



OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO DAS BOMBAS DE COMBATE A INCÊNDIOS DE UM HOTEL

JOSÉ PAULO DE AGUIAR MENERES GARCIA SEOANE

julho de 2025

ISEP INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DO PORTO

**OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO DAS BOMBAS DE
COMBATE A INCÊNDIOS DE UM HOTEL**

José Paulo de Aguiar Menéres Garcia Seoane, 1980731

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica, Área de Especialização em
Gestão Industrial**

Orientador: Rafaela Carla Barros Casais, Doutora, ISEP

Júri:

Presidente:

Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira, Professor Coordenador com Agregação Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vogais:

Professora Doutora Rafaela Carla Barros Casais, Professor Adjunto Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Professor Doutor José António de Vasconcelos Ferreira, Professor Associado, Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo, Universidade de Aveiro

Porto, junho 2025

Dedicatória

À minha mulher, por todas as minhas ausências e por todo o apoio que me deu.

Aos meus pais, pelo seu exemplo de luta.

Aos meus filhos, que aproveitem a vida e as oportunidades que esta dá.

Agradecimentos

Não seria possível dedicar todo o tempo que necessitei para a realização deste trabalho sem a sobrecarga da Teresa, a minha supermulher. Fê-lo de boa vontade e acreditando sempre em mim, mesmo quando eu próprio não acreditava. Um obrigado muito especial para a minha mulher.

Agradeço à professora Doutora Rafaela Casais pela orientação e ajuda, e todas as sugestões, artigos e apontamentos que me deu e facultou para melhorar este trabalho, com compreensão e motivando-me para avançar.

Ao Engenheiro Pedro Rebelo, chefe de manutenção do hotel VidaMar, que tão bem me recebeu e pacientemente me ajudou a recolher os dados e toda a informação referente à manutenção do hotel, necessários para este trabalho.

À professora Doutora Elza Fonseca, pela orientação assertiva e rigorosa no início deste ano letivo, que foi valiosa para mim.

Ao professor Doutor António Amaral, pela disponibilidade e ajuda que me deu no primeiro semestre, e pelas aulas a que tive a sorte de assistir apaixonadamente, de tão interessantes e apelativas, mesmo não sendo inicialmente das minhas matérias preferidas.

A todos um muito obrigado, e até sempre.

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido como dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, tendo sido proposto e aceite o tema de otimização da manutenção das bombas de combate a incêndios de um hotel.

A primeira fase do trabalho foi efetuada no âmbito da disciplina de Metodologias de Investigação e Planeamento (METIP) e consistiu quase totalmente na pesquisa sustentada de conceitos teóricos da manutenção e sua gestão, bem como de exemplos de aplicação prática desses mesmos conceitos. Foi elaborado relatório, e o seu conteúdo consta da revisão bibliográfica no Capítulo 2 do presente trabalho.

O desenvolvimento desta dissertação suportou-se na metodologia *Action Research* (AR). Seguindo esta metodologia e estabelecido o objetivo de encontrar oportunidades de melhoria com vista à otimização da manutenção das bombas de combate a incêndio de um hotel, foi elaborado levantamento dos equipamentos que constituem as centrais de bombagem do sistema de incêndios do hotel VidaMar, foi estudada a lógica de funcionamento das centrais, e tomado conhecimento de como se processam os pedidos de manutenção e a sua execução, com recurso a um *software* de gestão de ativos existente.

Com base no atual plano de manutenção, nas recomendações de fabricante e imposições da legislação portuguesa, e considerando a criticidade determinada para estes ativos, foi elaborado um novo plano de manutenção.

Foram apontadas oportunidades de melhoria para a atribuição de prioridades nos pedidos de manutenção, para uma melhor caracterização e identificação dos equipamentos e ações de manutenção no *software* com vista a um melhor controlo e gestão, bem como para possibilitar o importante uso dos KPI's, funcionalidade disponível no *software*, mas ainda não utilizada.

Como conclusão, apontam-se os trabalhos futuros que parecem ser coerentes e de continuidade com este.

Palavras-chave: Manutenção Preventiva, *Condition Based Maintenance*, Gestão de Manutenção, *Software*.

Abstract

This work was developed as a dissertation in order to obtain the Mechanical Engineering and Industrial Management's Master degree, and the topic of optimizing the maintenance of a hotel's fire-fighting pumps was proposed and accepted.

The first phase of the work was carried out as part of the Research and Planning Methodologies (METIP) course and consisted almost entirely of sustained research into theoretical concepts of maintenance and its management, as well as examples of the practical application of these concepts. A report has been drawn up, and its contents can be found in the literature review in Chapter 2 of this work.

The development of this dissertation was based on the Action Research (AR) methodology. Following this methodology and with the aim of finding opportunities for improvement with a view to optimizing the maintenance of a hotel's fire-fighting pumps, a survey was carried out of the equipment that makes up the pumping stations of the VidaMar hotel's fire system, the logic of how the stations work was studied, and knowledge was gained of how maintenance requests are processed and carried out, using existing software.

Based on the current maintenance plan, the manufacturer's recommendations and the requirements of Portuguese legislation, and considering the criticality of these assets, a new maintenance plan was drawn up. Opportunities for improvement were pointed out in terms of prioritizing maintenance requests, better characterizing and identifying equipment and maintenance actions in the software with a view to better control and management, as well as enabling the important use of KPIs, a feature available in the software but not yet used.

As a conclusion, we point out future work that seems to be coherent and in continuity with this one.

KEYWORDS: Preventive Maintenance, *Condition Based Maintenance*, Maintenance Management, Software.

Índice

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xv
Acrónimos e Símbolos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia.....	2
1.4. Estrutura da Dissertação.....	4
1.5. Local/Empresa de acolhimento.....	4
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1. Manutenção.....	7
2.1.1. Objetivos da manutenção.....	7
2.1.2. Tipos de manutenção.....	8
2.1.3. <i>Condition Based Maintenance</i>	11
2.1.4. Níveis da manutenção.....	12
2.2. Indicadores de Desempenho.....	13
2.2.1. Indicadores-chave de desempenho da manutenção (KPI's).....	13
2.2.2. Indicadores-chave de desempenho técnico da manutenção.....	14
2.2.3. Referências bibliográficas de trabalhos realizados sobre os indicadores de desempenho da manutenção.....	17
2.3. Métodos de Análise de Criticidade de Ativos.....	18
2.3.1. Matriz ABC.....	19
2.3.2. Matriz GUT.....	20
2.3.3. Referências bibliográficas de trabalhos realizados sobre criticidade de ativos.....	21
2.4. Custos de Manutenção.....	21
2.4.1. Custos diretos.....	21
2.4.2. Custos indiretos.....	22

2.4.3. Custo de posse de um equipamento (LCC)	22
3. Desenvolvimento do caso prático.....	25
3.1. Enquadramento do caso prático	25
3.2. Caraterização do SAEI.....	26
3.2.1. Criticidade dos grupos de bombagem.	27
3.2.2. Agentes extintores	30
3.2.3. Tipos de SAEI por água e <i>sprinklers</i>	31
3.2.4. Compartimentos para grupos de bombagem.....	32
3.2.5. Lógica de funcionamento das bombas	40
3.3. Organização da Manutenção do Hotel VidaMar	41
3.3.1. Tópico de segurança	41
3.3.2. Levantamento de tarefas de manutenção.....	42
• Tarefas realizadas pelo <i>staff</i> do hotel e pela empresa prestadora de serviços.....	42
• Tarefas de manutenção e verificações mínimas a realizar periodicamente ao abrigo da nota técnica nº15 do Despacho n.º 8905/2020 - centrais de bombagem para o serviço de incêndio.....	42
3.3.3. Tipo de manutenção baseada na condição	43
3.3.4. <i>Software</i> de gestão de manutenção	44
4. Resultados.....	46
4.1. Criticidade das bombas de combate a incêndio	46
4.2. Manutenção preventiva semanal	46
4.2.1. Arranque automático das bombas	47
4.2.2. Motores elétricos.....	47
4.2.3. Motor Diesel	48
4.2.4. Baterias	48
4.3. Manutenção preventiva anual	50
4.3.1. Bombas	50
4.3.2. Acoplamento.....	51
4.3.3. Motor Diesel	51
4.3.4. Sistema de arrefecimento.....	53
4.3.5. Motores elétricos.....	53
4.3.6. Válvulas de retenção.....	54
4.4. Manutenção preventiva bienal	55
4.5. Atribuição de prioridades aos pedidos de trabalho.....	56
4.6. Carregamento de dados de equipamentos e tarefas de manutenção no <i>Infraspeak</i> . .	56
4.7. Utilização de dados para monitorização de KPI's	57
5. Conclusão e proposta de trabalhos futuros.....	59
5.1. Proposta para trabalhos futuros	60

6. Bibliografia e outras fontes de informação	61
Declaração de Integridade	71

Lista de Figuras

Figura 1- Ciclo Investigação Ação, [2]	3
Figura 2 - Hotel VidaMar, Funchal	5
Figura 3- Tipos de manutenção, NP EN 13306:2021.....	9
Figura 4 - Curva da banheira, [21].....	16
Figura 5 - Curva de Pareto, adaptado de [32].....	19
Figura 6 - Modelo "Iceberg" adaptado de [35]	22
Figura 7 - variação de custos vs nível de manutenção [40]	24
Figura 8 - Esquema de sala de bombas, adaptado de [41]	27
Figura 9 - Disposição dos três corpos do hotel	33
Figura 10 - Aspeto geral da central de sprinklers hotel	34
Figura 11 - Bombas de central de sprinklers hotel, vistas de frente.....	35
Figura 12 - O motor Diesel Lister-Petter	36
Figura 13 - Vista interior do motor Lister-Petter	37
Figura 14 - Aspeto geral da central de carreteis hotel.....	38
Figura 15 – Exemplo de carretel	38
Figura 16 - Aspeto geral da central de carreteis centro de congressos.....	39
Figura 17 - Medição de vibrações. Fonte: novaspect.com	43
Figura 18 - Imagem termográfica. Fonte: reliableplant.com	44
Figura 19 - Infraspék pedidos em aprovação	45
Figura 20 - Pontos de leitura de vibrações em bombas horizontais, ISO 13709	51

Lista de Tabelas

Tabela 1- Tipos de manutenção	10
Tabela 2 - Níveis de manutenção (Adaptado da AFNOR)	12
Tabela 3 - Fatores de influência e KPI's da manutenção, adaptado de NP EN 15341	14
Tabela 4 - Definição dos três indicadores do OEE [20]	16
Tabela 5 - Determinação dos parâmetros do OEE	17
Tabela 6 - KPI's da manutenção	17
Tabela 7 - Referências de casos de estudo realizados sobre os KPI's da manutenção.....	17
Tabela 8 - Matriz de criticidade ABC, adaptado de [31]	20
Tabela 9 - Matriz GUT exemplo para reparação de máquinas, adaptado de [33].....	21
Tabela 10 - Referências de trabalhos realizados sobre criticidade de ativos	21
Tabela 11 - variáveis da expressão de cálculo do LCC	23
Tabela 12 - Referências de trabalhos realizados sobre custos de manutenção	24
Tabela 13 - Quantidade motores e bombas SAEI	25
Tabela 14 - Escala de classificação GUT	27
Tabela 15 - Matriz de criticidade GUT cenário sem incêndio	28
Tabela 16 - Matriz de criticidade GUT cenário com incêndio	29
Tabela 17 - Graus de criticidade GUT.....	29
Tabela 18 - Marcas e modelos equipamentos CBSI	40
Tabela 19 - Tabela de manutenção semanal	49
Tabela 20 - Tabela de manutenção anual	54
Tabela 21 - Tabela de manutenção bienal	56
Tabela 22 - Resultados obtidos	59

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
ISO	<i>International Standards Organization</i>
RCAP	Repositório Científico Aberto de Portugal
NP	Norma Portuguesa
AFNOR	Associação Francesa de Normalização
MIL-STD	<i>United Stated Military Standards</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MRT	<i>Mean Repair Time</i>
IAFT	<i>International Automotive Task Force</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
GUT	<i>Gravity, Urgency, Tendency</i>
TBF	<i>Time Between Failures</i>
CBM	<i>Condition Based Maintenance</i>
OM	Oportunidades de Melhoria
SAEI	Sistema Automático de Extinção de Incêndios
SCIE	Sistema Contra Incêndios em Edifícios
CBSI	Central de Bombagem de Serviço de Incêndio
ANEPC	Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
EPI	Equipamento de Proteção Individual

Lista de Símbolos

λ	Taxa média de avarias	avarias/hora
N	Número de avarias	avarias

1. Introdução

1.1. Contextualização

A proliferação de empresas similares, ou os fatores inerentes à globalização como o comércio internacional, são alguns dos motivos que criam concorrência. A competitividade das organizações é por isso primordial e fator de sobrevivência. Nas indústrias, procuram-se reduzir os custos dos processos produtivos para aumentar a sua eficiência. Entre outras causas, as falhas em máquinas, provocando a diminuição ou paragem de produção, ou provocando falhas na qualidade, ou criando condições inseguras, contribuem para um processo ineficiente.

Embora a ideia de que “a manutenção é um mal necessário” não esteja completamente erradicada, na generalidade hoje é reconhecido o seu papel crucial na competitividade das indústrias.

É intuitivo afirmar que o Homem faz manutenção desde que observou o desgaste da sua primeira ferramenta. Com a descoberta da utilidade do vapor e a sua aplicação para converter calor em movimento, dava-se início à primeira revolução industrial. Os primeiros motores a vapor, retirando água das minas, as primeiras máquinas agrícolas e teares, ou os primeiros comboios a vapor, todos eram bastante ineficientes, porém isto era apenas o início, e o carvão era abundante.

A estratégia de manutenção baseava-se no princípio de deixar o equipamento trabalhar até algo falhar, ou seja, era uma estratégia reativa, a chamada manutenção curativa que ainda hoje é utilizada, com as suas desvantagens e as suas vantagens [1].

Com vista a reduzir perdas de produção e económicas, era imperativo aumentar a fiabilidade e a disponibilidade das máquinas, tendo-se evoluído para a diversificação das estratégias de manutenção. Não obstante das questões de produtividade e económicas, outras são também bastante relevantes hoje, e não necessariamente relacionadas com as primeiras:

- Questões legais - a disponibilidade de um determinado equipamento pode ser uma exigência legal, mesmo que este não seja necessário diretamente para o processo produtivo.
- Questões ambientais - se um determinado equipamento que opera com um fluido nocivo para o ambiente está a cumprir a sua função, mas não está a fazer a correta contenção do fluido, não estão reunidas todas as condições para a sua operação.

Introdução

- Questões de sustentabilidade - de acordo com a ISO/TC 251 é defendida a importância de maximização do ciclo de vida dos bens, em prol de uma economia circular mais sustentável, mantendo o bem pelo maior período possível, seus componentes ou peças, priorizando a sua reparação, reutilização ou reciclagem.

A realização deste trabalho surgiu da troca de impressões sobre motores Diesel aplicados a bombas de combate a incêndios, com o chefe de manutenção do hotel, a quem foi sugerido este trabalho com o intuito de procurar identificar oportunidades de melhoria (OM) e de otimização da manutenção dos motores de combate a incêndio da unidade hoteleira.

1.2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é identificar e apresentar oportunidades de melhoria (OM) e otimização de procedimentos de manutenção sobre as bombas do Sistema Automático de Extinção de Incêndios (SAEI) do hotel VidaMar no Funchal. Essas OM terão especial incidência na monitorização, nas ações de manutenção apropriadas e no registo e constituição de histórico de manutenção dos equipamentos em causa, e também da implementação da estratégia de manutenção CBM (*Condition Based Maintenance*).

Como resultados deste trabalho, espera-se uma melhor utilização de ferramentas de gestão da manutenção ao dispor das equipas, que juntamente com a introdução de alguns procedimentos e o ajuste e distribuição de tarefas, contribua para uma manutenção mais eficiente e com um desempenho mensurável.

Numa perspetiva prática, a materialização das OM será realizada através de:

- Identificação da criticidade dos equipamentos;
- Ajuste das ações de manutenção com regulamentos e recomendações de fabricante;
- Ajuste das ações de manutenção preventiva com a estratégia CBM;
- Introdução de dados no *Infraspeak*;
- Introdução das tarefas de manutenção no *Infraspeak*;
- Utilização de dados para monitorização de KPI's.

1.3. Metodologia

Para a realização deste relatório foi efetuada a pesquisa de trabalhos, artigos científicos e livros com base em palavras-chave associadas ao tema de manutenção e conservação de ativos. A pesquisa de artigos e trabalhos científicos foi feita maioritariamente na *webofscience.com*, e também no RCAP (Repositório Científico Aberto de Portugal), privilegiando os documentos mais recentes e mais citados, e que sejam de autoria de pelo menos um autor com impacto na comunidade científica, ou seja, tendo em atenção o *H-Index*. Esta análise poderia ser mais detalhada com a utilização do *VOSViewer*, porém carecia de algum tempo de familiarização com a ferramenta e prescindiu-se da mesma.

A realização do trabalho seguirá a metodologia “Investigação Ação” ou *Action-Research*, procurando a reflexão crítica da teoria sobre a componente operacional [2] necessária para atingir os melhores resultados no final do exercício de otimização da manutenção das bombas de incêndio.

Inicialmente será efetuado o diagnóstico do atual estado de organização da manutenção no Hotel VidaMar Madeira, procurando identificar oportunidades de resolução dos problemas encontrados através da análise de dados de manutenção e dados técnicos dos equipamentos.

Após esta primeira etapa, segue-se o planeamento de ações a tomar na investigação, e a consequente decisão sobre a abordagem a ter.

A etapa seguinte será a etapa da execução, da implementação das ações selecionadas no planeamento.

Segue-se a etapa de avaliação das ações efetuadas, se as mesmas se revelaram eficazes na resolução dos problemas iniciais, analisando se os resultados obtidos se devem exclusivamente à implementação das ações selecionadas.

Finalmente, a quinta etapa de aprendizagem específica, identificando e documentando as conclusões do trabalho, e futuras oportunidades de melhoria.

Estas etapas são repetidas ciclicamente até haver uma estabilização das melhorias introduzidas tendo em conta os objetivos iniciais, de acordo com a Figura 1.

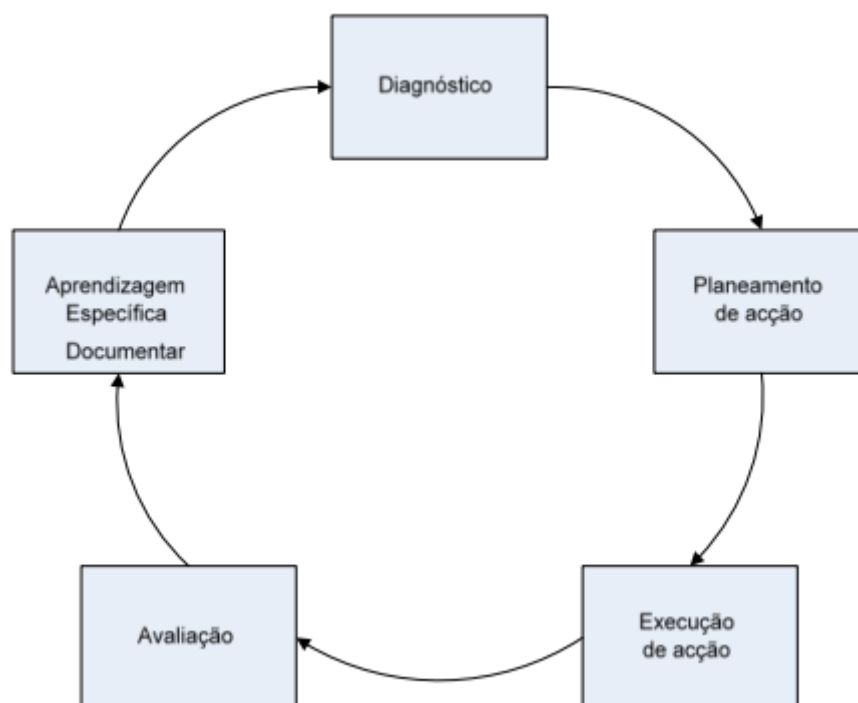


Figura 1- Ciclo Investigação Ação, [2]

1.4. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em 5 capítulos como forma de organizar toda a informação pertinente e que permita ao leitor compreender o enquadramento do tema, o propósito do trabalho, os métodos usados e as conclusões tiradas.

Assim, no primeiro capítulo pretende estabelecer-se um fio-condutor para este trabalho, contextualizando-o e apresentando seus objetivos e metodologia, bem como a apresentação da empresa onde se realiza este caso de estudo.

O segundo capítulo tem por base a pesquisa bibliográfica elaborada para, com suporte em documentos científicos como artigos de revistas da especialidade, atas de conferências, normas internacionais ou livros, verter as definições, conceitos, métodos ou ferramentas utilizadas na realização desta dissertação. O estado da arte.

No terceiro capítulo é apresentado o caso prático e o desenvolvimento do trabalho, com a identificação dos equipamentos de bombagem de água para o Sistema Automático de Extinção de Incêndios, a análise da sua criticidade, os indicadores de desempenho usados, as ações de manutenção preventiva e ações de manutenção corretiva.

No quarto capítulo são apresentadas as conclusões do estudo, bem como as limitações encontradas, e são propostas oportunidades de melhoria, nomeadamente a implementação da estratégia CBM.

O quinto capítulo remete para as referências bibliográficas consultadas ao longo da elaboração deste trabalho.

1.5. Local/Empresa de acolhimento

A empresa de acolhimento é o Hotel VidaMar Madeira, um dos dois hotéis da marca VidaMar, um no Algarve e este na Madeira. Esta unidade hoteleira de cinco estrelas situa-se junto ao mar na cidade do Funchal. Tem 300 quartos distribuídos por 10 andares, e variadíssimas comodidades entre as quais acesso direto ao mar, três piscinas de água salgada, SPA, ténis, squash, centro de congressos, vários restaurantes, etc.. No que respeita a Segurança Contra Incêndios em Edifícios, ao abrigo da legislação (Decreto-lei 220/2008) é dotado de sistema fixo de extinção automática por água, com respetiva central de bombagem.

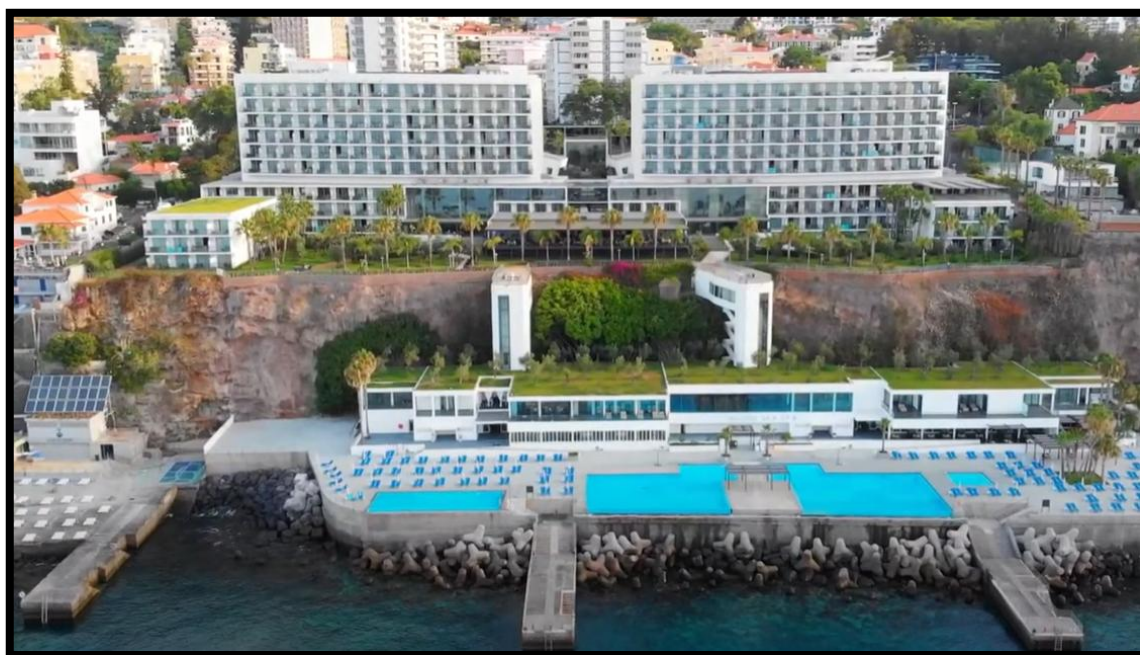


Figura 2 - Hotel VidaMar, Funchal

Introdução

2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo nomeiam-se as definições, conceitos, métodos ou ferramentas apresentadas em diversos artigos, normas e documentos científicos, à luz dos quais este trabalho é realizado. Este capítulo trata do estado da arte.

2.1. Manutenção

O Comité Europeu de Normalização, na sua norma europeia referente à terminologia de manutenção EN 13306 bem como na versão portuguesa NP EN 13306:2021, refere na sua introdução que a Manutenção fornece uma contribuição essencial à segurança de funcionamento de um bem, definindo-a como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida.

A ISO 19901-7:2013 para estruturas offshore da indústria do petróleo e gás natural define manutenção como o conjunto de atividades executadas durante o ciclo de vida de uma estrutura de forma a assegurar que esta cumpre a sua função.

Segundo a ISO 14224:206 sobre recolha de dados para manutenção e fiabilidade de equipamentos das indústrias petroquímica, de petróleos e gás natural, a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e de gestão que permitem manter ou restaurar o estado a um determinado bem em que este seja capaz de desempenhar a sua função.

2.1.1. Objetivos da manutenção

Bashiri refere que “a manutenção, enquanto sistema, tem um papel chave na redução de custos, na minimização de tempos inoperacionais em equipamentos, na melhoria da qualidade, aumentando a produtividade (...)” [3]. Segundo Chiara Franciosi, “os processos de manutenção que assegurem disponibilidade, fiabilidade, e segurança do equipamento, têm um papel fundamental em operações sustentáveis.” [4].

Nas palavras de Bevilacqua, muitas companhias pensam na manutenção como uma fonte de custo inevitável. Para estas companhias, as operações de manutenção têm uma função corretiva e só são executadas em condições de emergência [5]. No seu artigo, Bevilacqua já afirmava – no ano 2000 – que “hoje esta forma de intervenção já não é aceitável devido a

elementos críticos como a qualidade do produto, a segurança das instalações e o aumento dos custos de manutenção (...)” [5].

Quatro fatores de consequência, compreendendo o impacto e flexibilidade operacional, custos de manutenção, e o impacto na segurança ou ambiente, são considerados na avaliação de risco de falha de equipamentos [6].

Segundo Mobley, o papel da manutenção não é reparar uma avaria em tempo recorde, mas sim prevenir todas as perdas causadas por problemas em equipamentos ou sistemas [7]

A maximização do ciclo de vida dos ativos físicos é importante no caminho para uma economia circular sustentável [8] assim como uma apropriada manutenção nas indústrias é crucial para minimizar o seu impacto ambiental negativo [9]

Os objetivos da manutenção vão por isso além do lucro e competitividade por via da redução de custos, do aumento da disponibilidade e da produtividade ou da melhoria de qualidade. Os objetivos da manutenção convergem também para a segurança da atividade industrial, das pessoas e instalações, bem como para a redução do impacto ambiental negativo dessa mesma atividade, sendo estes dois fatores - segurança e ambiente – cada vez mais condições indispensáveis para a sobrevivência das empresas [6].

2.1.2. Tipos de manutenção

A literatura revista é geralmente unânime em considerar que a manutenção se divide em corretiva e preventiva [3], [10], [11], [12].

A manutenção corretiva é aquela executada após a falha ocorrer [1] ou segundo a EN 13306, é efetuada depois da deteção da avaria e com vista a repor o bem num estado em que cumpra a função requerida.

A manutenção preventiva, de acordo com a mesma norma, é aquela efetuada para avaliar e mitigar a degradação e reduzir a probabilidade de falha de um bem. Na terminologia militar Norte-Americana (MIL-STD-721), a manutenção preventiva refere-se a todas as ações realizadas com o objetivo de manter um bem numa determinada condição através de inspeção sistemática, da deteção e prevenção de falhas incipientes. A manutenção preventiva ocorre quando um sistema está operacional, segundo H. Wang [13].

De acordo com a NP EN 13306:2021, os tipos de manutenção dividem-se em dois grupos principais. Num deles, onde ocorrem mudanças de características de dependabilidade intrínseca, designado por manutenção de melhoramento, e num outro onde tais mudanças não ocorrem, subdividindo-se este em manutenção preventiva e manutenção corretiva. Assim, à luz da norma, consideram-se estes os três principais tipos de manutenção: preventiva, corretiva e de melhoria.

As atividades de manutenção podem ainda ser planeadas ou não planeadas. A manutenção preventiva é uma atividade planeada, geralmente com as ações e periodicidade bem definidas em planos de manutenção. De igual modo a manutenção de melhoria é uma atividade

planeada. Por outro lado, a manutenção corretiva não é planeada, visto que esta é efetuada quando ocorre uma avaria imprevista, sendo caracteristicamente executada de imediato (urgência) ou podendo ser diferida de acordo com regras de manutenção determinadas.

A Figura 3 representa a árvore dos tipos de manutenção.

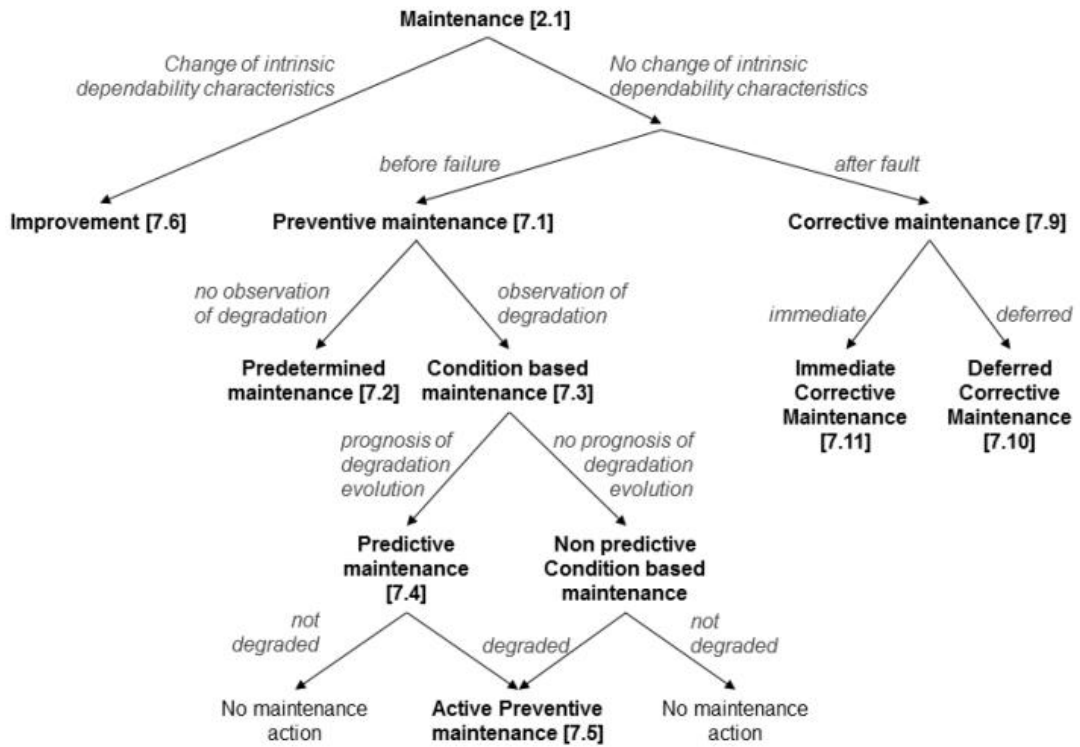


Figura 3- Tipos de manutenção, NP EN 13306:2021

Na Tabela 1 resume-se a definição de cada tipo de manutenção de acordo com a norma NP EN 13306:2021 na coluna respetiva, e na coluna seguinte a descrição ou consideração sobre cada tipo de manutenção, dada por outros autores.

Tabela 1- Tipos de manutenção

Tipos de manutenção	Descrição NP EN 13306:2021	Descrição de autor
De melhoria	Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, com o intuito de melhorar a fiabilidade intrínseca, a segurança ou a manutibilidade de um equipamento sem alterar a sua função original.	Manutenção com o objetivo de melhorar o desempenho do equipamento, adequabilidade a funções específicas e incorporação de novas características, assim como otimizar a segurança de funcionamento do equipamento [14]
Preventiva	Manutenção levada a cabo com o intuito de avaliar e mitigar a degradação e e reduzir a probabilidade de falha de um equipamento.	Manutenção executada antes da falha no equipamento com vista a mantê-lo numa condição especificada, através de inspeções sistemáticas, deteção e prevenção de falhas incipientes [13]
Preventiva predeterminada	Manutenção preventiva executada sem necessidade de observação de degradação, de acordo com intervalos de tempo ou unidades de uso estabelecidos (e.g. horas, quilómetros) mas sem prévia investigação da condição.	Quando a decisão lógica do RCM indica que a manutenção predeterminada é apropriada, devem ser decididos os intervalos de manutenção [15]
Manutenção baseada na condição	Manutenção preventiva com avaliação de condições físicas (degradação), de análise e de possíveis ações de manutenção.	A manutenção de um sistema baseada na sua condição de saúde [16]
Manutenção preditiva	Manutenção baseada na condição, efetuada de acordo com previsões extrapoladas da análise e avaliação de parâmetros significativos da degradação de um equipamento.	Método de prevenção da falha de equipamentos, através da análise de dados de produção para identificação de padrões e prevenir avarias antes delas ocorrerem [1]
Corretiva	Manutenção executada após o reconhecimento de uma falha e com vista a repor o equipamento num estado em que o mesmo seja capaz de cumprir a função requerida.	A manutenção corretiva aplicada depois da ocorrência da avaria, e com o intuito de restabelecer a operacionalidade do componente [17]
Manutenção corretiva diferida	Manutenção corretiva que não é iniciada de imediato, mas de acordo com determinadas regras.	
Manutenção corretiva imediata	Manutenção corretiva iniciada logo após a deteção da falha, a fim de evitar consequências inaceitáveis.	

2.1.3. Condition Based Maintenance

A CBM é um subtipo de manutenção preventiva frequentemente designada como estratégia de manutenção, e que pretende permitir o controlo dos modos de falha. A CBM pressupõe que a maioria das falhas não ocorre instantaneamente, e que é possível identificar o seu surgimento numa fase inicial do processo de deterioração [18]. Com a utilização da CBM, é possível reduzir custos de manutenção, quando da sua aplicação se obtenham tempos de vida remanescente de componentes evitando a sua substituição desnecessária ou, pelo contrário, determinando a sua substituição antes de uma avaria com consequências maiores. A redução de custos de manutenção também pode advir da eliminação de tarefas de manutenção periódicas, mas desnecessárias.

A CBM baseia-se em medições de determinados parâmetros de funcionamento de um equipamento, de que se dão alguns exemplos.

- Medição de vibrações em equipamentos rotativos;
- Análise de óleos para deteção de partículas de desgaste em motores, caixas de velocidades, sistemas hidráulicos, etc.;
- Testes de ultrassons para deteção de fugas, fissuras ou outros defeitos em componentes;
- Análises de pressão para determinar caudais e velocidades de fluídos em equipamentos que transportem gás, ou outro fluído, por exemplo em tubagens, tanques ou válvulas;
- Análises elétricas em sistemas ou motores (elétricos) para identificar problemas de fator de potência, falhas em circuitos ou distorções.

Os resultados destas medições ou análises são comparados com valores de referência, o que determinará se há necessidade de alguma ação corretiva.

A *Condition Based Maintenance* pode ser permanente ou periódica. No caso de equipamentos altamente críticos, como existentes nas indústrias de petróleo, de produção de energia, da aviação, de produção de cimento ou outras, pode justificar a CBM permanente, com a instalação de sensores nos equipamentos. As condições de operação são registadas e monitorizadas em tempo real, permitindo uma gestão mais rigorosa no que concerne a planeamento de ações de manutenção corretiva para minimização do risco de paragens catastróficas.

A desvantagem da monitorização permanente é o custo inicial de instalação dos sistemas, sendo preferível que os equipamentos já tenham esses sistemas incorporados aquando da sua aquisição; além do custo da instalação poder ser mais elevado, trata-se de modificações em equipamentos, o que pode requerer estudos no âmbito da gestão de modificações para avaliar impacto na operação e segurança, como pode à partida não ser permitida qualquer alteração pelos fabricantes.

2.1.4. Níveis da manutenção

Os serviços de manutenção distinguem-se na sua complexidade, na natureza da intervenção, no local indicado para a sua execução, nas habilitações dos técnicos e nos recursos materiais, bem como nas características das peças de substituição e na documentação necessárias.

A norma francesa AFNOR FD X 60-000 define assim cinco níveis de manutenção de acordo com os requisitos necessários para cada um. A elaboração de contratos de manutenção deve seguir as orientações dispostas na NP EN 13269 “Instruções para a preparação de contratos de manutenção”, sendo sempre recomendável, quando não obrigatória a sua aplicação. É frequente e boa prática que na elaboração de um contrato de manutenção esteja explícito na secção das disposições técnicas, quais os níveis de manutenção incluídos e/ou quais os excluídos no contrato.

Na Tabela 2 estão descritos os cinco níveis de manutenção segundo a classificação da norma AFNOR FD X60-000.

Tabela 2 - Níveis de manutenção (Adaptado da AFNOR)

Nível de manutenção	Descrição	Local de Intervenção
Nível I	Afinações simples previstas pelo construtor sem abertura ou desmontagem do equipamento. Substituição de elementos acessíveis. Sem risco de segurança. Realizadas por operador não especializado	No próprio local.
Nível II	Reparações pouco complexas que podem incluir substituição de pequenos componentes. Manutenção preventiva predeterminada. Realizadas por técnico de qualificação média.	No próprio local.
Nível III	Reparações complexas, substituição de componentes funcionais, afinações e alinhamentos com uso de equipamentos portáteis. Realizadas por técnicos especializados.	No próprio local ou oficina.
Nível IV	Trabalhos de grande importância de manutenção preventiva e corretiva, normalmente decorrentes da identificação e diagnóstico de avaria. Realizado por técnicos com qualificação especializada e supervisionada por responsável qualificado.	Realizada em oficinas que dispõem de ferramentas especiais.
Nível V	Trabalhos complexos de renovação, construção ou reconstrução, geralmente confiadas ao fabricante, visto incluírem ações semelhantes às de fabrico. Também podem ser executados por firmas especializadas (e.g. adequação de um equipamento a nova regulamentação)	Realizada normalmente no fabricante ou pelo fabricante em oficina,

2.2. Indicadores de Desempenho

“If you can’t measure it, you can’t improve it”.

A frase do economista e académico Peter Drucker é transversal a todas as atividades, seja ela económica, social, de saúde, industrial, ou a qualquer outra em que seja possível medir um determinado parâmetro quantitativo.

A medição e registo desses parâmetros ao longo de um determinado período permite, por inferência estatística e cálculo matemático, avaliar a sua evolução – é um indicador de desempenho.

O cálculo e a análise dos indicadores permitem a avaliação e comparação de desempenho, o controlo do progresso ao longo do tempo, a identificação dos pontos fracos e a definição de ações com vista a uma melhoria. Os indicadores de desempenho e os objetivos devem estar relacionados e alinhados (NP EN 15341 (2019)).

2.2.1. Indicadores-chave de desempenho da manutenção (KPI’s)

A norma NP EN 15341 fornece indicadores-chave de desempenho da manutenção que podem ajudar a gestão de empresas industriais no rumo a uma manutenção de excelência e na utilização competitiva de ativos técnicos.

A *performance* da manutenção é o resultado da utilização ativa de recursos para manter ou repor o estado em que um equipamento desempenha a função requerida. Depende tanto de fatores externos como internos, da implementação de manutenção preventiva, corretiva e de melhoria.

Esta é o resultado de atividades complexas e pode ser avaliada por indicadores apropriados que medem tanto os resultados atuais como os esperados (NP EN 15341).

A maioria dos indicadores podem ser usados em níveis diferentes, dependendo se são usados para medir a *performance* da produção da empresa, se de uma linha de produção, ou um dado equipamento.

A norma NP EN 15341 estabelece uma arquitetura dos indicadores-chave que influenciam a *performance* da manutenção e consequentemente os três grupos de indicadores-chave, conforme ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Fatores de influência e KPI's da manutenção, adaptado de NP EN 15341

Fatores de influência externos	Grupo de indicador	Indicador de nível		
		Nível 1	Nível 2	Nível 3
Localização Custo Situação de mercado Fatores sociais (...)	Indicadores económicos	E1 E2 E3 E4 E5 E6	E7 E8 E9 E10 E11 E12 E13 E14	E15 E16 E17 E18 E19 E20 E21 E22 E23 E24
Fatores de influência técnicos	Indicadores técnicos	T1 T2 T3 T4 T5	T6 T7	T8 T9 T10 T11 T12 T13 T14 T15 T16 T17 T18 T19 T20 T21
Cultura da empresa Tamanho das instalações Taxa de utilização Idade da instalação Críticidade (...)	Indicadores Organizacionais	O1 O2 O3 O4 O5 O6 O7 O8	O9 O10	O11 O12 O13 O14 O15 O16 O17 O18 O19 O20 O21 O22 O23 O24 O25 O26

A maioria dos indicadores podem ser usados em níveis diferentes, dependendo se são usados para medir a performance da produção da empresa, se de uma linha de produção, ou um dado equipamento.

Os níveis nesta norma estão estruturados em níveis que representam a sua estrutura hierárquica. Os indicadores de um nível são uma descrição detalhada dos indicadores do nível seguinte. Os indicadores estão numerados por nível como meio de identificação e não de importância (NP EN 15341).

2.2.2. Indicadores-chave de desempenho técnico da manutenção

Alguns indicadores técnicos são comuns a todas as empresas e utilizados sempre na gestão da manutenção. O MTTR (*Mean Time To Repair*) que representa o tempo médio gasto para reparar uma avaria. O MTBF (*Mean Time Between Failures*) que representa a esperança matemática de tempo de utilização entre falhas, para sistemas reparáveis. Para a utilização do MTBF importa definir o conceito de Taxa de Avarias (λ).

Segundo a NP EN 15341, uma avaria é um acontecimento onde ocorre a perda da aptidão de um bem para cumprir a função requerida, podendo o bem ficar no estado de falha total ou parcial. A Taxa de Avarias (λ) é definida pela variação do número de avarias ao longo de um período dividido por esse intervalo de tempo. Em alguns casos, a unidade de tempo pode ser substituída por unidades de utilização [19]. Na prática é comum usar-se a taxa média de avarias, que expressa o número de avarias por unidade de operação (tempo, distância, número de ciclos, etc.).

$$\lambda = \frac{N_{avarias}}{UO_{func}} \quad (1)$$

Onde:

λ – taxa média de avarias.

$N_{avarias}$ - Número de avarias no intervalo de unidade de operação (UO) escolhida.

UO_{func} – Medida total da unidade de operação de funcionamento no intervalo de tempo escolhido (tempo, distância, número de ciclos, etc.).

$$MTBF = \frac{\sum_{i=0}^{N_{avarias}} TBF_i}{N_{avarias}} \quad (2)$$

Onde:

TBF_i – Tempo de funcionamento sem avarias no intervalo de tempo escolhido.

$N_{avarias}$ - Número de avarias no intervalo de unidade de operação (UO) escolhida.

Outra forma de expressar o MTBF é como uma aproximação da taxa de avarias.

$$MTBF \cong \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

Verifica-se uma alta taxa de avarias no início de vida de um equipamento, e uma alta taxa de avarias por desgaste no fim da vida. Entre estes dois momentos, durante o tempo de vida útil dos equipamentos, a taxa de avarias é expectável que seja razoavelmente constante. Os fabricantes procuram reduzir a taxa de avarias no arranque, testando os produtos ou equipamentos e removendo avarias prematuras antes que (os produtos ou equipamentos) cheguem ao consumidor [20]

A variação da taxa instantânea de avaria ao longo do tempo é usualmente representada por uma curva de risco, comumente chamada de curva da banheira devido ao seu aspeto. O seu uso começou na indústria dos seguros de vida pretendendo representar a taxa de mortes ao longo do tempo, e posteriormente passou a ser usada na engenharia.

A curva da banheira, cujo nome reflete o formato, é um dos mais conhecidos gráficos relacionados com a fiabilidade e manutenção, e representa a taxa de falha ao longo do tempo, conforme Figura 4.

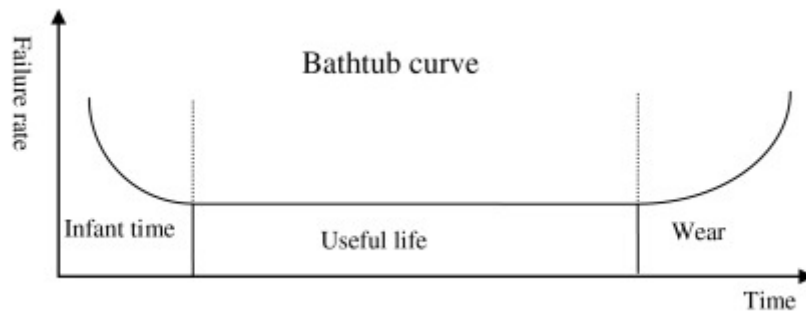


Figura 4 - Curva da banheira, [21]

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) foi introduzido pelo japonês Seiichi Nakajima em 1988 no âmbito da metodologia TPM (*Total Productive Maintenance*) e é um dos KPI's mais difundidos na indústria. O OEE visa a identificação de ineficiências de equipamentos industriais, integrando três indicadores distintos, nomeadamente a disponibilidade, a eficiência da *performance* e a qualidade [22]. A definição do indicador é:

$$OEE = Disponibilidade \times Eficiência da Performance \times Qualidade \quad (4)$$

As definições dos indicadores integrados no *Overall Equipment Effectiveness* apresentam-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Definição dos três indicadores do OEE [20]

Parâmetro	Definição
Disponibilidade	Refere-se à parte do tempo planeado que é utilizado após contabilização de todas as perdas de tempo devido a grandes paragens de maquinaria, eliminando perdas causadas por falhas, tempo de inatividade e perdas por configuração.
Eficiência da <i>Performance</i>	Indica a proporção de tempo de operação que é utilizada depois de contabilização de todas as pequenas paragens de maquinaria ou redução de ritmo.
Qualidade	A taxa de qualidade indica a percentagem de tempo real de operação que é utilizado depois da contabilização de perdas de tempo resultantes de atividades de processamento de unidades não vendáveis

A forma de cálculo dos três parâmetros do *Overall Equipment Effectiveness* é indicada na Tabela 5.

Tabela 5 - Determinação dos parâmetros do OEE

Parâmetro	Expressão
Disponibilidade	$\frac{\text{Tempo planeado de produção} - \text{Tempo de paragem}}{\text{Tempo planeado de produção}}$
Performance	$\frac{\text{Tempo de ciclo ideal} \times \text{Total de unidades produzidas}}{\text{Tempo de operação}}$
Qualidade	$\frac{\text{Total de unidades conformes}}{\text{Total de unidades produzidas}}$

Os indicadores-chave de desempenho da manutenção abordados neste parágrafo 2.2.2., depois de algumas considerações orientativas sobre os mesmos, estão alinhados na Tabela 6, com indicação da respetiva expressão de cálculo.

Tabela 6 - KPI's da manutenção

Indicador	Expressão matemática
MTBF (<i>Mean Time Before Failure</i>)	$= \frac{\text{Tempo total de operação no período considerado}}{\text{Número de avarias no período considerado}}$
MTTR (<i>Mean Time to Repair</i>)	$= \frac{\text{Tempos totais de reparação, (t}_0 = \text{deteção)}}{\text{Número de avarias no período considerado}}$
MRT (<i>Mean Repair Time</i>)	$= \frac{\text{Tempo gasto nas reparações de facto}}{\text{Número de avarias no período considerado}}$
OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)	$= \text{Performance} \times \text{Disponibilidade} \times \text{Qualidade (\%)}$

2.2.3. Referências bibliográficas de trabalhos realizados sobre os indicadores de desempenho da manutenção.

Na Tabela 7 resumem-se exemplos de casos de estudo realizados no âmbito dos indicadores-chave de manutenção.

Tabela 7 - Referências de casos de estudo realizados sobre os KPI's da manutenção

Nota sobre o trabalho realizado	Referência bibliográfica
Aplicação de indicadores-chave de <i>performance</i> de manutenção numa multinacional produtora de peças para indústria automóvel, para cumprimento da IAFT 16949.	[23]

Tabela 7 - Referências de casos de estudo realizados sobre os KPI's da manutenção (cont.)

Nota sobre o trabalho realizado	Referência bibliográfica
Trabalho realizado para avaliação da <i>performance</i> de um sistema de circulação de água numa central termoelétrica, usando um diagrama de blocos de fiabilidade, árvore de análise de falhas entre outras abordagens, em que um dos indicadores determinados foi o MTTR.	[24]
Desenvolvimento de modelo de simulação para projetos, para evitar futuros custos com falhas, usando alguns dos KPI's mais importantes como o MTBF e o MRT para ajudar na criação de uma base de dados.	[25]
Implementação da abordagem <i>Total Productive Maintenance</i> para melhorar o OEE numa indústria metalomecânica.	[26]

2.3. Métodos de Análise de Criticidade de Ativos

Na gestão industrial e em diversas outras áreas, na observância do rigor, do controlo de custos, na alocação otimizada de recursos, da qualidade, do ambiente e da segurança, é prática recomendável a identificação e classificação do que é mais ou menos crítico. Um ativo crítico é aquele cuja falha ou indisponibilidade tem um impacto negativo no cumprimento de requisitos de qualidade, nos de segurança, no cumprimento de prazos [27], no processo produtivo pela sua interrupção ou pelo aumento de retrabalho e rejeições [28].

As organizações com uso intensivo de ativos dependem de ativos físicos que têm um impacto significativo na sua performance. A gestão desses ativos críticos como edifícios, infraestruturas, utilidades, fábricas e transportes é abordada na disciplina de gestão de ativos [29].

A determinação dos ativos críticos recorre a ferramentas de apoio à decisão como a matriz ABC ou a matriz GUT (*Gravity, Urgency, Tendency*). Na atividade de conservação de ativos e de manutenção, estas ferramentas de classificação de criticidade são vertidas na criação de planos de manutenção, na atribuição de prioridade das ordens de trabalho (de manutenção), na mobilização das equipas e por vezes na suspensão de trabalhos menos prioritários para atender a outros trabalhos de reparação prioritária, com a respetiva transferência dos técnicos.

As matrizes de criticidade permitem atribuir uma classificação de risco a cada ativo e equipamento por forma a priorizar a manutenção preventiva [30]. A identificação de ativos críticos reflete-se na gestão de stocks de material suplente[31] e até na formação específica dada (ou exigida contratualmente) às equipas de manutenção.

2.3.1. Matriz ABC

A matriz ABC atribui aos equipamentos a classificação A, B ou C, com base na análise de critérios definidos pelas organizações, e que geralmente incluem o ambiente, a segurança, e a qualidade. A matriz ABC é uma representação da curva de Pareto, e tipicamente verifica-se a existência de uma relação de 80/20 entre as frequências acumuladas e as causas. Num caso aplicado à manutenção, constata-se que 20% dos equipamentos são responsáveis por 80% dos custos de manutenção conforme Figura 5.

Os equipamentos de cada classe têm as seguintes características ou impacto [27]:

- **Criticidade de classe A:** Equipamentos que afetam diretamente a qualidade do produto final, que implica a paragem de produção ou envolve sérios riscos para a segurança de pessoas ou ambiente. Envolvem custos e/ou tempos elevados de reparação, ou requerem um elevado grau de especialização para a reparação dos Danos.
- **Criticidade de classe B:** Equipamentos que afetam indiretamente a qualidade do produto ou que provoca uma interrupção parcial da produção, e aqueles que apresentam riscos moderados de segurança, ou custos e complexidade moderados.
- **Criticidade de classe C:** Aqueles que não afetam a qualidade do produto, não implicam a interrupção da produção, e têm baixo impacto na segurança e ambiente, com baixos custos e baixa complexidade.

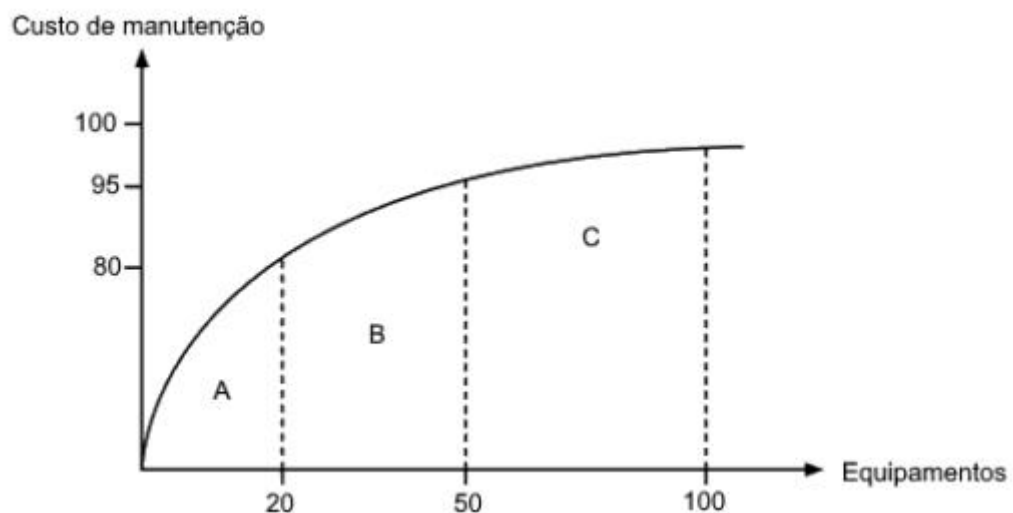


Figura 5 - Curva de Pareto, adaptado de [32]

No caso particular da análise da criticidade de ativos no âmbito da gestão da manutenção, são vários os fatores a ter em conta na identificação dos equipamentos críticos. Os fatores mais transversais são a Segurança, o Ambiente e a Qualidade, conforme exemplo da Tabela 8.

Tabela 8 - Matriz de criticidade ABC, adaptado de [31]

Natureza do impacto	Fator em avaliação	Classe A	Classe B	Classe C
Segurança	Risco de segurança de instalações pela inoperacionalidade do equipamento.	Risco de acidente	Risco de acidente	Inexistente
	Risco de segurança de pessoas pela inoperacionalidade do equipamento.	Risco de acidente com feridos	Risco de acidente com feridos	Inexistente
Ambiente	Risco ambiental pela inoperacionalidade do equipamento.	Risco de impacto ambiental negativo	Risco de impacto ambiental negativo	Sem risco de impacto ambiental
Qualidade	Afeta diretamente a qualidade pela inoperacionalidade do equipamento.	Produtos com defeito	Produtos com defeitos sem afetar a funcionalidade	Qualidade não afetada
	Implica a paragem de produção pela inoperacionalidade do equipamento.	Paragem total	Paragem parcial	Sem paragem
	Custos inerentes à inoperacionalidade do equipamento e complexidade	Custos e complexidade elevados	Custos e complexidade baixos	Irrelevantes

2.3.2. Matriz GUT

A matriz GUT (*Gravity, Urgency, Tendency*) é uma ferramenta usada quando há um conjunto de ações que é necessário priorizar, na perspetiva da gravidade, da urgência e da tendência, técnica desenvolvida por Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe e publicada em 1977. A cada parâmetro é atribuída uma pontuação de um a cinco, e o cálculo de $G \times U \times T$ indica a prioridade dos problemas a resolver [28]

Os três parâmetros que definem esta ferramenta são considerados da seguinte forma:

- **Gravidade:** Representa a importância do problema em questão e o seu potencial impacto negativo.
- **Urgência:** Analisa o tempo disponível para a resolução do problema.
- **Tendência:** Analisa a evolução do problema em função do tempo.

Tabela 9 - Matriz GUT exemplo para reparação de máquinas, adaptado de [33]

Máquina	Gravidade G	Urgência U	Tendência T	GUT
M1	3	4	5	60
M2	4	3	4	48
M3	3	3	3	27
M4	2	5	4	40

No exemplo da Tabela 9, de um conjunto de máquinas a necessitar de reparações, a máquina 1 é a que apresenta um resultado indicativo de ser a prioritária, com o parâmetro gravidade não sendo o mais alto, mas com uma grande urgência e tendência para pioria muito rápida da avaria, resultando no $G \times U \times T$ mais alto.

2.3.3. Referências bibliográficas de trabalhos realizados sobre criticidade de ativos

Tabela 10 - Referências de trabalhos realizados sobre criticidade de ativos

Nota sobre o trabalho realizado	Matriz	Referência bibliográfica
Trabalho de desenvolvimento e aplicação de um método estruturado de classificação da criticidade dos equipamentos na indústria alimentar.	ABC	[27]
Aplicação de uma ferramenta baseada na matriz GUT para melhoria de KPI's na indústria automóvel.	GUT	[28]
Determinação de componentes-chave nos sistemas de travagem automóvel baseado na classificação ABC.	ABC	[31]
Aplicação da matriz GUT para priorização de perdas no processo produtivo de uma panificadora.	GUT	[33]
Aplicação da matriz GUT na avaliação de manifestações patológicas em construções históricas.	GUT	[34]

2.4. Custos de Manutenção

2.4.1. Custos diretos

O modelo do iceberg é uma representação dos custos de manutenção diretos vs indiretos. Os custos diretos são os custos mais óbvios e visíveis, assim como a ponta do iceberg; aqui se incluem os materiais, a mão-de-obra, as ferramentas e custos com subcontratação quando aplicável. Os custos indiretos são aqueles que decorrem dos efeitos secundários da avaria e indisponibilidade de um equipamento ou sistema, e, tal como a parte submersa do iceberg, pode ser até cinco vezes superior aos diretos.

2.4.2. Custos indiretos

Estes são os custos decorrentes da indisponibilidade de um equipamento ou sistema, e consequente perda de produção, perda de qualidade, redução do tempo de vida de equipamentos, falha de prazos de entrega, entre outros conforme ilustrado na Figura 6.

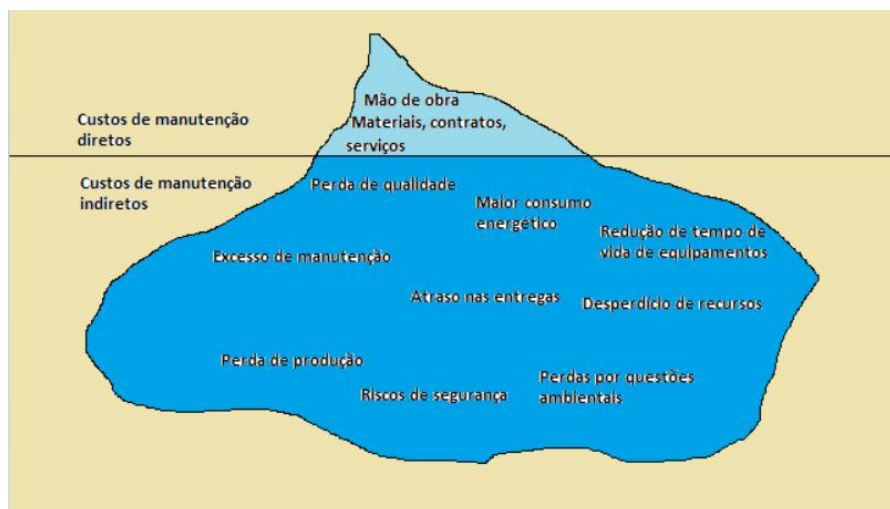


Figura 6 - Modelo "Iceberg" adaptado de [35]

2.4.3. Custo de posse de um equipamento (LCC)

O conhecimento e compreensão de todos os componentes que contribuem para o custo total de posse de um equipamento, designado em inglês *Life Cycle Cost* (LCC), proporciona a oportunidade de obter uma grande redução de consumo energético, de custos operacionais e de manutenção.

O LCC de um equipamento ou componente é o custo total que decorre no seu ciclo de vida e que inclui os custos da compra, instalação e comissionamento, custos de operação e energéticos, custos de manutenção, custos ambientais, de descomissionamento e de abate. A utilização do LCC como metodologia para comparação entre alternativas de equipamentos novos ou reconicionados permite identificar a opção mais económica, de acordo com os dados disponíveis [36].

Quando um equipamento entra na fase final do seu ciclo de vida económico, é importante o uso de métodos de cálculo para determinar o momento de o retirar de uso. Algumas das variáveis a ter em conta nesse cálculo são o preço de compra, o valor residual, os custos de operação, os custos de manutenção, a taxa de inflação e a taxa de desconto. Os valores destas variáveis constam do histórico do equipamento, exceto no caso do valor residual [37].

A determinação do valor residual de um equipamento pode ser efetuada usando métodos de cálculo de depreciação, sendo a escolha do método dependente da característica do equipamento, da legislação fiscal aplicável, e das políticas económicas adotadas pela empresa [38].

Alguns desses métodos são os seguintes:

- Método de depreciação linear – Um dos métodos mais simples e comuns para cálculo da depreciação de equipamentos, estima a depreciação anual durante o seu tempo de vida útil. Assume que ocorre uma depreciação a uma taxa constante ao longo do tempo.
- Método da soma dos dígitos – É um método de depreciação acelerada que tem em consideração o facto de a maioria dos equipamentos apresentarem uma depreciação mais rápida no início do seu ciclo de vida, e mais lenta à medida que envelhecem.
- Método exponencial – Este método incorre num declínio anual da carga de depreciação ao longo da vida do equipamento, considerando que a depreciação ocorre mais rapidamente no início do ciclo de vida do equipamento, e que decresce progressivamente ao longo do tempo.

Uma expressão matemática para cálculo do LCC pode ser a seguinte [39], estando cada termo da expressão identificada na Tabela 12:

$$LCC = C_{VA} + C_{IN} + C_E + C_O + C_M + C_{PP} + C_{AMB} + C_D \quad (5)$$

Tabela 11 - variáveis da expressão de cálculo do LCC

Custo	O que representa
C_{VA}	Custos de aquisição do equipamento (inclui estudos, caderno de encargos, etc.)
C_{IN}	Custos de instalação e comissionamento (inclui preparação de instalações, testes, etc.)
C_E	Custo de energia que o equipamento vai consumir.
C_O	Custos de operação do equipamento (inclui custos de mão de obra, etc.)
C_M	Custos de manutenção (corretiva, preventiva, ferramentas, suplentes, etc.)
C_{PP}	Custos relativos a perdas de produção (equipamento parado, prazos excedidos, etc.)
C_{AMB}	Custos ambientais devido ao funcionamento do equipamento.
C_D	Custos de descomissionamento e desmantelamento de um sistema.

Os investimentos em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes de falhas, e consequentemente o custo total de manutenção. A partir do ponto ótimo de investimento em manutenção preventiva, mais investimentos acrescentam poucos benefícios, elevando sim o custo total de manutenção, numa relação representada na Figura 7.

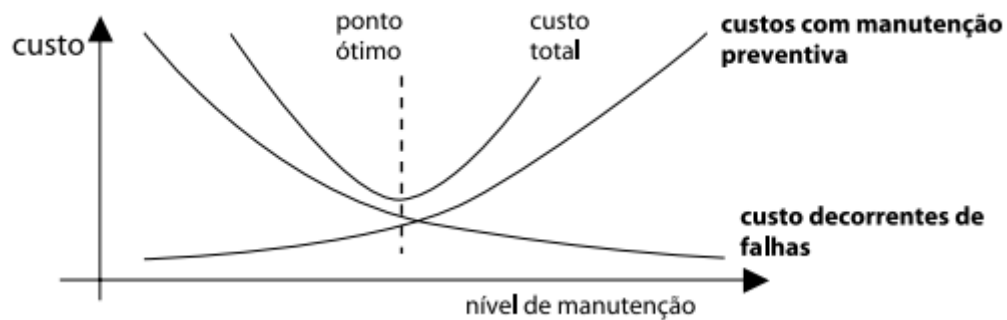


Figura 7 - variação de custos vs nível de manutenção [40]

Tabela 12 - Referências de trabalhos realizados sobre custos de manutenção

Notas sobre o trabalho realizado	Referência bibliográfica
Artigo sobre a importância do suporte das TI na gestão da manutenção.	[35]
Guia sobre o custo do ciclo de vida de bombas, realizado pelo <i>Hydraulic Institute, Europump</i> , e o <i>US Department of Energy's Office of Industrial Technologies (OIT)</i> .	[36]
Artigo sobre a influências do LCC no dimensionamento de frota de autocarros de passageiros e a escolha do momento para o abate.	[37]
Livro que descreve técnicas, ferramentas e modelos sobre engenharia de manutenção e modelos de ciclo de vida, com vista a uma mais eficiente gestão de ativos.	[38]
Artigo técnico da revista <i>Manutenção</i> , sobre a organização da manutenção, e com enfoque no LCC.	[39]
Artigo da revista brasileira de <i>Ciência e Tecnologia</i> sobre Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos.	[40]

3. Desenvolvimento do caso prático

3.1. Enquadramento do caso prático

O desenvolvimento deste caso de estudo foi elaborado no hotel VidaMar Funchal, conforme referido anteriormente.

A Segurança Contra Incêndios em Edifícios (SCIE) está regulamentada pelo Decreto-Lei nº 220/2008 e respetiva Portaria nº 1532/2008 que estabelecem o Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RJ-SCIE) e o Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RT-SCIE).

Os hotéis são edifícios que recebem público proporcionando alojamento temporário e exercendo atividades de restauração, enquadrando-se na utilização Tipo VII do Decreto-Lei nº 220/2008; aqui são indicadas rigorosas medidas de segurança ativa (apenas entram em funcionamento em caso de incêndio), com vista à salvaguarda de vidas humanas e à minimização dos danos materiais provocados por um incêndio.

O RT-SCIE impõe a instalação e utilização de sistemas fixos de extinção automática de incêndios por água, sendo que o SAEI do hotel abrange três redes distintas com respetivas centrais de bombagem, conforme Tabela 13.

Tabela 13 - Quantidade motores e bombas SAEI

Equipamento	Rede		
	Hotel sprinklers	Hotel carreteis	Centro de Congressos carreteis
Bomba	1	2	2
Motor elétrico	1	2	2
Bomba Jockey	1	1	1
Bomba c/ motor Diesel	1	0	0
Motor Diesel	1	0	0
Total bombas + Jockey	2+1	2+1	2+1

Conforme a metodologia *Action-Research*, nesta primeira etapa de diagnóstico pretendeu-se observar e entender a organização da manutenção do hotel VidaMar, para o propósito e

Desenvolvimento do caso prático

objetivo deste trabalho: identificar e apresentar oportunidades de melhoria (OM) e otimização de procedimentos de manutenção sobre as bombas do Sistema Automático de Extinção de Incêndios (SAEI) do hotel VidaMar no Funchal.

A política de manutenção do hotel é mista, interna e de *outsourcing*. Embora o hotel disponha de uma equipa com quatro eletromecânicos e três indiferenciados que reportam ao chefe de manutenção, no que concerne ao SAEI e CBSI a responsabilidade da equipa de campo é de verificações visuais e reporte de avarias. O chefe de manutenção é responsável pela gestão (de manutenção) de todos os equipamentos do hotel, tanto a nível da sua equipa como na coordenação com os diversos trabalhos de *outsourcing*, no cuidado à segurança, conforto e bem-estar dos clientes, e na colaboração com as autoridades nas verificações de conformidades legais, etc.

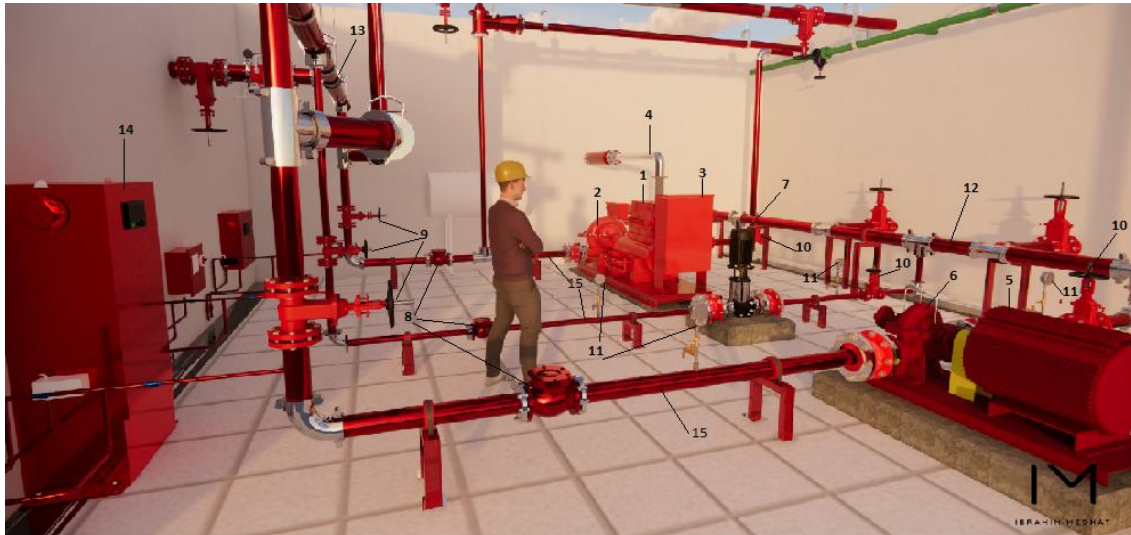
Nesta primeira etapa de diagnóstico foram realizadas as seguintes tarefas:

- Efetuada a caracterização do SAEI e identificação dos equipamentos em estudo (marca, modelo, características, função);
- Elaborada a matriz de criticidade GUT para estes equipamentos;
- Efetuada a identificação das atuais tarefas de manutenção realizadas pelo prestador de serviços e pelo *staff* do hotel;
- Efetuada a identificação das tarefas de manutenção recomendadas pelas normas portuguesas para equipamentos de combate a incêndios em hotéis;
- Efetuada a identificação das tarefas de manutenção recomendadas pelo fabricante do motor Diesel da CBSI dos *sprinklers* do hotel;
- Foram identificados os parâmetros de funcionamento a monitorizar, indicativos da condição (estratégia CBM);
- Foi identificado o *software* de apoio à gestão da manutenção usado pelo hotel;
- Foi verificada a metodologia de lançamento de pedidos de manutenção e registo das ações de manutenção;
- Foi verificada a utilização ou não de indicadores de manutenção, KPI's.

3.2. Caracterização do SAEI

Os equipamentos que integram o sistema automático de extinção de incêndios do hotel VidaMar são variadíssimos e conforme exigido pelas boas práticas e pela regulamentação em vigor; desde as portas resistentes ao fogo com barras antipânico, sistemas de deteção de incêndios, sistemas de iluminação e de sinalização de emergência, sistema de controlo de poluição do ar dos estacionamento, sistema de deteção de gases inflamáveis, extintores, bocas de incêndio, e entre outros mais, sistemas automáticos de extinção de incêndios (SAEI) com todos os equipamentos que compõem este tipo de sistema.

Neste trabalho, os equipamentos em foco são as bombas e motores do SAEI. Estas bombas e seus motores estão geralmente localizadas/os num local específico para tal, sendo usual designar-se por casa ou sala de bombas, ou central de bombagem. A Figura 8 ilustra uma sala de bombas típica e como tal similar à existente no hotel VidaMar.



Legenda:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Motor Diesel; 2. Bomba acionada por motor Diesel (bomba principal); 3. Quadro de comando do motor Diesel; 4. Tubo de escape de fumos do motor Diesel; 5. Motor elétrico; 6. Bomba acionada pelo motor elétrico; 7. Bomba auxiliar reguladora de pressão (Jockey); 8. Válvula de retenção ou anti-retorno | <ul style="list-style-type: none"> 9. Válvula de seccionamento da compressão; 10. Válvula de seccionamento da admissão; 11. Indicador de pressão; 12. Coletor de admissão (tubagem que distribui a água às bombas); 13. Coletor de compressão (tubagem que recebe a água bombeada e segue para ramais de sprinklers e carretéis); 14. Quadro de PLC's; 15. Tubagem de compressão. |
|--|--|

Figura 8 - Esquema de sala de bombas, adaptado de [41]

3.2.1. Criticidade dos grupos de bombagem.

Para a determinação da criticidade das bombas de combate a incêndio das CBSI foi efetuada a análise GUT, para a situação de imobilização.

Para cada equipamento considerou-se a seguinte escala conforme Tabela 14:

Tabela 14 - Escala de classificação GUT

Escala	Gravidade	Urgência	Tendência
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Agravar a longo prazo
3	Grave	Urgente	Agravar a médio prazo
4	Muito grave	Muito urgente	Agravar a curto prazo
5	Extremamente grave	Ação imediata	Agravar imediatamente

Para um cenário de operação normal do hotel em que não há qualquer incêndio, a valoração de criticidade dos equipamentos obtida pela Matriz GUT é a seguinte, Tabela 15:

Desenvolvimento do caso prático

Tabela 15 - Matriz de criticidade GUT cenário sem incêndio

CBSI	Equipamento	Identificação	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT
Sprinklers hotel	Bomba (Diesel)	BDSH	3	3	2	18
	Motor Diesel	MDSH	3	3	2	18
	Bomba (elétrica)	BSH	3	3	2	18
	Motor elétrico	MESH	3	3	2	18
	Jockey	JSH	4	3	4	48
Carreteis hotel	Bomba 1	BCH1	3	3	2	18
	Motor elétrico 1	MECH1	3	3	2	18
	Bomba 2	BCH2	3	3	2	18
	Motor elétrico 2	MECH2	3	3	2	18
	Jockey	JCH	4	3	4	48
Carreteis centro de congressos	Bomba 1	BCC1	2	3	2	12
	Motor elétrico 1	MECC1	2	3	2	12
	Bomba 2	BCC2	2	3	2	12
	Motor elétrico 2	MECC2	2	3	2	12
	Jockey	JCC	3	3	3	27

A matriz de criticidade GUT para o cenário de não incêndio considera a situação de falha das bombas *jockey* as mais gravosas e com tendência de evolução mais desfavorável do que os restantes equipamentos.

Esta avaliação deve-se ao facto de estas bombas mais pequenas serem usadas para manter a pressão estática do sistema nos 4,5 bar, e estando estas inoperacionais, as bombas principais vão arrancar; as bombas principais não são concebidas para sucessivos arranques e paragens para pequenas reposições de pressão, pelo que se o ciclo de funcionamento das bombas principais for o de constante solicitação, pode provocar um desgaste prematuro não só nas bombas como no restante sistema, além de uma maior probabilidade de ocorrência de fugas significativas ou rotura na tubagem, por um acessório ou ligação.

Relativamente às CBSI, considera-se um cenário menos grave na CSBI centro de congressos do que nas outras duas pelo facto de o centro de congressos ter apenas três andares contra os 10 andares do hotel em si o que num cenário de incêndio seria facilitador para o combate e evacuação.

No caso de um eventual cenário de incêndio, os resultados seriam deferentes, por via de alteração das consequências, conforme Tabela 16:

Tabela 16 - Matriz de criticidade GUT cenário com incêndio

CBSI	Equipamento	Identificação	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT
Sprinklers hotel	Bomba (Diesel)	BDSH	5	5	5	125
	Motor Diesel	MDSH	5	5	5	125
	Bomba (elétrica)	BSH	5	5	5	125
	Motor elétrico	MESH	5	5	5	125
	Jockey	JSH	4	5	4	80
Carreteis hotel	Bomba 1	BCH1	5	5	5	125
	Motor elétrico 1	MECH1	5	5	5	125
	Bomba 2	BCH2	5	5	5	125
	Motor elétrico 2	MECH2	5	5	5	125
	Jockey	JCH	4	5	4	80
Carreteis centro de congressos	Bomba 1	BCC1	5	5	5	125
	Motor elétrico 1	MECC1	5	5	5	125
	Bomba 2	BCC2	5	5	5	125
	Motor elétrico 2	MECC2	5	5	5	125
	Jockey	JCC	4	5	4	80

As gamas dos valores obtidos pela expressão GxUxT estão distribuídas pelos seguintes graus de criticidade, conforme Tabela 17:

Tabela 17 - Graus de criticidade GUT

Grau de criticidade	Gama GxUxT
Muito crítico	125 - 100
Crítico	99 - 60
Moderado	59 - 30
Tolerável	29 - 1

Foi efetuada a análise GUT para os dois cenários de não incêndio e de incêndio. A matriz GUT para o cenário de não incêndio serve para comparação do potencial de risco. A ocorrência de um incêndio é uma situação para a qual existem meios e sistemas de prevenção, procedimentos de segurança e comportamentos seguros para o evitar, mas que pode acontecer, e geralmente acontece sem aviso.

Desenvolvimento do caso prático

A disponibilidade e bom funcionamento dos SADI e SAEI onde se incluem as CBSI é de extrema e vital importância, sob pena de insucesso na deteção atempada ou no combate eficaz a um incêndio que pode acarretar perda de vidas, perdas financeiras colossais com a destruição dos edifícios e bens, inatividade do negócio e custos de reparação (se viável), além de custos com multas por incumprimentos legais, seguros, responsabilidade civil, etc..

A manutenção de sistemas automáticos de extinção de incêndios é uma atividade que requer grande responsabilidade e lucidez, pois a particularidade de um conjunto de equipamentos que não fazem parte de um processo produtivo, mas que têm de existir na expectativa de nunca terem de ser utilizados pode contribuir para uma ideia mais ligeira e errada da sua criticidade.

A análise de criticidade GUT indica que todas as bombas principais são equipamentos muito críticos e as bombas *Jockey* reguladoras de pressão são equipamentos críticos.

3.2.2. Agentes extintores

O SAEI do hotel VidaMar utiliza a água como agente extintor, através de carretéis fixos ou pulverizando-a pelos *sprinklers*, tratando-se ainda de um sistema tipo húmido. A água pode ser fornecida da rede, existindo também dois reservatórios, um para os *sprinklers*, com 180 m³ de capacidade de água, e outro para os carretéis com 250 m³ de capacidade de água.

Os agentes extintores mais comuns para um SAEI são os seguintes:

- Água;
- Pó químico;
- Gases;
- Espumas.

O agente extintor de mais larga utilização é a água, devido a ser usada conforme extraída da natureza, ao seu baixo custo relativamente aos outros (agentes extintores), sendo eficaz no combate a incêndios de combustíveis sólidos. O principal efeito direto do uso da água no combate a um incêndio, é o de arrefecimento; pelo efeito da evaporação, o vapor de água gerado tem também o efeito de arrefecimento, e de abafamento (redução do comburente oxigénio). Para o combate a incêndios com combustíveis líquidos, óleos alimentares, metais pirofóricos ou incêndios de natureza elétrica, é desadequado o uso de água.

O agente extintor pó químico atua na composição química das chamas, inibindo a sua progressão.

Os agentes extintores gases podem ter o efeito de redução do comburente oxigénio, o já referido abafamento. O dióxido de carbono CO₂ é um desses gases, embora tóxico; O azoto tem o mesmo efeito, sendo um gás inerte que pode ser usado em locais com presença humana se garantida uma determinada proporção máxima de segurança.

A extinção por espuma usa uma mistura de água, ar e um agente emulsionante e é aplicada pelos mesmos meios que a água.

O SAEI do hotel VidaMar é por água pulverizada, conforme referido anteriormente. Outros SAEI distinguem-se com base no agente extintor usado:

- SAEI com agente extintor gás;
- SAEI com agente extintor água nebulizada;
- SAEI com outros agente extintores.

3.2.3. Tipos de SAEI por água e *sprinklers*.

- Sistemas do tipo húmido

Como referido anteriormente, o SAEI aqui tratado é por água, do tipo húmido. Toda a tubagem deste tipo de sistema está permanentemente em carga. Nas zonas servidas por *sprinklers*, o sistema entra em funcionamento com o arranque da primeira bomba principal, quando a pressão baixa 0,34 bar (5 psi) da pressão de arranque da bomba *jockey* (no caso do VidaMar é de 4,5 bar); a segunda bomba principal arranca quando a pressão baixa 0,68 bar (10 psi) da pressão de arranque da bomba *jockey*, e assim por diante.

A pressão baixa quando a ampola de um ou mais *sprinklers* fundem, abrindo a passagem da água. Este é o sistema mais utilizado por ser o mais simples e, por conseguinte, mais fiável, sendo também o que apresenta menores custos de aquisição e manutenção. Devido a estas características, este tipo de sistema não deve ser utilizado em locais onde há o risco de congelamento da água.

- Sistemas do tipo seco

Neste tipo de sistemas os *sprinklers* estão instalados em tubagem seca, contendo ar (ou azoto) comprimido de modo que o posto de comando mantém a água a montante de si, só abrindo depois de um ou mais *sprinklers* serem ativados provocando a descarga do ar/azoto, contido na tubagem. Estes sistemas são utilizados nos países ou nas zonas onde há o risco de a água congelar na tubagem, face às condições climatéricas ou nas instalações onde a temperatura possa exceder 100°C (exemplo: estufas de secagem de pintura), ou ainda em câmaras frigoríficas de temperaturas negativas, conforme referido na nota técnica nº 16 do Despacho n.º 8953/2020 (e de acordo com a NP EN 12845) da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC). Neste tipo de sistemas, parte da tubagem entre as bombas e os *sprinklers* não têm água em situação de repouso, estando cheia de gás comprimido (ar, argon ou azoto); a rotura do fusível térmico (ampola ou outro) do *sprinkler* provoca a descarga do gás comprimido e o arranque das bombas de água.

- Sistemas alternados

Este tipo de SAEI pode operar como húmido ou seco, consoante a época do ano; necessita do uso de ar comprimido para equilíbrio de pressões no sistema, sendo um sistema de custo elevado.

- Sistemas de preação.

Desenvolvimento do caso prático

São sistemas combinados com sistema automático de deteção de incêndios (SADI) ou com uma linha de deteção pneumática; A tubagem com os *sprinklers* está seca, sendo alimentadas com água quando o SADI deteta um incêndio.

- Sistemas de *sprinklers* abertos ou de dilúvio

Nestes sistemas, os *sprinklers* não têm elemento termo sensível, pelo que estão sempre abertos. Quando é detetado um incêndio e o posto de comando abre, a água flui simultaneamente por todos os *sprinklers*. Usados normalmente quando se pretende descarga uniforme e simultânea em toda a área (por exemplo, cortinas de água) ou quando o incêndio tem um desenvolvimento muito rápido.

3.2.4. Compartimentos para grupos de bombagem

Além dos vastos espaços exteriores, o Hotel VidaMar é composto por três corpos principais: duas torres onde se situam os quartos, salas de jantar, bares, etc., e um outro edifício designado por Centro de Congressos. Os compartimentos de bombagem que servem os três edifícios são designados por central de *sprinklers* hotel, central de carreteis hotel, e central de carreteis centro de congressos.

As centrais de bombagem para serviço de incêndio (CBSI) fazem parte do SAEI, e a sua constituição está regulada pela nota técnica nº 15 do Despacho n.º 8905/2020, que tem como referências a NP EN 12845 e a NFPA 20. As centrais de bombagem deverão possuir, no mínimo, uma bomba principal, uma bomba principal de reserva e uma bomba equilibradora de pressão (*jockey*). As bombas principais poderão ser de acionamento elétrico ou Diesel.

As combinações das bombas principais são uma das seguintes, com as salvaguardas referidas no artigo 74º do RT-SCIE (localização de Grupos geradores acionados por motores de combustão):

- Configuração 1 – Bombas principal e principal de reserva elétricas e uma bomba *jockey* elétrica;
- Configuração 2 – Uma bomba principal elétrica, uma bomba principal de reserva de acionamento Diesel (motobomba) e uma bomba *jockey* elétrica;
- Configuração 3 – Bombas principal e principal de reserva de acionamento Diesel (dias motobombas), com depósitos de alimentação de combustível independentes e uma bomba *jockey* elétrica.

Na Figura 9 estão representados em planta os três edifícios do hotel, com áreas aproximadas de implantação de 950 m² no Centro de Congressos e de 1300 m² para cada uma das torres.



Figura 9 - Disposição dos três corpos do hotel

A central de *sprinklers* hotel bomba água para os ramais de *sprinklers* das duas torres e é composta pelos seguintes equipamentos de bombagem conforme a configuração 2:

- Bomba acionada por motor Diesel, marca Grundfos / modelo NK 65-250/233/BAQE;
- Motor Diesel, marca Lister-Petter / modelo LPWT4. À data de escrita deste capítulo, este motor encontra-se fora de serviço. O motor indisponível já há bastante tempo, e está em curso consulta para aquisição e montagem de uma unidade com as mesmas características;
- Bomba acionada por motor elétrico, marca Grundfos / modelo NK 65-250/233/BAQE;
- Motor elétrico marca Grundfos / modelo MMG200L-2-55;
- Eletrobomba reguladora de pressão tipo *Jockey* marca Grundfos / modelo CR4-120.

Na Figura 10 pode observar-se o aspeto geral da central de *sprinklers* hotel, onde, da esquerda para a direita está a bomba reguladora de pressão *Jockey*, a bomba de acionamento por motor elétrico, e a bomba de acionamento por motor Diesel, podendo notar-se a ausência do motor na posição.



Figura 10 - Aspeto geral da central de sprinklers hotel

Na Figura 11, com outra perspetiva da central de *sprinklers* hotel, onde, da esquerda para a direita está a bomba reguladora de pressão *Jockey*, a bomba de acionamento por motor elétrico e respetivo motor, e a bomba de acionamento por motor Diesel.



Figura 11 - Bombas de central de sprinklers hotel, vistas de frente

A central de carretéis hotel bomba água para os carretéis das duas torres é composta pelos seguintes equipamentos de bombagem, conforme a configuração 1:

- Bomba acionada por motor elétrico marca Grundfos / modelo FS 2EAK;
- Motor elétrico marca Grundfos / modelo MMG280S-2-65-E2;
- Bomba acionada por motor elétrico marca Grundfos / modelo FS 2EAK;
- Motor elétrico marca Grundfos / modelo MMG280S-2-65-E2;
- Eletrobomba reguladora de pressão tipo *Jockey* marca Grundfos / modelo CR2-130.

O motor Diesel encontra-se fora de serviço e em consulta para aquisição de um outro com as mesmas características, conforme referido anteriormente. Trata-se de um motor da marca britânica Lister-Petter, modelo LPWT4 com as seguintes características:

- Injeção direta;
- 4 cilindros;
- Aspiração turbo-alimentada;
- Arrefecimento líquido;

Desenvolvimento do caso prático

- Cilindrada total 1860 cm³
- Massa aproximada 186 kg.

A equipa de manutenção não tem registo da avaria que colocou o motor fora de serviço, porque já se encontrava nesta condição quando (a equipa) iniciou funções.

Com o motor aberto pode verificar-se que há danos graves nos cilindros, particularmente em dois deles bem como nas válvulas, conforme Figuras 12 e 13:



Figura 12 - O motor Diesel Lister-Petter

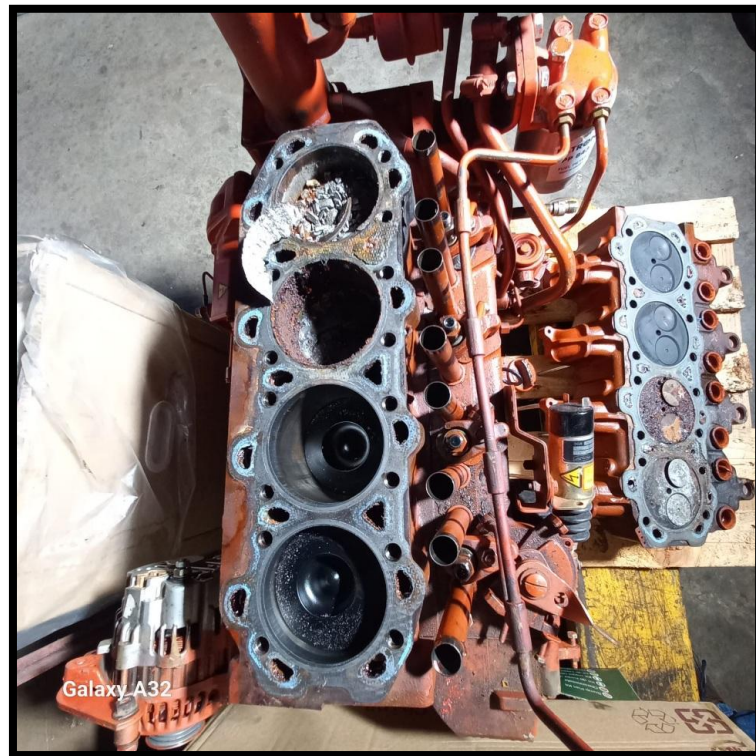


Figura 13 - Vista interior do motor Lister-Petter

Não foi efetuada uma análise de avaria ao motor Lister-Petter, contudo dada a corrosão e calaminas encontradas nos dois cilindros, não é de descartar a possibilidade de ter havido entrada de água para os mesmos. Caso tenha entrado água para os cilindros com o motor parado (seu estado normal), ao ter sido colocado em funcionamento, pode ter ocorrido o fenómeno de *Hydrolock* [42]. Este fenómeno acontece quando água entra nos cilindros do motor impedindo-o de funcionar, pois sendo a água incompressível, a força a que os cilindros e pistões ficam sujeitos pode provocar danos em vários órgãos do motor, cuja verificação requeria a sua desmontagem completa para inspeção e teste dos seus componentes.

Para prevenir acontecimento semelhante aquando da utilização do novo motor, será aconselhável verificar o estado da tubagem de escape de gases para o exterior, antes da instalação, depois da instalação e antes do arranque.

Na Figura 14 pode observar-se o aspeto geral da central de carreteis hotel, onde da esquerda para a direita estão as duas bombas FS 2EAK seguidas da *Jockey* CR2-130.



Figura 14 - Aspeto geral da central de carreteis hotel



Figura 15 – Exemplo de carretel

A central de carretéis centro de congressos bomba água para os carretéis do centro de congressos e é composta pelos seguintes equipamentos de bombagem, conforme a configuração 1:

- Bomba acionada por motor elétrico marca Grundfos / modelo FS 2EAK;
- Motor elétrico Grundfos / modelo MMG280S-2-65-E2;
- Bomba acionada por motor elétrico marca Grundfos / modelo FS 2EAK;
- Motor elétrico Grundfos / modelo MMG280S-2-65-E2;
- Eletrobomba reguladora de pressão tipo *Jockey* marca Grundfos / modelo CR4-120;

Na Figura 16 observa-se o aspeto geral da central de carretéis centro de congressos, com as duas bombas e respetivos motores elétricos.

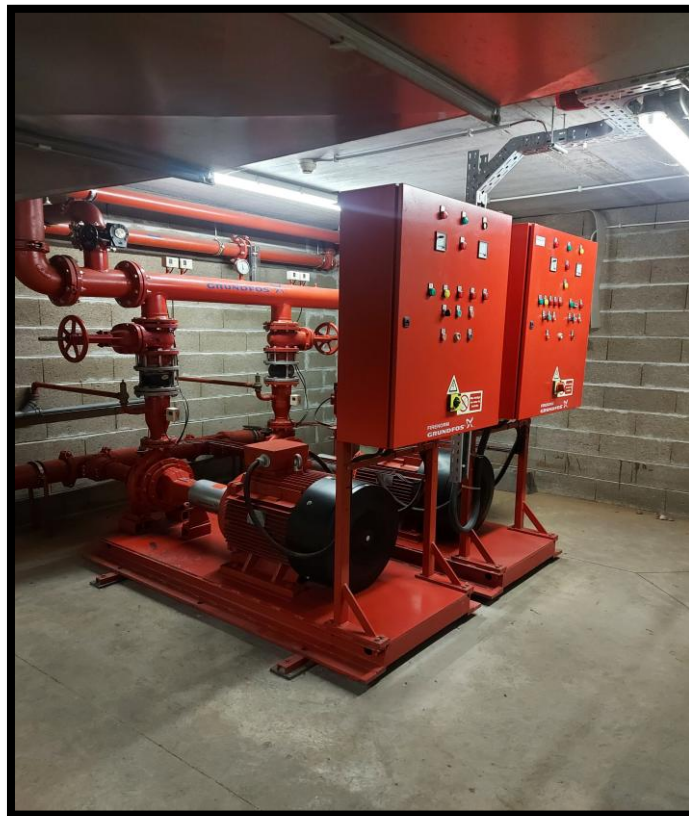


Figura 16 - Aspeto geral da central de carretéis centro de congressos

Na Tabela 18 mostra um resumo das marcas e modelos das bombas e motores das CBSI.

Tabela 18 - Marcas e modelos equipamentos CBSI

Equipamento	Marca / modelo	CBSI spr. hotel	CBSI carret. hotel	CBSI carret c. congr.	Total
Bomba	Grundfos NK 65-250/233/BAQE	2	0	0	2
Bomba	Grundfos FS 2EAK	0	2	2	4
Motor Diesel	Lister-Petter LPWT4	1	0	0	1
Motor elétrico	Grundfos MMG200L-2-55	1	0	0	1
Motor elétrico	Grundfos MMG280S-2-65-E2	0	2	2	4
Jockey	Grundfos CR4-120	1	0	1	2
Jockey	Grundfos CR2-130	0	1	0	1

3.2.5. Lógica de funcionamento das bombas

As sequências de arranque das bombas das CBSI estão de acordo com a nota técnica nº15 ANEPC.

O arranque das bombas é feito por intermédio de pressostatos por encravamento elétrico, devidamente calibrados de forma a assegurar a adequada sequência de entrada das bombas. A paragem das bombas é apenas manual através de ação na botoneira, pois uma instalação de combate a incêndios em funcionamento só deve ser desarmada quando o incêndio é oficialmente dado como extinto.

A bomba equilibradora de pressão (*jockey*) tem características inversas às das bombas principais, isto é, de caudal inferior e altura manométrica superior. O seu arranque e paragem são automáticos, comandados por pressostato. Estas bombas secundárias, de capacidade inferior às principais, são usadas para manter a pressão requerida pelo sistema, no caso de 4,5 bar. O SAEI é composto por centenas de metros de tubagem, válvulas, uniões, indicadores de pressão, *sprinklers* e outros acessórios onde podem ocorrer pequenas fugas que cumulativamente se traduz num abaixamento da pressão fazendo acionar estas bombas até à reposição da pressão. Alterações de temperatura ambiente podem provocar a contração ou dilatação da tubagem, e no caso de dilatação também esta pode traduzir-se num abaixamento da pressão e conseqüente arranque da bomba *jockey*.

A bomba principal arrancará automaticamente em primeiro lugar quando a pressão na compressão desce a um valor não inferior a 0,8 P, sendo P a pressão a caudal zero (No caso do VidaMar é de 4,5 bar). A segunda bomba principal arranca em caso de falta de caudal ou falha da primeira, pelo que estas apresentam características idênticas.

Na situação de combinação de acionamento elétrico e Diesel, como é o caso da central de *sprinklers* do hotel, a motobomba arrancará sempre depois da eletrobomba. O arranque do

motor Diesel é feito por motor de arranque alimentado por duas baterias independentes de 12 V. No quadro da motobomba existe um carregador de baterias independente.

3.3. Organização da Manutenção do Hotel VidaMar

3.3.1. Tópico de segurança

Toda a atividade de manutenção deve ser realizada na salvaguarda da segurança das pessoas, da integridade das instalações e da preservação do meio-ambiente.

As equipas de manutenção não devem iniciar qualquer atividade sem previamente serem conhecedoras dos procedimentos de segurança e medidas de prevenção a implementar. O Responsável de Segurança, em coordenação com o chefe de manutenção, deve garantir o cumprimento das normas, nomeadamente que as equipas de manutenção, internas ou externas:

- Devem ter regras claras de quem é a pessoa responsável no local: de quem é a responsabilidade de gestão e autoridade nas atividades diretas, isto é, quem determina o quê, como e quando as atividades devem ser executadas e por quem. Esta pessoa deve possuir competências apropriadas [43];
- Devem reconhecer um eventual alarme de emergência ou incêndio e procedimento a seguir;
- Devem saber a localização das saídas de emergência e extintores;
- Devem usar equipamentos de proteção individual (EPI's) adequados;
- Devem usar equipamentos de proteção coletiva (EPC's) adequados, nomeadamente sinalização, proteções anti queda se trabalhos em andaimes;
- Devem ter um procedimento para movimentação mecânica de cargas;
- Devem ter um procedimento para trabalhos em espaços confinados;
- Devem ter um procedimento para trabalhos dos quais resulte projeção de partículas incandescentes (por exemplo rebarbagem);
- Devem proceder à consignação e identificação de equipamentos e circuitos elétricos sempre que necessário;
- Devem ter o equipamento em conformidade com os DL 103/2008 e DL 50/2005, quando aplicável;
- Devem deixar o local de trabalho sem resíduos e limpo.

3.3.2. Levantamento de tarefas de manutenção

O levantamento das tarefas de manutenção teve como objetivo o conhecimento do escopo da manutenção efetuada nos equipamentos das CBSI, tanto pelo *staff* do hotel como pelo prestador de serviço. Além disso, identificam-se as tarefas obrigatórias à luz da legislação portuguesa. Finalmente, e para o caso do motor Diesel de acionamento de uma das bombas da CBSI de *sprinklers* do hotel, foi analisada a tabela de manutenção recomendada pelo fabricante Lister-Petter.

- Tarefas realizadas pelo *staff* do hotel e pela empresa prestadora de serviços.

Nesta fase foi efetuado o levantamento das tarefas de manutenção atualmente realizadas tanto pela equipa do hotel como pela empresa prestadora desse serviço, sem acrescentar considerações ou sugestões, o que se deixará para o Capítulo 4. As tarefas realizadas pelos eletromecânicos do *staff* são diárias de vigilância dos equipamentos, e reporte de avarias, embora não exista uma formalização dessa rotina.

As tarefas de manutenção preventiva anuais realizada pela empresa prestadora de serviço é bastante abrangente e registada numa folha de serviço designada pela empresa por Mapa de Tarefas. Na folha de serviço são colocados “vistos” nas tarefas executadas e comentários manuscritos. Esses registos são depois entregues ao responsável de manutenção do hotel.

As folhas de serviço são divididas por cada CBSI, ou seja, uma para a rede de *sprinklers* do hotel, uma para a rede de carretéis do hotel, e outra para a rede de carretéis do centro de congressos.

As tarefas estão agrupadas por cada par bomba e motor, subdivididas depois por motor e por bomba, com o detalhe das tarefas respetivas; No caso da motobomba, estão também subdivididas para a bomba, e para o motor, tendo neste caso um conjunto de tarefas para cada sistema ou circuito do motor (por exemplo sistema de lubrificação e circuito de refrigeração). Exemplos Anexos A, B e C.

- Tarefas de manutenção e verificações mínimas a realizar periodicamente ao abrigo da nota técnica nº15 do Despacho n.º 8905/2020 - centrais de bombagem para o serviço de incêndio.

Aqui identificam-se as tarefas de manutenção e verificação obrigatórias ao abrigo da legislação portuguesa. As tarefas estão agrupadas por responsável de execução, por periodicidade, e por componente a verificar, a saber: componentes do arranque automático das bombas; componentes dos motores elétricos; componentes do motor Diesel; componentes das bombas; componentes do sistema de arrefecimento; baterias; acoplamento; válvulas de retenção. Anexos D e E.

- Tarefas de manutenção para o motor Diesel, de acordo com as recomendações do fabricante Lister-Petter.

A tabela de manutenção da Lister- Petter divide-se em atividades diárias, atividades a cada 100 horas, 125 horas, 250, 500, 100 e 2000 horas, atividades anuais e bienais, e ainda uma atividade a executar quando necessário (descoque e recondicionamento). Anexo F.

3.3.3. Tipo de manutenção baseada na condição

A análise de vibrações é a técnica de CBM mais usada, permitindo diagnosticar falhas no seu estado inicial. A sua utilização pode contribuir para redução de custos de manutenção, tempos de indisponibilidade, bem como suportar decisões de manutenção ou substituição de equipamentos.

A vibração é um movimento relativamente a uma posição de referência causado por uma força, podendo ser aleatória ou periódica. As máquinas produzem algum movimento oscilatório durante a sua operação normal, que são vibrações benignas. Se as amplitudes de vibração estiverem acima dos níveis normais, vão provocar desgaste acelerado e falhas prematuras, pelo que deve ser analisado e corrigido [44] . Exemplo de medição na Figura 17.

Nas tarefas de manutenção do “Mapa de Tarefas” do prestador de serviço de manutenção do hotel, é verificado anualmente se existem ruídos ou vibrações anormais na motobomba. Esta tarefa de verificação anual não tem complexidade de análise, de registo, de seguimento e de consequência evidenciadas para que se possa afirmar que existe manutenção baseada na condição aqui observada. Não há referência a verificação do alinhamento da bomba e motor Diesel. Para as restantes bombas acionadas por motor elétrico, é verificado o alinhamento da bomba e motor.



Figura 17 - Medição de vibrações. Fonte: novaspect.com

A termografia é outra técnica bastante usada e útil no âmbito da CBM. A termografia por infravermelhos deteta radiação por infravermelhos (calor) emitida pelas peças, permitindo detetar anomalias ou ineficiências por comparação com um padrão. Aplica-se numa variedade grande de situações, desde a deteção de problemas em ligações elétricas ou sobrecargas,

Desenvolvimento do caso prático

isolamentos térmicos defeituosos ou otimização térmica, tubagens obstruídas, infiltrações, e também mau funcionamento de rolamentos em bombas e motores. A deteção de anormalidades no espectro de temperatura pode permitir a resolução atempada evitando custos avultados e paragens indesejadas. A temperatura excessiva dos rolamentos indica problemas de fricção que podem ser causados por lubrificação deficiente, desalinhamentos, apertos excessivos ou folgas etc. Exemplo de imagem termográfica na Figura 18.

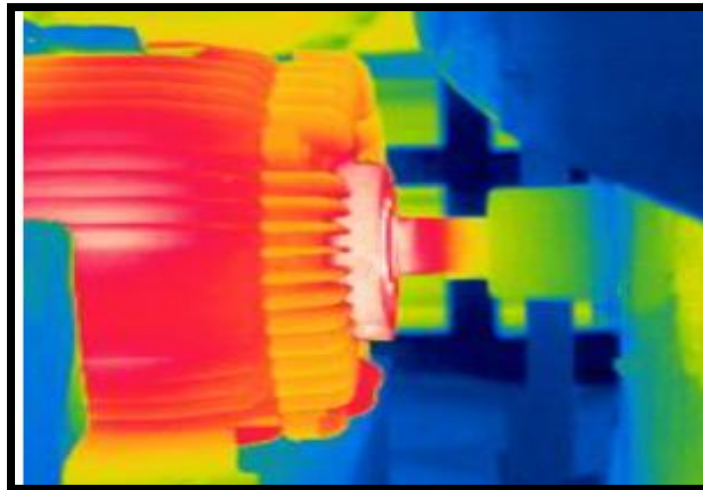


Figura 18 - Imagem termográfica. Fonte: reliableplant.com

3.3.4. Software de gestão de manutenção

O hotel VidaMar Funchal utiliza o *Infraspeak* como *software* de apoio na gestão de manutenção. Trata-se de um *software* português que permite a gestão de ativos, criação e gestão de ordens de trabalho, gestão de equipas, interação com fornecedores, *stocks*, etc. Pode ser usado pelas equipas e prestadores de serviço para criar e aceder ao estado de progresso das ordens de trabalho.

Este *software* pode ser usado para análises de custo e cálculos automáticos de MTBF e MTTR, mas esta potencialidade não está a ser usada. É compatível com a tecnologia NFC, QR code e códigos de barras. O *Infraspeak* tem a funcionalidade de criação de tabelas, gráficos e *dashboards* automáticos para uma melhor leitura e visualização de dados.

A equipa de manutenção tem a aplicação do *Infraspeak* nos telemóveis, através da qual os técnicos efetuam os pedidos de manutenção. Na criação de pedidos de manutenção, o utilizador define a prioridade, podendo ser baixa, normal, alta ou urgente, contudo não está definido o tempo para iniciar a reparação para cada prioridade. O utilizador seleciona no campo “Problema” uma das opções disponíveis no menu, como por exemplo “Equipamentos-Geral”, “Ar Condicionado – Outros”, “Máquinas”, ou outras opções disponíveis. No campo “Descrição” o utilizador insere um texto que descreva a avaria, ou o sintoma de avaria. Outros campos são “Local”, “Criado a”, “Criado por”.

A utilização da aplicação para reportar avarias e emitir pedidos de reparação é de ampla utilização no hotel, podendo ser criados tanto pelos eletromecânicos da equipa de manutenção, como pelo restante pessoal, como governantas e receção. O registo de pedidos efetuados pelo pessoal da manutenção identifica quem o criou, enquanto aos restantes pedidos é atribuída a designação genérica “Governantas”, “Receção”, etc. A vantagem de uma identificação nominal e não genérica é de mais rapidamente se conseguir esclarecer alguma dúvida acerca do pedido com o criador do mesmo, contudo tal implicaria a abertura de um utilizador para cada funcionário com um custo que pode não justificar.

Verifica-se naturalmente uma quantidade de pedidos muito significativa para itens como lâmpadas, espelhos, torneiras, portas, móveis, etc. Não só estes itens são em número muitíssimo superior a máquinas, mas também a importância do seu bom estado geral e de funcionamento se justifica, pois, são estes que impactam continua e diretamente na estadia dos hóspedes e na perceção da qualidade do hotel.

Os pedidos são validados (aprovados ou não) pelo chefe de manutenção antes de seguirem para execução. Cada pedido criado gera um número de identificação. Na Figura 19 vê-se uma página de pedidos a aguardar aprovação no *Infraspeak*.

Pedido	Prioridade	Problema	Descrição	Cliente	Local	Criado a	Criado por
12389195	NORMAL	Portas/Janelas - Janela com proble...	mãozinha da porta da varanda e...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 03 - Qu...	15/04/2025 09:36	Governantas
12388371	NORMAL	Equipamentos Quartos - Outros	telefone sem som	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 08 - Qu...	15/04/2025 08:18	Receção
12385402	NORMAL	Portas/Janelas - Porta entrada com...	Porta de entrada não tranca qua...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 09 - Qu...	14/04/2025 18:33	Receção
12382967	NORMAL	Electricidade - Lampada Fundida	luz a piscar arranjar Gov Dorita	Vidamar Madeira	Torre H2 - Piso 06 - Qu...	14/04/2025 17:15	Governantas
12377949	URGENTE	Ar Condicionado - Outros	Teto com filtração	Vidamar Madeira	Torre H2 - Piso 01 - Qu...	14/04/2025 13:25	Governantas
12375465	NORMAL	Decoração - Outros	falta tampas do interior das gav...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 04 - Qu...	14/04/2025 12:00	Governantas
12364656	ALTA	Equipamentos Quartos - Outros	sumier partido quarto vago	Vidamar Madeira	Torre H2 - Piso 09 - Qu...	13/04/2025 13:47	Governantas
12327798	NORMAL	Equipamentos - Geral	falta 2espelhos duplos das tom...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 10 - Qua...	10/04/2025 11:28	Governantas
12300380	NORMAL	Equipamentos - Geral	plia partida arranjar quando poss...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 08 - Qu...	08/04/2025 15:20	Governantas
12295959	NORMAL	Equipamentos - Geral	sanita rachada arranjar quando ...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 10 - Qua...	08/04/2025 10:46	Governantas
12292097	NORMAL	Equipamentos - Pia	plia partida arranjar quando poss...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 06 - Qu...	07/04/2025 12:45	Governantas
12272097	URGENTE	Equipamentos - Geral	Congelador da carne com moto...	Vidamar Madeira	Torre H2 - Piso 02 - Cor...	06/04/2025 15:55	Francisco Correia
12255274	ALTA	Equipamentos Quartos - Minibar	móvel mini bar mau estado	Vidamar Madeira	Torre H2 - Piso 09 - Qu...	04/04/2025 13:19	Governantas
12184238	ALTA	Geral - Outras	Infiltração porta elevador h2 pe...	Vidamar Madeira	Zona Mar - Talassoteria...	31/03/2025 07:44	Governantas
12059529	NORMAL	Decoração - Outros	sumier partido arranjar Gov D...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 10 - Qua...	20/03/2025 11:47	Governantas
12039942	NORMAL	Decoração - Outros	móvel mini bar estragado arran...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 10 - Qua...		
12038443	URGENTE	Máquinas - Troca de peças	electro válvula esta a deixar pas...	Vidamar Madeira	Torre H2 - Piso 03 - Lav...		
11944842	NORMAL	Equipamentos - Pia	plia partida arranjar quando poss...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 10 - Qua...		
11924018	URGENTE	Equipamentos Quartos - Outros	porta do vestuário danificada	Vidamar Madeira	Torre H2 - Piso 04 - Qu...		
11920201	NORMAL	Equipamentos Quartos - Minibar	móvel do mini bar estragado arr...	Vidamar Madeira	Torre H1 - Piso 07 - Qua...		
11920202	ALTA	Equipamentos Quartos - Minibar	móvel mini bar mau estado	Vidamar Madeira	Torre H2 - Piso 10 - Qu...		

Figura 19 - Infraspeak pedidos em aprovação

4. Resultados

Neste capítulo apontam-se oportunidades de melhoria identificadas após o trabalho de pesquisa e investigação executado nos capítulos anteriores. Idealmente este ponto corresponderia à segunda etapa da metodologia *Action-Research*, o planeamento da ação. Seguir-se-ia a execução da ação com a implementação das OM sugeridas.

No caso deste trabalho estabeleceu-se como objetivo a apresentação de um conjunto de OM, ficando a sua execução à consideração do hotel VidaMar. Este capítulo corresponde à segunda e terceira etapa do *Action Research*, o planeamento da ação e a execução da ação.

De acordo com os objetivos referidos no Capítulo 1, apresentam-se aqui as sugestões de melhoria que fundamentadamente colocarão tanto a parte operacional da manutenção como de gestão num nível mais exigente e a par da categoria de excelência do hotel VidaMar.

4.1. Criticidade das bombas de combate a incêndio

A análise efetuada anteriormente coloca todas as bombas e motores das CBSI nos níveis de criticidade Crítico e Muito Crítico, tratando-se de equipamentos cuja inoperacionalidade ou mau funcionamento podem ter impactos muito negativos na imagem e negócio do hotel. Estes níveis de criticidade pressupõem esforços de manutenção robustos, razão pela qual a nova tabela de manutenção proposta é bastante abrangente.

No levantamento das tarefas de manutenção realizado no capítulo anterior foram analisados os planos de manutenção anuais já realizados pelo prestador de serviço, as tarefas realizadas pela equipa de manutenção do hotel, as ações de manutenção obrigatórias indicadas na nota técnica nº 15 do Despacho n.º 8905/2020, e o plano de manutenção recomendado pelo fabricante do motor Diesel Lister- Petter. A partir desse levantamento foi elaborado um novo plano de manutenção que se propõe, conforme memória descritiva seguinte e resumido nas Tabelas 19, 20 e 21.

4.2. Manutenção preventiva semanal

As tarefas de manutenção preventiva semanal podem ser realizadas pelos eletromecânicos da equipa de manutenção do hotel. Estas tarefas abrangem teste de arranque automático das bombas, arranque dos motores elétricos, teste do motor Diesel e verificação de baterias, conforme discriminado de seguida.

4.2.1. Arranque automático das bombas

- Redução da pressão de descarga até ocorrer o arranque automático das bombas, sem fluxo de água (*no-flow*) para simular e testar o arranque e capacidade das bombas e motores nomeadamente se não sobreaquecem. Elétricas 10 minutos e Diesel 20 minutos. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificação de funcionamento e registo de valores de pressão incluindo do líquido refrigerador e do lubrificante. Esta verificação pode permitir a identificação, num estado inicial, de algum mau funcionamento de algum destes sistemas. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar correto funcionamento dos indicadores de nível de fornecimento de água permite assegurar a capacidade de resposta em caso de incêndio e a existência de alimentação às bombas. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar posição correta de válvulas de seccionamento, permite garantir que em caso de incêndio, o arranque automático permitirá a chegada de água aos *sprinklers* ou carretéis. Permite garantir que uma bomba fora de serviço esteja corretamente isolada do sistema. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Testar a funcionalidade das válvulas de alívio permite garantir a integridade mecânica do sistema, salvaguardando que o mesmo não opera a pressões superiores ao estabelecido. No caso de funcionamento de uma ou mais bombas em que a compressão esteja fechada ou haja alguma obstrução a jusante das bombas, as válvulas de alívio abrem à pressão regulada, impedindo que a tubagem, acessórios, *sprinklers*, ou outras bombas fiquem sujeitas a pressões demasiado elevadas. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar níveis de combustível e óleo de lubrificação da motobomba permite garantir que a mesma tem combustível disponível para o seu funcionamento, e que existe óleo de lubrificação. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar e registar pressão de arranque das bombas, garantindo que as mesmas arrancam quando a pressão baixa aos $0,8P$ sendo $P= 4,5$ bar. Pressão de arranque 3,6 bar. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar a pressão de óleo e fluxo de água de arrefecimento da motobomba permite avaliar o bom funcionamento destes sistemas. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.

4.2.2. Motores elétricos

- Colocar em funcionamento durante 10 min. Para verificar o bom funcionamento. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Registar o nº de arranques da bomba Jockey caso haja contador, permite perceber se o sistema tem fugas de água e tomar medidas corretivas. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.

4.2.3. Motor Diesel

- Colocar em funcionamento durante 20 a 30 min. Parar e ligá-lo novamente com o botão de arranque, para verificar o seu comportamento e arranque manual. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar nível de água do circuito primário do circuito fechado de refrigeração, garantindo condições de refrigeração. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar valor da pressão do óleo, temperatura do motor e caudal do fluído refrigerante, para garantir lubrificação e arrefecimento apropriados. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar se não existem fugas de óleo, de combustível, de líquido refrigerante ou de gases de escape pois qualquer fuga nestes sistemas pode provocar graves danos. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15.
- Registar o nº de horas de funcionamento, ver conta-horas. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15, bem como recomendado pela Lister-Petter.

4.2.4. Baterias

- Medir e registar tensão e intensidade de carga pelo carregador baterias. Permite perceber a eficácia do carregador de baterias. Tarefa já implementada.
- Limpeza e aperto de terminais. Verificação ligações terra, sinalética QE e circuitos de proteção. Salvaguarda do bom funcionamento e operação das baterias. Tarefa já implementada.
- Verificar níveis e densidade. Se necessário, trocar baterias. Para o prolongamento da vida das baterias e garante da disponibilidade do arranque em baterias. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15, bem como recomendado pela Lister-Petter.

Tabela 19 - Tabela de manutenção semanal

Procedimento	Periodicidade	Componente	Descrição	Ver legenda	
Inspeção por pessoa competente	Semanal	Arranque automático das bombas	Arranque	Reduzir a pressão de descarga até arranque automático. Funcionamento 10 min no-flow.	2
			Indicadores pressão	Verificar funcionamento e registar valores medidos (incluindo do lubrificante e refrigerante).	1,2
			Indicadores nível água	Verificar correto funcionamento.	2
			Válvulas seccionam.	Verificar se estão na posição correta.	2
			Válvulas alívio	Testar se estão funcionais.	2
			Combustível e nível óleo motobomba.	Verificar níveis e repor se necessário.	1,2
			Pressão de arranque	Verificar e registar.	2
			Óleo da motobomba	Verificar pressão do óleo e fluxo água arrefecimento.	2
		Motores elétricos	Colocar em funcionamento 10 min.	2	
			Registar nº arranques das jockey.	2	
		Motor Diesel	Colocar a funcionar durante 20 min. Parar e ligá-lo novamente pelo botão de arranque manual.	1,2	
			Verificar nível de água do circuito primário do circuito fechado de refrigeração.	2	
			Verificar valores pressão de óleo, Tª motor e caudal fluido refrigerante	1,2	
			Verificar se não existem fugas de óleo, de combustível, de fluido refrigerante ou gases de escape.	1,2	
			Registar valor do conta-horas de funcionamento.	1,2,3	
		Baterias	Medir e registar tensão e intensidade de carga pelo carregador baterias.	1	
			Limpeza e aperto de terminais. Verificação ligações terra, sinalética QE e circuitos de proteção.	1	
			Verificar níveis e densidade. Se necessário, trocar baterias.	1,2,3	
			Verificar tubos, juntas de vedação e grampos.	1,2,3	
			Verificar estado das correias trapezoidais.	1,2,3	
			Ajustar o termóstato pré-aquecedor da água de arrefecimento.	2	

Legenda

1 – Tarefas já realizadas no hotel

2 – Tarefas exigidas pela NT 15

3 - Tarefas para o motor Diesel recomendadas pelo fabricante Lister- Petter.

4.3. Manutenção preventiva anual

As tarefas de manutenção preventiva anual devem ser realizadas por técnicos competentes de entidade registada na ANEPC. Estas tarefas abrangem as bombas, motores elétricos e Diesel, acoplamentos, sistemas de arrefecimento e válvulas de retenção. No caso do motor Diesel, as ações de manutenção recomendadas pelo fabricante têm periodicidade diária, a cada 125 h, 250 h, 500 h, 1000 h, 2000 h, 6000 h, anuais e bienais. Considerando que o motor trabalha menos de 125 h por ano, todas as tarefas recomendadas pelo fabricante são aqui propostas para as periodicidades anual e bienal.

4.3.1. Bombas

- Inspeccionar visualmente a bomba e ver se há ruídos anormais, procedimento de rotina já estava a ser executado pela equipa de manutenção do hotel. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15.
- Confirmar o funcionamento correto dos indicadores de pressão de acordo com as especificações do fabricante, para determinadas condições; verificar a resposta do ponteiro do indicador de pressão ao ligar a bomba ou aquando da abertura ou fecho da válvula de compressão. Deve ser efetuado registo em sistema dos valores lidos para cada bomba, e em que data e hora. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar rolamentos e temperaturas de funcionamento com recurso a termografia. Considere-se uma temperatura de operação normal até aos 88 °C. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15. Tarefa CBM.
- Verificar estanqueidade do bucim de empanque e respetivo arrefecimento para garantir que não há fugas exageradas nem desgaste prematuro. Substituir empanque se necessário. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar reaperto dos pernos de fixação, pois uma pequena folga provoca vibrações anormais que podem provocar danos graves na bomba e motor. Tarefa já implementada.
- Verificar estado da união elástica dos veios, podem compensar pequenos desalinhamentos entre veios. Tarefa já implementada.
- Verificar se existem fugas pela tubagem. Tarefa já implementada.
- Verificar a massa ou óleo lubrificante nos rolamentos, para garante de permanente lubrificação. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Bomba de acionamento Diesel, medir vibrações. A medição de vibrações deve ser efetuada em vários pontos nomeadamente nos mancais, veio, e corpo da bomba, ou seja nas direções vertical, horizontal e axial. A Figura 20 indica os pontos de medida de vibrações para bombas horizontais.

Para bombas com velocidades até 3600 rpm e absorvendo uma potência até 300 kW por estágio, as leituras devem ser inferiores a 3 mm/s RMS segundo a ISO 13709. Os valores das vibrações devem ser registados no sistema. Tarefa CBM.

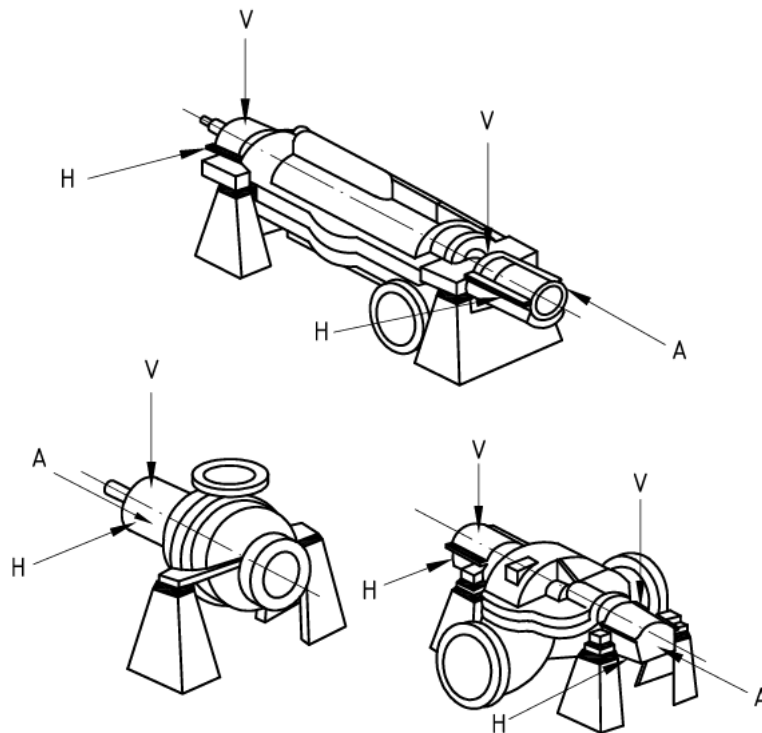


Figura 20 - Pontos de leitura de vibrações em bombas horizontais, ISO 13709

4.3.2. Acoplamento

- Verificar o alinhamento e tolerâncias do conjunto rotativo pois o desalinhamento provoca vibrações que favorecem o desgaste prematuro do equipamento e podem evoluir para uma situação de rotura catastrófica. Devem ser garantidas as especificações do fabricante da bomba e motor, bem como as tolerâncias. Deve ser efetuado com comparador ou preferencialmente a laser e devem ser registados os valores de paralelismo e angularidade, antes e depois do alinhamento. Os valores de referência devem constar do registo. Todos os resultados devem ser carregados no *infraspeak* de forma rastreável. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar a massa lubrificante, tarefa que deve ser feita periodicamente, e sempre após o alinhamento. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.

4.3.3. Motor Diesel

- Verificar se a velocidade nominal é correta, de acordo com a chapa de características do motor, pois é à velocidade nominal que o motor disponibiliza a potência requerida pela bomba. A deteção de sobrevelocidade ou subvelocidade deve ser investigada, porque

Resultados

pode indicar problemas no motor ou sistema. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15 bem como recomendado pela Lister-Petter.

- Verificar consolas e tubagem dos circuitos de alimentação e refrigeração para assegurar o bom estado dos mesmos. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15, bem como recomendado pela Lister-Petter.
- Limpar filtros de ar e substituir se necessário, pois garante a qualidade do ar para uma combustão adequada. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar os elementos de ligação, reapertos e estado. Garante a fixação do motor e dos seus componentes externos. Tarefa já implementada e recomendado pela Lister-Petter.
- Verificar se a turbina (turbocompressor) está a funcionar corretamente e substituir se necessário, pois o motor depende da mesma para disponibilizar toda a potência. Verificar se tem fugas de óleo. O rolamento da turbina é lubrificado por óleo pressurizado do cárter. A falta de óleo provocará danos graves na turbina. O movimento reverso devido a fluxo de água contrário (da compressão para a admissão) também pode provocar danos graves, pois nessa situação não está garantida a velocidade máxima de funcionamento nem a devida lubrificação. É por isso importante o correto funcionamento da válvula de retenção (ou de antirretorno) entre o corpo da bomba e a válvula de seccionamento. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar o estado do gasóleo e se tem presença de água. As recomendações para utilização de gasóleo armazenado num depósito é que não esteja (armazenado) há mais de 12 meses. Mudanças de temperatura ao longo do tempo podem promover a condensação de água dentro do depósito. Caso o gasóleo não apresente aspeto limpo ou contenha água, deve ser trocado ou drenar a água respetivamente. A drenagem da água é possível desde que o depósito esteja em repouso, pois nesse caso ficarão separados por diferença de densidade, e a água ficará na parte inferior do depósito. Drenar para recipiente de vidro até sair gasóleo limpo. Para determinar se o gasóleo está visualmente em bom estado, pode usar-se uma amostra de gasóleo fresco e outra do gasóleo do depósito, em dois frascos de vidro, e então efetuar a aferição visual. Tarefa já implementada.
- Verificar o estado do isolamento do sistema de escape, prevenindo condensações no interior da tubagem de escape e escorrimento para o interior dos cilindros, e por questões de segurança. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar o estado do filtro de ar ciclónico, abrindo a tampa do filtro e limpando as partículas, limpar ou substituir o elemento de papel. Alguns filtros ciclónicos têm um indicador de colmatação. A verificação deve ser efetuada ainda que o indicador não indique colmatação. Tarefa já implementada e recomendado pela Lister-Petter.
- Substituir filtro decantador de combustível. Tarefa já implementada e recomendado pela Lister-Petter.

- Substituição do óleo lubrificante de acordo com as especificações e instruções da marca. Tarefa já implementada e recomendado pela Lister-Petter.
- Verificar sistema de ventilação, estado da ventoinha e aperto. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.

4.3.4. Sistema de arrefecimento

- Verificar o filtro de água de arrefecimento do permutador, permite controlar a qualidade da água e o estado do radiador. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.
- Verificar o nível do líquido refrigerante. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15, bem como recomendado pela Lister-Petter.
- Verificar o circuito de arrefecimento do permutador e verificar se há restrições à circulação de ar de refrigeração (observar estado das alhetas do permutador, bloqueios, etc.). Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15, bem como recomendado pela Lister-Petter.
- Verificar tubos, e grampos, substituir se necessário. Os tubos devem estar em boas condições sob pena de fugas e falha no arrefecimento. Os tubos devem estar fixos nos grampos e os mesmos ao corpo do motor. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15, bem como recomendado pela Lister-Petter.
- Verificar estado da correia trapezoidal, nomeadamente ajustar a tensão da mesma conforme manual do fabricante. Tarefa já implementada e também indicada pela nota técnica nº 15, bem como recomendado pela Lister-Petter.
- Ajustar o termóstato pré-aquecedor da temperatura da água de arrefecimento de acordo com o manual do fabricante. A entrada de água para o sistema de arrefecimento a temperaturas fora da gama admissível pode provocar danos graves por choque térmico. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.

4.3.5. Motores elétricos

- Medir e registar consumo elétrico nas três fases e a resistência de isolamento. Tarefa já implementada.
- Verificar estado do bucim e reapertar. Tarefa já implementada.
- Verificar estado do cabo elétrico, reapertar ligações na caixa de bornes. Tarefa já implementada.
- Limpeza geral, limpar ventoinha de arrefecimento e grelha, limpar e reapertar fixações mecânicas. Tarefa já implementada.

4.3.6. Válvulas de retenção

- Verificar se funcionam corretamente, substituir se necessário. Este procedimento pretende prevenir o retorno da água em sentido inverso, colocando em movimento (inverso) os equipamentos rotativos, o que pode causar danos. No caso do motor Diesel pode também danificar severamente o turbo conforme referido em 4.2.3. Tarefa indicada pela nota técnica nº 15.

Tabela 20 - Tabela de manutenção anual

Procedimento	Periodicidade	Componente	Descrição	Ver legenda
Manutenção	Anual	Bombas (todas)	Inspecionar visualmente a bomba e se há ruídos anormais.	1,2
			Confirmar funcionamento correto dos indicadores de pressão.	2
			Verificar rolamentos e temperaturas de funcionamento.	2, CBM
			Verificar estanqueidade das juntas de vedação do buçim de empanque e respetivo arrefecimento. Substituir empanque se necessário.	2,3
			Verificar reaperto dos pernos de fixação.	1
			Verificar estado da união elástica dos veios.	1
			Verificar se existem fugas pela tubagem.	1
			Verificar a massa ou óleo lubrificante dos rolamentos.	2
		Bomba "Diesel"	Medir vibrações	CBM
		Acoplamento	Verificar o alinhamento e tolerâncias.	2
			Verificar a massa lubrificante.	2
		Motor Diesel	Verificar se velocidade nominal é correta.	2,3
			Verificar consolas e tubos circuitos alimentação gasóleo e refrigeração.	1,2,3
			Limpar os filtros de ar e substituir se necessário.	1,2
			Verificar os elementos de ligação (porcas, parafusos, outros).	1,3
			Verificar se a turbina está a funcionar corretamente e substituir se necessário.	2
			Verificar estado do gasóleo (cor, cheiro) e verificar se tem água.	1
			Verificar o isolamento do sistema de escape.	2
			Verificar colmatação do filtro do ar.	1,3
			Substituir filtro decantador de combustível.	1,3
			Substituição do óleo lubrificante e filtro.	1,3
			Verificar o sistema de ventilação.	2
		Sistema de arrefecimento.	Verificar o filtro de água de arrefecimento do permutador.	2
			Verificar o nível do líquido refrigerante.	1,2,3
			Verificar o circuito de arrefecimento do permutador, restrições à circulação de ar de refrigeração.	1,2,3
			Verificar tubos, juntas de vedação e grampos.	1,2,3
				Verificar estado das correias trapezoidais.

		Ajustar o termostato pré-aquecedor da água de arrefecimento.	2
	Motores elétricos	Medir e registar consumo elétrico nas três fases e a resistência de isolamento.	1
		Verificar estado do buçim e reapertar.	1
		Verificar estado do cabo elétrico, reapertar ligações na caixa de bornes.	1
		Limpeza geral, limpar ventoinha de arrefecimento e grelha, limpar e reapertar fixações mecânicas.	1
	Válvulas de retenção	Verificar se funcionam corretamente, substituir se necessário.	2

Legenda

1 – Tarefas já realizadas no hotel

2 – Tarefas exigidas pela NT 15

3 - Tarefas para o motor Diesel recomendadas pelo fabricante Lister- Petter.

4.4. Manutenção preventiva bienal

As tarefas de manutenção preventiva bienal devem ser realizadas por técnicos competentes de entidade registada na ANEPC. Estas tarefas referem-se ao motor Diesel. As ações de manutenção recomendadas pelo fabricante têm periodicidade diária, a cada 125 h, 250 h, 500 h, 1000 h, 2000 h, 6000 h, anuais e bienais. Considerando que o motor trabalha menos de 125 h por ano, todas as tarefas recomendadas pelo fabricante são aqui propostas para as periodicidades anual e bienal. Este parágrafo é referente às tarefas bienais.

- Limpar e drenar tanque de combustível, esta tarefa torna-se mais relevante devido ao pouco consumo previsível, podendo formar-se sedimentos, gomas. Tarefa recomendada pela Lister-Petter.
- Substituir a correia trapezoidal independentemente da sua condição. Tarefa recomendada pela Lister-Petter.
- Substituir tubagens de arrefecimento e radiador independentemente da sua condição. Tarefa recomendada pela Lister-Petter.
- Limpar respiro do cárter. Tarefa recomendada pela Lister-Petter.
- Verificar se o controlador de velocidade se movimenta livremente. Tarefa recomendada pela Lister-Petter.

Resultados

Tabela 21 - Tabela de manutenção bienal

Procedimento	Periodicidade	Componente	Descrição	Ver legenda
Manutenção	2 anos	Motor Diesel	Drenar e limpar o tanque de combustível	3
			Substituir a correia trapezoidal independentemente da sua condição.	3
			Substituir tubagens de arrefecimento e radiador independentemente da sua condição.	3
			Limpar respiro do cárter.	3
			Verificar se controlador de velocidade se movimenta livremente.	3

Legenda

1 – Tarefas já realizadas no hotel

2 – Tarefas exigidas pela NT 15

3 - Tarefas para o motor Diesel recomendadas pelo fabricante Lister- Petter.

4.5. Atribuição de prioridades aos pedidos de trabalho

Aos pedidos de trabalho efetuados no *Infraspeak*, é atribuída a prioridade Baixa, Normal, Alta ou Urgente. A atribuição das prioridades é validada pelo chefe de manutenção, e deve ter em consideração a criticidade do equipamento em questão.

O que se sugere neste ponto como proposta de melhoria é definir a data para início dos trabalhos, de acordo com a prioridade atribuída. Como exemplo, definir-se que uma prioridade Baixa deve iniciar no máximo três dias após aprovação do pedido, uma prioridade Normal em dois dias, Alta em um dia, e Urgente de imediato; Dessa forma ao abrir-se um pedido com uma destas prioridades, o *Infraspeak* pode indicar automaticamente a data para início esperado, de acordo com a prioridade atribuída e a data de criação. Para manutenção corretiva diferida pode ser criada outra prioridade com possibilidade de inserção manual da data para início.

Com este critério, o início dos trabalhos ficam com uma data de início definida, permitindo uma medição mais rigorosa e realista da performance e com melhor base para um planeamento da manutenção.

4.6. Carregamento de dados de equipamentos e tarefas de manutenção no *Infraspeak*.

O acesso ao histórico de reparações de cada equipamento, de uma forma rápida e precisa, permite uma melhor perceção da fase do ciclo de vida do equipamento e do custo de posse do

equipamento, do histórico, e do seu estado e criticidade; facilita a tomada de decisões de manutenção e possibilita o cálculo automático, no *Infraspeak*, de KPI's como MTTR e MTBF.

O arquivo de manuais de operação e especialmente de manuais de manutenção dos equipamentos deve existir, salvaguardando sempre a existência de arquivo digital.

No *Infraspeak* existe a possibilidade de se fazer o registo e rastreamento de ativos, equipamento a equipamento, agrupando-os por tipo e categoria. O agrupamento pode ser efetuado por local de instalação (TorreH1, TorreH2, Central *Sprinklers* Hotel e assim por diante), ou por função (Mobiliário, Bombas, AVAC, etc.). Para ativar esta funcionalidade, deve ser implementado um sistema de classificação e inventário de equipamentos, onde a cada um é atribuído um número de identificação único, através do qual se poderá posteriormente efetuar todos os registos, constituição de histórico, pesquisa, abertura de pedidos, etc. Deve ser criada no *software* uma estrutura hierárquica para cada equipamento, detalhando tanto quanto possível a sua constituição; Isto possibilita, por exemplo aceder aos dados de uma determinada bomba pelo número de equipamento, este subdivide-se em corpo superior, corpo inferior, veio, impulsor, rolamentos, etc. No detalhe dos rolamentos podemos aceder por exemplo à sua especificação, reparações ou substituições efetuadas e datas etc. O registo das tarefas de manutenção é facilitado com a utilização de estruturas hierárquicas para equipamentos, e deve ser tão detalhado quanto possível e quanto mais crítico é o equipamento. Tendo em consideração que a introdução desta funcionalidade no plano contratado tem custos, o departamento de manutenção do hotel VidaMar poderá selecionar os ativos a inventariar, solicitando uma proposta com base nessa seleção, para avaliação e decisão.

As vantagens do carregamento de dados no *Infraspeak* enumeradas, permitem uma utilização bastante mais plena do software, tirando partido das suas potencialidades para uma melhor gestão e controlo da manutenção, com um acesso mais fácil e rápido ao histórico de cada equipamento, à abertura de pedidos, ao registo de avarias e de reparações.

4.7. Utilização de dados para monitorização de KPI's

Os indicadores-chave de performance de manutenção são ferramentas para medir o desempenho da atividade, permitindo conhecer a evolução de parâmetros como (entre muitos outros) o tempo médio de reparação (MTTR), ou o tempo médio entre avarias (MTBF), para cada equipamento. Esse conhecimento permite uma estimativa de ocorrência da próxima falha, serve como apoio à decisão, seja a de substituição de um equipamento ou componente, de alteração de processos, a nível de recursos humanos, e permite planear ou ajustar a manutenção preventiva, sendo em conjunto potenciadores de uma gestão mais eficiente.

Os KPI's são uma funcionalidade disponível no *Infraspeak*, sendo necessário o correto registo dos pedidos de manutenção, como as datas de avaria, de início e fim de reparação, o número de identificação único (número de equipamento), o registo do sintoma de avaria na abertura do pedido e da causa da avaria no fecho do pedido. O *software* permite o acompanhamento de

Resultados

outros KPI's como o OEE, o tempo de indisponibilidade do equipamento (*Downtime*), e mesmo o Backlog, que indica a acumulação de pedidos pendentes ou planeados por cada técnico.

5. Conclusão e proposta de trabalhos futuros

Este capítulo refere-se à síntese deste trabalho bem como à sua conclusão, apontando ainda alguns trabalhos futuros. Aqui serão indicadas as observações finais face aos objetivos e metas propostos inicialmente. Por fim, serão relatadas algumas das dificuldades encontradas no decorrer deste trabalho e também apresentadas as propostas de ações a desenvolver no futuro.

Tabela 22 - Resultados obtidos

Objetivo	Resultado
Identificação da criticidade dos equipamentos.	Foi realizada a identificação da criticidade dos equipamentos das CBSI com recurso a matriz GUT. Criticidades obtidas justificam parcialmente o alargamento das tarefas de manutenção.
Ajuste das ações de manutenção regulamentares e de fabricante.	Foram definidas e propostas ações de manutenção alinhadas com o exigido por regulamentação legal bem como tarefas recomendadas pelo fabricante do motor Lister-Petter.
Ajuste de ações de manutenção preventiva com estratégia CBM.	Foram definidas, fundamentadas e propostas ações de manutenção no âmbito da estratégia de manutenção CBM.
Introdução de dados no <i>Infraspeak</i> .	Foram definidos dados relativos a equipamentos que podem ser carregados no software, bem como a criação de estruturas hierárquicas, e apontadas as vantagens daí decorrentes.
Introdução de tarefas de manutenção no <i>Infraspeak</i> .	Foram definidos dados relativos a equipamentos que podem ser carregados no software, e apontadas as vantagens daí decorrentes.
Utilização de dados para monitorizar KPI's.	Foi amplamente referida a utilização de KPI's. Para tal, mais uma vez se apontou para a necessidade de registo de dados com vista a possibilitar o cálculo automático destes indicadores no <i>Infraspeak</i> .

5.1. Proposta para trabalhos futuros

Na expectativa de o hotel VidaMar acolher as oportunidades de melhoria aqui sugeridas, são de considerar as seguintes propostas para trabalhos futuros:

- Alargamento das recomendações aos restantes equipamentos do hotel, nomeadamente outras bombas de centrais hidropressoras, bombas de piscinas, motor de geração de energia e outros.
- Seguimento regular da evolução dos KPI's e ajustes necessários com vista a melhoria contínua.
- Aplicação da estratégia de manutenção CBM a outras infraestruturas ou secções do hotel como as piscinas, e a lavandaria/engomadoria devido à sua dimensão e consumos energéticos relevantes.

6. Bibliografia e outras fontes de informação

- [1] D. Ženíšek, J. Basl, and P. Poór, “Historical Overview of Maintenance Management Strategies: Development from Breakdown Maintenance to Predictive Maintenance in Accordance with Four Industrial Revolutions,” Pilsen, Jul. 2019. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/335444202>
- [2] V. Santos, L. Amaral, and H. S. Mamede, “Using the Action-Research Method in Information Systems Planning creativity research.” [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/261464482>
- [3] M. Bashiri, H. Badri, and T. H. Hejazi, “Selecting optimum maintenance strategy by fuzzy interactive linear assignment method,” *Appl Math Model*, vol. 35, no. 1, pp. 152–164, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.apm.2010.05.014.
- [4] C. Franciosi, B. lung, S. Miranda, and S. Riemma, “Maintenance for Sustainability in the Industry 4.0 context: a Scoping Literature Review,” Elsevier B.V., Jan. 2018, pp. 903–908. doi: 10.1016/j.ifacol.2018.08.459.
- [5] M. Bevilacqua and M. Braglia, “The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection,” *Reliab Eng Syst Saf*, vol. 70, no. 1, pp. 71–83, Oct. 2000, doi: 10.1016/S0951-8320(00)00047-8.
- [6] F. Jaderi, Z. Z. Ibrahim, and M. R. Zahiri, “Criticality analysis of petrochemical assets using risk based maintenance and the fuzzy inference system,” *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 121, pp. 312–325, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.psep.2018.11.005.
- [7] R. K. Mobley, “Role of Maintenance Organization,” in *An Introduction to Predictive Maintenance*, Elsevier, 2002, pp. 43–59. doi: 10.1016/B978-075067531-4/50003-8.
- [8] J. T. Farinha, H. D. N. Raposo, J. E. de-Almeida-e-Pais, and M. Mendes, “Physical Asset Life Cycle Evaluation Models—A Comparative Analysis towards Sustainability,” *Sustainability*, vol. 15, no. 22, p. 15754, Nov. 2023, doi: 10.3390/su152215754.
- [9] B. Schmidt and L. Wang, “Predictive Maintenance of Machine Tool Linear Axes: A Case from Manufacturing Industry,” in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2018, pp. 118–125. doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.022.
- [10] G. Waeyenbergh and L. Pintelon, “CIBOCOF: A framework for industrial maintenance concept development,” *Int J Prod Econ*, vol. 121, no. 2, pp. 633–640, Oct. 2009, doi: 10.1016/j.ijpe.2006.10.012.
- [11] D. Martynova and P. Zhang, “Optimization of Maintenance Schedule for Safety Instrumented Systems,” Elsevier B.V., Jul. 2017, pp. 12484–12489. doi: 10.1016/j.ifacol.2017.08.1928.
- [12] A. Igodo, A. Shamsuzzoha, E. Ndzibah, and M. Shamsuzzaman, “Optimal maintenance for a waste-to-energy plant using DEMATEL: a case study,” *Clean Technol Environ Policy*, vol. 25, no. 7, pp. 2305–2333, Sep. 2023, doi: 10.1007/s10098-023-02506-2.
- [13] H. Wang, “A survey of maintenance policies of deteriorating systems.” [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/dsw
- [14] A. Viana, “OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO DO PROCESSO DA MANUTENÇÃO NUMA EMPRESA DE ENERGIA, SISTEMAS E MOBILIDADE,” Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2022.


Referências

- [15] H. Thevik, "Determination of a cost optimal, predetermined maintenance schedule," in *Conference on Foresight and Precaution*, EDINBURGH, SCOTLAND, 2000.
- [16] O. Matania, L. Bachar, E. Bechhoefer, and J. Bortman, "Signal Processing for the Condition-Based Maintenance of Rotating Machines via Vibration Analysis: A Tutorial," *Sensors*, vol. 24, no. 2, p. 454, Jan. 2024, doi: 10.3390/s24020454.
- [17] A. Raza and V. Ulansky, "Optimal preventive maintenance of wind turbine components with imperfect continuous condition monitoring," *Energies (Basel)*, vol. 12, no. 19, Oct. 2019, doi: 10.3390/en12193801.
- [18] H. N. Teixeira, I. Lopes, and A. C. Braga, "Condition-based maintenance implementation: A literature review," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2020, pp. 228–235. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.033.
- [19] J. Cabral, *Gestão da Manutenção de equipamentos, instalações e edifícios*. 2024.
- [20] E. Hupjé, "Simple guide to MTBF-What it is and when to use it." [Online]. Available: www.reliabilityacademy.com
- [21] H. Ren and X. Chen, *Reliability Based Aircraft Maintenance Optimization and Applications*, Academic Press. 2017.
- [22] S. Di Luozzo, F. Starnoni, and M. M. Schiraldi, "On the relationship between human factor and overall equipment effectiveness (OEE): An analysis through the adoption of analytic hierarchy process and ISO 22400," *International Journal of Engineering Business Management*, vol. 15, Jan. 2023, doi: 10.1177/18479790231188548.
- [23] G. F. L. Pinto, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, R. B. Casais, A. J. Fernandes, and A. Baptista, "Continuous improvement in maintenance: A case study in the automotive industry involving Lean tools," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2019, pp. 1582–1591. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.127.
- [24] H. P. Jagtap, A. K. Bewoor, R. Kumar, M. H. Ahmadi, M. El Haj Assad, and M. Sharifpur, "RAM analysis and availability optimization of thermal power plant water circulation system using PSO," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 1133–1153, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.egy.2020.12.025.
- [25] L. P. Pusztai, L. Nagy, and I. Budai, "Selection of Production Reliability Indicators for Project Simulation Model," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 10, May 2022, doi: 10.3390/app12105012.
- [26] S. Singh, A. Agrawal, D. Sharma, V. Saini, A. Kumar, and S. Praveenkumar, "Implementation of Total Productive Maintenance Approach: Improving Overall Equipment Efficiency of a Metal Industry," *Inventions*, vol. 7, no. 4, Dec. 2022, doi: 10.3390/inventions7040119.
- [27] T. Santos, F. J. G. Silva, S. F. Ramos, R. D. S. G. Campilho, and L. P. Ferreira, "Asset priority setting for maintenance management in the food industry," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2019, pp. 1623–1633. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.122.
- [28] C. Pereira, D. Carvalho, C. Pereira De Carvalho, and C. Ferreira De Castro, "Application of a tool based on the GUT matrix for the improvement of quality Indicators in the automotive industry," *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, vol. 2020, no. 01, pp. 37–043, 2020, doi: 10.30574/wjaets.
- [29] J. Jaap Moerman, J. Braaksma, and L. van Dongen, "Reliable introduction of critical assets: an explorative case study in railways," *J Qual Maint Eng*, vol. 27, no. 3, pp. 537–549, 2021, doi: 10.1108/JQME-05-2020-0037.
- [30] N. Shannon, A. Trubetskaya, J. Iqbal, and O. McDermott, "A total productive maintenance & reliability framework for an active pharmaceutical ingredient plant utilising design for Lean Six Sigma," *Heliyon*, vol. 9, no. 10, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e20516.

Referências

- [31] J. Gong, Y. Luo, Z. Qiu, and X. Wang, "Determination of key components in automobile braking systems based on ABC classification and FMECA," *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 9, no. 1, pp. 69–77, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.jtte.2019.01.008.
- [32] A. Rita *et al.*, "INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA Área Departamental de Engenharia Mecânica ISEL Desenvolvimento de um sistema de controlo da manutenção numa PME," Lisboa, Jan. 2021. Accessed: Dec. 21, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/13145/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>
- [33] O. A. Billig, V. Novaski, and J. Lopes Freitas, "APLICAÇÃO DE MATRIZ GUT E GRÁFICO DE PARETO PARA PRIORIZAÇÃO DE PERDAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA PANIFICADORA," 2020, doi: 10.37118/ijdr.20255.11.2020.
- [34] I. C. Braga, F. da S. Brandão, F. R. C. Ribeiro, and A. G. Diógenes, "Application of GUT Matrix in the assessment of pathological manifestations in heritage constructions," *Revista ALCONPAT*, vol. 9, no. 3, pp. 320–335, Aug. 2019, doi: 10.21041/ra.v9i3.400.
- [35] M. Wienker, K. Henderson, and J. Volkerts, "The Computerized Maintenance Management System an Essential Tool for World Class Maintenance," in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2016, pp. 413–420. doi: 10.1016/j.proeng.2016.02.100.
- [36] Europump, Hydraulic Institute, and U.S. Department of Energy, "PUMP LIFE CYCLE COSTS: PUMP LIFE CYCLE COSTS: A GUIDE TO LCC ANALYSIS FOR PUMPING SYSTEMS EXECUTIVE SUMMARY uropump T OF E N A GUIDE TO LCC ANALYSIS FOR PUMPING SYSTEMS," 2000. [Online]. Available: www.pumps.org/VisitEuropumponlineat:www.europump.org
- [37] H. D. Nogueira Raposo, J. M. T. Farinha, L. A. Ferreira, and D. Galar, "Reserve fleet indexed to exogenous cost variables," *Transport*, vol. 34, no. 4, pp. 437–454, 2019, doi: 10.3846/transport.2019.11079.
- [38] José Manuel Torres Farinha, "Physical Asset Management for a Sustainable World," 2024. doi: <https://doi.org/10.1201/9781003395690>.
- [39] L. A. Ferreira, "6 · MANUTENÇÃO."
- [40] C. Roberto and C. Lima, "Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos Cost Analysis of Maintenance and Non-Maintenance Policies for Productive Equipments," 2014. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/237733545>
- [41] ibrahim medhat, "Fire Fighting Pump Room." Accessed: Apr. 13, 2025. [Online]. Available: <https://grabcad.com/library/fire-fighting-pump-room-2>
- [42] S. A. Dmitriev and A. E. Khrulev, "Study of the conrod deformation during piston interaction with liquid in the internal combustion engine cylinder," *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, vol. 14, no. 2, pp. 6557–6569, Jun. 2020, doi: 10.15282/jmes.14.2.2020.03.0515.
- [43] Harven T. Dearden, "Rules for SIF intervention," *hazardex*, pp. 22–23, Apr. 2025.
- [44] T. Chu, T. Nguyen, H. Yoo, and J. Wang, "A review of vibration analysis and its applications," Mar. 15, 2024, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26282.

Anexo B – Folha de serviço 2




Mapa de Tarefas

	Executado	Data	Rubrica
Reapertar todas as ligações eléctricas por aperto mecânico.	<input type="checkbox"/>		
Verificar funcionamento mecânico dos aparelhos de corte.	<input type="checkbox"/>		
Limpeza do sistema de ventilação do OE (caso exista)	<input type="checkbox"/>		
Inspeção/beneficiação de fechaduras, portas, dobradiças, estanquicidade, etc.	<input type="checkbox"/>		
Verificação/aplicação de tratamento anticorrosivo, pinturas, quando necessário.	<input type="checkbox"/>		
Moto bomba Diesel			
Registar o número de horas de funcionamento da bomba:	<input type="checkbox"/>		
Verificar se existem indícios de fugas de fluidos:	<input type="checkbox"/>		
Limpeza geral;	<input type="checkbox"/>		
Circuito de refrigeração			
Verificar nível de líquido refrigerante;	<input type="checkbox"/>		
Verificar estado do radiador/permudador;	<input type="checkbox"/>		
Verificar o estado do circuito de refrigeração, estado dos tubos e se existem fugas;	<input type="checkbox"/>		
Verificar se existem restrições à circulação do ar de refrigeração	<input type="checkbox"/>		
Substituição do líquido refrigerante;	<input type="checkbox"/>		
Circuito de alimentação de combustível	<input type="checkbox"/>		
Verificar nível de combustível;	<input type="checkbox"/>		
Verificar sistema de alimentação de combustível; estado dos tubos e se existem fugas;	<input type="checkbox"/>		
Verificar o aspecto do combustível (cor, cheiro) para aferir se este se encontra deteriorado;	<input type="checkbox"/>		
Drenar e limpar filtro decantador de combustível (se existir);	<input type="checkbox"/>		
Substituição do filtro de combustível;	<input type="checkbox"/>		
Sistema de lubrificação			
Verificar nível de lubrificante;	<input type="checkbox"/>		
Verificar se existem fugas de lubrificante;	<input type="checkbox"/>		
Substituição do filtro do lubrificante;	<input type="checkbox"/>		
Substituição do lubrificante;	<input type="checkbox"/>		
Circuito de alimentação de ar			
Verificar indicador de colmatação do filtro de ar;	<input type="checkbox"/>		
Limpeza do filtro de ar;	<input type="checkbox"/>		
Verificar os circuitos de admissão de ar;	<input type="checkbox"/>		
Substituir o filtro de ar (se necessário);	<input type="checkbox"/>		
Sistema de escape			
Verificar o estado e se existem fugas;	<input type="checkbox"/>		
Circuito eléctrico			
Verificar tensão das correias do alternador;	<input type="checkbox"/>		
Bateria			
Limpeza e aperto dos terminais das baterias	<input type="checkbox"/>		
Verificar o nível e registar a densidade do electrolito da bateria (se aplicável);	<input type="checkbox"/>		
Medir a tensão da bateria;	<input type="checkbox"/>		
Verificar e registar a tensão de carga da bateria pelo carregador de baterias;	<input type="checkbox"/>		
Verificar e registar a intensidade de carga da bateria pelo carregador de baterias;	<input type="checkbox"/>		
Reaperto de todos os contactos eléctricos;	<input type="checkbox"/>		
Verificar ligações eléctricas de terra;	<input type="checkbox"/>		
Verificação dos instrumentos e sinaléticas do OE;	<input type="checkbox"/>		
Testar os circuitos de protecção (se possível);	<input type="checkbox"/>		
Estrutura/Chassis			
Reaperto dos parafusos de fixação;	<input type="checkbox"/>		
Bomba			
Verificar se existem ruídos anormais;	<input type="checkbox"/>		
Verificar se existem derrames exagerados através do empanque;	<input type="checkbox"/>		
Verificar se existem derrames através da tubagem;	<input type="checkbox"/>		
Verificar e reapertar as fixações da bomba;	<input type="checkbox"/>		
Quadro de comando da moto bomba			
Limpeza e reaperto dos bornes e terminais do quadro de comando do grupo	<input type="checkbox"/>		
Limpeza e reaperto dos bornes e terminais do disjuntor de protecção	<input type="checkbox"/>		
Inspeção e ajuste do calibre e selectividade do disjuntor de protecção	<input type="checkbox"/>		
Ensaio da moto bomba (se possível) por cerca de 10 minutos e verificar durante o ensaio a			
Pressão do lubrificante;	<input type="checkbox"/>		
Temperatura do líquido refrigerante;	<input type="checkbox"/>		
A carga da bateria pelo alternador;	<input type="checkbox"/>		
Se existem ruídos e/ou vibrações anormais;	<input type="checkbox"/>		

HandMan - São Paulo, 25.0 de 20-04-2020

Lubricante: Admix - Bernardino Francisco

Página 6 de 8



Mapa de Tarefas

Executado	Data	Rubrica
-----------	------	---------

Observações:

Grupo Incêndio:

- Manómetro avançado (0-25 Bar)
- Vaso de expansão (ventilador danificado (20L)
- ~~Fluorossolado~~ com a Tampa partida
- Carregador de baterias ~~60A~~ (CAB 024 VDC) ¹⁰⁰⁰ _{Control}
- 2 Baterias 12V 1.2Ah
- Sugeriu-se a colocar um interruptor de nível de segurança, caso haja falta de água.
- O motor bomba (diesel) tem o motor danificado.

© 2014 Eco Verde. Todos os direitos reservados.
Utilizador: Admin - Saneamento Ambiental
Página 3 de 3

Anexo D – Tarefas de manutenção obrigatórias pela nota técnica nº 15 do Despacho n.º 8905/2020_parte 1

Procedimento	Periodicidade	Componente	Descrição		
Inspeção (por pessoa competente)	Semanal	Arranque Automático das Bombas	Arranque	Reduzir a pressão da água na descarga das bombas de forma a simular o arranque automático das mesmas	✓
			Indicadores de Pressão	Verificar se os indicadores de pressão estão a funcionar corretamente e registar os valores medidos	✓
			Indicadores dos Níveis de Fornecimento de Água	Verificar se os indicadores dos níveis de fornecimento de água estão a funcionar corretamente	✓
			Válvulas de Seccionamento	Verificar se as válvulas de seccionamento estão na posição correta	✓
			Válvulas de Alívio	Verificar se as válvulas de alívio estão a funcionar corretamente (bomba a funcionar contra válvula fechada)	✓
			Combustível e Nível de Óleo	Verificar o nível de combustível e de óleo de lubrificação dos motores diesel e repor se necessário	✓
			Pressão de Arranque	Verificar e registar a pressão de arranque das bombas	✓
			Óleo das Motobombas	Verificar a pressão do óleo das motobombas e visualizar o fluxo de água de arrefecimento do circuito aberto de refrigeração	✓
			Motores Elétricos	Colocar os motores elétricos em funcionamento durante o tempo recomendado pelo fabricante	✓
				Registar o número de arranques da bomba jockey, se existir o contador de arranques	✓
		Motores Diesel	Colocar os motores diesel em funcionamento durante 20 minutos ou durante o tempo recomendado pelo fabricante. Parar o motor e ligá-lo novamente acionando o botão de arranque manual	✓	
			Verificar o nível de água do circuito primário do circuito fechado de refrigeração	✓	
			Verificar os valores da pressão do óleo, da temperatura do motor e do caudal de fluido refrigerante	✓	
			Verificar se não existem fugas de óleo, combustível, fluido refrigerante e gases de escape	✓	
			Registar o valor do conta-horas de funcionamento da bomba	✓	

Referências

Anexo E –Tarefas de manutenção obrigatórias pela nota técnica nº 15 do Despacho n.º 8905/2020_parte 2

Procedimento	Periodicidade	Componente	Descrição	
		Baterias	Verificar o nível e a densidade do electrólito das baterias. Se necessário substituir as baterias	✓
Manutenção	Anual	Bomba	Inspecionar visualmente a bomba de um modo geral	✓
			Verificar os manómetros de pressão e se estão a funcionar corretamente	✓
			Verificar os rolamentos e respetivas temperaturas de funcionamento	✓
			Verificar a estanqueidade das juntas de vedação do bucim de empanque e respetivo arrefecimento	✓
			Verificar a massa ou óleo lubrificante dos rolamentos	✓
		Caixa de Transmissão	Verificar a temperatura dos rolamentos	✓
			Verificar o alinhamento lateral com o rotor da bomba	✓
			Substituir o óleo da caixa de transmissão	✓
		Acoplamento	Verificar o alinhamento e tolerâncias	✓
			Verificar a massa lubrificante	✓
		Motor Diesel	Verificar se a velocidade nominal é a correta	✓
			Verificar consolas e tubos	✓
			Limpar os filtros de ar e substituir se necessário	✓
			Verificar os elementos de ligação, nomeadamente parafusos, porcas e outras conexões	✓
			Verificar se a turbina está a funcionar corretamente e substituir se necessário (quando aplicável)	✓
			Verificar o isolamento do sistema de escape	✓
		Manutenção	Anual	Sistema de Arrefecimento
Verificar o filtro da água de arrefecimento do permutador (quando aplicável)	✓			
Verificar o nível do líquido refrigerante	✓			
Verificar o circuito de arrefecimento do permutador (quando aplicável)	✓			
Verificar tubos, juntas de vedação e grampos	✓			
Verificar o estado das correias trapezoidais (quando aplicável)	✓			
Ajustar o termóstato pré-aquecedor da água de arrefecimento (quando aplicável)	✓			
3 Anos	Válvulas de Retenção	Verificar se as válvulas de retenção funcionam corretamente e substituir, se necessário	✓	

Anexo F - Tabela de manutenção Lister-Petter para o motor Diesel LPWT4

5. Routine Maintenance

Maintenance Schedule

At all times
Continuously monitor engine performance.
Observe the correct oil and filter change periods as specified below.

1. Oil and Filter Change Periods (hrs=hours)			
Ambient temperature	LPWS(T) Every:	LPWT Every:	LPW Every:
Above 35°C (95°F)	125 hrs	125 hrs	250 hrs
Up to 35°C (95°F)	250 hrs	250 hrs	500 hrs

Every Day
Check the level and condition of lubricating oil.
Check the coolant level.
Check the level and supply of fuel.
Examine the cooling fan for damage.
Clean the air cleaner if the engine is operating under very dusty conditions.

After the first 100 hours
Marine propulsion engines: check idling speed and reset if necessary.
Change the initial fill lubricating oil¹.
Renew the oil filter.

Every 125 hours¹
Do all the above, and the following:
Clean the air cleaner if the engine is operating under moderately dusty conditions.
Check for fuel, coolant and oil leaks.
Check the serviceability of the battery.

Every 250 hours¹
Do all the above, and the following:
Check the condition and tension of the radiator drive belt.
Check the radiator fins for contamination or blockage.
Clean the fuel injector nozzles if exhaust is dirty.
Renew the fuel filter element if the fuel is not perfectly clean.

Every 500 hours
Do all the above, and the following:
Renew the fuel filter element.

Renew the air cleaner element.
Check the air induction systems for leaks, damage and restrictions.
Change the lubricating oil¹.
Renew the oil filter¹.
LPWT4: Clean the crankcase breather canister and hoses.

Every 1000 hours
Do all the above, and the following:
Check all external nuts, bolts and unions for tightness.
Ensure that all guards are firmly attached and are not damaged.
Replace the fuel-lift pump diaphragm.²

Every 2000 hours
Do all the above, and the following:
Drain and clean the engine-mounted fuel tank, if fitted.
Check the engine and speed controls for free movement.
Clean and check, and if necessary replace, the fuel injector nozzles.
Check the radiator fins and radiator fan blades for damage.
Replace the radiator fan drive belt, irrespective of its condition.
Check the lubricating oil pressure.
Renew the air cleaner element.

Every year
Drain, flush and refill the cooling system, adding new coolant concentrate to a 40% concentration.
Drain and replace the lubricating oil and filter, irrespective of their condition, if the engine has run for less than 250 hours in the preceding twelve months.
On marine engines, change the air cleaner element if it was not changed at the prescribed intervals.

Every two years
Replace the coolant hoses, irrespective of their condition.

When necessary
Undertake a decake/major overhaul.

1. See also Table 1 above. 2. Inspect more frequently if fuel is contaminated. Inspect regularly on engines in low-duty cycle applications, for example, stand-by generating sets.

17

Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

NOME: José Paulo de Aguiar Menéres Garcia Seoane

ISEP, Porto, 10 de junho de 2025

