taleb, I., Serhani, M. A., & Dssouli, R. (2018). Big Data Quality Assessment Model for Unstructured Data. *Proceedings of the 2018 13th International Conference on Innovations in Information Technology, IIT 2018*, December, 69–74. <https://doi.org/10.1109/INNOVATIONS.2018.8605945>
- Tsang, A. H. C. (1995). Condition-based maintenance: tools and decision making. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1(3), 3–17. <https://doi.org/10.1108/13552519510096350>
- Tsang, A. H. C., Jardine, A. K. S., & Kolodny, H. (1999). Measuring maintenance performance: A holistic approach. *International Journal of Operations and Production Management*, 19(7), 691–715. <https://doi.org/10.1108/01443579910271674>
- Vilarinho, S., Lopes, I., & Oliveira, J. A. (2017). Preventive Maintenance Decisions through Maintenance

- Optimization Models: A Case Study. *Procedia Manufacturing*, 11, 1170–1177.  
<https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2017.07.241>
- Weber, A., & Thomas, R. (2005). KEY PERFORMANCE INDICATORS Measuring and Managing the Maintenance Function. [www.ivara.com](http://www.ivara.com)
- Weinreich, R., & Groher, I. (2016). Software architecture knowledge management approaches and their support for knowledge management activities: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 80, 265–286. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.09.007>
- Wireman, T. (1998). *Developing Performance Indicators For Managing Maintenance*. (First Edition). New York: Industry Press Inc.
- Wireman, T. (2005). *Developing Performance Indicators For Managing Maintenance* (Second Edition). New York: Industrial Press. Inc.
- Xu, R., Kwan, C. (2003). Robust isolation of sensor failures. *Asian Journal of Control* 5, 12–23.
- Yamashina, H. (1995). Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1(1), 27–38.  
<https://doi.org/10.1108/13552519510083129>
- Yang, F., & Gu, S. (2021). Industry 4 . 0 , a revolution that requires technology and national strategies. *Complex & Intelligent Systems*, 7(3), 1311–1325. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00267-9>



## APÊNDICE II – ANÁLISES COMPARATIVAS E LISTAS ORDENADAS DEFINIDAS PARA O SUPORTE AO MÓDULO DE ANÁLISES

Análises e melhorias				
Submódulo	O que se pretende comparar e/ou analisar?	Situação existente	Situação desejável	Solução
<b>1. Análise/estudo comparativo</b> - Análise comparativa do desempenho em diferentes fábricas.  - Análise comparativa do desempenho dentro da mesma fábrica.	Com informação de <u>todas as fábricas</u> , comparar: <b>MTBF de ativo do mesmo tipo.</b>	<b>(*1)</b> A data e hora de paragem podem ser associadas ao ativo e à posição funcional através do registo da OT efetuado no MAXIMO. No entanto, a data e hora da OT geralmente não coincidem com a data e hora reais da paragem (registos do <i>Zoom production</i> ). Além disso, por vezes, a mesma OT é relativa a uma avaria que causou mais do que uma paragem. <b>(*2)</b> Nas diferentes fábricas, os ativos encontram-se agrupados em famílias com uma designação comum. No entanto, a mesma família pode incluir ativos com características distintas. Por isso, não é possível estabelecer uma correspondência direta entre ativos idênticos de fábricas diferentes.	<b>(*1)</b> Especificação da data e hora de início e de fim da paragem no registo da OT. Cada paragem devido a avaria deve ter associada uma OT específica ou ser associada diretamente ao ativo (registos do <i>Zoom production</i> ). <b>(*2)</b> Existência de uma lista que permita estabelecer a correspondência entre ativos do mesmo tipo e linhas idênticas de fábricas diferentes.	<b>(*1)</b> Abertura automática de uma OT, quando se verifica uma paragem devido a avaria (em desenvolvimento). <b>(*2)</b> Criação de uma tabela que permita estabelecer a correspondência entre ativos do mesmo tipo e linhas idênticas de fábricas diferentes.
	Com informação de <u>todas as fábricas</u> , comparar: <b>MTBF de linhas idênticas.</b>	O código de níveis idênticos de fábricas diferentes, na maioria dos casos, não é coincidente. Por isso, não é possível estabelecer uma correspondência direta entre as linhas idênticas de fábricas diferentes.		

Análises e melhorias				
Submódulo	O que se pretende comparar e/ou analisar?	Situação existente	Situação desejável	Solução
		Este indicador pode ser calculado com base nos registos de paragem do <i>Zoom production</i> .		
	Na <u>mesma</u> fábrica, comparar: MTBF de ativos do mesmo tipo, de ativos da mesma localização e de ativos do mesmo sistema.	(*1)	(*1)	(*1)
	Na <u>mesma</u> fábrica, comparar: MTBF de diferentes localizações funcionais, de diferentes sistemas e de diferentes linhas.	A data e hora de paragem nem sempre são associadas ao sistema e à localização funcional, nos registos do <i>Zoom production</i> . Este indicador, relativamente ao nível da linha, pode ser calculado com base nos registos de paragem do <i>Zoom production</i> . No entanto, não pode ser determinado a partir dos registos do MAXIMO, visto que a data e hora de início e de fim da paragem não são especificadas no registo da OT.		
	Com informação de <u>todas as fábricas</u> , comparar: Tempo médio de paragem e/ou de reparação (MTTR), por ativo do mesmo tipo.	Nas diferentes fábricas, os ativos encontram-se agrupados em famílias com uma designação comum. No entanto, a mesma família pode incluir ativos com características distintas. Por isso, não é possível estabelecer uma correspondência direta entre ativos idênticos de fábricas diferentes.	Existência de uma lista que permita estabelecer a correspondência entre ativos idênticos, de fábricas diferentes. Preenchimento automático do campo "Duração" no registo da OT, nas diferentes fábricas.	Criação de uma tabela de correspondência para os ativos idênticos de fábricas diferentes.

Análises e melhorias				
Submódulo	O que se pretende comparar e/ou analisar?	Situação existente	Situação desejável	Solução
	Com informação de <u>todas as fábricas</u> , comparar: Tempo médio de paragem e/ou MTTR <b>de linhas idênticas</b> .	O tempo de paragem pode ser calculado com base nos registos do <i>Zoom production</i> .	Preenchimento automático do campo “Duração” no registo da OT, nas diferentes fábricas.	<u>Determinação da duração da reparação:</u> Ativação do cronómetro associado ao registo da OT, quando é iniciada a reparação.
	Na <u>mesma</u> fábrica, comparar: Tempo médio de paragem e/ou MTTR de <b>ativos do mesmo tipo</b> , de <b>diferentes localizações funcionais</b> , de <b>diferentes sistemas</b> e de <b>diferentes linhas</b> .	Os registos do <i>Zoom production</i> especificam a data e hora das paragens devido a avaria e a respetiva duração. Porém, a data e hora de início da reparação não são registadas. A duração das paragens devido avaria não pode ser associada diretamente à posição funcional e ao ativo com base nos registos do <i>Zoom production</i> . Além disso, a data e hora de paragem nem sempre são associadas ao sistema e à localização funcional. Existe um campo relativo à “Duração” da reparação no registo da OT. No entanto, esta informação não é preenchida.	Preenchimento automático do campo “Duração” no registo da OT. Cada paragem devido a avaria deve ter associada uma OT específica ou ser associada diretamente ao ativo e à posição funcional (registos do <i>Zoom production</i> ).	<u>Determinação da duração da reparação:</u> Ativação do cronómetro associado ao registo da OT, quando é iniciada a reparação. <u>Determinação da duração da paragem:</u> Abertura automática de uma OT, quando se verifica uma paragem devido a avaria mecânica ou elétrica (em desenvolvimento).
	Com informação de <u>todas as fábricas</u> , comparar: Tempo médio de reação ou <i>Mean Waiting Time</i> (MWT) <b>de linhas idênticas</b> .	-	-	-
	Na <u>mesma</u> fábrica, comparar: MWT <b>de diferentes linhas</b> .	-	-	-
	Com informação de <u>todas as fábricas</u> , comparar: Disponibilidade <b>dos ativos do mesmo tipo</b> .	-	-	-
	Na <u>mesma</u> fábrica, comparar: Disponibilidade <b>dos ativos do mesmo tipo</b> .	-	-	-

Análises e melhorias				
Submódulo	O que se pretende comparar e/ou analisar?	Situação existente	Situação desejável	Solução
	Com informação de <u>todas as fábricas</u> , comparar: % de execução das OT referentes a ações de <b>Manutenção Preventiva (MP)</b> .	A calendarização das ações de MP é efetuada no MAXIMO, onde este indicador já é calculado para os últimos 7 e 30 dias respetivamente. Quando uma ação preventiva é realizada, é assinalada como fechada pelo técnico.	Efetuar a confirmação da realização da ação de modo automático através das soluções móveis que irão ser adotadas (uso de <i>QR Code</i> ).	-
	Na <u>mesma fábrica</u> , comparar: Custos de manutenção dos <b>ativos do mesmo tipo</b> (custos discriminados na OT).	O registo das OT efetuado no MAXIMO dispõe de campos para especificar os custos das peças sobressalentes ("Materiais") e dos serviços subcontratados no separador ("Compras") requeridos para efetuar a reparação.	-	-
<b>2. Apoio à identificação de problemas</b> - Tendo por base informação dos ativos do mesmo tipo (em fábricas diferentes), estabelecer prioridades na resolução de problemas com vista à melhoria do desempenho. - Para um determinado ativo de uma fábrica, identificar a origem de menor desempenho.	Para <b>um determinado tipo de ativo</b> , obter a lista ordenada de modos de falha em função do número de ocorrências, usando a informação de <u>todas as fábricas</u> .	É possível identificar os modos de falha que contribuem para a avaria dos ativos, a partir da análise dos registos de degradação das OT (combinação "família de componente – modo de falha").	Descrição da causa da avaria no registo da OT, sempre que seja identificada.	Identificação da combinação "família de componente – modo de falha" que mais contribuiu para a ocorrência da avaria, sempre que possa ser identificada.
	Para <b>um determinado tipo de ativo</b> , obter a lista ordenada de componentes substituídos em função do número falhas, usando a informação de <u>todas as fábricas</u> .	A designação dos componentes substituídos e as respetivas quantidades são identificadas no registo da OT no campo ("Materiais"). Existe um campo no MAXIMO onde é possível identificar quais os componentes que compõem cada ativo.	-	-
	Para <b>um determinado ativo</b> , obter a lista ordenada de componentes substituídos em função do número de falhas.			

## APÊNDICE III – TABELAS DE CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS LOCALIZAÇÕES FUNCIONAIS PROTÓTIPO DA LINHA BP9 E AS CORRESPONDENTES DA LINHA BP7

Linha BP9	
<b>P051-BK5-346-00805-0130</b>	<b>ALIMENTAÇÃO PB/MDF CRU PARA FORM. 2</b>
P051-BK5-346-00805-0130-010	MESA CINTAS COM CENTRAGEM
P051-BK5-346-00805-0130-020	MOTOR ROLOS
P051-BK5-346-00805-0130-021	REDUTOR ROLOS
P051-BK5-346-00805-0130-030	CENTRADOR
P051-BK5-346-00805-0130-040	BATENTE INTERMÉDIO
<b>P051-BK5-346-00805-0170</b>	<b>FORMAÇÃO 2</b>
P051-BK5-346-00805-0170-010	MESA TAPETE
P051-BK5-346-00805-0170-020	MOTOR TAPETE
P051-BK5-346-00805-0170-021	REDUTOR TAPETE
P051-BK5-346-00805-0170-030	MOTOR CLAPETE ASPIRAÇÃO
P051-BK5-346-00805-0170-031	REDUTOR CLAPETE ASPIRAÇÃO
P051-BK5-346-00805-0170-040	EQUIPAMENTO DE LIMPEZA TELA
P051-BK5-346-00805-0170-050	MOTOR ESCOVA LIMPEZA
P051-BK5-346-00805-0170-060	GRUPO DE VÁCUO
P051-BK5-346-00805-0170-070	VENTILADOR VÁCUO
P051-BK5-346-00805-0170-080	MOTOR VENTILADOR VÁCUO
P051-BK5-346-00805-0170-090	EQUIPAMENTO DE IONIZAÇÃO
P051-BK5-346-00805-0170-100	EQUIPAMENTO DE VIDEO EMBOSING
<b>P051-BK5-346-00805-0230</b>	<b>TRANSP. VENTOSAS ALIMENT. PAPEL FORM. 2</b>
P051-BK5-346-00805-0230-010	CARRO VENTOSAS
P051-BK5-346-00805-0230-020	MOTOR ELEVAÇÃO
P051-BK5-346-00805-0230-021	REDUTOR ELEVAÇÃO
P051-BK5-346-00805-0230-030	MOTOR MOVIMENTO TRANSV.
P051-BK5-346-00805-0230-031	REDUTOR MOVIMENTO TRANSV.
P051-BK5-346-00805-0230-040	MOTOR ROTAÇÃO
P051-BK5-346-00805-0230-041	REDUTOR ROTAÇÃO
P051-BK5-346-00805-0230-050	GRUPO DE VÁCUO
P051-BK5-346-00805-0230-060	VENTILADOR VÁCUO
P051-BK5-346-00805-0230-070	MOTOR VENTILADOR VÁCUO

Linha BP7	
<b>P051-BK3-344-00801-0230</b>	<b>TRANSP. COM CENTRAGEM FORM. 2</b>
P051-BK3-344-00801-0230-010	MESA DE CORREIAS
P051-BK3-344-00801-0230-030	MOTOR CORREIAS
P051-BK3-344-00801-0230-050	REDUTOR CORREIAS
P051-BK3-344-00801-0230-070	CENTRADOR
P051-BK3-344-00801-0230-090	BATENTE
<b>P051-BK3-344-00805-0030</b>	<b>FORMAÇÃO 2</b>
P051-BK3-344-00805-0030-010	MESA DE CORREIAS
P051-BK3-344-00805-0030-030	MOTOR CORREIAS
P051-BK3-344-00805-0030-050	REDUTOR CORREIAS
P051-BK3-344-00805-0030-070	EQUIPAMENTO IONIZAÇÃO
<b>P051-BK3-344-00805-0040</b>	<b>UNI. VÁCUO FORM. 1 E 2</b>
P051-BK3-344-00805-0040-010	TUBAGENS E ACESSÓRIOS
P051-BK3-344-00805-0040-020	VENTILADOR VÁCUO
P051-BK3-344-00805-0040-030	MOTOR VENTILADOR
<b>P051-BK3-344-00803-0170</b>	<b>TRANSP. VENTOSAS PAPEL FORM. 2</b>
P051-BK3-344-00803-0170-010	CARRO VENTOSAS
P051-BK3-344-00803-0170-030	MOTOR DESLOCAÇÃO
P051-BK3-344-00803-0170-050	REDUTOR DESLOCAÇÃO
P051-BK3-344-00803-0170-060	TUBAGENS E ACESSÓRIOS
P051-BK3-344-00803-0170-070	VENTILADOR VÁCUO
P051-BK3-344-00803-0170-090	MOTOR VENTILADOR VÁCUO
P051-BK3-344-00803-0170-110	EQUIPAMENTO IONIZAÇÃO
P051-BK3-344-00803-0170-130	SERVOMOTOR AJUSTE LATERAL
P051-BK3-344-00803-0170-150	SERVOMOTOR AJUSTE TRANSV. TRÁS
P051-BK3-344-00803-0170-170	SERVOMOTOR AJUSTE TRANSV. FRT.
P051-BK3-344-00803-0170-190	MOTOR ROTAÇÃO VENTOSAS
P051-BK3-344-00803-0170-210	REDUTOR ROTAÇÃO VENTOSAS

## APÊNDICE IV– REQUISITOS DEFINIDOS PARA O SUBMÓDULO “IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIAS DE FORMA COLABORATIVA”

Requisitos
<p>1)Os RCA devem ser partilhados entre as diferentes fábricas;</p> <p>2)Analisar a possibilidade de preencher os RCA em Inglês, de modo a facilitar a pesquisa de determinada informação;</p> <p>3)A informação relevante retirada da análise RCA deve estar acessível a todas as fábricas e ser de fácil pesquisa;</p> <p>4)Os RCA devem ter registado o código da fábrica, linha, sistema, localização funcional e ativo associado;</p> <p>5)Na etapa de descrição do problema, os registos deverão ser preenchidos de forma normalizada e o mais sucinta possível (criar tabelas com descrição normalizada para os campos “Sintoma” e “Modo de falha”);</p> <p>6)Criar mecanismos e definir uma arquitetura de informação que simplifiquem a pesquisa de informação relativa a um determinado tipo de problema ou a uma localização funcional em específico;</p> <p>6.1) Mecanismos de pesquisa: termos-chave, tabelas de correspondência para filtrar informação (pesquisar e retirar apenas informação associada a um ativo/localização funcional/sistema/linha) e tabelas normalizadas para a descrição do problema;</p> <p>6.2) Arquitetura: criar uma ferramenta para preencher com colunas relativas à informação dos campos do RCA mais relevantes (previamente definidos), para funcionarem como filtros de pesquisa;</p> <p>6.3) Se os RCA forem associados ao ativo ou localização funcional, será possível criar uma ligação no ficheiro da planta do layout que direcione para os registos associados a determinado ativo ou a determinada localização funcional.</p>

## APÊNDICE V– REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES DEFINIDOS PARA O MÓDULO “DADOS E INFORMAÇÃO A PARTILHAR”

<b>Módulos</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Especificações</b>
Histórico relativo a avarias, intervenções, melhorias e planos de manutenção	<p>Os dados terão origem nas ferramentas de registo da empresa, nomeadamente o <i>IBM Maximo</i>, <i>Zoom Production</i> e o SAP;</p> <p>A informação deve ter associada a linha, área, sistema, localização funcional, posição funcional e respetivo ativo para facilitar a pesquisa;</p> <p>Uso de mecanismos de pesquisa como termos-chave e tabelas de correspondência para filtrar informação (pesquisar e retirar apenas informação associada a um ativo/localização funcional/sistema/linha);</p>	<p>Registar toda a informação relativa a avarias, intervenções, melhorias implementadas e planos de manutenção, proveniente das diversas fábricas;</p> <p>Criar no registo das melhorias um campo que especifique em que outros ativos, localizações, linhas ou fábricas, fará sentido analisar a utilidade e a possível implementação de uma ação de melhoria implementada.</p>
Suporte às ações de intervenção corretivas	<p>A arquitetura de informação deverá contemplar colunas a preencher com dados relativos às avarias, intervenções e melhorias, com possibilidade de realizar a pesquisa através dos mecanismos definidos.</p>	<p>Registar o modo de falha de forma normalizada, facilitando assim a sua pesquisa na eventualidade de existir necessidade de verificar as ações de reparação em situações semelhantes passada e as ações de reparação respetivas.</p>
Suporte às ações de intervenção preventivas		<p>Registar os procedimentos de manutenção, a sua periodicidade e condição de monitorização.</p>

## APÊNDICE VI– DIVERSOS UTILIZADORES DA PLATAFORMA COLABORATIVA E A QUE TIPO DE INFORMAÇÃO TÊM ACESSO

Utilizador	Permissões	Tipo de informação
Gestor de manutenção (Mec. e Eléc.)	Plano de manutenção; Histórico de falhas, intervenções e melhorias; Informação de suporte às ações de intervenção.	Dados e informação a partilhar
	Análises tendo por base os KPIs; Identificação de melhorias de forma colaborativa.	Análises e melhorias ( <i>Benchmarking</i> )
Planeador	Plano de manutenção.	Dados e informação a partilhar
	Sem permissão	Análises e melhorias ( <i>Benchmarking</i> )
Técnico de manutenção de área (Mec. e Eléc.)	Plano de manutenção; Histórico de falhas, intervenções e melhorias; Informação de suporte às ações de intervenção.	Dados e informação a partilhar
	Análises tendo por base os KPIs; Identificação de melhorias de forma colaborativa.	Análises e melhorias ( <i>Benchmarking</i> )
Técnico de manutenção (executa as intervenções) (Mec. e Eléc.)	Plano de manutenção; Histórico de falhas, intervenções e melhorias; Informação de suporte às ações de intervenção.	Dados e informação a partilhar
	Sem permissão	Análises e melhorias ( <i>Benchmarking</i> )
Técnico de lubrificação	Plano de manutenção; Histórico de falhas, intervenções e melhorias; Informação de suporte às ações de intervenção.	Dados e informação a partilhar
	Sem permissão	Análises e melhorias ( <i>Benchmarking</i> )
Diretor de Produção	Plano de manutenção.	Dados e informação a partilhar
	Sem permissão	Análises e melhorias ( <i>Benchmarking</i> )
Operador	Plano de manutenção; Informação de suporte às ações de intervenção (manutenção autónoma).	Dados e informação a partilhar
	Sem permissão	Análises e melhorias ( <i>Benchmarking</i> )

## APÊNDICE VII – QUESTIONÁRIO DESENVOLVIDO E FORNECIDO AOS TÉCNICOS

1. Indique as principais **atividades** que realiza durante o dia de trabalho?
2. Quando cria/recebe uma Ordem de Trabalho (WO) ou Pedido de Serviço (SR) no *IBM Maximo* para uma intervenção, o que faz a seguir?
3. Que informação consulta habitualmente para o ajudar a identificar da **origem da avaria** do equipamento?
4. Que informação consulta habitualmente o ajudar a identificar a realizar a **reparação** do equipamento?
5. Que informação considera útil para apoiar a identificação da **origem da avaria** do equipamento (esquemas do equipamento; descrição do efeito/sintoma da avaria; registos do *IBM Maximo*; valores medidos por sensores instalados no equipamento; orientação de um técnico mais experiente)?
6. Que informação considera útil para apoiar a **reparação** do equipamento (passos sequenciais indicando o modo como deve ser realizada a intervenção, por exemplo a substituição de um componente específico; vídeos relativos a intervenções similares; orientação de um técnico mais experiente)?
7. Que informação considera útil **registar na OT** (*IBM Maximo*) para apoiar a identificação da origem do problema e a **resolução da avaria** dos equipamentos (efeito/sintoma da avaria selecionado a partir de uma lista predefinida; possíveis causas da avaria, por exemplo a identificação do componente que originou a avaria; passos realizados para reparar o equipamento).
8. Que aspetos poderão ser melhorados com vista reduzir o **tempo de paragem** devido a avaria do equipamento (melhorar a eficácia das intervenções, reduzir o tempo de reação e o tempo de intervenção)?

## APÊNDICE VIII – LISTA DE COMPONENTES DO CARRO DE VENTOSAS E DESCRIÇÃO DO EFEITO

ANÁLISE DO EFEITO DA FALHA		
<p>Descrição do modo como a avaria se manifesta ao nível do equipamento, utilizando uma frase que especifique a <b>perda de função</b> ou o <b>sintoma</b>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Algo de anormal ou indesejável que se observa no equipamento, por exemplo tela desalinhada;</li> <li>- Ruído atípico;</li> <li>- Alteração da frequência de vibração;</li> <li>- Defeitos no produto;</li> <li>- Redução de desempenho;</li> <li>- Paragem do equipamento.</li> </ul>		
Componente	Descrição componente	Descrição do efeito
4110184613	FOTOCÉLULA LEUZE HRTR3B/44-S8	Alarme de alinhamento (papel); <b>Falha de alinhamento</b>
4110145394	SENSOR:PHOTOELECTRIC WENGLOR HK12PB8	Sem sinal de presença de placa; A máquina pode colocar mais 1 placa; Encravamento devido ao excesso de placas; <b>Encravamento de placas</b>
4110014066	BUCIM:CABO ELÉCT METALICOS M16X1.5 IP68	Função auxiliar (proteger e isolar o exterior do interior); <b>Sem impacto</b>
4110013462	BASE:MONTAGEM;ELÉCT ET 6ES7 1934CA300AAO	Defeitos de fabrico (causa); A máquina para; O autómato pode entrar em stop; Falha de comunicação (mensagem de erro)
4110194326	CHAIN:CABLE PN45314 PLP 521 400X9250X295	Esteira de cabos (designação interna); Danificar dos cabos; Esteiras ficam bambas; <b>Carro ventosas para</b> (estação parada)
4110026972	CARTA:ELECT 6SE7132-4BB00-OAAO	Mensagem de alarme do autómato (não entra em stop);

4110085029	CARTA:ELECT 6ES7131-4BD01-OAAO MODUL 4DI	Mensagem de alarme do autómato (não entra em stop);
4110194324	CHAIN:CABLE PN45315 PKK321 400X4500X300	Esteira de cabos (designação interna); Danificar dos cabos; Esteiras ficam bambas; <b>Carro ventosas para</b> (estação parada)
4110194320	CHAIN:CABLE 45730 PKK321 400X3780X	Esteira de cabos (designação interna); Danificar dos cabos; Esteiras ficam bambas; <b>Carro ventosas para</b> (estação parada)
4110186921	SENSOR:VACUUM10.06.02.00113-VS-V-W-D-	Falta de vácuo; Não pega no papel (mensagem de erro no computador)
4110018070	CARTA:ELECT PME 6ES7 138 4CA000AAO	Mensagem de alarme do autómato (não entra em stop);
4110032892	CARTA:ELECT 6ES7 134 4GBOO	Mensagem de alarme do autómato (não entra em stop);
4110192769	GERADOR:ESTÁTICA CM5 60N 100-240V	Papel desalinhado (sujidade); Perda de papel (sujidade); Sinal de alerta (vermelho)
4110194325	CHAIN:CABLE PN41260 PKK320 400X6210X250	Esteira de cabos (designação interna); Danificar dos cabos; Esteiras ficam bambas; <b>Carro ventosas para</b> (estação parada)
4110162594	ELEC.VALVE FESTO 163142 CPE18-M1H-5L-1/4	Máquina para; Não faz a separação da folha; <b>Papel colado</b>
4110105398	SILENCIADOR G1/2	<b>O macaco move-se lentamente</b> (entupido)
4110014064	BUCIM:CABO ELÉCT METALICOS M20X1,5 IP68	Função auxiliar (proteger e isolar o exterior do interior); Sem impacto

## APÊNDICE IX – LISTA DE COMPONENTES DO CARRO DE VENTOSAS E DESCRIÇÃO DO EFEITO A SI ASSOCIADA

COMPONENTE			EFEITO								
Família	Item	Descrição	Carro parado	Erro de vácuo	Falha de alinhamento	Falha de comunicação entre CPU	Movimento irregular do macaco	Papel colado (Falha de sopro)	Placas encravadas (Falha de deteção)	Semáforo vermelho	Sem impacto
Instrumentação	4110013462	BASE:MONTAGEM;ELÉCT ET 6E57 1934CA300AAO				x					
Instrumentação	4110014066	BUCIM:CABO ELÉCT METALICOS M16X1.5 IP68									x
Instrumentação	4110014064	BUCIM:CABO ELÉCT METALICOS M20X1,5 IP68									x
Instrumentação	4110032892	CARTA:ELECT 6E57 134 4GBOO				x					
Instrumentação	4110085029	CARTA:ELECT 6E57131-4BD01-OAAO MODUL 4DI				x					
Instrumentação	4110026972	CARTA:ELECT 6E57132-4BB00-OAAO				x					
Instrumentação	4110018070	CARTA:ELECT PME 6E57 138 4CAO00AAO				x					
Caminhos / Esteiras / Enroladores Cabo	4110194320	CHAIN:CABLE 45730 PKK321 400X3780X	x								
Caminhos / Esteiras / Enroladores Cabo	4110194325	CHAIN:CABLE PN41260 PKK320 400X6210X250	x								
Caminhos / Esteiras / Enroladores Cabo	4110194326	CHAIN:CABLE PN45314 PLP 521 400X9250X295	x								
Caminhos / Esteiras / Enroladores Cabo	4110194324	CHAIN:CABLE PN45315 PKK321 400X4500X300	x								
Instrumentação	4110162594	ELEC.VALVE FESTO 163142 CPE18-M1H-5L-1/4						x			
Instrumentação	4110184613	FOTOCÉLULA LEUZE HRTR3B/44-S8			x						
Instrumentação	4110192769	GERADOR:ESTÁTICA CM5 60N 100-240V								x	
Instrumentação	4110145394	SENSOR:PHOTOELECTRIC WENGLOR HK12PB8							x		
Instrumentação	4110186921	SENSOR:VACUUM10.06.02.00113-VS-V-W-D-		x							
	4110105398	SILENCIADOR G1/2					x				

## APÊNDICE X – MAPA RETIRADO DIRETAMENTE DO IBM MAXIMO COM CAMPO “DURAÇÃO”

Lista de OT's (UM)																		
Ordem de Trabalho	Descrição	Componente	Local	Descrição Local	Grupo de Serviço	Tipo de Serviço	Início Programado		Término Programado		Início Efetivo		Término Efetivo		Duração	Site		
0511000003	avaria no carro da prensa		P051-BK5-346-00807-0030-010	CARRO PRENSA	OH-ELECT	CM	16/04/21	11:31:57	17/04/21	11:31:57	25/02/22	14:49:10	25/02/22	14:49:10	00:00	P051		
0511000004	APLICAR IOT NA FORMAÇÃO DA BP9		P051-BK5-346-00805-0050-010	MESA TAPETE	OH-ELECT	CM	16/04/21	14:33:57	16/05/21	14:33:57	04/06/21	17:30:58	04/06/21	17:30:58	00:00	P051		
0511000005	Reparar fuga de ar comprimido		P051-BK5-346-00815-0030-040	SEPARADOR PLACAS	OH-MECAN	CM	16/04/21	14:34:23	17/04/21	14:34:23	16/04/21	14:38:57	16/04/21	14:38:57	00:00	P051		
0511000007	Substituir ventosa e tubo de vácuo		P051-BK5-346-00821-0050-010	CARRO VENTOSAS	OH-MECAN	CM	16/04/21	14:47:35	23/04/21	14:47:35	06/05/21	09:05:02	06/05/21	09:05:02	00:00	P051		
0511000008	Reparar fuga de ar comprimido		P051-BK5-346-00805-0230-010	CARRO VENTOSAS	OH-MECAN	CM	16/04/21	15:05:28	16/05/21	15:05:28	16/04/21	15:11:34	16/04/21	15:11:34	00:00	P051		
0511000110	mudar motor danificado		P051-BK5-346-00807-0030-070	MOTOR MOVIMENTO CARRO	OH-ELECT	CM	18/04/21	09:34:13	19/04/21	09:34:13	19/04/21	17:14:18	19/04/21	17:14:18	00:00	P051		
0511000111	afinar fim de curso de centragem		P051-BK5-346-00821-0150-040	CENTRADOR	OH-ELECT	CM	18/04/21	12:38:43	25/04/21	12:38:43	25/02/22	14:47:17	25/02/22	14:47:17	00:00	P051		
0511000113	pinças do carro da prensa do lado da bp9 nao fica na serra		P051-BK5-346-00807-0030-010	CARRO PRENSA	OH-ELECT	CM	18/04/21	20:47:44	19/04/21	20:47:44	27/04/21	17:46:09	27/04/21	17:46:09	00:00	P051		
0511000145	serra nao estava a calibrar para a nova medida de entrada de aglo cru		P051-BK5-346-00819-0120-010	SERRA	OH-ELECT	CM	19/04/21	21:57:50	20/04/21	21:57:50	27/04/21	17:24:33	27/04/21	17:24:33	00:00	P051		
0511000243	carro de ventosas de erro de alinhamento		P051-BK5-346-00801-0110-010	CARRO VENTOSAS	OH-MECAN	CM	20/04/21	04:34:46	21/04/21	04:34:46	27/04/21	17:46:53	27/04/21	17:46:53	00:00	P051		
0511000404	bandas de formação		P051-BK5-346-00805-0170-010	MESA TAPETE	OH-ELECT	CM	22/04/21	08:08:56	23/04/21	08:08:56	27/04/21	17:33:48	27/04/21	17:33:48	00:00	P051		
0511000490	Teste linha Mobilidade		P051-BK5-346-00801-0010-010	PORTA	OH-MA	CM	23/04/21	17:24:00	24/04/21	17:23:00					00:00	P051		
0511000544	prensa		P051-BK5-346-00807-0030-010	CARRO PRENSA	OH-MECAN	CM	24/04/21	13:41:51	25/04/21	13:41:51	27/04/21	17:35:21	27/04/21	17:35:21	00:00	P051		
0511000574	LASER DE SEGURANÇA COM VIDRO RISCADO		P051-BK5-346-00821-0230-010	CARRO TRANSFER (V92)	OH-ELECT	CM	26/04/21	17:33:16	26/05/21	17:33:16	25/10/21	17:17:23	25/10/21	17:17:23	00:00	P051		
0511000747	substituir ventosa		P051-BK5-346-00801-0110-010	CARRO VENTOSAS	OH-MECAN	CM	28/04/21	14:40:27	29/04/21	14:40:27	29/04/21	11:47:52	29/04/21	11:47:52	00:00	P051		
0511000748	PRENSA TRANÇA EM MOVIMENTO DE		P051-BK5-346-00807-0030-010	CARRO PRENSA	OH-ELECT	CM	28/04/21	22:15:49			Coluna: B	19	17/02/22	23:29:47	17/02/22	23:29:47	00:00	P051

## APÊNDICE XI.1 – VALORES UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DA TAXA DE OCUPAÇÃO DOS TÉCNICOS DE MANUTENÇÃO

Posição	Descrição	Ativo	Designação	N.º de paragens	Paragens/ano	Tempo de paragem (min)	Tempo de paragem (h)	Taxa de ocupação dos técnicos(%)
P051-BK5-346	-	-	-	21	17,7	1081,5	18,0	0,16%
P051-BK5-346-00801	-	-	-	68	57,2	768,2	12,8	0,11%
P051-BK5-346-00801-0010	-	-	-	6	5,0	73,1	1,2	0,01%
P051-BK5-346-00801-0010-010	PORTA	1000542	Portões	10	8,4	90,8	1,5	0,01%
P051-BK5-346-00801-0010-060	GRUPO HIDRÁULICO	1000550	Unidades Hidráulicas	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00801-0030-030	MESA ROLOS	1000558	Transportadores de Rolos	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00801-0050	-	-	-	3	2,5	79	1,3	0,01%
P051-BK5-346-00801-0070-010	SEPARADOR	1000578	Batentes Acionados	9	7,6	66,2	1,1	0,01%
P051-BK5-346-00801-0090-010	SEPARADOR	1000581	Batentes Acionados	1	0,8	1,3	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00801-0110	-	-	-	11	9,3	151,7	2,5	0,02%
P051-BK5-346-00801-0110-010	CARRO VENTOSAS	1000584	Carros de Ventosas	25	21,0	251,1	4,2	0,04%
P051-BK5-346-00801-0110-060	MOTOR VÁCUO	1002633	Motores AC	1	0,8	66,4	1,1	0,01%
P051-BK5-346-00801-0130-010	MESA CINTAS	1000594	Transportadores de Tela	3	2,5	66,1	1,1	0,01%
P051-BK5-346-00801-0130-040	CALCADOR	1000598	Batentes Acionados	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00801-0150-010	MÁQUINA DE LIMPEZA	1000601	Máquinas de Limpeza de Placas	2	1,7	45,6	0,8	0,01%
P051-BK5-346-00803	-	-	-	18	15,1	113,1	1,9	0,02%
P051-BK5-346-00803-0010-010	MESA ROLOS E CORRENTES	1000608	Transportadores de Rolos	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00803-0010-040	GRUPO HIDRÁULICO	1000613	Unidades Hidráulicas	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00803-0030-010	CARRO PALETES PAPEL (W98)	1000619	Carros de Transferência	2	1,7	74,1	1,2	0,01%
P051-BK5-346-00803-0050	-	-	-	24	20,2	233,1	3,9	0,03%
P051-BK5-346-00803-0050-010	MESA CORRENTES	1000629	Transportadores de Correntes	1	0,8	1,8	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00803-0060	-	-	-	1	0,8	4,3	0,1	0,00%
P051-BK5-346-00803-0060-070	POSICIONADORES LATERAIS	1000648	Batentes Acionados	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00803-0070	-	-	-	4	3,4	62,4	1,0	0,01%
P051-BK5-346-00803-0070-010	MESA CORRENTES	1000650	Transportadores de Correntes	3	2,5	59,4	1,0	0,01%
P051-BK5-346-00803-0080	-	-	-	1	0,8	87,9	1,5	0,01%
P051-BK5-346-00803-0090-010	MESA ROLOS	1000671	Transportadores de Rolos	4	3,4	17,3	0,3	0,00%
P051-BK5-346-00803-0110-010	MESA ROLOS	1000676	Transportadores de Rolos	3	2,5	32,4	0,5	0,00%
P051-BK5-346-00805	-	-	-	72	60,6	470,6	7,8	0,07%
P051-BK5-346-00805-0010	-	-	-	1	0,8	2,7	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00805-0010-010	MESA CINTAS COM CENTRAGEM	1000681	Transportadores de Tela	1	0,8	14,8	0,2	0,00%
P051-BK5-346-00805-0010-030	CENTRADOR	1000684	Batentes Acionados	9	7,6	73,6	1,2	0,01%
P051-BK5-346-00805-0030	-	-	-	3	2,5	13,8	0,2	0,00%
P051-BK5-346-00805-0030-010	CARRO VENTOSAS	1000689	Carros de Ventosas	11	9,3	59,5	1,0	0,01%
P051-BK5-346-00805-0030-050	BOMBA VÁCUO	1000695	Bombas / Grupos de Vácuo	1	0,8	4,5	0,1	0,00%
P051-BK5-346-00805-0050	-	-	-	2	1,7	23,4	0,4	0,00%
P051-BK5-346-00805-0050-010	MESA TAPETE	1000699	Transportadores de Tela	12	10,1	179,8	3,0	0,03%
P051-BK5-346-00805-0070-010	CARRO VENTOSAS	1000711	Carros de Ventosas	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00805-0090	-	-	-	1	0,8	11,9	0,2	0,00%
P051-BK5-346-00805-0110-010	CARRO VENTOSAS	1000731	Carros de Ventosas	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00805-0150-010	CARRO VENTOSAS	1000750	Carros de Ventosas	3	2,5	59,8	1,0	0,01%
P051-BK5-346-00805-0170-010	MESA TAPETE	1000760	Transportadores de Tela	86	72,3	777,7	13,0	0,11%
P051-BK5-346-00805-0170-020	MOTOR TAPETE	1000761	Motores AC	1	0,8	5,2	0,1	0,00%
P051-BK5-346-00805-0170-090	EQUIPAMENTO DE IONIZAÇÃO	1000770	Estações de Cargas Eletroestáticas	18	15,1	107,9	1,8	0,02%
P051-BK5-346-00805-0190-010	CARRO VENTOSAS	1000774	Carros de Ventosas	11	9,3	393,1	6,6	0,06%
P051-BK5-346-00805-0230-010	CARRO VENTOSAS	1000792	Carros de Ventosas	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00805-0230-050	GRUPO DE VÁCUO	1000799	Tabagens e Acessórios	1	0,8	38,2	0,6	0,01%

## APÊNDICE XI.2 – VALORES UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DA TAXA DE OCUPAÇÃO DOS TÉCNICOS DE MANUTENÇÃO

P051-BK5-346-00807	-	-	-	1	0,8	1,4	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00807-0010	-	-	-	5	4,2	32,5	0,5	0,00%
P051-BK5-346-00807-0010-010	MESA CINTAS	1000804	Transportadores de Tela	12	10,1	139,1	2,3	0,02%
P051-BK5-346-00807-0010-020	REDUTOR CINTAS	1000806	Redutores	1	0,8	11,4	0,2	0,00%
P051-BK5-346-00807-0020	-	-	-	1	0,8	34,8	0,6	0,01%
P051-BK5-346-00807-0020-010	MESA CINTAS COM ELEVAÇÃO	1000808	Transportadores de Tela	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00807-0020-060	SERVOMOTOR AJUSTE DIRECIONAL FRT./TRÁS	1000817	Atuadores	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00807-0020-090	EQUIPAMENTO DE VIDEO EMBOSSEING	1000820	Sistema de Video Embossing	7	5,9	510,5	8,5	0,07%
P051-BK5-346-00807-0030-010	CARRO PRENSA	1000823	Carros da Prensas	20	16,8	199,5	3,3	0,03%
P051-BK5-346-00807-0030-020	ATUADOR LIN. ENTR./SAIDA BRAÇOS ESQ. TRÁS	1002705	Redutores	2	1,7	78,6	1,3	0,01%
P051-BK5-346-00807-0030-030	MOTOR ENTR./SAIDA BRAÇOS DIR. TRÁS	1000825	Atuadores	4	3,4	100,7	1,7	0,01%
P051-BK5-346-00807-0030-060	EQUIP. APERTO PINÇAS	-	EQUIP. APERTO PINÇAS	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00807-0030-070	MOTOR MOVIMENTO CARRO	-	#N/D	1	0,8	105,4	1,8	0,02%
P051-BK5-346-00807-0030-090	MOTOR ENTR./SAIDA VENTOSAS ESQ. FRT.	1000832	Atuadores	1	0,8	81,8	1,4	0,01%
P051-BK5-346-00807-0030-130	GRUPO DE VÁCUO	1000838	Tubagens e Acessórios	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00809-0010-010	PRENSA	1000868	Prensas	11	9,3	146	2,4	0,02%
P051-BK5-346-00811	-	-	-	2	1,7	84,8	1,4	0,01%
P051-BK5-346-00811-0010-000	GRUPO DE BOMBAGEM	1002764	Tubagens e Acessórios	1	0,8	71,4	1,2	0,01%
P051-BK5-346-00811-0010-010	BOMBA	1000873	Bombas Centrífugas Horizontais	3	2,5	207,5	3,5	0,03%
P051-BK5-346-00811-0010-020	MOTOR	1000874	Motores AC	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00811-0030-010	BOMBA	1000877	Bombas Centrífugas Horizontais	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00811-0050-010	BOMBA	1000881	Bombas Centrífugas Horizontais	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00811-0050-020	MOTOR	1000882	Motores AC	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00811-0070-010	BOMBA	1000885	Bombas Centrífugas Horizontais	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00811-0070-020	MOTOR	1000886	Motores AC	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00811-0070-030	VÁLVULA 3 VIAS MOTORIZADA	1000887	Válvulas Motorizadas	3	2,5	119,2	2,0	0,02%
P051-BK5-346-00813	-	-	-	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00813-0010	-	-	-	1	0,8	60,3	1,0	0,01%
P051-BK5-346-00813-0010-000	HIDRAULICO PRENSA	1002627	Unidades Hidráulicas	9	7,6	59,4	1,0	0,01%
P051-BK5-346-00813-0010-010	MOTOR M1 (37kW)	1000890	Motores AC	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00813-0010-030	MOTOR M2 (45kW)	1000892	Motores AC	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00813-0010-060	MOTOR M3 (45kW)	1000895	Motores AC	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00813-0010-080	BOMBA HIDRAULICA ALTA PRESSÃO #11	1000897	Bombas Hidráulicas	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00813-0010-100	ELEVAÇÃO PRENSA	1002629	Unidades Hidráulicas	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00813-0230-010	BOMBA CIRCULAÇÃO ÓLEO HIDRÁULICO	1000952	Bombas Hidráulicas	10	8,4	59	1,0	0,01%
P051-BK5-346-00813-0230-040	CHILLER	1000955	Arrefecedores	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00815-0010	-	-	-	3	2,5	93,3	1,6	0,01%
P051-BK5-346-00815-0010-010	MESA SAIDA PRENSA	1000958	Transportadores de Tela	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00815-0030-040	SEPARADOR PLACAS	1000970	Batentes Acionados	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00816	-	-	-	14	11,8	60,2	1,0	0,01%
P051-BK5-346-00816-0015	-	-	-	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00816-0015-010	RASPADOR(ES)	1000978	Aparadores de Bordos (Use 4320)	12	10,1	232,6	3,9	0,03%
P051-BK5-346-00816-0015-050	MOTOR DESLOC. RASPADOR DIR.	1000996	Motores AC	1	0,8	158,7	2,6	0,02%
P051-BK5-346-00816-0015-130	MOTOR SOB/DESC RASP. SAIDA	1001014	Motores AC	1	0,8	25,9	0,4	0,00%
P051-BK5-346-00816-0015-170	MOTOR ROLOS (CENTRAL)	1001000	Motores AC	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00816-0015-280	CALCADORES	1000988	Batentes Acionados	1	0,8	27,7	0,5	0,00%
P051-BK5-346-00816-0060	-	-	-	3	2,5	75	1,3	0,01%
P051-BK5-346-00816-0060-010	VENTILADOR LIMPEZA (BLOWER)	1001019	Ventiladores	1	0,8	47,3	0,8	0,01%

## APÊNDICE XI.3 – VALORES UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DA TAXA DE OCUPAÇÃO DOS TÉCNICOS DE MANUTENÇÃO

P051-BK5-346-00816-0070	-	-	-	6	5,0	28,6	0,5	0,00%
P051-BK5-346-00816-0070-010	MESA CINTAS	1001021	Transportadores de Tela	1	0,8	9,2	0,2	0,00%
P051-BK5-346-00816-0070-050	CALCADORES	1001028	Batentes Acionados	1	0,8	8,7	0,1	0,00%
P051-BK5-346-00816-0070-060	BATENTE	1001029	Batentes Acionados	1	0,8	6,9	0,1	0,00%
P051-BK5-346-00816-0090	-	-	-	1	0,8	1,2	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00816-0090-010	MÁQUINA DE LIMPEZA	1001033	Máquinas de Limpeza de Placas	1	0,8	4,5	0,1	0,00%
P051-BK5-346-00817	-	-	-	12	10,1	161,6	2,7	0,02%
P051-BK5-346-00817-0010	-	-	-	3	2,5	12,3	0,2	0,00%
P051-BK5-346-00817-0010-010	MESA ESCOLHA	1001041	Transportadores de Tela	1	0,8	20,3	0,3	0,00%
P051-BK5-346-00817-0010-020	MOTOR FRT.	1001042	Motores AC	2	1,7	20,9	0,3	0,00%
P051-BK5-346-00817-0010-040	EQUIP. VENTOSAS INSPEÇÃO PLACAS	1001046	Carros de Ventosas	1	0,8	28,1	0,5	0,00%
P051-BK5-346-00817-0010-060	GRUPO DE VÁCUO	1001049	Tubagens e Acessórios	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00817-0030-110	POSICIONADOR TRANSVERSAL	1001067	Batentes Acionados	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00819	-	-	-	7	5,9	74,1	1,2	0,01%
P051-BK5-346-00819-0010	-	-	-	1	0,8	16,7	0,3	0,00%
P051-BK5-346-00819-0010-010	MESA ROLOS ENTRADA ARREFECEDOR	1001070	Transportadores de Rolos	2	1,7	45,4	0,8	0,01%
P051-BK5-346-00819-0030-010	ARREFECEDOR IDA	1001084	Arrefecedores de Placas	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00819-0050-010	MESA ROLOS ARREFECEDOR REGRESSO	1001095	Transportadores de Rolos	2	1,7	58,6	1,0	0,01%
P051-BK5-346-00819-0050-030	REDUTOR ROLOS MEIO TRÁS	1001099	Redutores	9	7,6	110,8	1,8	0,02%
P051-BK5-346-00819-0070-010	ARREFECEDOR REGRESSO	1001107	Arrefecedores de Placas	10	8,4	103,9	1,7	0,01%
P051-BK5-346-00819-0090	-	-	-	3	2,5	11	0,2	0,00%
P051-BK5-346-00819-0090-010	MESA ROLOS SAÍDA ARREFECEDOR	1001118	Transportadores de Rolos	2	1,7	31,1	0,5	0,00%
P051-BK5-346-00819-0110-010	MESA CINTAS	1001130	Transportadores de Tela	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00819-0120	-	-	-	4	3,4	51,1	0,9	0,01%
P051-BK5-346-00819-0120-010	SERRA	1001140	Serras	2	1,7	10,1	0,2	0,00%
P051-BK5-346-00819-0130	-	-	-	1	0,8	2,5	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00821	-	-	-	7	5,9	72,4	1,2	0,01%
P051-BK5-346-00821-0010	-	-	-	5	4,2	8,5	0,1	0,00%
P051-BK5-346-00821-0010-010	MÁQUINA DE LIMPEZA	1001164	Máquinas de Limpeza de Placas	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00821-0030	-	-	-	1	0,8	4,8	0,1	0,00%
P051-BK5-346-00821-0030-010	MESA CINTAS CENTRAGEM	1001172	Transportadores de Tela	5	4,2	101,9	1,7	0,01%
P051-BK5-346-00821-0030-050	CENTRADORES	1001178	Batentes Acionados	1	0,8	5,8	0,1	0,00%
P051-BK5-346-00821-0050	-	-	-	6	5,0	31,6	0,5	0,00%
P051-BK5-346-00821-0050-010	CARRO VENTOSAS	1001182	Carros de Ventosas	47	39,5	580,4	9,7	0,08%
P051-BK5-346-00821-0150	-	-	-	19	16,0	39,6	0,7	0,01%
P051-BK5-346-00821-0150-010	MESA ROLOS ELEVATÓRIA	1001215	Transportadores de Rolos	8	6,7	98,2	1,6	0,01%
P051-BK5-346-00821-0150-040	CENTRADOR	1001220	Batentes Acionados	7	5,9	22	0,4	0,00%
P051-BK5-346-00821-0210-010	MESA ROLOS	1001236	Transportadores de Rolos	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-00821-0230	-	-	-	2	1,7	35,6	0,6	0,01%
P051-BK5-346-00821-0230-010	CARRO TRANSFER (W92)	1001240	Carros de Transferência	1	0,8	124,8	2,1	0,02%
P051-BK5-346-01600-0070-010	ASPIRAÇÃO ESQ. RASPADOR	1002424	Ductos e Acessórios	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01600-0110-010	ASPIRAÇÃO SERRA	1002431	Ductos e Acessórios	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01750-0050-090	BARREIRAS CONTACTO W98 - CARRO PAP.	1002525	Interruptores / Encravamentos Elétricos	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01750-0500-010	GRADEAMENTO	1003430	Vedações	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01800	-	-	-	2	1,7	5,7	0,1	0,00%
P051-BK5-346-01800-0010-010	SEPARADORES DE PB/MDF CRU	1002527	Tubagens e Acessórios	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01800-0010-030	VIRADOR/SERRA	1002529	Tubagens e Acessórios	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01850	-	-	-	5	4,2	163,8	2,7	0,02%

## APÊNDICE XI.4 – VALORES UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DA TAXA DE OCUPAÇÃO DOS TÉCNICOS DE MANUTENÇÃO

P051-BK5-346-01600-0070-010	ASPIRAÇÃO ESQ. RASPADOR	1002424	Ductos e Acessórios	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01600-0110-010	ASPIRAÇÃO SERRA	1002431	Ductos e Acessórios	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01750-0050-090	BARREIRAS CONTACTO W98 - CARRO PAP.	1002525	Interruptores / Encravamentos Eléctric	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01750-0500-010	GRADEAMENTO	1003430	Vedações	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01800	-	-	-	2	1,7	5,7	0,1	0,00%
P051-BK5-346-01800-0010-010	SEPARADORES DE PB/MDF CRU	1002527	Tubagens e Acessórios	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01800-0010-030	VIRADOR/SERRA	1002529	Tubagens e Acessórios	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01850	-	-	-	5	4,2	163,8	2,7	0,02%
P051-BK5-346-01850-0010-050	S1 - QUADRO ALIMENTAÇÃO PB/MDF	1002532	Quadros Eléctricos	5	4,2	22,8	0,4	0,00%
P051-BK5-346-01850-0010-190	W98 - QUADRO CARRO TRANSVERSAL PAPEL	1002539	Quadros Eléctricos	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01850-0030-010	HPV - COMANDO PRENSA	1002540	Mesas de Controlo	3	2,5	40,5	0,7	0,01%
P051-BK5-346-01850-0090-170	AC QUADRO S2-E5	1002613	Condicionadores de Ar	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01850-0090-190	AC QUADRO S2-E6	1002614	Condicionadores de Ar	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01850-0090-290	AC QUADRO S15-E3	1002619	Condicionadores de Ar	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01850-0130-010	LUMINÁRIAS FORMAÇÃO	1003431	Armaduras e Iluminárias	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01850-0130-030	LUMINÁRIAS ZONA PRENSA	1003432	Armaduras e Iluminárias	0	0,0	0	0,0	0,00%
P051-BK5-346-01850-0130-110	LUMINÁRIAS EMPILHAMENTO	1003436	Armaduras e Iluminárias	0	0,0	0	0,0	0,00%
							177,7	1,53%

## APÊNDICE XII.1 – DESENVOLVIMENTO DA BASE DE DADOS

Como mencionado na secção 5.2, inicialmente estava previsto para o projeto de investigação, o desenvolvimento de uma base de dados que permitisse o seu acesso remoto e uma atualização do ficheiro de *PowerBI* a todos os utilizadores da mesma. No entanto, com a implementação do *datalake* por parte da empresa, o desenvolvimento da BD ficou pelo protótipo inicial desenvolvido em *MySQL Workbench* que é aqui apresentado.

Devido ao elevado número de registos e mapas diferentes utilizados no cálculo das análises comparativas e desenvolvimento dos *Dashboards*, a BD desenvolvida até ao momento apenas incorpora os registos relativos aos mapas de consumos e de custos retirados do *IBM Maximo*. Nesta fase do projeto ainda só era pretendido comprovar que os utilizadores através do acesso remoto, Figura 47, tinham acesso à BD, e que o *PowerBI* fazia a importação de um formato de dados diferente sem problemas. Foram utilizados os mapas relativos às linhas BP9 e BP7, e da lista de OTs e de OCs para toda a fábrica de O.H., resultando na Base de dados protótipo.

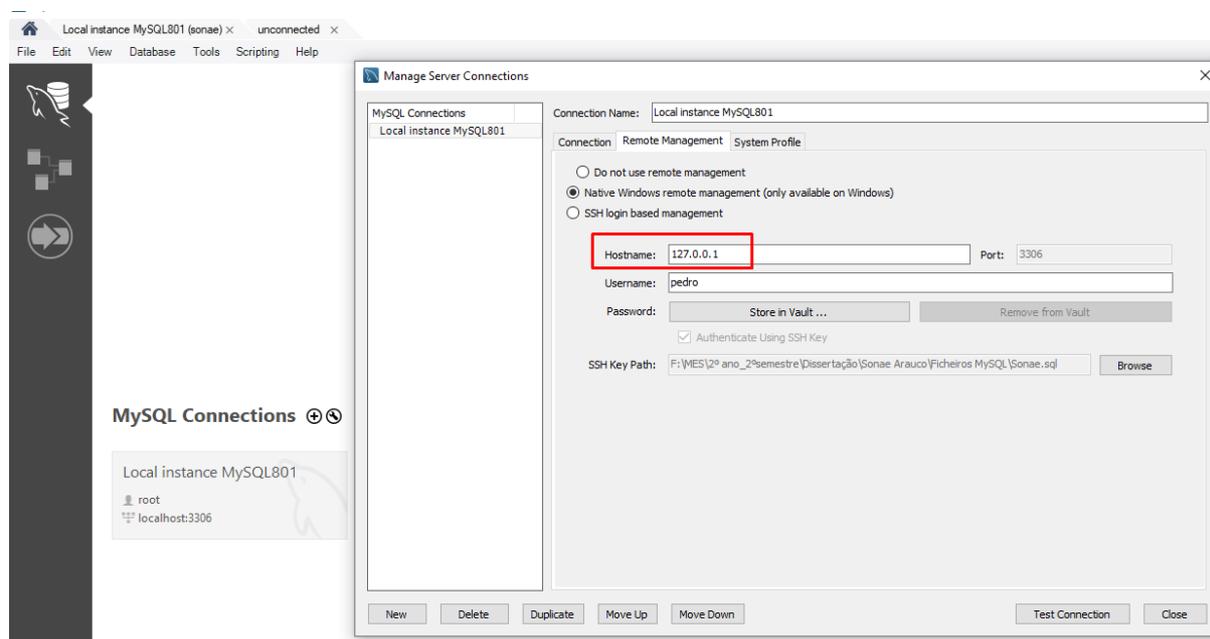


Figura 47 - Servidor utilizado para o acesso remoto e importação da BD

## APÊNDICE XII.2 – DESENVOLVIMENTO DA BASE DE DADOS

A BD foi iniciada através do comando “CREATE DATABASE Sonae” e a sua utilização inicia-se com o comando “Use Sonae” como se pode verificar na Figura 48.

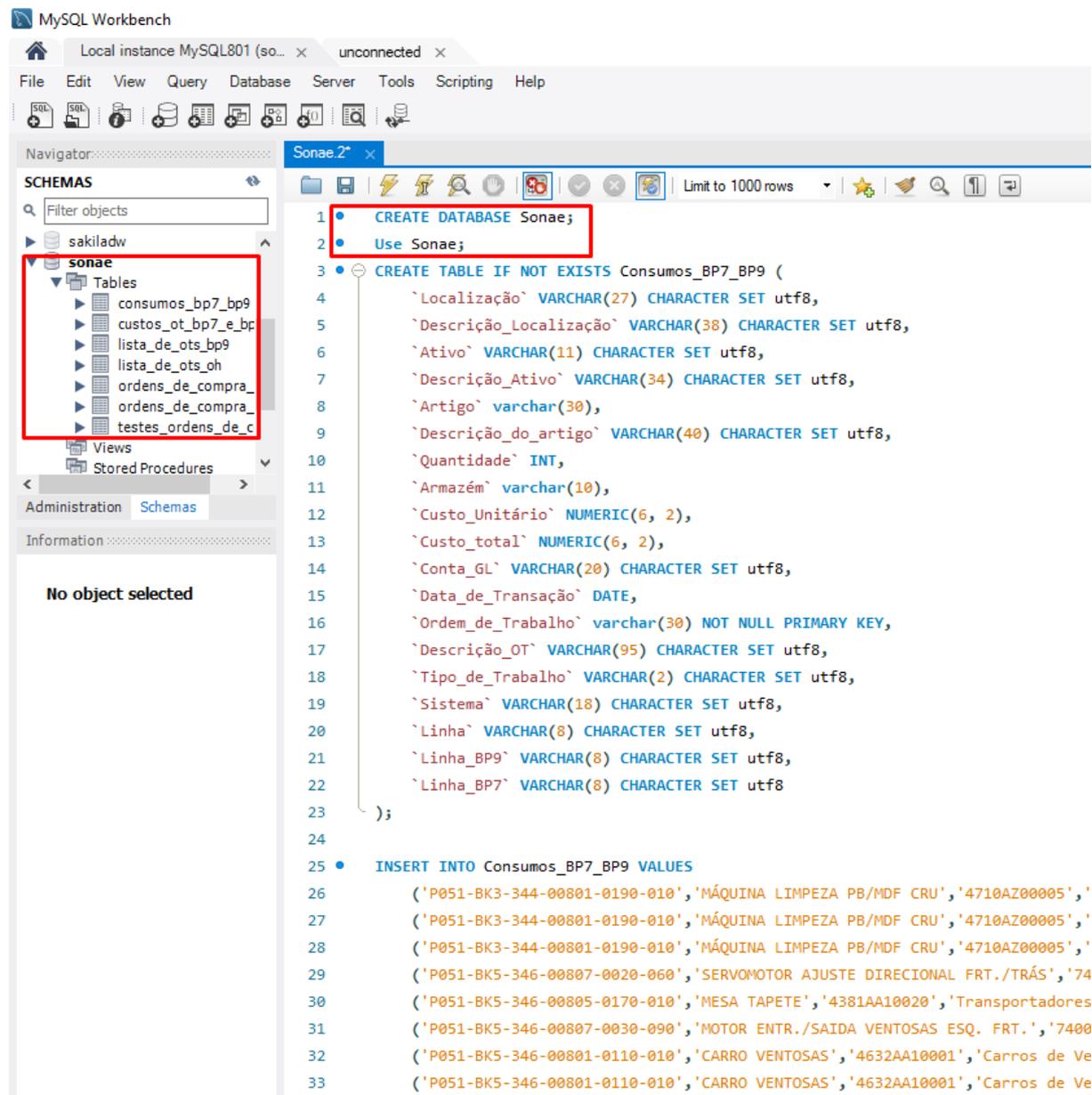
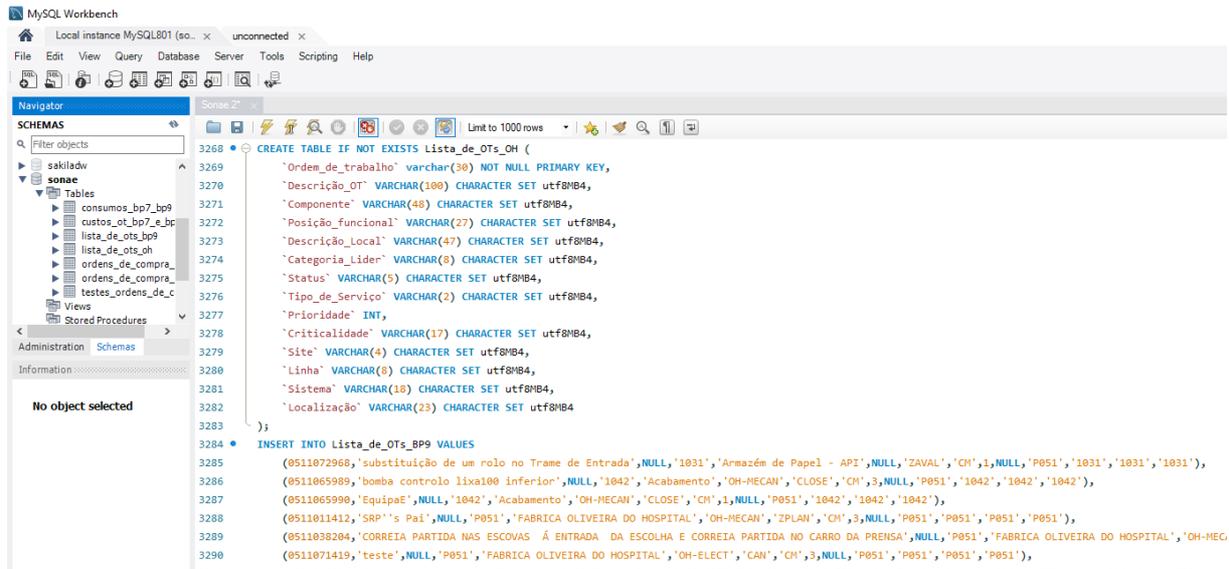


Figura 48 - Criação e ativação da Base de dados protótipo, e criação e povoamento da tabela “Consumos\_BP7\_BP9”

Com a BD criada e ativa, o passo seguinte consistiu em criar as tabelas correspondentes aos mapas de registos e posteriormente povoar as mesmas com os dados de registo. Na Figura 48 pode-se verificar como a tabela de consumos para a linha BP9 e BP7 foi criada, quais as colunas que a constituem, e posteriormente como foi realizado o seu povoamento. De maneira que os dados já fossem importados

## APÊNDICE XII.3 – DESENVOLVIMENTO DA BASE DE DADOS

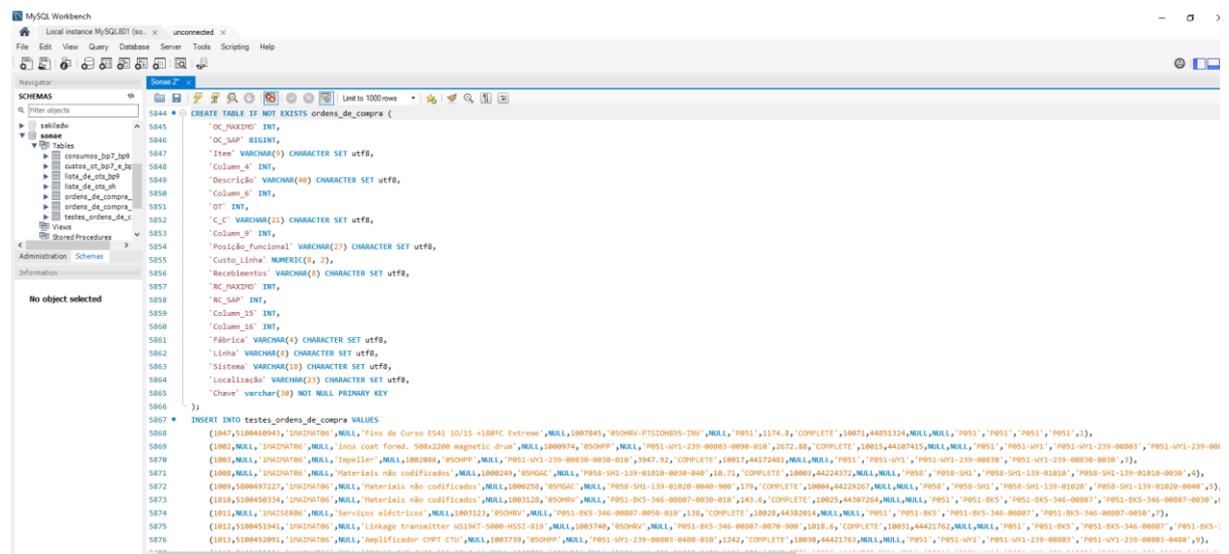
no formato desejável para cada coluna, as tabelas foram criadas tendo em atenção esse detalhe. Ou seja, se se trata de uma coluna de escrita livre (Varchar), numérica (Numeric), numérica inteira (Int), ou de calendário (Date). Na Figura 48 e Figura 50 são apresentadas as restantes tabelas que foram criadas, nomeadamente para a lista de OTs e de OCs da fábrica de O.H..



```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS Lista_de_OTs_OH (
  `Ordem_de_trabalho` varchar(30) NOT NULL PRIMARY KEY,
  `Descrição_OT` VARCHAR(100) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Componente` VARCHAR(40) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Posição_funcional` VARCHAR(27) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Descrição_Local` VARCHAR(47) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Categoria_Lider` VARCHAR(8) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Status` VARCHAR(5) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Tipo_de_Servico` VARCHAR(2) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Prioridade` INT,
  `Criticalidade` VARCHAR(17) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Site` VARCHAR(4) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Linha` VARCHAR(8) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Sistema` VARCHAR(18) CHARACTER SET utf8MB4,
  `Localização` VARCHAR(23) CHARACTER SET utf8MB4
);

INSERT INTO Lista_de_OTs_OH VALUES
(0511072968,'substituição de um rolo no Trame de Entrada',NULL,'1031','Armazém de Papel - API','ZAVAL','CH',1,NULL,'P051','1031','1031','1031'),
(0511065989,'bomba controlo lixal00 inferior',NULL,'1042','Acabamento','OH-MECAN','CLOSE','CH',3,NULL,'P051','1042','1042','1042'),
(0511065990,'Equipae',NULL,'1042','Acabamento','OH-MECAN','CLOSE','CH',1,NULL,'P051','1042','1042','1042'),
(0511011412,'SRP''s Pai',NULL,'P051','FABRICA OLIVEIRA DO HOSPITAL','OH-MECAN','ZPLAN','CH',3,NULL,'P051','P051','P051'),
(0511038204,'CORREIA PARTIDA NAS ESCOVAS Á ENTRADA DA ESCOLHA E CORREIA PARTIDA NO CARRO DA PRENSA',NULL,'P051','FABRICA OLIVEIRA DO HOSPITAL','OH-MEC'),
(0511071419,'teste',NULL,'P051','FABRICA OLIVEIRA DO HOSPITAL','OH-ELECT','CAN','CH',3,NULL,'P051','P051','P051','P051');
```

Figura 49 - Criação da tabela “Lista\_de\_OTs\_OH” na Base de dados e seu povoamento



```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS ordens_de_compra (
  `OC_MAXIDNO` INT,
  `OC_SAP` BIGINT,
  `Item` VARCHAR(9) CHARACTER SET utf8,
  `Column_4` INT,
  `Descrição` VARCHAR(40) CHARACTER SET utf8,
  `Column_5` INT,
  `O1` INT,
  `C` VARCHAR(21) CHARACTER SET utf8,
  `Column_9` INT,
  `Posição_funcional` VARCHAR(27) CHARACTER SET utf8,
  `Custo_Linha` NUMERIC(9, 2),
  `Recebimento` VARCHAR(4) CHARACTER SET utf8,
  `OC_MAXIDNO` INT,
  `OC_SAP` INT,
  `Column_15` INT,
  `Column_16` INT,
  `Fábrica` VARCHAR(4) CHARACTER SET utf8,
  `Linha` VARCHAR(3) CHARACTER SET utf8,
  `Sistema` VARCHAR(18) CHARACTER SET utf8,
  `Localização` VARCHAR(23) CHARACTER SET utf8,
  `Cheve` varchar(30) NOT NULL PRIMARY KEY
);

INSERT INTO testes_ordens_de_compra VALUES
(1047,110040943,'IMPACTABO','MEL','Pain de Curco ES41 33/15 -180C Extreme',NULL,1007845,'05OHV-PT530H095-DM',NULL,'P051',1174.8,'COMPLETE',10071,44051324,NULL,NULL,'P051','P051','P051','P051',1),
(1002,NUL,'IMPACTABO','MEL','inox coat form',500x290 magnetic drum',NULL,1000974,'05OHV',NULL,'P051-0Y1-239-00003-000-010',2072.00,'COMPLETE',10015,44207415,NULL,NULL,'P051','P051-0Y1-239-00003',P051-0Y1-239-00003',P051-0Y1-239-00003',1),
(1003,NUL,'IMPACTABO','MEL','Impeller',NULL,1002069,'05OHV',NULL,'P051-0Y1-239-00030-000-010',3947.92,'COMPLETE',10013,44172481,NULL,NULL,'P051','P051-0Y1-239-00030',P051-0Y1-239-00030',P051-0Y1-239-00030',1),
(1000,NUL,'IMPACTABO','MEL','Materiais não codificados',NULL,1000249,'05OHV',NULL,'P050-SH1-139-01010-0030-040',18.75,'COMPLETE',10003,44224372,NULL,NULL,'P050','P050-SH1-139-01010',P050-SH1-139-01010-0030',P050-SH1-139-01010-0030',4),
(1009,5000497227,'IMPACTABO','MEL','Materiais não codificados',NULL,1000250,'05OHV',NULL,'P050-SH1-139-01020-0040-900',179,'COMPLETE',10004,44229267,NULL,NULL,'P050','P050-SH1-139-01020',P050-SH1-139-01020-0040',P050-SH1-139-01020-0040',1),
(1010,510450334,'IMPACTABO','MEL','Materiais não codificados',NULL,100326,'05OHV',NULL,'P051-0Y1-239-00007-0030-010',143.6,'COMPLETE',10025,44307264,NULL,NULL,'P051','P051-0Y1-239-00007',P051-0Y1-239-00007-0030',P051-0Y1-239-00007-0030',1),
(1011,NUL,'IMPACTABO','MEL','Serviços elétricos',NULL,100322,'05OHV',NULL,'P051-0Y1-239-00007-0030-010',139,'COMPLETE',10028,44302044,NULL,NULL,'P051','P051-0Y1-239-00007',P051-0Y1-239-00007-0030',P051-0Y1-239-00007-0030',1),
(1012,1100451941,'IMPACTABO','MEL','Linkage transmitter US19CT-5000-HS1-010',NULL,1003740,'05OHV',NULL,'P051-0Y1-239-00007-0070-000',1018.6,'COMPLETE',10031,44421762,NULL,NULL,'P051','P051-0Y1-239-00007',P051-0Y1-239-00007-0070',P051-0Y1-239-00007-0070',1),
(1013,1100452091,'IMPACTABO','MEL','Amplificador OHP CTU',NULL,1003739,'05OHV',NULL,'P051-0Y1-239-00003-0400-010',1242,'COMPLETE',10030,44421761,NULL,NULL,'P051','P051-0Y1-239-00003',P051-0Y1-239-00003-0400',P051-0Y1-239-00003-0400',1),
```

Figura 50 - Criação da tabela “Ordens de Compra\_OH” na Base de dados e seu povoamento

## APÊNDICE XII.4 – DESENVOLVIMENTO DA BASE DE DADOS

Na figura seguinte (Figura 51) é apresentada uma visualização do *PowerBI* depois da importação bem-sucedida das quatro tabelas, e respetivas colunas referidas como protótipo, destacadas pelos retângulos vermelhos.

A informação apresentada nos gráficos diz respeito a todas as localizações de ambas as linhas, e tem como objetivo demonstrar que a importação de dados foi realizada corretamente, apresentando a mesma informação que os dados importados em formato *Microsoft Worksheet Excel*. No primeiro gráfico é possível verificar os custos totais associados a cada componente, criando uma lista ordenada do componente com mais peso nos custos. De seguida, é apresentada uma tabela que correlaciona os códigos de cada componente com a sua descrição. O terceiro gráfico apresenta qual o tipo de ativo que tem mais custos associados. Por último, é apresentado um gráfico circular com a percentagem do valor total correspondente a cada localização funcional.

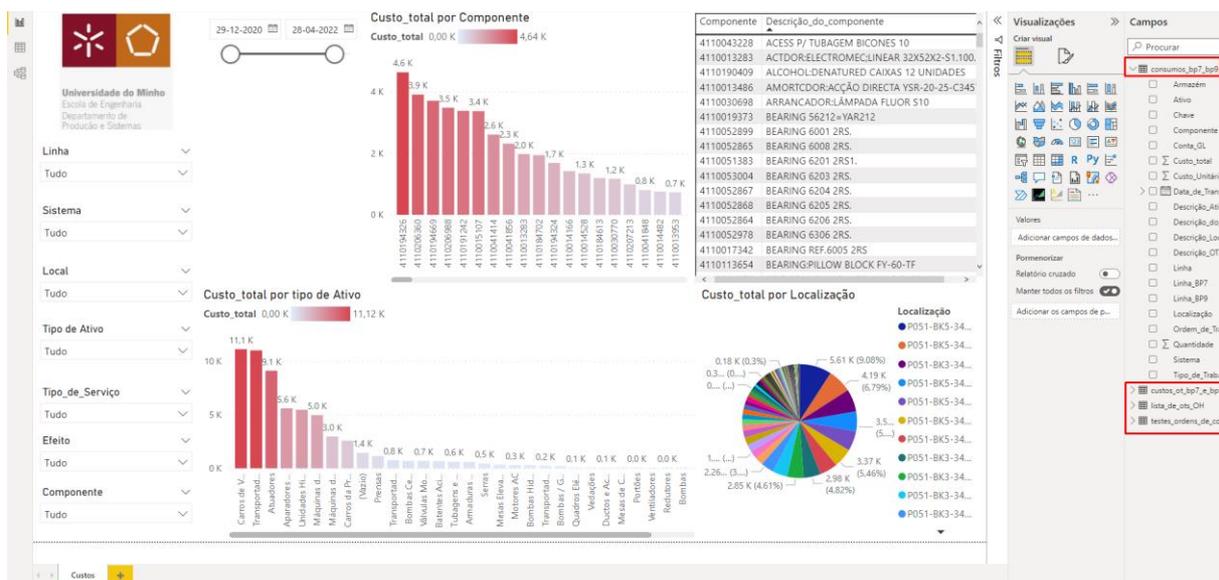
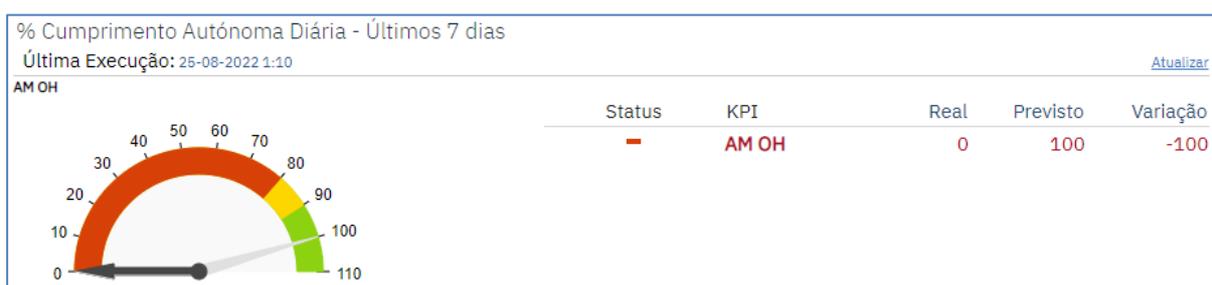
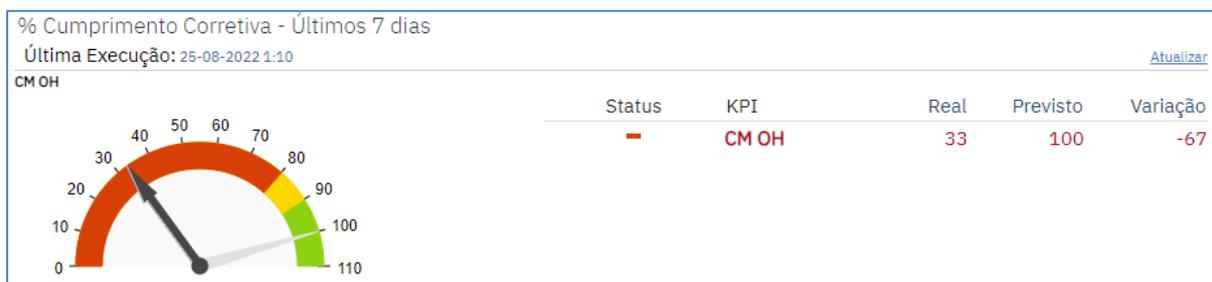
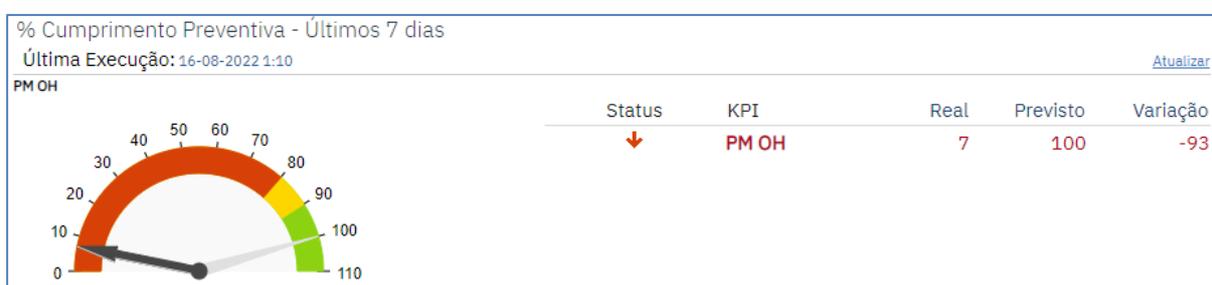
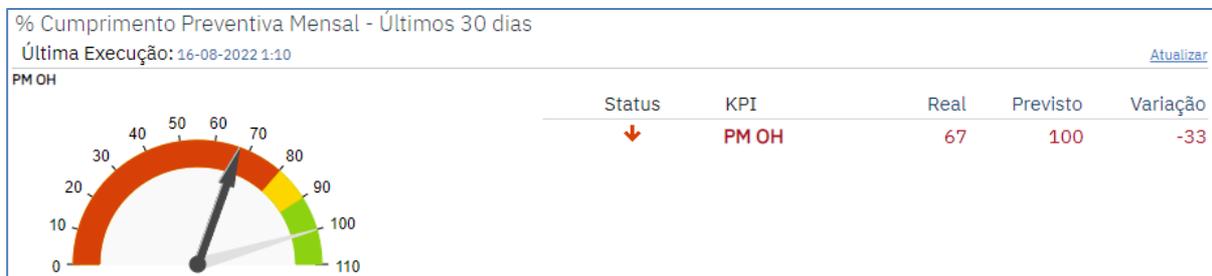


Figura 51 - Tabelas importadas da Base de dados para o *PowerBI* (sinalizadas com retângulos vermelhos) e desenvolvimento de alguns gráficos

À medida que os registos forem sendo preenchidos com dados rigorosos, também a Base de dados será atualizada e completada, permitindo assim o acesso remoto a vários utilizadores e a correspondente atualização em tempo real dos KPIs e *Dashboards* associados

# ANEXO I – PERCENTAGEM DE CUMPRIMENTO DOS VÁRIOS TIPOS DE INTERVENÇÕES PARA OS ÚLTIMOS 30 E 7 DIAS





## ANEXO II.2- *TEMPLATE* DO RCA UTILIZADO PELA EMPRESA

**MEDIÇÃO/ CONFIRMAÇÃO DE PROCESSO (Caso se pretenda seguir KPI para medir a eficácia das ações implementadas ou cumprimento de standard definido 0 + 2 meses: #####)**

**KPI**  
(O que controlar e frequência)

0

Frequência segundo do KPI

**STANDARD DEFINIDOS** Preencher com X : OK se estiver a cumprir o standard NOK se não estiver a cumprir o standard

OK  
NOK

Frequência segundo do KPI

**FECHO**

Lições aprendidas	Transversalização
	Outras zonas, dentro da área <input type="checkbox"/> Quais?
	Para outras áreas da fábrica <input type="checkbox"/>
	Para outras fábricas do grupo <input type="checkbox"/>

Plano	Condição Inicial	Área	Local	Faixa/Componente	Sintoma	Modo Falha	
KEY Words	MNG	AC1	Acabamento 1	Filtro Despoeiramento	Valvula rotativa	Paragem L AC1	Voio Valvula rotativa partiu

**NOME RCA**  
Gravar com Key Words: **MNG\_20210101AC1 - RCA - Acabamento 1 - Filtro Despoeiramento - Valvula rotativa - Paragem L AC1 - Veio Va** **RCA #:** **MNG20210101AC1**

**RCA Armazenado:**  
Colocado na biblioteca definida? XXXXXXXXXX

**Validação fecho :**

--	--	--	--	--	--	--	--

**Data fecho :**

--	--	--	--	--	--

 07/01/2021