



E-MAINTENANCE: GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE ATIVOS DE ELETROMEDICINA NUM GRUPO HOSPITALAR

DIOGO FONTES SILVA

novembro de 2022

E-MAINTENANCE: GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE ATIVOS DE ELETROMEDICINA NUM GRUPO HOSPITALAR

Diogo Fontes Silva

1150453

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Engenharia Mecânica, Gestão Industrial

E-MAINTENANCE: GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE ATIVOS DE ELETROMEDICINA NUM GRUPO HOSPITALAR

Diogo Fontes Silva

1150453

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação da Doutora Rafaela Carla Barros Casais.

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Engenharia Mecânica, Gestão Industrial

JÚRI

Presidente

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutora Rafaela Carla Barros Casais

Professora Adjunta, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos

Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Ao André Vieira D'Almeida do grupo hospitalar, ao André Calixto CEO da *NextBITT* e ao Professor Joaquim Moreira do ISEP que permitiram a concretização deste trabalho de investigação e estágio curricular.

Ao Diogo Aguilar Silva e ao Pedro Campos Pereira, colaboradores do grupo hospitalar, pela participação neste estudo, cuja disponibilidade e contributo foram essenciais para a conclusão do mesmo.

À Engenheira Rafaela Casais pelo apoio, ajuda e exigência ao longo desta etapa.

À Catarina pelo suporte emocional, amor incondicional, por estar sempre do meu lado e acreditar em mim.

Aos meus pais e irmão, pelo apoio e compreensão ao longo desta jornada.

A vocês, obrigado.

PALAVRAS-CHAVE

Manutenção; *E-maintenance*; Gestão de ativos; KPI's; Dispositivos médicos

RESUMO

Num mundo globalizado e cada vez mais industrializado, as empresas vêm-se obrigadas a adotar novas estratégias de gestão que consigam proporcionar um aumento da eficácia e eficiência dos sistemas produtivos das organizações na procura de uma gestão de excelência e que lhes permita diferenciar-se na competitividade industrial. Desta forma, a manutenção acaba por ser uma das áreas que promove o crescimento destes fatores e, ainda, proporciona a redução de paragens não programadas, a contenção de custos, o aumento da disponibilidade dos equipamentos e, conseqüentemente, o aumento de produtividade organizacional.

No entanto, o termo *E-maintenance* tem vindo a ganhar cada mais relevo no setor empresarial, consistindo na avaliação inteligente da degradação da máquina, e-prognóstico e e-diagnóstico, permitindo às empresas ter as suas máquinas funcionais, com números de avarias reduzidos. Estes sistemas permitem realizar uma avaliação remotamente e em tempo real, da informação que diz respeito ao desempenho do equipamento.

A presente dissertação tem como objetivo a gestão do ciclo de vida dos dispositivos médicos de um grupo hospitalar, no qual se procura fazer uma análise comparativa entre as marcas dos dispositivos médicos com a mesma tipologia, com o intuito de perceber quais as marcas mais apropriadas para futuras aquisições.

Este caso prático foi desenvolvido através de uma análise de dados retirados do *software* de gestão de ativos *NextBITT*. Para atingir o objetivo delineado pelo grupo hospitalar para este projeto, foi necessário avaliar uma série de fatores relativos aos equipamentos médicos em estudo, tal como as suas criticidades, os seus ciclos de vida, os seus indicadores de desempenho (MTBF, MTTR, Disponibilidade e Eficiência operacional), as suas intervenções de manutenção corretiva, as suas intervenções de manutenção preventiva e por último as avarias mais comuns associadas a este tipo de equipamentos.

Posto isto, foram identificados os equipamentos mais críticos, necessitando estes de aprimoramento das suas ações de manutenção. Além disso, foram identificadas as marcas com os melhores resultados nas avaliações efetuadas, com o objetivo de estas serem as escolhidas em futuras aquisições.

KEYWORDS

Maintenance; E-maintenance; Asset management; KPI's; Medical devices

ABSTRACT

In a globalized and increasingly industrialized world, companies are forced to adopt new management strategies that are able to provide an increase in the effectiveness and efficiency of the organizations' production systems in the search for excellence in management and that allows them to differentiate themselves in the industrial competitiveness.

However, the term E-maintenance has been gaining more importance in the business sector, consisting of the intelligent assessment of machine degradation, e-prognosis and e-diagnosis, allowing companies to have their machines functional, with reduced numbers of failures. These systems make it possible to carry out an assessment remotely and in real time, of the information regarding the performance of the equipment.

This dissertation aims to manage the life cycle of medical devices in a hospital group, in which it seeks to make a comparative analysis between the brands of medical devices with the same typology, in order to understand which brands are most appropriate for future acquisitions.

This practical case was developed through an analysis of data taken from the NextBITT asset management software. To reach the objective outlined by the hospital group for this project, it was necessary to evaluate a series of factors related to the medical equipment under study, such as their criticality, their life cycles, their performance indicators (MTBF, MTTR, Availability and Operational efficiency), its corrective maintenance interventions, its preventive maintenance interventions and finally the most common faults associated with this type of equipment.

That said, the most critical equipments were identified, needing to improve their maintenance actions. In addition, the brands with the best results were identified in the evaluations carried out, with the aim of making them the ones chosen for future acquisitions.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AR	<i>Action-Research</i>
CBM	<i>Condition Based Maintenance</i>
IID	<i>Independent and Identically Distributed</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KPIS	<i>Key Performance Indicator</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
OEE	<i>Overall equipment effectiveness</i>
RAM	<i>Reliability, Availability, and Maintainability</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
MP	<i>Manutenção preventiva</i>
LCC	<i>Life-cycle costing</i>

Lista de Unidades

°C	Graus Celsius
μA	Microampère
mbar	Milibar

Lista de Símbolos

λ	Taxa de Falha
-----------	---------------

GLOSSÁRIO DE TERMOS

5S	5 palavras japonesas que permitem a criação de ambientes de trabalho adequados à gestão visual e ao <i>lean production</i> assente na melhoria contínua.
CBM	Manutenção baseada na condição
IID	Independente e Identicamente Distribuído
KPI'S	Indicadores de desempenho
MTBF	Tempo médio entre avarias
MTTR	Tempo médio de reparação
OEE	Eficiência Global do equipamento
RAM	Fiabilidade, Disponibilidade e Manutibilidade
Setup	Processo completo de mudança de fabrico de um determinado produto e o fabrico de um produto diferente, até conseguir atingir uma determinada taxa de produção com qualidade.
SMED	Troca rápida de ferramentas
Web-enabled	Possível ser usado na Internet
Dashboards	Tenho em conta um objetivo organizacional ou processo de negócio, caracteriza-se por ser um dispositivo gráfico habitualmente utilizado para visualizar os principais indicadores de desempenho que a entidade possui.
ERP	Planejamento de Recursos Empresariais
Outsourcing	Ato de recorrer a serviços externos para satisfazer uma certa necessidade de uma empresa/entidade

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo da metodologia Action-Research e diretrizes de implementação (Martins et al., 2020)	3
Figura 2 - Tipos de manutenção de acordo com a norma NP EN 13306:2017 adaptado de (Márquez, 2007)	9
Figura 3 - Fluxograma para decisão de nível de criticidade (Pires et al., 2018).....	15
Figura 4 - Fluxograma da estrutura do caso prático.....	30
Figura 5 - Máquina de lavar/desinfetar endoscópios.....	34
Figura 6 - Armário de secagem de endoscópios.....	34
Figura 7 - Broncoveoscópio	34
Figura 8 - Cistonefrofibroscópio	34
Figura 9 - Videolaringoscópio	35
Figura 10 - Colonoveoscópio	35
Figura 11 - Distribuição das marcas do Armário de secagem de endoscópios.....	36
Figura 12 - Distribuição das marcas da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios.....	36
Figura 13 – Distribuição das marcas do Broncoveoscópio	37
Figura 14 – Distribuição das marcas do Colonoveoscópio	37
Figura 15 - Distribuição das marcas do Gastroveoscópio.....	38
Figura 16 - Distribuição das marcas do Laringoscópio	38
Figura 17 - Distribuição das marcas do Videolaringoscópio.....	39
Figura 18 - Distribuição da criticidade na marca Wassenburg do Armário de secagem de endoscópios ..	41
Figura 19 - Distribuição da criticidade na marca Olympus do Broncoveoscópio	42
Figura 20 - Distribuição da criticidade na marca Olympus do Colonoveoscópio	42
Figura 21 - Distribuição da criticidade na marca Fujinon do Colonoveoscópio.....	43
Figura 22 -Distribuição da criticidade na marca Olympus do Gastroveoscópio	43
Figura 23 - Distribuição da criticidade na marca Fujinon do Gastroveoscópio	44
Figura 24 - Distribuição da criticidade na marca Gima do Laringoscópio	44
Figura 25 - Distribuição da criticidade na marca Covidien do Videolaringoscópio	45
Figura 26 - MTBF dos equipamentos.....	54

Figura 27 - MTBF por marca do Armário de secagem de endoscópios	54
Figura 28 - MTBF por marca da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios	55
Figura 29 - MTBF por marca do Colonovideoscópio.....	56
Figura 30 - MTBF por marca do Gastrovideoscópio	56
Figura 31 - MTBF por marca do Laringoscópio	57
Figura 32 - MTTR dos equipamentos.....	58
Figura 33 - MTTR por marca do Armário de secagem de endoscópios	59
Figura 34 - MTTR por marca da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios	59
Figura 35 - MTTR por marca do Colonovideoscópio	60
Figura 36 - MTTR por marca do Gastrovideoscópio	61
Figura 37 - MTTR por marca do Laringoscópio.....	61
Figura 38 - Disponibilidade dos equipamentos	62
Figura 39 - Disponibilidade por marca do Armário de secagem de endoscópios	63
Figura 40 - Disponibilidade por marca da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios.....	63
Figura 41 - Disponibilidade por marca do Colonovideoscópio	64
Figura 42 - Disponibilidade por marca do Gastrovideoscópio.....	65
Figura 43 - Disponibilidade por marca do Laringoscópio	65
Figura 44 - Eficiência operacional dos equipamentos	67
Figura 45 - Eficiência operacional por marca do Armário de secagem de endoscópios	68
Figura 46 - Eficiência operacional por marca da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios	68
Figura 47 - Eficiência operacional por marca do Colonovideoscópio.....	69
Figura 48 - Eficiência operacional por marca do Gastrovideoscópio	70
Figura 49 - Eficiência operacional por marca do Laringoscópio	70
Figura 50 - Síntese de resultados	95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Definição de manutenção	7
Tabela 2 - Tipos de Manutenção	9
Tabela 3 - Definição de indicadores chave da manutenção adaptado de (EN BS 15341, 2007)	11
Tabela 4 - Casos práticos de aplicação de KPI's	12
Tabela 5 - Fatores de avaliação e níveis de impacto adaptado de (Pires et al., 2018)	16
Tabela 6 - Critérios da metodologia GUT adaptado de (Carvalho et al., 2020)	17
Tabela 7 - Casos práticos de aplicação de gestão de custos de manutenção	19
Tabela 8 - Casos práticos de aplicação de manutenção na indústria 4.0	22
Tabela 9 - Equipamentos e as suas marcas	33
Tabela 10 - Criticidade dos equipamentos endoscópicos	40
Tabela 11 - Tempo de vida dos anulados do Broncoveoscópio	46
Tabela 12 - Tempo de vida dos anulados do Colonoveoscópio	47
Tabela 13 - Tempo de vida dos anulados do Gastroveoscópio	48
Tabela 14 - Tempo de vida dos anulados do Laringoscópio	49
Tabela 15 - Taxa de utilização dos anulados do Broncoveoscópio	50
Tabela 16 - Taxa de utilização dos anulados do Colonoveoscópio	50
Tabela 17 - Taxa de utilização dos anulados do Gastroveoscópio	52
Tabela 18 - Taxa de utilização dos anulados do Laringoscópio	53
Tabela 19 - Intervenções corretivas no Armário de secagem de endoscópios	72
Tabela 20 - Intervenções corretivas na Máquina de lavar/desinfetar endoscópios	72
Tabela 21 - Intervenções corretivas no Broncoveoscópio	73
Tabela 22 - Intervenções corretivas no Broncoveoscópio ultrassónico	74
Tabela 23 - Intervenções corretivas no Cistonefrofibroscópio	74
Tabela 24 - Intervenções corretivas no Colonoveoscópio	75
Tabela 25 - Intervenções corretivas no Duodenoveoscópio	75
Tabela 26 - Intervenções corretivas no Gastroveoscópio	76
Tabela 27 - Intervenções corretivas no Gastroveoscópio ultrassónico	77

Tabela 28 - Intervenções corretivas no Laringoscópio	77
Tabela 29 - Intervenções corretivas no Videolaringoscópio	78
Tabela 30 - Intervenções corretivas no Videolaringoscópio flexível de intubação	78
Tabela 31 - Intervenções preventivas no Armário de secagem de endoscópios	80
Tabela 32 - Intervenções preventivas na Máquina de lavar/desinfetar endoscópios	81
Tabela 33 - Intervenções preventivas no Broncoveoscópio	82
Tabela 34 - Intervenções preventivas no Colonoveoscópio	83
Tabela 35 - Intervenções preventivas no Gastroveoscópio	84
Tabela 36 - Tipo de avarias do Armário de secagem de endoscópios	86
Tabela 37 - Tipo de avarias da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios	86
Tabela 38 - Tipo de avarias do Broncoveoscópio	88
Tabela 39 - Tipo de avarias do Broncoveoscópio ultrassónico	89
Tabela 40 - Tipo de avarias do Cistonefrofibrocópio	89
Tabela 41 - Tipo de avarias do Colonoveoscópio	90
Tabela 42 - Tipo de avarias do Duodenoveoscópio	91
Tabela 43 - Tipo de avarias do Gastroveoscópio	92
Tabela 44 - Tipo de avarias do Gastroveoscópio ultrassónico	93
Tabela 45 - Tipo de avarias do Laringoscópio	94
Tabela 46 - Tipo de avarias do Videolaringoscópio	94
Tabela 47 - Tipo de avarias do Videolaringoscópio flexível de intubação	94
Tabela 48 - Descrição dos objetivos traçados inicialmente e os seus resultados	99
Tabela 49 - Conclusões por tipo de equipamento	100

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Metodologia	2
1.4	Estrutura da dissertação	3
1.5	Local/Empresa de acolhimento	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	Conceitos genéricos de manutenção	7
2.1.1	Definição	7
2.1.2	Objetivos	8
2.1.3	Tipos de manutenção	8
2.2	Indicadores de desempenho	10
2.3	Métodos de análise de criticidade de ativos	14
2.3.1	Matriz ABC	15
2.3.2	Matriz GUT	17
2.4	Custos de manutenção	18
2.5	E-maintenance na Indústria 4.0	21
2.6	Dispositivo médico	24
2.6.1	Classificação dos dispositivos médicos	25
3	DESENVOLVIMENTO DO CASO DE ESTUDO PRÁTICO	30
3.1	Enquadramento do caso de estudo prático	30
3.2	Equipamentos endoscópicos	31
3.3	Análise da criticidade dos equipamentos endoscópicos	39

3.4	Estudo do ciclo de vida dos equipamentos endoscópicos	45
3.4.1	Estudo da duração média de vida dos diferentes equipamentos	45
3.4.2	Relação entre o tempo de vida dos equipamentos e a sua taxa de utilização.....	49
3.5	Análise dos indicadores de desempenho	53
3.5.1	Tempo médio entre avarias – MTBF.....	53
3.5.2	Tempo médio de reparação – MTTR	57
3.5.3	Disponibilidade	62
3.5.4	Eficiência operacional – EO.....	66
3.6	Análise de avarias dos equipamentos endoscópicos	71
3.6.1	Manutenção corretiva	71
3.6.2	Manutenção preventiva	78
3.6.3	Tipificar e quantificar as avarias mais comuns dos equipamentos	85
3.7	Síntese de resultados obtidos	95
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	99
4.1	Conclusões	99
4.2	Propostas de trabalhos futuros	103
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	107

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura

1.5 Local/Empresa de acolhimento

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Este projeto de investigação foi realizado no âmbito da unidade curricular de Dissertação, que integra o Mestrado em Engenharia Mecânica, na especialização de Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), cujo tema desenvolvido é *E-maintenance*: Gestão da manutenção de ativos de electromedicina numa unidade hospitalar.

Este primeiro capítulo divide-se em cinco tópicos e tem o propósito de enquadrar e apresentar o trabalho desenvolvido. Inicialmente, são apresentados os objetivos do trabalho e a metodologia científica adotada. Seguidamente, é apresentada a estrutura da dissertação, terminando com uma introdução ao local de realização do trabalho, assim como, o respetivo período de tempo.

1.2 Objetivos

A *E-maintenance* é uma nova disciplina que congrega componentes clássicas de manutenção e engenharia, com fortes *skills* de tecnologias de informação e implementação de *software* empresarial. Tem como objetivo garantir a maior disponibilidade e eficiência de cada um dos ativos, assegurando simultaneamente o menor impacto ambiental através da monitorização energética e análise da sustentabilidade de todo o processo.

O principal objetivo desta dissertação é utilizar esta nova disciplina na gestão da manutenção de ativos. Visto que, a empresa acolhedora pretende que se faça uma análise comparativa entre as marcas dos dispositivos médicos com a mesma tipologia, de forma a perceber quais as marcas mais apropriadas para futuras aquisições:

Para cumprir com esses objetivos, o trabalho deve passar por:

- Entender os dispositivos médicos em estudo e as suas criticidades;
- Estudar a duração média de vida dos diferentes equipamentos médicos, desde o momento de instalação nas unidades até ao momento de abate;
- Verificar a relação entre o tempo de vida dos equipamentos médicos e a taxa de utilização dos mesmos;

- Analisar os indicadores de manutenção (KPI), tais como o Tempo médio entre avarias (MTBF), o Tempo médio das reparações (MTTR), a Disponibilidade (%) e a Eficiência Operacional (%) dos dispositivos médicos, em função do tipo e marca dos equipamentos em estudo;
- Quantificar o número médio de avarias dos equipamentos médicos e consequente análise por marca;
- Constatar o papel das intervenções de manutenção preventiva na duração da vida dos dispositivos médicos e averiguar se a necessidade de aumentar o número de ações preventivas para os equipamentos em estudo;
- Tipificar e quantificar as avarias mais comuns dos dispositivos médicos.

1.3 Metodologia

Visando responder à questão inicial e tendo por base os objetivos estabelecidos como orientação para a pesquisa, esta investigação apresenta a metodologia *Action-Research* (AR). Esta metodologia caracteriza-se com uma análise sequencial de eventos que implica conhecimento em ação, mediante a construção de teoria e testes em ação. Assim sendo, é composta por cinco etapas, sendo elas (Figura 1):

1. **Recolha e diagnóstico de problemas:** Nesta fase, é imprescindível perceber a logística da organização e entender quais os possíveis problemas e como serão resolvidos;
2. **Planeamento das ações:** Na segunda etapa são elaboradas as ações necessárias para que seja exequível determinar quais as mudanças, tendo sempre em atenção os recursos disponíveis e são, também, elaborados os procedimentos fundamentais;
3. **Implementação:** Tendo em consideração as duas etapas anteriores, a ação é posta em prática;
4. **Avaliação:** De seguida, como forma de compreender os impactos e negativos, é analisado os resultados o que permite que, no próximo estágio, exista uma maior obtenção de resultados positivos.
5. **Monitorização:** Apesar desta etapa estar presente em todas as etapas anteriormente descritas, aqui acontece a uniformização das melhorias atingidas.

As práticas da metodologia *Action-Research* são usadas pelas entidades com a finalidade de encontrar soluções para os problemas destas, trazendo, simultaneamente, a oportunidade de inovação e criatividade para a melhoria dos objetivos organizacionais (R. Martins *et al.*, 2020).

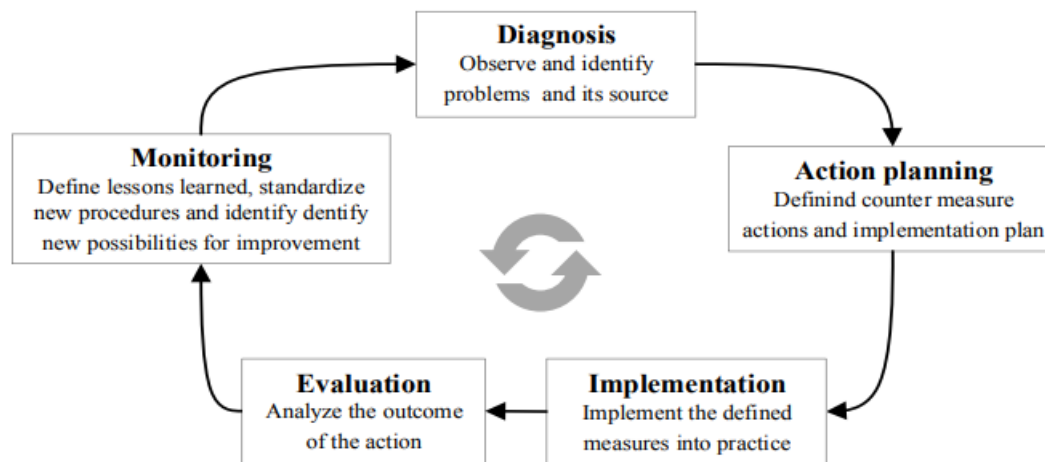


Figura 1 - Ciclo da metodologia Action-Research e diretrizes de implementação (Martins et al., 2020)

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação desenvolvida está dividida em cinco capítulos principais, podendo algum destes estar dividido em subcapítulos, quando pertinente.

O presente capítulo introduz a dissertação, contextualizando a razão pela elaboração do mesmo, os objetivos do estudo e qual a metodologia adotada para a realização deste. Mais, neste capítulo é apresentada a estrutura da dissertação, bem como a empresa de acolhimento onde a dissertação foi desenvolvida.

Com o título Revisão Bibliográfica, o segundo capítulo compreende toda a fundamentação teórica de vários temas, tais como: conceitos básicos de manutenção que inclui a definição do conceito, objetivos e os tipos de manutenção; indicadores de desempenho; método de análise de criticidade de ativos; custos de manutenção; *E-maintenance* na indústria 4.0; e por fim, abordou-se o dispositivo médico.

Em seguida, o terceiro capítulo visa o desenvolvimento. Desta forma, é evidenciado o contexto do qual o projeto foi desenvolvido, particularmente a apresentação do caso prático, dos equipamentos médicos em estudo e das marcas a estes associados. Assim sendo, foram analisados todos os fatores essenciais para o estudo destes equipamentos tal como as suas criticidades, os seus ciclos de vida, os seus indicadores de desempenho (MTBF, MTTR, Disponibilidade e Eficiência operacional), as suas intervenções de manutenção corretiva, as suas intervenções de manutenção preventiva e por último as avarias mais comuns associadas a este tipo de equipamentos.

No quarto capítulo é apresentada as conclusões primordiais do estudo, bem como as principais limitações e propostas de melhoria para possíveis trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

Por fim, o último capítulo contém as referências bibliográficas e fontes de informação que foram utilizadas ao longo do desenvolvimento deste trabalho de investigação.

1.5 Local/Empresa de acolhimento

Este trabalho está a ser desenvolvido com base num estágio curricular na empresa NextBITT em parceria com os seus clientes. A NextBITT tem como missão disponibilizar uma solução inovadora que permita otimizar a gestão de ativos físicos dos seus clientes, este trabalho será desenvolvido numa empresa cuja área de atuação é na saúde. Mais concretamente, o estágio e trabalho desenvolvido será efetuado na operação e a manutenção de equipamentos endoscópicos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos genéricos de manutenção

2.2 Indicadores de desempenho

2.3 Métodos de análise de criticidades de ativos

2.4 Custos de Manutenção

2.5 E-maintenance na indústria 4.0

2.6 Dispositivo médico

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceitos genéricos de manutenção

Nos dias de hoje, as organizações procuram, continuamente, alcançar um aumento da produção, a redução de custos associados e conseqüentemente, atingir lucros. Assim, as empresas optam pela busca da qualidade e do aumento de produtividade como fatores para o sucesso da mesma, em relação aos mercados concorrentes. Portanto, o papel da manutenção ganha forma na medida em que esta deverá ser encarada como uma das funções estratégicas da entidade para o alcance dos objetivos organizacionais. Desta forma, passa a ser considerada como um fator crucial para manter a competitividade entre as empresas. Podemos, assim, afirmar, que os resultados operacionais serão melhores quanto mais eficaz a gestão da manutenção.

No entanto, nem sempre a importância da manutenção é levada em consideração nas estratégias organizacionais, devido aos custos inerentes à função. Quando analisados os custos envolvidos, as empresas optam por atribuir à manutenção um papel secundário ou consideram-na como um mal necessário (Mendes *et al.*, 2017).

2.1.1 Definição

O estudo da manutenção inicia-se com a definição de manutenção. Caracterizada por não ser uma definição universal, esta pode apresentar diversos significados, tal como (Tabela 1):

Tabela 1 - Definição de manutenção

Autor	Definição
(Higgins <i>et al.</i> , 2000)	"A manutenção é uma ciência (...), uma arte (...). A manutenção é uma filosofia porque deve ser tão cuidadosamente montada na operação ou organização (...) porque a forma como é vista pelos seus executores moldará a sua eficácia."
(Martins, 2007)	"Combinação das ações de gestão, técnicas e económicas aplicadas aos bens para otimização dos seus ciclos de vida."
(Almeida, 2017)	"Conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e também ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas."

(Pinto <i>et al.</i> , 2020)	"De acordo com a NP EN 13306: 2017 A manutenção (...) é definida como o conjunto de operações necessárias para restabelecer os equipamentos a disponibilizar e realizar as tarefas planeadas."
(Souza <i>et al.</i> , 2012)	Apresenta a definição de Pintelon e VanPuyvelde: "Função manutenção é definida como uma combinação de todas as atividades técnicas e administrativas necessárias para manter equipamentos, instalações físicas e outros conjuntos na condição operacional desejada ou restaurá-los a essa condição".

2.1.2 Objetivos

Os objetivos do departamento da manutenção deverão ser, sempre, definidos tendo em conta os objetivos organizacionais da empresa. Vários autores indicam que o principal objetivo deste setor passa por garantir que todos os equipamentos da qual estão à sua responsabilidade cumpram a função para a qual foram destinados (Farinha, 1994, Neto & Lima, 2002 e Pimentel, 2020).

Neste sentido, Cabral (Cabral, 1998) refere que a manutenção se apoia nos seguintes objetivos (Carvalho, 2018):

1. **Tempo de vida:** Pretende o prolongamento de vida dos equipamentos e instalações. Deverá ter-se um cuidado contínuo para que se possa diminuir determinados problemas.
2. **Segurança:** Assegura a proteção de todos os membros envolvidos bem como do equipamento para uma utilização mais segura.
3. **Custo:** Qualquer ação feita deve representar uma redução dos gastos associados
4. **Disponibilidade:** Visa maximizar a eficácia produtiva.
5. **Qualidade:** Procura-se alcançar um rendimento superior dos equipamentos e impedir uma atuação abaixo dos padrões estabelecidos.

Neto & Lima e Han & Yang (Han & Yang, 2006 e Neto & Lima, 2002) acrescentam que, para o alcance destes objetivos, a existência de colaboradores qualificados bem como a colaboração de todos os setores da empresa é crucial. Não obstante, afirmam que é necessário perceber a razão para decorrer certos problemas e que, por isso, a manutenção carece de observações e revisões constantes.

2.1.3 Tipos de manutenção

No que concerne aos tipos de manutenção, a literatura existente apresenta-se discordante, o que permite a presença de variações tendo em conta os autores. Estas discordâncias verificam-se, sobretudo, na divisão dos tipos de manutenção.

Assim sendo, a Figura 2 representa a divisão segundo a NP EN 13306:2021 (Márquez, 2007), onde são apresentados dois tipos de manutenção: preventiva e corretiva e, ainda,

a visão de Mobley (Mobley, 2002), que acrescenta a manutenção de melhoria como uma das principais a ser referidas quando estudada esta temática.

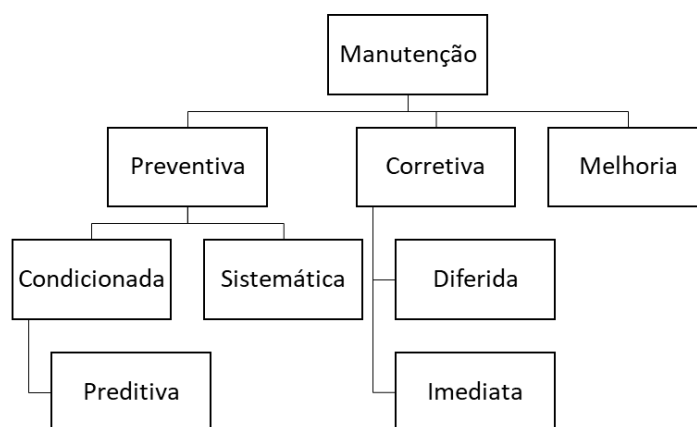


Figura 2 - Tipos de manutenção de acordo com a norma NP EN 13306:2017 adaptado de (Márquez, 2007)

Na tabela que se segue, Tabela 2, estão apresentadas as definições dos tipos de manutenção acima referidos, tendo por base a visão de diferentes autores.

Tabela 2 - Tipos de Manutenção

Tipos de manutenção	Definição
Corretiva	É descrita como um dos primeiros tipos de manutenção, onde o reparo dos equipamentos apenas é realizado após a avaria do mesmo (Paschoal <i>et al.</i> , 2009).
Corretiva diferida	Caracterizada por ser uma manutenção que não é executada logo após a identificação de falhas, no entanto é “atrasada de acordo com as regras de manutenção fornecidas.” (Márquez, 2007)
Corretiva imediata	Márquez (Márquez, 2007) define este tipo de manutenção como aquela que é posta em prática imediatamente a deteção de alguma irregularidade no equipamento, o que permite evitar determinadas consequências.
Preventiva	Caracteriza-se por ser uma manutenção que possui um conjunto de procedimentos, com o principal objetivo de manter as máquinas em funcionamento prevenindo, assim, o maior número de avarias possível nos equipamentos (Maffi <i>et al.</i> , 2017). Segundo Delecrodio

	<p>(Delecrodio <i>et al.</i>, 2021), é “feita em intervalos predefinidos e que tem por objetivo reduzir a probabilidade da ocorrência de falhas ou a deterioração do dispositivo de maneira a provocar o seu mau desempenho.”</p>
Preventiva Condicionada (CBM)	<p>A manutenção baseada na condição ou CBM apresenta-se como uma filosofia de gestão em que impera as decisões sobre os reparos ou substituições das condições atuais e/ou futuras dos ativos da empresa. Ellis (Ellis, 2008) e Souza (Souza <i>et al.</i>, 2012) mencionam que através monitorização dos componentes críticos de um equipamento, a necessidade da recolha e interpretação dos dados vai permitir que sejam tomadas as devidas ações, prevenindo possíveis falhas e, conseqüentemente, minimizar os custos totais associados.</p>
Preventiva Sistemática	<p>Este tipo de manutenção baseia-se na suspensão do equipamento, após um período de funcionamento delineado pelo técnico de manutenção da entidade ou recomendações do fabricante. É estabelecido um programa em cada máquina, onde seja possível fazer determinados ajustes e se, preciso, a troca de peças (Mouta, 2011).</p>
Preventiva Preditiva	<p>Consiste numa avaliação do estado em que se encontram os componentes críticos de cada máquina, procurando perceber qual o tempo certo para a intervenção aliado com o custo adequado. Este tipo de abordagem possibilita o máximo aproveitamento de cada constituinte dos equipamentos, uma vez que é possível programar a substituição de peças que possam estar, eventualmente, danificadas (Bolgenhagen <i>et al.</i>, 2011).</p>
Melhoria	<p>A manutenção de melhoria define-se por compreender um conjunto de alterações com a finalidade de melhorar o desempenho dos dispositivos e as suas características operacionais (Pimentel, 2020).</p>

2.2 Indicadores de desempenho

A competitividade existente no mercado é resultado da necessidade que as organizações têm em alcançar a primazia nos seus processos. Desta forma, obriga a que

as empresas procurem determinadas estratégias no momento de oferta da qualidade dos seus serviços (P. Santos & Santos, 2018).

No setor da manutenção, com o objetivo de medir o seu desempenho, as entidades identificam, formulam e avaliam indicadores de desempenho que são aplicados a fim de assegurar que os resultados estão em concordância com os objetivos organizacionais previamente estabelecidos (Souza *et al.*, 2012).

Indicadores de desempenho ou *Key Performance Indicator* (KPI's) caracterizam-se por ser critérios que propiciam a monitorização e avaliação do desempenho dos processos da entidade (Badawy *et al.*, 2016). Os indicadores informam quais as falhas que existem entre o desempenho atual e o pretendido dos equipamentos, indicando e realçando quais as oportunidades de melhoria que a organização deverá fazer para aumentar a performance destes (Junior *et al.*, 2011). Trata-se, assim, de uma ferramenta de gestão que avalia o sucesso de uma organização.

Assim sendo, os principais indicadores de desempenho na manutenção são o tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio de reparação (MTTR) e a eficiência global do equipamento (OEE) (Ferreira *et al.*, 2019). A tabela abaixo resume os indicadores referidos, indicando qual a equação de cálculo e a definição tendo em conta os autores (G. Pinto *et al.*, 2019 e Zen, 2003).

Tabela 3 - Definição de indicadores chave da manutenção adaptado de (EN BS 15341, 2007)

KPI	Definição	Fórmula
MTBF	Traduz a fiabilidade de um equipamento num dado período de tempo.	$\frac{\text{Tempo Total Disponível} - \text{Tempo total Perdido}}{\text{Número de Paragens}}$
MTTR	Corresponde ao tempo médio para reparar uma avaria no período em análise.	$\frac{\text{Tempo Total de Manutenção}}{\text{Número de reparações}}$
OEE	Indicador que permite a avaliação do desempenho geral.	$\text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$
Disponibilidade	Diz respeito à probabilidade de, num determinado momento, um recurso estar disponível.	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

Desempenho	Considera o tempo que demora a concluir um ciclo de produção.	$\frac{\text{Tempo de ciclo} \times \text{Total de peças executadas}}{\text{Tempo de operação}}$
Qualidade	Avalia a quantidade de peças produzidas sem qualquer defeito.	$\frac{\text{Total de peças executadas} - \text{Total de peças defeituosa}}{\text{Total de peças executadas}}$
PMC	Calcula a eficácia e o compromisso que o responsável pelo setor da manutenção tem em relação às tarefas que foram planeadas.	$\frac{\text{Horas de Manutenção Planeada}}{\text{Total de Horas de Manutenção}}$
PMP	Avalia o grau de eficiência de uma organização, o desempenho e sucesso no setor de mercado do qual está inserido.	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de tarefas executadas}}{\text{N}^\circ \text{ de tarefas planeadas}}$
Fiabilidade	Medida pela MTBF, define-se como a probabilidade de um equipamento executar a função definida durante um intervalo em determinadas condições.	$R(t) = e^{\int_0^t \lambda(t)dt} = e^{-\lambda \times t}$

Tendo em conta as inúmeras temáticas onde os indicadores de desempenho podem ser postos em prática, a tabela que se segue resume vários casos práticos onde alguns autores estudaram o papel de determinados indicadores nas respetivas áreas de estudo.

Tabela 4 - Casos práticos de aplicação de KPI's

Autor	Caso prático
(Gonzalez <i>et al.</i> , 2017)	Discutiu-se os principais indicadores de desempenho na indústria eólica, listando possíveis indicadores-chave de desempenho que preenchem essas particularidades. Através de representantes da indústria, conclui-se a necessidade de “validação numérica com

dados reais do *wind farm* para fazer uma avaliação quantitativa entre os diferentes KPI's, tanto para casos em terra como para *offshores*".

(Guariente *et al.*, 2017)

O artigo em questão apresenta como principal objetivo o aumento produtivo e a diminuição dos custos. Tomou-se como ação a melhoria da manutenção autónoma, com a finalidade de aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Nesse seguimento, deu-se um aumento de 10% da disponibilidade de uma das linhas de produção, o que resultou num crescimento do OEE em 8%, no mesmo intervalo de tempo.

(Kumar *et al.*, 2021)

Analisou-se os dados de falha e reparação de um composto de pás (ME1) e *dumpers* (ME2), em que foram analisados do modo gráfico e estatístico para apreciar a RAM (fiabilidade, disponibilidade e Manutibilidade). De modo a validar o IID (independente e identicamente distribuído) dos seus MTBF e MTTR foram empregues métodos gráficos que contêm testes de correlação em série e testes de tendência. Estatisticamente, é selecionada a distribuição *Weibull*, pois é a distribuição que mais se adequa utilizando os testes K-S (*Kolmogorov-Smirnov*). Verificou-se que a fiabilidade de ME1 e de ME2 era 0,348 e 0,292, respetivamente, para MTBF em particular. Com fundamento na manutenção preventiva, a fiabilidade pode ser obtida por 70% e 80% para intervalos de tempo diferentes.

(Badawy *et al.*, 2016)

O artigo apresenta algumas abordagens na exploração de indicadores de desempenho em diferentes direções (abordagens manuais, de seleção ou de previsão). Apontou-se a necessidade de apostar na investigação na abordagem de previsão, dado que a existente é focada em determinado ponto. Assim sendo, o objetivo do estudo passa, de uma forma genérica, propor uma abordagem de antecipação na previsão de KPI's e previsão completa para estes, abrangendo cada KPI de acordo com o problema e valor, e aplicá-la em diferentes setores.

(Ferreira *et al.*, 2020)

Numa empresa, localizada na Irlanda, estudou-se a utilização de KPI's na avaliação do trabalho desempenhado no setor da manutenção e na sua relação com o trabalho realizado no setor produtivo. O indicador de desempenho foi distribuído em duas partes: primeiramente, é avaliado quais os componentes que estão

em final de vida; a segunda parte avalia quais as consequências no caso de substituição do equipamento.

(Pinto *et al.*, 2019)

Neste estudo, na indústria automóvel, foram implementados vários KPI's (MTBF, MTTR e OEE), com o propósito de analisar quais os problemas dos equipamentos e quais as formas corretas para os corrigir. Assim, as metodologias adotadas foram o SMED e o 5S, podendo reduzir tempos de paragem. Os resultados corresponderam aos objetivos que foram alcançados: o tempo de *setup* diminuiu 11%, melhorando o OEE para 90.22%.

(Muchiri *et al.*, 2011)

O artigo, referente a um estudo numa empresa na Bélgica, tem como intuito demonstrar que os indicadores-chave de desempenho não podem ser estabelecidos de forma isolada, ou seja, devem ser o resultado da junção das funções da manutenção bem como de todas as outras funções organizacionais. Apresenta, ainda, o objetivo de avaliar se os indicadores escolhidos foram os certos e se foram utilizados corretamente.

2.3 Métodos de análise de criticidade de ativos

As prioridades dos processos produtivos numa empresa podem ser alteradas consoante as necessidades dos mercados e, conseqüentemente, os seus clientes. Desta forma, o setor da manutenção necessita de estar atenta às eventuais mudanças que possam correr para que a disponibilidade das suas instalações e equipamentos seja confiável.

As instalações e equipamentos que constituem os processos produtivos estão sujeitos a determinadas condições que podem interferir com o seu desempenho: as falhas nestas ferramentas intrínsecas à manutenção significam que a disponibilidade e confiabilidade do processo produtivo estará comprometida. Assim, “quanto maior o impacto da falha de um equipamento no processo produtivo, mais crítico ele se torna” (Pires *et al.*, 2018).

Não obstante, nem todos os equipamentos disponíveis de uma empresa tem a mesma criticidade. Exemplificando, os equipamentos que são utilizados ocasionalmente não afetam propriamente a produção, no entanto há outros equipamentos, que são considerados críticos, que, obrigatoriamente, deverão funcionar corretamente ao longo do seu ciclo de vida. Caso contrário, as consequências passam por atrasos na entrega dos produtos aos clientes, acidentes pessoais de trabalho, prejuízos ambientais e pelas perdas de vendas e por isso, perdas monetárias.

Existem fatores importantes no momento da classificação dos equipamentos críticos, que deverão estar sempre alinhados com os objetivos da empresa, nomeadamente:

“segurança do ambiente, confiabilidade das instalações da linha de produção, qualidade dos produtos, custos de operação e intervenção, vida útil, custo do equipamento”.

Neste enquadramento e na elaboração de um plano de manutenção que seja eficiente, são aplicadas técnicas de priorização dos equipamentos mediante o grau de criticidade e impacto que este terá sobre os objetivos organizacionais.

2.3.1 Matriz ABC

A matriz ABC é um dos métodos de classificação mais usados pelas organizações com a finalidade de classificar as máquinas conforme o seu grau de importância no seu setor produtivo. Este tipo de classificação é muito importante no momento em que a política de manutenção é posta em prática, tendo em atenção a avaliação que é feita da criticidade dos equipamentos e o impacto que eventuais falhas possam acontecer no processo produtivo (Gong *et al.*, 2020).

As classificações dos ativos, normalmente, apresentam resultados de 20% para a categoria A (equipamentos críticos), 30% para a categoria B (semicríticos) e os restantes 50% para a categoria C (ativos com menor criticidade). (Santos *et al.*, 2019)

Para a utilização da classificação ABC é utilizado um fluxograma (Figura 3) do tipo decisório.

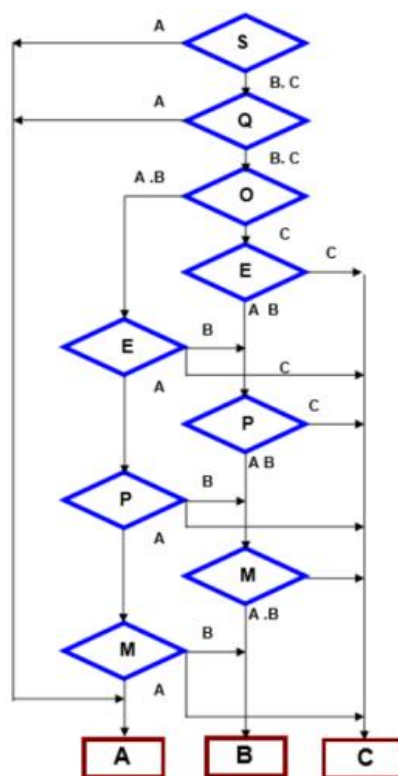


Figura 3 - Fluxograma para decisão de nível de criticidade (Pires et al., 2018)

Não obstante, a utilização deste fluxograma é feita com uma base de critérios de criticidade, que, assim, nos vai possibilitar classificar cada ativo que a organização possui. Desta forma, a figura abaixo exemplifica:

Tabela 5 - Fatores de avaliação e níveis de impacto adaptado de (Pires et al., 2018)

Fatores de avaliação	Critérios de Avaliação		
	A	B	C
S Segurança e Meio Ambiente	Caso sofra paragem, provoca acidente grave e problemas de contaminação com o meio ambiente	Caso sofra paragem, pode provocar algum tipo de acidente, porém só material, mas não com o meio ambiente	Caso sofra paragem, sem probabilidade de provocar qualquer tipo de acidente, nem tampouco com o meio ambiente
Q Qualidade do produto	Caso sofra paragem, haverá com certeza queda de qualidade e geração de refugos, podendo gerar reclamações de clientes	Caso sofra paragem, haverá possível queda de qualidade e poucos refugos, sem possibilidade de reclamações de clientes	Caso sofra paragem, não haverá queda de qualidade e pouco refugos, sem possibilidade de reclamações de clientes
O Condição de Operação	Tempo de utilização da máquina ou equipamento acima de 90% ao mês	Tempo de utilização da máquina ou equipamento de 50% a 90% ao mês	Tempo de utilização da máquina ou equipamento abaixo de 50% ao mês
E Condição de Entrega	Caso sofra uma paragem, pode parar uma linha de produção sem nenhuma alternativa a curto prazo	Caso sofra uma paragem, pode parar uma linha de produção, porém com alternativas imediatas	Caso sofra uma paragem, não interfere na linha de produção, e com outras alternativas imediatas
R Fiabilidade	MTBF abaixo de 15 horas	MTBF acima de 15 até 30 horas	MTBF acima de 30 horas
M Manutibilidade	MTTR acima de 2 horas	MTTR de 1 a 2 horas	MTTR abaixo de 1 hora

Para poder definir se o nível de criticidade de um ativo, é necessário entender, primeiramente, a qual classe da classificação ABC o equipamento pertence (Pires *et al.*, 2018):

- **Classe A:** Nesta classe fazem parte os equipamentos que possuam prioridade alta: aqueles que interrompam o processo produtivo ou que reduzam a

capacidade produtiva. Devem estar incluídos na manutenção preditiva e realizada uma análise de falhas.

- **Classe B:** Dizem respeito os equipamentos de prioridade média: estes ativos não causam paragens críticas e, por isso, o impacto que a falha terá é recuperável. Contempla a manutenção preditiva e preventiva.

Classe C: Reúnem-se os equipamentos com uma baixa prioridade: ativos que são necessários ao processo produtivo, mas que não afetam a produção. Abrangem a manutenção preditiva, corretiva e a monitorização das falhas.

2.3.2 Matriz GUT

A matriz GUT, bastante usada pelas empresas, é uma ferramenta de auxílio na priorização de resolução de problemas e na análise da prioridade da realização de várias tarefas. Isto vai permitir que o gestor de manutenção consiga priorizar ações preventivas na gestão dos seus ativos. A palavra GUT significa Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T), sendo que a matriz serve para classificar cada problema pela ótica da gravidade (do problema), da urgência (de resolução dele) e pela tendência (dele agravar com rapidez ou de forma lenta) (Carvalho *et al.*, 2020).

No que diz respeito a estes três aspetos na classificação de problemas:

- **Gravidade:** Analisa, quantitativo e qualitativamente, a intensidade ou impacto que o obstáculo pode causar se não for resolvido.
- **Urgência:** Analisa o período de tempo que existe para resolver um determinado problema.
- **Tendência:** Analisa a evolução da situação, ou seja, a probabilidade do problema se tornar maior com o passar do tempo. Neste caso, terá de se ter em consideração o desenvolvimento que o problema terá na ausência de uma medida para o solucionar.

Cada um destes atributos é pontuado de um a cinco e é feita uma multiplicação de cada item para estabelecer o valor de prioridade para a resolução de cada problema.

Tabela 6 - Critérios da metodologia GUT adaptado de (Carvalho *et al.*, 2020)

Pontos	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Imediatamente	Piora muito, ou rapidamente
4	Muito grave	Curto prazo	Aumenta ou piora em pouco tempo

3	Grave	Médio prazo	Permanece igual ou piora em médio prazo
2	Pouco grave	Longo prazo	Reduz ou piora em longo prazo
1	Sem gravidade	Longuíssimo prazo	Desaparece ou não piora

O passo seguinte, após ter definido o valor para cada um dos três critérios, passa pela multiplicação destes, dando origem ao cálculo do GUT ($G \times U \times T$). Após o valor dessa multiplicação, irá ser visível qual é o ativo que precisa de mais urgência na sua resolução (Carvalho et al., 2020).

2.4 Custos de manutenção

Outrora, quando analisada individualmente, a manutenção era vista como um fator de custos adicionais para as entidades, e por isso, elegida a uma posição secundária. O setor ganhou a importância certa e é, hoje em dia, considerada uma função estratégica como um elemento fundamental na qualidade e produtividade no meio empresarial. A necessidade das empresas em manter-se competitivas no mercado resulta numa procura incessante “pela otimização e a redução de custos sem perda de qualidade nos produtos e processos” (Marcorin & Lima, 2003 e Vasconcellos *et al.*, 2021).

Os custos de manutenção podem ser classificados em:

- Custos diretos: dizem respeito aos custos que podem ser identificados e diretamente interligados a cada produto ou função. Exemplificando, consideram-se custos diretos a mão de obra, a aquisição de peças e equipamentos de reposição;
- Custos indiretos: são aqueles que estão relacionados com o funcionamento da organização, mas que “não são passíveis de serem quantificados e atribuídos de forma direta a um ou todos os portadores finais”. Ou seja, os custos indiretos não podem ser resultado da necessidade de produção ou da própria execução dos serviços. Assim, fazem parte os custos de planos de melhoria, materiais e produtos alusivos ao serviço de manutenção (Freitas & Filho, 2005).

Não obstante, para além de todos os custos ligados ao serviço de manutenção, as empresas não se podem esquecer dos custos que existem associados à falta de manutenção. A indisponibilidade do equipamento conseqüente da falta de manutenção resulta, na “perda de produção, da não-qualidade dos produtos, da recomposição da produção e das penalidades comerciais” (Marcorin & Lima, 2003).

Assim, a tabela 7 que se segue apresenta um conjunto de casos práticos referentes aos custos de manutenção.

Tabela 7 - Casos práticos de aplicação de gestão de custos de manutenção

Autor	Caso prático
(Izquierdo <i>et al.</i> , 2020)	<p>A energia eólica representa uma das fontes de energia renováveis relevante para as organizações. Denota-se, por parte destas, uma crescente procura de energia a partir de fontes renováveis, o que, conseqüentemente, implica o desenvolvimento de determinadas tecnologias que permitam aumentar a rentabilidade destes projetos. No entanto, o custo associado à manutenção dos parques eólicos estende-se ao longo do ciclo de vida. Neste trabalho, os autores procuram encontrar uma abordagem com a finalidade de reduzir os custos. Foi realizado um estudo de caso, onde é sugerido uma otimização objetiva de uma política de manutenção para o ciclo de vida de um parque eólico. As conclusões apontam pontos de vista significativos dos investidores, proprietários e colaboradores destes parques.</p>
(Hernández-Chover <i>et al.</i> , 2021)	<p>A gestão das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) é um procedimento complexo, dado que existem fatores que influenciam o panorama económico. Um dos fatores é o problema de sobredimensionamento das ETAR. O estudo incidiu na região de Valência, e mediante uma abordagem econométrica, o comportamento das ETAR foi modelado: foram conseguidas funções de custos de manutenção para modelar a variabilidade dos custos de manutenção, tendo em conta a influência excessiva. As principais conclusões a que se chegou foram que há uma influência significativa do sobredimensionamento nos custos de manutenção nas ETAR, mas que, ao trabalharem perto do seu equivalente populacional, há uma melhoria da eficiência no tratamento das águas residuais e por isso, uma redução nos custos associados.</p>
(Hagström <i>et al.</i> , 2020)	<p>Na indústria 4.0, são cada vez mais máquinas a serem usadas e por isso, a capacidade para as preservar é crucial. O artigo em questão procura, através de um estudo de caso, averiguar a qualidade do <i>design</i> da máquina do ponto de vista da manutenção. Os resultados apresentados são: o</p>

custo de manutenção está a crescer progressivamente no início do ciclo de vida do equipamento; as máquinas novas possuem custos de manutenção maiores do que as máquinas que se aproximam do fim da vida; a fraqueza do design é um contributo considerável para o custo de manutenção. Os autores sugerem mais investigação nas temáticas abordadas neste estudo.

(Pan *et al.*, 2021)

Este estudo contrastou a eficácia e o custo efetividade de quatro tratamentos de pavimento. O indicador-chave de desempenho escolhido foi a profundidade de sulcos (RD). A diminuição da taxa de degradação do RD e o crescimento da RD média no decorrer do período de monitorização foram escolhidos como medidas de efetividade do tratamento. A análise de custos do ciclo de vida exercida com o objetivo de avaliar o custo-efetividade no decurso do período de análise dos últimos anos. Tendo em conta os resultados obtidos, a reciclagem quente é o tratamento que tem maior eficácia e custo-benefício. Mais, os autores chegaram à conclusão de que o uso do pavimento asfáltico recuperado (RAP) no tempo correto de manutenção favorece consideravelmente a restauração da resistência do mesmo.

(Costello *et al.*, 2019)

As organizações que, já consideram a manutenção como uma das partes integrantes da gestão estratégica da empresa, estão, a todo o momento, preocupadas com as questões financeiras adjacentes ao setor. O estudo incidiu numa empresa de dispositivos médicos na Irlanda e procura perceber o papel de um sistema informático de gestão da manutenção (CMMS) numa manutenção orientada para os custos como uma ferramenta de tomada de decisões e armazenamento de dados.

(Özgür-Ünlüakın *et al.*, 2021)

Para todas as organizações, o planeamento e a execução da manutenção tornam-se desafios diários. Ao passo que as ações de manutenção preventiva podem ser planeadas, as ações corretivas têm um impacto na disponibilidade do sistema. Neste estudo, é proposto um esquema de modelação de “rede bayesiana dinâmica e económica” com o objetivo de ser utilizado no planeamento de ações de manutenção corretiva em sistemas com componentes

ocultos. Desta forma, são propostos vários métodos, sendo que cada um tem o propósito de “equilibrar o custo com o efeito de probabilidade”: métodos de efeito de falha dão um custo total menor para todos os valores de custo de inatividade e o seu destaque torna-se relevante ao passo que esse valor intensifica; uma análise estatística constata que, através da abordagem proposta, se consegue atingir ganhos nos custos de manutenção.

(Mofokeng *et al.*, 2020)

Este estudo tinha como finalidade, tendo em conta um estudo de caso numa das empresas do setor, perceber quantos e quais os fatores que influenciam o aumento do custo de manutenção de uma aeronave. Foram analisados os seguintes fatores: custo de manutenção, ciclos e horas de voo, confiabilidade do despacho e relatórios do piloto. Os resultados indicaram que a aeronave cujos custos de manutenção eram mais elevados, era aquela que possuía as maiores horas de voo e a menor confiabilidade de despacho na frota.

2.5 E-maintenance na Indústria 4.0

Nos dias de hoje, num mundo em que as empresas procuram aumentar as margens de lucro, simultaneamente em que os consumidores se tornam, cada vez mais, exigentes, o serviço de manutenção ganha um papel crucial no setor produtivo: verifica-se um aumento da produtividade, disponibilidade dos equipamentos, segurança, qualidade do produto desenvolvido e conseqüentemente, a satisfação do cliente.

A manutenção, ao longo dos anos, tem evoluído e com isso, também, o conceito e o seu objetivo. Se, outrora, era considerada como um serviço ocasional onde era utilizada como reparação, apenas, em caso de avaria, hoje em dia a tecnologia é usada progressivamente nas práticas de prever e prevenir uma anomalia. Desta forma, esta evolução deu espaço para o aparecimento do *E-maintenance*.

O termo *E-maintenance* surgiu no início dos anos 2000, decorrente da evolução tecnológica e das tecnologias de informação que foram surgindo bem como da necessidade de integração do setor na gestão estratégica da organização. Apesar de as definições, na literatura existente, de um sistema inteligente de *E-maintenance* serem discrepantes, pode ser definido como uma “tecnologia de manutenção preditiva baseada na *internet* e *Web-enabled* que consiste na avaliação inteligente da degradação da máquina, e-prognóstico e e-diagnóstico”, permitindo às empresas ter as suas máquinas funcionais, com números de avarias reduzidos. Estes sistemas permitem

realizar uma avaliação remotamente e em tempo real da informação que diz respeito ao desempenho do equipamento, utilizando variadas tecnologias como por exemplo, “sensores, agentes de avaliação, comunicações wireless, integração virtual e plataformas de interface” (Santos *et al.*, 2011).

Levrat (Levrat *et al.*, 2008), considera este termo como um conceito de gestão da manutenção, onde os ativos são monitorizados e geridos através da *internet*. O autor acrescenta que, este sistema desencadeou um nível de transparência e eficácia, algo que na indústria, até à data, ainda não tinha conseguido ver.

O mundo tecnológico em que vivemos deve-se ao crescimento das tecnologias sobretudo pelo uso de smartphones, o que resultou na criação de uma rede entre pessoas e sistemas de informação, originando nos conceitos de *Internet of Things (IoT)* e *Internet of Services (IoS)*. Para além de influenciar a vida das pessoas que as utilizam, também decorre várias mudanças na indústria (Justus *et al.*, 2019).

A indústria 4.0 envolve uma série de tecnologias, como a automação e tecnologias de informação, que deverão atuar em conjunto com o intuito de diminuir as perdas e aumentar a eficiência do sistema de produção. A manutenção caracteriza-se por ser proativa, na medida em que previne antecipadamente as falhas pois, com as tecnologias associadas à indústria 4.0, os dados dos equipamentos conseguem ser reunidos em tempo real. Apesar das oportunidades de desenvolvimento da manutenção 4.0 poderem gerar lucro adicionais para as empresas, também representam uma ameaça tendo em conta os investimentos necessários à mesma. (Delecrodio *et al.*, 2021)

A revisão da literatura existente reconhece conceitos da indústria 4.0 aplicados ao domínio da manutenção preditiva. A manutenção corretiva corresponde à reparação de um equipamento no momento em que ocorre uma avaria. A manutenção preventiva requer um agendamento e não existe uma monitorização constante do estado do equipamento. Já a manutenção preditiva apresenta, continuamente, uma monitorização das máquinas e por isso, possibilita a recolha de dados do perfil destas.

A manutenção preditiva na indústria 4.0 pode ser concretizado por “máquinas auto-conscientes e de auto-manutenção habilitadas por *cyber physical system (CPS)*, *IoT* e *big data analytics*. (Drakaki *et al.*, 2021)

Tal como todos os tópicos desenvolvidos acima, a tabela que se segue diz respeito a vários casos práticos desenvolvidos por diversos autores na temática do *E-maintenance* na indústria 4.0.

Tabela 8 - Casos práticos de aplicação de manutenção na indústria 4.0

Autor	Caso prático
(Wippel <i>et al.</i> , 2021)	O artigo apresenta, através de um caso prático, um modelo de seleção e implementação de tecnologias da Indústria 4.0 na manutenção do material circulante. Este modelo é

composto por várias etapas e tem em consideração os componentes do material circulante, quais as principais e apropriadas estratégias de manutenção e as tecnologias existentes na Indústria 4.0, considerando o grau de maturidade dos operadores ferroviários.

Validado por profissionais da área, este modelo sugere atividades pertinentes, conseguindo identificar os critérios e pré-requisitos das tecnologias.

(Krupitzer *et al.*, 2020)

Contextualizando, o autor considerou um caso específico sobre as emissões produção da Volkswagen no ano de 2016, o que resultou em perdas elevadas nas vendas da empresa. A finalidade do exemplo demonstrado é realçar o impacto financeiro que a produção terá sobre as organizações, sobretudo em âmbitos orientados pela indústria 4.0. Neste artigo, foi realizado um inquérito sobre a manutenção preditiva nesta indústria e posteriormente, uma discussão relativa aos recentes desenvolvimentos neste domínio.

(Santos *et al.*, 2011)

O aparecimento do *E-maintenance* e o desenvolvimento de plataformas relativas ao mesmo (agregação de software e hardware e outras tecnologias) permitiram a implementação de serviços, importantes estes para a própria evolução do conceito. Neste artigo, e através de uma empresa, foi elaborada uma plataforma de *E-maintenance* aplicada a um sistema automatizado de pesagem de viaturas. Este sistema monitoriza, constantemente, a degradação dos elementos críticos através de um sistema de alerta que notifica os colaboradores antecipadamente, permitindo antecipar potenciais falhas.

(Drakaki *et al.*, 2021)

Neste estudo, o objetivo principal passa por mostrar uma revisão bibliográfica das últimas tendências da manutenção preditiva nos motores de indução, com foco nos métodos de deteção e diagnóstico precoce de falhas. Estes métodos têm por base dois dos sistemas que surgiram nos últimos anos: multi-agente (MAS) e *deep learning* (DL). É apresentada uma discussão em relação aos métodos apresentados, com a finalidade de exhibir quais os desenvolvimentos e tendências a serem estudados em investigações futuras.

(Masoni *et al.*, 2017)

A indústria 4.0 veio permitir que as empresas passem a considerar a realidade aumentada (AR) uma das tecnologias a investir no setor da manutenção. As tecnologias *off-theshelf* também são bastante usadas. Através de feedback recebido por trabalhadores, apresentou-se uma solução para a manutenção remota assente nas tecnologias acima referidas. A aplicação elaborada possibilita uma ligação, remotamente, de um trabalhador qualificado numa sala de controlo a um operador não qualificado que se encontra no local onde a função de manutenção terá que ser resolvida. Ainda, são descritas as características adicionadas à aplicação e a lógica destas, podendo tornar a comunicação entre todos os envolvidos mais eficaz, mesmo que remotamente.

(Alarcón *et al.*, 2021)

O artigo, relativo a uma empresa de produtos químicos espanhola, propõe a agregação de baixos custos dos Sistemas de Gestão de Energia (EMS) e dos Sistemas de Gestão de Manutenção (MMS) nos principais sistemas de gestão de uma entidade. O objetivo passa por incluir a manutenção e a eficiência energética nas obrigações das empresas. Um agente importante que permita chegar a esse objetivo é a utilização de analisadores de rede em máquinas elétricas pois, a informação que estes conseguem obter, ajudam na determinação do consumo de energia e na perceção das condições dos equipamentos, que acabam por identificar, preliminarmente, as falhas. Algumas das medidas que os autores propõem, simultaneamente com a diminuição de custos em mente, passa pelas reduções drásticas do consumo de energia e inspeções de manutenção necessárias, e ainda, a extensão do tempo de substituição de peças.

2.6 Dispositivo médico

No desenvolver do caso prático, tendo em conta o objetivo previamente definido e os tipos de ativos que serão estudados, a importância de descrever o conceito de dispositivo médico ganha importância, sendo que existe uma norma para tal.

Com base no regulamento (UE) 2017/745 do parlamento europeu e do conselho d 6 de abril de 2017, relativo aos dispositivos médicos, define estes mesmos como “qualquer

instrumento, aparelho, equipamento, software, implante, reagente, material ou outro artigo, destinado pelo fabricante a ser utilizado, isolada ou conjuntamente, em seres humanos, para um ou mais dos seguintes fins médicos específicos:

- diagnóstico, prevenção, monitorização, previsão, prognóstico, tratamento ou atenuação de uma doença,
- diagnóstico, monitorização, tratamento, atenuação ou compensação de uma lesão ou de uma deficiência,
- estudo, substituição ou alteração da anatomia ou de um processo ou estado fisiológico ou patológico,
- fornecimento de informações por meio de exame in vitro de amostras provenientes do corpo humano, incluindo dádivas de órgãos, sangue e tecidos,

e cujo principal efeito pretendido no corpo humano não seja alcançado por meios farmacológicos, imunológicos ou metabólicos, embora a sua função possa ser apoiada por esses meios.

Porém, este mesmo regulamento entende como acessório “artigo que, embora não sendo por si só um dispositivo médico, esteja destinado pelo seu fabricante a ser utilizado em conjunto com um ou vários dispositivos médicos específicos, por forma a permitir especificamente a utilização do dispositivo médico ou dos dispositivos médicos de acordo com a sua finalidade prevista ou a assistir específica e diretamente a funcionalidade médica do dispositivo ou dos dispositivos médicos em termos da sua finalidade ou finalidades previstas.” (Jornal da União Europeia, 2017).

2.6.1 Classificação dos dispositivos médicos

A classificação tem por objetivo a aplicação de um sistema gradual de controlo, correspondente ao nível dos potenciais riscos inerentes ao tipo de dispositivo envolvido.

Segundo a Regulamento de Dispositivos Médicos (RDM), todos os aparelhos médicos, abrangidos pelo Decreto-Lei 145/2009 de 17 de junho, encontram-se divididos nas seguintes classes de risco:

- Dispositivos médicos de classe I (baixo risco);
- Dispositivos médicos de classe IIa (médio risco);
- Dispositivos médicos de classe IIb (médio risco);
- Dispositivos médicos de classe III (alto risco).

DESENVOLVIMENTO CASO DE ESTUDO

PRÁTICO

3.1 Enquadramento do caso de estudo prático

3.2 Equipamentos endoscópicos

3.3 Análise da criticidade dos equipamentos endoscópicos

3.4 Estudo do ciclo de vida dos equipamentos endoscópicos

3.5 Análise dos indicadores de desempenho

3.6 Análise de avarias dos equipamentos endoscópicos

3.7 Síntese de resultados obtidos

3 DESENVOLVIMENTO DO CASO DE ESTUDO PRÁTICO

3.1 Enquadramento do caso de estudo prático

Como já foi referido anteriormente, o desenvolvimento deste caso de estudo prático elaborou-se com a colaboração da *NextBITT* e de um grupo hospitalar.

A *NextBITT* é uma empresa portuguesa, fundada em 2015, que disponibiliza uma solução inovadora para a otimização da gestão de ativos físicos através de uma plataforma que tem capacidade de se adaptar às necessidades de cada empresa. Além disso, trabalha com as maiores empresas nacionais e estrangeiras, e está representada em diversos setores, tais como o da banca e retalho especializado, o dos transportes, o da indústria, o da saúde entre outros.

Os objetivos deste trabalho foram definidos em conformidade pelos colaboradores de ambas instituições, com o propósito de desenvolver e enriquecer o conhecimento e o trabalho nestes dois grupos. O objetivo principal pretendido corresponde a gestão do ciclo de vida dos dispositivos médicos, no qual se procura fazer uma análise comparativa entre as marcas dos dispositivos médicos com a mesma tipologia, com o intuito de perceber quais as marcas mais apropriadas para futuras aquisições.

De modo a entender a estrutura do desenvolvimento do caso prático foi desenvolvido um fluxograma que podemos visualizar na Figura 4.

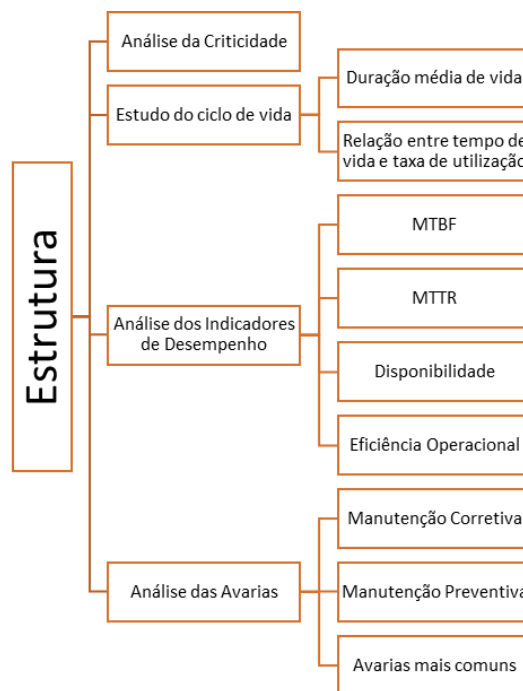


Figura 4 - Fluxograma da estrutura do caso prático

O desenvolvimento do caso prático foi elaborado segundo o conceito de teletrabalho, sendo fornecido o acesso à *software NextBITT*, na qual é possível retirar todos os dados informações necessárias para o estudo, como por exemplo as informações sobre os ativos, as suas localizações, manutenções preventivas, manutenções corretivas, ordens de trabalho, etc. Todos estes elementos, para além de se visualizar no *software*, é possível extrair relatórios com todos os dados que são necessários.

Contudo, posteriormente foi disponibilizado acesso à plataforma de análise de dados do grupo hospitalar, designada por “*Insights*”, onde é possível visualizar *dashboards*, listas e extrair dados sobre ordens de trabalho, intervenções de manutenção corretiva, intervenções de manutenção preventiva, cálculo de SLA e ativos. Essencialmente o que esta plataforma faz, é a absorção dos dados obtidos a partir do software da *NextBITT* e desenvolve e analisa estes mesmos através da utilização de KPI’s. Consequentemente são produzidos *dashboards* e listas sobre todas estas informações.

3.2 Equipamentos endoscópicos

Neste caso de estudo, o trabalho desenvolvido será na área da electromedicina, onde os equipamentos definidos pelos colaboradores do setor da manutenção para o estudo em questão serão os equipamentos endoscópicos.

No âmbito da aplicação da metodologia *Action Research*, o primeiro passo para o desenvolvimento deste trabalho baseou-se na observação, identificação e análise dos problemas.

Numa primeira fase, procedeu-se a uma abordagem geral aos equipamentos endoscópicos, através da recolha de informação de todas as suas características, no *software* da *NextBITT*.

Para cada equipamento/ativo é possível retirar as seguintes características:

- **Código** - conjunto alfanumérico que identifica o ativo. Em função da natureza do ativo (eletromedicina ou infraestrutura), o código é composto da seguinte forma:
 - Equipamento de Eletromedicina - código sequencial de 6 caracteres, que inicia com uma ou duas letras específicas de cada localização (ex.M00002 ou AA0001);
 - Equipamento de Infraestrutura - código de 8 caracteres, constituído pelas letras da Família e Subfamília e por um número sequencial (ex. SICR0290).
- **Designação** - nome do equipamento.
- **Marca**
- **Modelo**
- **Nº Série**

- **Nº Património** - usado pela Manutenção para registar o nº da nota de encomenda.
- **Fornecedor** - empresa que forneceu o equipamento.
- **Ativo Principal** - Localização onde se encontra o equipamento. No caso de se tratar de um subequipamento, este campo indica o equipamento principal (ex: o equipamento principal de uma sonda de ecógrafo é o próprio ecógrafo).
- **Sector** - enquadramento contratual da manutenção do equipamento.
- **Datas de Instalação** - data de entrada em funcionamento na unidade.
- **Data de Fabrico** - data de construção do equipamento.
- **Data Fim** - data de fim de garantia.
- **Observações**
- **Custo** - custo de aquisição do equipamento.
- **Centro de Custo** - classificação contábil do serviço a que pertence o equipamento, no ERP/SAP da unidade hospitalar.
- **Nível de Segurança** - este campo aplica-se apenas a equipamentos de electromedicina e corresponde ao nível de risco (*Risk Level*) atribuído ao tipo de equipamento no normativo do *ECRI Institute*:
 - Nível 1 – Risco elevado;
 - Nível 2 – Risco relevante;
 - Nível 3 e 4 – Risco baixo/sem risco.
- **Grau de Criticidade dos Ativos**
 - 1 - Crítico;
 - 2 - Importante;
 - 3 - Normal.
- **Família/Subfamília** – classificação segundo a nomenclatura internacional dos equipamentos médicos, GMDN (*Global Medical Device Nomenclature*), composto por:
 - **Família** – grupo agregador das nomenclaturas, ou seja, o *collective term*;
 - **Subfamília** – termo GMDN.
- **Classe** - composta por um código GMDN do equipamento (ex.11490-3) – ou de um equipamento de características semelhantes (ex. EMDRAD-2) –, e pelo grau de criticidade (ex.11490-3).
- **Matrícula** - usada pela Manutenção para registar o número de imobilizado. Este número é constituído por um conjunto de letras associado à unidade, à qual pertence o imobilizado, e uma parte numérica correspondente ao número imobilizado em SAP (ex. SGHD104564).
- **Estado** - podem existir dois estados funcionais do equipamento:
 - **Inativo** - quando selecionado, indica que o equipamento se encontra fora de serviço e em reserva na unidade;
 - **Anulado** - quando selecionado, indica que o equipamento foi abatido e retirado definitivamente de serviço.

Estas são apenas as características mais importantes e que vão ser necessárias para o desenvolvimento do estudo do caso pratico.

No seguimento da aplicação da metodologia *Action Research*, além de se identificar e consultar as características de cada ativo foi necessário perceber quais as avarias mais recorrentes nos equipamentos endoscópicos.

Para isso foi necessário fazer um levantamento do tipo, número e marcas dos equipamentos existentes.

A Tabela 9, apresenta o nome representativo de cada equipamento, a quantidade de equipamentos ativos e as suas respetivas marcas.

Tabela 9 - Equipamentos e as suas marcas

Nome de equipamento	Número de equipamentos	Marca
Armário de secagem de endoscópios	13	Wassenburg; Endo Technik; Steelco; Harloff
Máquina de lavar/desinfetar endoscópios	28	Wassenburg; Olympus; Medipia; Endoscope Washer & D; Steelco
Broncoveoscópio	16	Fujifilm; Olympus; Pentax; Hugemed
Broncoveoscópio ultrassónico	2	Olympus
Cistonefrofibroscópio	15	Olympus
Colonoveoscópio	97	Pentax; Olympus; Fujinon; Fujifilm
Duodenoveoscópio	7	Olympus
Gastroveoscópio	83	Olympus; Fujinon; Pentax; Fujifilm
Gastroveoscópio ultrassónico	2	Olympus
Laringoscópio	91	Heine; Truphatek; Chimo; Gima; Riester;

Videolaringoscópio	24	Karl Storz; Covidien; Ambu; King Vision; Hugemed
Videolaringoscópio flexível de intubação	2	Karl Storz

Como são equipamentos que não são comuns, foram colocadas imagens nas figuras seguintes para se ter uma percepção do tipo de equipamentos estudados. Da Figura 5 à Figura 10 estão ilustradas imagens do tipo de ativo analisado neste caso de estudo prático.



Figura 5 - Máquina de lavar/desinfetar endoscópios



Figura 6 - Armário de secagem de endoscópios



Figura 8 - Cistonefrofibroscópio



Figura 7 - Broncoveideoscópio



Figura 9 - Videolaringoscópio



Figura 10 - Colonovideoscópico

Ao analisar a Tabela 9 podemos retirar algumas informações relevantes para iniciar o caso de estudo prático.

Através destes dados é possível verificar que em alguns equipamentos existe uma diversa variedade de marcas enquanto outros só dispõe de uma marca apenas, sendo assim, estes fatores irão ter um enorme relevo no estudo das falhas/avarias e ciclo de vida, visto que será possível visualizar em quais equipamentos ocorrem estas falhas e quais as marcas que estão mais associadas a estes erros recorrentes.

O broncoveideoscópico ultrassónico, o cistonefrofibroscópio, o duodenovideoscópico, o gastroveideoscópico ultrassónico e o videolaringoscópio flexível de intubação são ativos que contêm apenas uma marca, o que dificulta a análise anteriormente descrita, sendo que o caso de estudo prático não terá o mesmo impacto comparativo entres marcas nestes equipamentos.

Através dos seguintes gráficos é possível quantificar todas as marcas por tipo de equipamento que possuem mais que uma marca.

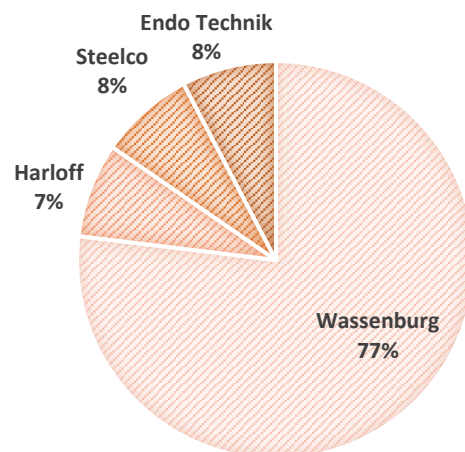


Figura 11 - Distribuição das marcas do Armário de secagem de endoscópios

Nestes dispositivos médicos, prevalece a marca Wassenburg, totalizando um valor de 10 unidades em 13. Já as outras marcas apenas possuem um ativo nesta categoria de equipamento.

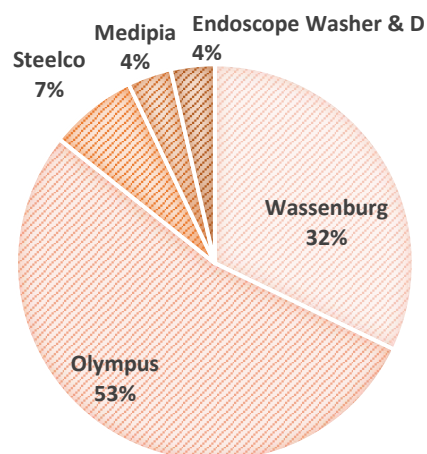


Figura 12 - Distribuição das marcas da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Como podemos observar no gráfico da Figura 12, respetivo aos ativos da máquina de lavar/desinfetar endoscópios, predomina a marca Olympus, que detém 15 equipamentos, seguida da Wassenburg com 9. Já a marca Steelco dispõem de 2 ativos e as restantes marcas apenas um num total de 28 equipamentos desta tipologia.

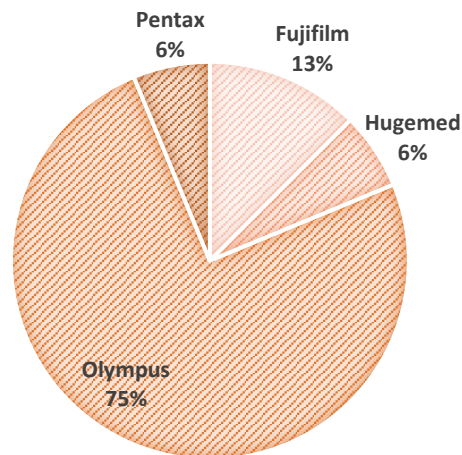


Figura 13 – Distribuição das marcas do Broncoveidoscópio

No caso da Figura 13, onde se encontra 16 broncoveidoscópios, as marcas segmentam-se em 2 equipamentos da marca Fujifilm, 1 da Pentax e da Hugemed e marca dominante neste tipo de dispositivos é a marca Olympus com um conjunto de 12 ativos.

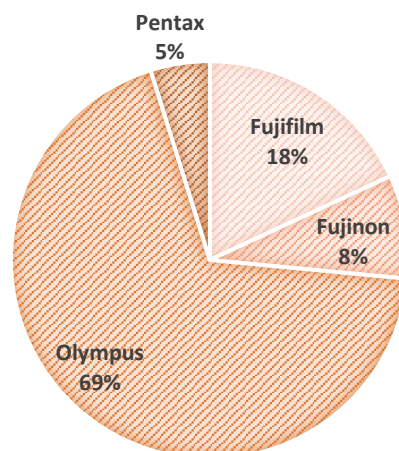


Figura 14 – Distribuição das marcas do Colonoveidoscópio

Já no cenário do colonoveidoscópio, como podemos observar na Figura 14, a marca prevalente é a Olympus, que apresenta 69 ativos em 97 presentes nesta categoria de equipamento. Porém, a marca Fujifilm ocupa o segundo lugar com 18 ativos, seguida da Fujinon com 6 e por último, mas não obstante, a marca Pentax com um total de 4 dispositivos.

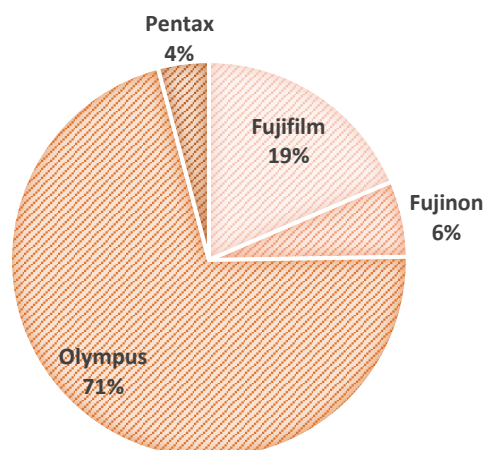


Figura 15 - Distribuição das marcas do Gastrovideoscópio

O gráfico da Figura 15, representa a distribuição das marcas nos 83 gastrovideoscópios em estudo, onde novamente a marca mais abundante é a Olympus com 57 equipamentos. No entanto, a marca Fujifilm é segunda com mais ativos, aprontando um conjunto de 15 dispositivos. Posteriormente, temos a marca Fujinon com 7 ativos e Pentax com 4.

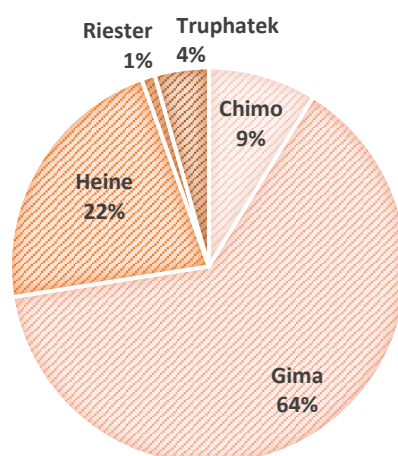


Figura 16 - Distribuição das marcas do Laringoscópio

Entretanto na Figura 16, observamos que a Gima é a marca mais abundante nos Laringoscópios, apresentando um total de 58 ativos em 91 presentes nesta tipologia de equipamento. Logo depois, temos a marca Heine com 20 dispositivos seguida da Chimo com 8. Por último, temos a marca Truphatek com 4 equipamentos e Riester com um apenas.

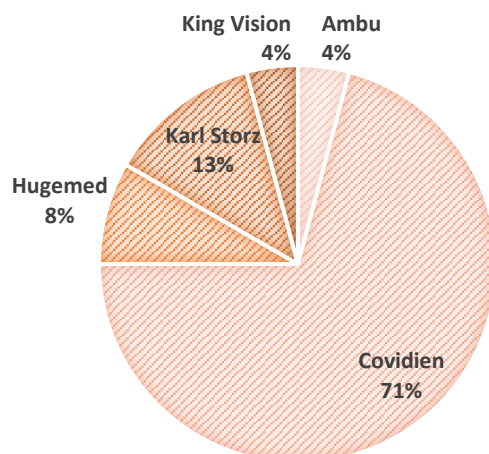


Figura 17 - Distribuição das marcas do Videolaringoscópio

Por fim, no gráfico da Figura 17, constatamos que a Covidien é a marca predominante nos videolaringoscópios, exibindo um montante de 12 equipamentos, logo após vem a marca Karl Storz com 3 ativos. Já as outras marcas, como a Hugemed, a King Vision e a Ambu contêm 2, 1 e 1 ativos, respetivamente.

3.3 Análise da criticidade dos equipamentos endoscópicos

Como já foi anteriormente abordado no ponto 2.3 da revisão bibliográfica, é possível analisar a criticidade de um equipamento através de diversos métodos.

No entanto, os colaboradores do departamento de manutenção do grupo hospitalar definiram a criticidade dos seus equipamentos em graus de criticidade diferentes sendo uma adaptação do método da matriz ABC.

Os graus de criticidade definidos pelo departamento de manutenção para os equipamentos endoscópicos foram os seguintes:

- Grau 1 – Emergente
- Grau 2 – Urgente
- Grau 3 – Normal

Para esta avaliação da criticidade dependendo da natureza do ativo (electromedicina ou infraestrutura), a classificação segue os seguintes critérios.

No caso da electromedicina, que é a área em estudo neste projeto, são considerados dois parâmetros, o nível de segurança e o grau de criticidade atribuído pela direção de produção da unidade.

O grau de criticidade efetivamente atribuído ao ativo corresponde ao menor grau atribuído em ambos os critérios. Por exemplo, um equipamento para o qual o ECRI *Institute* indique um nível de segurança de grau 3, mas que não tenha redundância na

unidade, é considerado com grau 2 para a Produção, e por isso terá o grau 2 de criticidade.

Todos os equipamentos em estudo estão quantificados no *software NextBITT*, relativamente ao seu grau de criticidade, porém nos equipamentos em estudo, dentro do mesmo tipo de equipamento, este pode ter graus de criticidade diferentes, visto que o grupo hospitalar possui uma vasta variedade de ativos com marcas diferentes. Além disso, mesmo que a marca seja a mesma poderá ter modelos diferentes, o que pode assim variar o grau de criticidade de um ativo.

Na Tabela 10 será possível visualizar o grau de criticidade correspondente a cada tipo de equipamento, assim, é possível ter uma noção do grau de criticidade médio por equipamento e entender os diferentes graus existentes em cada tipo de equipamento.

Tabela 10 - Criticidade dos equipamentos endoscópicos

Tipo de equipamento	Grau de criticidade	
	Valor médio	Graus existentes
Armário de secagem de endoscópios	2	2 e 3
Máquina de lavar/desinfetar endoscópios	1	1
Broncoveoscópio	2	1 e 2
Broncoveoscópio ultrassónico	2	2
Cistonefrofibroscópio	2	2
Colonoveoscópio	2	1 e 2
Duodenoveoscópio	2	2
Gastroveoscópio	2	1, 2 e 3
Gastroveoscópio ultrassónico	3	2 e 3
Laringoscópio	2	2 e 3
Videolaringoscópio	2	1 e 2

Videolaringoscópio flexível de intubação	2	1 e 2
--	---	-------

Através da Tabela 10 é possível ter uma noção do grau de criticidade médio por equipamento e entender os diferentes graus existentes em cada tipo de equipamento.

Fazendo uma análise geral da Tabela X, conclui-se que a máquina de lavar/desinfetar endoscópios tem todos os seus ativos com um grau de criticidade emergente (1), que o gastrovideoscópio ultrassónico tem um valor médio do grau de criticidade normal (3), enquanto o restante tipo de equipamentos tem um valor médio do grau de criticidade urgente (2).

Seguindo para análise do grau de criticidade por marca, foi desenvolvido um estudo relativo a variação da criticidade de tipo um equipamento com a mesma marca, ou seja, vai-se quantificar o grau de criticidade por marca.

Como nem em todos os equipamentos varia o grau de criticidade dentro da mesma marca, apenas foi concebido gráficos para as marcas em que existe variação.

Armário de secagem de endoscópios

Neste tipo apenas a marca Wassenburg dispõem de variação de criticidade sendo que 70% dos ativos correspondem a um grau de criticidade normal (3) e 30% a um grau urgente (2).

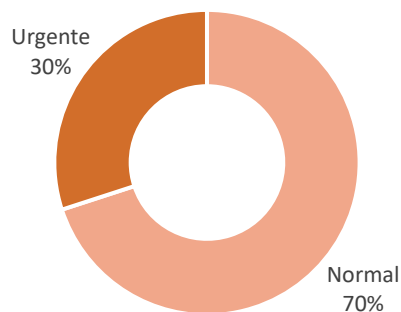


Figura 18 - Distribuição da criticidade na marca Wassenburg do Armário de secagem de endoscópios

Broncovidescópio

Já este caso, somente a marca Olympus dispõe de variabilidade, onde 75% dos ativos detém grau de criticidade urgente (2) e 25% emergente (1).

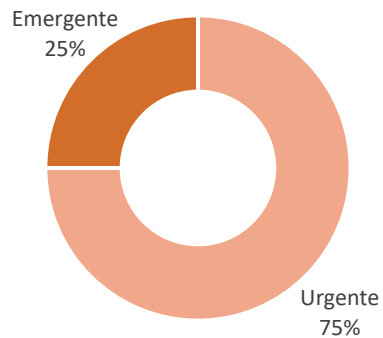


Figura 19 - Distribuição da criticidade na marca Olympus do Broncovidescópio

Colonovidescópio

Este tipo de equipamento, abrange duas marcas que apresentam variação de criticidade: a Olympus, em que 71% dos ativos tem grau urgente (2) e 29% emergente (1) e a Fujinon, na qual 17% tem uma criticidade urgente (2) e 83% emergente (1).

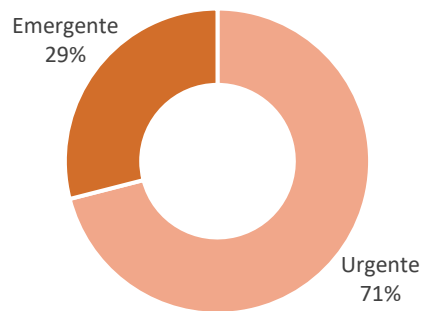


Figura 20 - Distribuição da criticidade na marca Olympus do Colonovidescópio

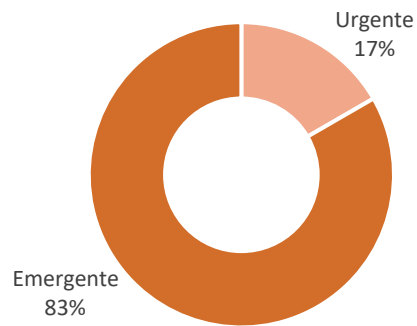


Figura 21 - Distribuição da criticidade na marca Fujinon do Colonovideoscópio

Gastrovideoscópio

Este tipo de equipamento, contém duas marcas em que existe diferentes graus de criticidade dentro da mesma marca. A marca Olympus acomoda 7% dos seu ativos com grau normal (3), 75% com grau urgente (2) e 18% com grau emergente (1). No entanto, a marca Fujinon apresenta 43% dos seus ativos com um grau de criticidade urgente (2) e 57% emergente (1).

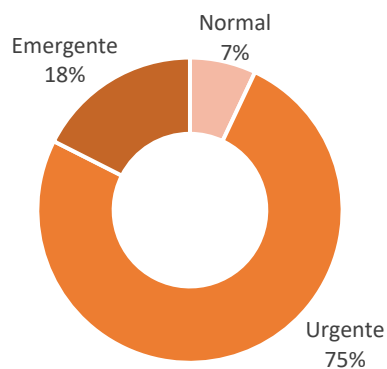


Figura 22 -Distribuição da criticidade na marca Olympus do Gastrovideoscópio

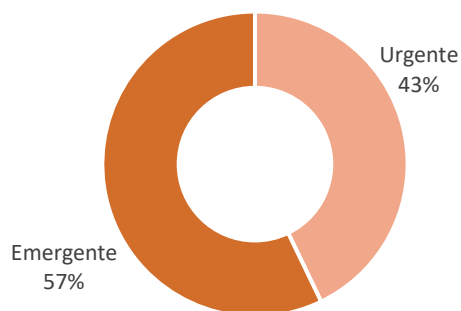


Figura 23 - Distribuição da criticidade na marca Fujinon do Gastrovideoscópio

Laringoscópio

Já este tipo de equipamento, no que diz respeito à variação da criticidade, integra unicamente a marca Gima, onde 67% dos seu ativos possuem um grau de criticidade normal (3) e 33% um grau urgente (2).

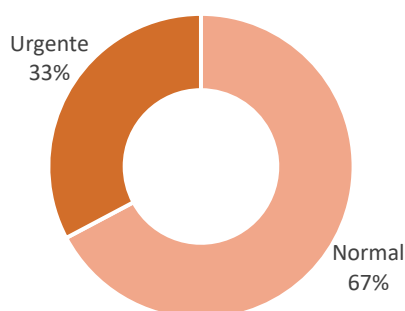


Figura 24 - Distribuição da criticidade na marca Gima do Laringoscópio

Videolaringoscópio

Por fim, este equipamento apresenta somente a marca Covidien, em que varia a sua criticidade. A Covidien detém 35% dos seus ativos com grau urgente (2) e 65% com grau emergente (1).

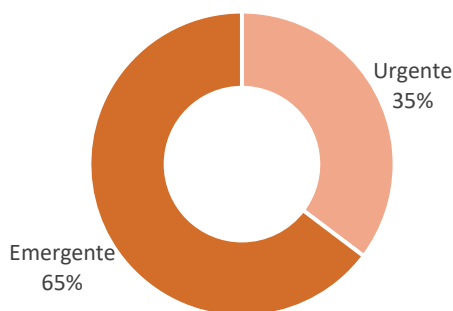


Figura 25 - Distribuição da criticidade na marca Covidien do Videolaringoscópio

3.4 Estudo do ciclo de vida dos equipamentos endoscópicos

No que diz respeito ao ciclo de vida, todos os equipamentos têm um início e um fim. Quando se fala num fim de um equipamento isso não significa estritamente que este tenha sofrido uma avaria irreparável, mas também é referido quando este equipamento deixa de ser rentável para a organização.

Desta forma, neste capítulo irá ser abordado a duração média de vida dos equipamentos em estudo e, também, as suas taxas de utilização. Para isso, obter-se-á, através dos registos do software Nextbitt, todos os equipamentos anulados, uma vez que estes são os únicos que têm um início e fim de vida definidos. A partir deste momento, é retirado as datas no início e fim de vida dos equipamentos para conseguir obter os seus ciclos de vida. De seguida, através destes já calculados, e como a vida útil definida pela unidade hospitalar para cada equipamento, calcula-se a taxa de utilização.

Mais, apenas existem dados sobre anulados para os seguintes equipamentos: broncoveoscópio, colonoveoscópio, gastroveoscópio e laringoscópio.

3.4.1 Estudo da duração média de vida dos diferentes equipamentos

Neste subcapítulo, foi desenvolvido um trabalho de investigação sobre a duração média de vida dos equipamentos em estudo.

Este trabalho iniciou-se com a extração, no *NextBITT*, dos dados relativos aos equipamentos que já foram abatidos, que tem uma designação de “Anulados” neste *software* de gestão de ativos. A partir deste ponto, os equipamentos foram tipificados, quantificados e analisados.

Visto que os equipamentos anulados não dispunham de registos das datas de abate e alguns de data de início de atividade, foi necessário explorar outras vias para obter estes dados. Assim sendo, foi necessário consultar, tanto no *software NextBITT* como na

plataforma *Insights*, a listas de manutenção preventiva e manutenção corretiva de todo o grupo hospital, isto desde que há registo. Através destas listas foi possível obter datas sobre as primeiras intervenções preventivas e as últimas intervenções corretivas e consequentes registos de abate.

A partir do momento que se possui as datas de início e fim de vida, é possível chegar ao tempo de vida real.

Uma vez que o grupo hospitalar apenas possui registo de anulados de alguns equipamentos, não foi possível analisar todos os tipos de equipamento em estudo neste caso prático. Deste modo, apenas se analisou o Broncoveoscópio, o Colonoveoscópio, o Gastroveoscópio e o Laringoscópio.

Broncoveoscópio

Tendo em conta os 16 equipamentos ativos desta tipologia, apenas existe em registo 2 equipamentos anulados. Destes, ambos são da marca Olympus com um grau de criticidade urgente. Com uma diferença mínima de valores, o ativo 2 é o que apresenta maior tempo de vida.

Tabela 11 - Tempo de vida dos anulados do Broncoveoscópio

Nº Ativo	Marca	Grau de Criticidade	Data Início	Data abate	Tempo de vida (anos)
1	Olympus	Urgente	01/01/2013	08/04/2021	8,27
2	Olympus	Urgente	16/03/2010	28/02/2019	8,96

Colonoveoscópio

O colonoveoscópio apresenta um total de 97 equipamentos ativos e 22 anulados. Na análise da quantidade de anulados, destacaram-se, por ordem decrescente, três marcas: Olympus, Fujinon e Pentax; e três graus de criticidade: urgente, emergente e normal. Relativamente ao tempo de vida há três ativos que se destacam pelos valores superiores em relação aos demais: o ativo 9, da marca Olympus, apresenta um tempo de vida superior a 29 anos; e os ativos 11 e 12, com a marca Fujinon, com 12,11 anos e 10,07 anos, respetivamente. Os restantes ativos apresentam tempos de vida com valores semelhantes, entre 3 e 8, destacando-se ativo 6 como o mais baixo, com apenas 1,15 anos.

Tabela 12 - Tempo de vida dos anulados do Colonovideoscópico

Nº Ativo	Marca	Grau de Criticidade	Data Início	Data abate	Tempo de vida (anos)
1	Olympus	Urgente	13/03/2018	10/11/2021	3,67
2	Olympus	Emergente	10/04/2018	25/05/2022	4,13
3	Olympus	Urgente	15/05/2018	20/05/2022	4,02
4	Olympus	Normal	25/02/2019	25/05/2022	3,25
5	Olympus	Urgente	15/04/2018	20/06/2022	4,18
6	Olympus	Urgente	02/05/2020	27/06/2021	1,15
7	Pentax	-----	02/12/2016	20/06/2022	5,55
8	Olympus	Urgente	19/12/2014	12/04/2019	4,32
9	Olympus	Urgente	01/01/1991	01/06/2020	29,44
10	Olympus	Urgente	17/04/2018	01/06/2020	2,13
11	Fujinon	Emergente	07/11/2008	14/12/2020	12,11
12	Fujinon	Emergente	19/03/2009	12/04/2019	10,07
13	Fujinon	Emergente	13/08/2014	30/04/2019	4,72
14	Fujinon	Emergente	18/05/2014	16/08/2019	5,25
15	Fujinon	Emergente	06/01/2016	02/08/2019	3,57
16	Olympus	Emergente	01/08/2010	16/01/2017	6,47
17	Olympus	Emergente	01/01/2013	03/11/2020	7,84
18	Olympus	Urgente	14/12/2016	29/05/2020	3,46
19	Olympus	Emergente	12/09/2011	01/07/2019	7,81
20	Olympus	Emergente	01/01/2012	16/01/2017	5,05

21	Olympus	Emergente	01/01/2011	01/07/2019	8,50
22	Olympus	Emergente	19/08/2016	03/06/2019	2,79

Gastrovideoscópio

Relembrando que o gastrovideoscópio detém 83 equipamentos ativos, foram contabilizados 14 equipamentos anulados. A marca com maior número de anulados é a Olympus, seguida da Fujinon e a Pentax com um anulado. Neste tipo de equipamento, os graus de criticidade são, maioritariamente, emergentes, existindo alguns urgentes. Há quatro valores de tempo de vida que são proeminentes: os ativos 10 e 11 da marca Olympus com valores superiores a 15 anos, sendo um urgente e outro emergente; e os ativos 3 e 4 da marca Fujinon, ambos emergentes, com tempos de vida acima dos 10 anos.

Tabela 13 - Tempo de vida dos anulados do Gastrovideoscópio

Nº Ativo	Marca	Grau de Criticidade	Data Início	Data abate	Tempo de vida (anos)
1	Olympus	Emergente	01/01/2015	25/05/2022	7,40
2	Pentax	Urgente	11/09/2013	12/04/2019	5,59
3	Fujinon	Emergente	19/03/2009	13/11/2019	10,66
4	Fujinon	Emergente	19/03/2009	01/10/2019	10,54
5	Fujinon	Urgente	13/12/2018	02/03/2020	1,22
6	Fujinon	Urgente	13/12/2018	02/03/2020	1,22
7	Olympus	Emergente	01/04/2018	03/09/2019	1,42
8	Olympus	Emergente	01/04/2018	03/10/2019	1,51
9	Olympus	Urgente	07/01/2021	03/05/2022	1,32
10	Olympus	Emergente	01/01/2006	02/08/2021	15,59
11	Olympus	Emergente	01/01/2006	18/01/2021	15,06

12	Olympus	Emergente	27/03/2015	02/08/2021	6,36
13	Olympus	Urgente	14/12/2016	23/04/2021	4,36
14	Olympus	Urgente	29/04/2016	02/04/2019	2,93

Laringoscópio

Uma vez que existem 91 laringoscópio, a quantidade de anulados (5) supera as expectativas. As marcas que a entidade possui em equipamentos anulados são a Heine, Dahlhausen e a Glide Scope, onde o grau de criticidade de todos estes são urgentes. Comparativamente, o maior tempo de vida pertence ao ativo 5 com 7.75 anos, seguido do ativo 2 com 6,38 anos. De referir, que ambos os ativos pertencem à marca Dahlhausen. O ativo com menor número é da marca Heine com apenas 1 ano de tempo de vida.

Tabela 14 - Tempo de vida dos anulados do Laringoscópio

Nº Ativo	Marca	Grau de Criticidade	Data Início	Data abate	Tempo de vida (anos)
1	Heine	Urgente	02/11/2009	02/11/2010	1,00
2	Dahlhausen	Urgente	07/01/2010	23/05/2016	6,38
3	Heine	Urgente	04/10/2013	11/06/2018	4,69
4	Glide Scope	Urgente	12/07/2012	20/01/2016	3,53
5	Dahlhausen	Urgente	07/07/2009	05/04/2017	7,75

3.4.2 Relação entre o tempo de vida dos equipamentos e a sua taxa de utilização

Concluído o ponto 3.4.1 da dissertação, é possível avançar para esta nova etapa, onde o objetivo é relacionar o tempo de vida dos equipamentos com as suas taxas de utilização.

Já com o tempo de vida calculado, principiou-se o desenvolvimento da taxa de utilização. Para obter esta taxa vai ser necessário deter da vida útil dos equipamentos endoscópicos, dados esses fornecidos pelos colaboradores do departamento de manutenção do grupo hospitalar.

Desta forma, o valor que foi indicado para os equipamentos em estudo foi 7 anos de vida útil.

De igual modo ao subcapítulo anterior, apenas foi possível analisar os seguintes tipos de equipamentos: Broncoveoscópio, Colonoveoscópio, Gastroveoscópio e Laringoscópio.

Broncoveoscópio

Assim, foi realizada a análise da taxa de utilização onde a percentagem é esperada exceder os 100%, objetivo que é alcançado quando o tempo de vida é superior a 7 anos, caso contrário ficará aquém das expectativas. Desta forma, os dois anulados desta tipologia detentores da marca Olympus superaram o valor expectado.

Tabela 15 - Taxa de utilização dos anulados do Broncoveoscópio

Nº Anulado	Marca	Tempo de vida (anos)	Taxa de utilização (%)
1	Olympus	8,27	118,2
2	Olympus	8,96	128,0

Colonoveoscópio

No que diz respeito ao colonoveoscópio, existem seis equipamentos que excederam os 100%. Dado que a Olympus é a marca com mais anulados (16), esta apresenta 12 equipamentos que não alcançaram os 7 anos de vida útil. Desta forma, dos seis anulados superados, quatro são da marca Olympus e os restantes dois da marca Fujinon. Realça-se o anulado nº 9 da Olympus com um valor acima da média de 420,51%.

Tabela 16 - Taxa de utilização dos anulados do Colonoveoscópio

Nº Anulado	Marca	Tempo de vida (anos)	Taxa de utilização (%)
1	Olympus	3,67	52,37
2	Olympus	4,13	58,94
3	Olympus	4,02	57,38
4	Olympus	3,25	46,38

5	Olympus	4,18	59,77
6	Olympus	1,15	16,48
7	Pentax	5,55	79,30
8	Olympus	4,32	61,64
9	Olympus	29,44	420,51
10	Olympus	2,13	30,37
11	Fujinon	12,11	172,99
12	Fujinon	10,07	143,87
13	Fujinon	4,72	67,36
14	Fujinon	5,25	74,99
15	Fujinon	3,57	51,04
16	Olympus	6,47	92,37
17	Olympus	7,84	112,05
18	Olympus	3,46	49,39
19	Olympus	7,81	111,51
20	Olympus	5,05	72,09
21	Olympus	8,50	121,45
22	Olympus	2,79	39,84

Gastrovideoscópio

O Gastrovideoscópio dispõe de 5 anulados com uma taxa superior a 100%. Os anulados nº 10 e nº 11 da marca Olympus superaram a marca dos 200%, com 222,78% e 215,11% respetivamente. A marca Fujinon também apresenta bons resultados com dois anulados em quatro (nº 3 e nº 4) a superarem os 150%. A Pentax apresenta o seu único

equipamento com uma percentagem abaixo dos 100% e, por isso, abaixo das expectativas.

Tabela 17 - Taxa de utilização dos anulados do Gastrovideoscópio

Nº Anulado	Marca	Tempo de vida (anos)	Taxa de utilização (%)
1	Olympus	7,40	105,71
2	Pentax	5,59	79,80
3	Fujinon	10,66	152,29
4	Fujinon	10,54	150,61
5	Fujinon	1,22	17,42
6	Fujinon	1,22	17,42
7	Olympus	1,42	20,35
8	Olympus	1,51	21,53
9	Olympus	1,32	18,81
10	Olympus	15,59	222,78
11	Olympus	15,06	215,11
12	Olympus	6,36	90,80
13	Olympus	4,36	62,27
14	Olympus	2,93	41,80

Laringoscópio

Relativamente ao laringoscópio, dos cinco anulados apenas o equipamento nº 5, que pertence à marca Dahlhausen, superou as expectativas com uma taxa de utilização de 110,72%. O outro anulado da mesma marca ficou aquém dos resultados, mas foi, em relação aos outros, o anulado que mais perto ficou da meta dos 100%.

Tabela 18 - Taxa de utilização dos anulados do Laringoscópio

Nº Anulado	Marca	Tempo de vida (anos)	Taxa de utilização (%)
1	Heine	1,00	14,29
2	Dahlhausen	6,38	91,12
3	Heine	4,69	66,97
4	Glide Scope	3,53	50,37
5	Dahlhausen	7,75	110,72

3.5 Análise dos indicadores de desempenho

A importância dos indicadores de desempenho torna-se necessária para este caso de estudo, devido à sua elevada capacidade de análise e de avaliação dos ativos de uma empresa.

Como já foi apresentado no capítulo 2.2 da revisão bibliográfica existem vários KPI'S que ajudam a monitorizar e a avaliar o desempenho dos diferentes ativos.

Neste capítulo serão analisados os seguintes KPI'S: MTBF, MTTR, Disponibilidade e Eficiência operacional de todos os equipamentos em estudo e marcas associadas, sendo que, para a realização de cálculos e consequente análise, vai-se ter em conta os dados fornecidos pela unidade hospitalar entre 1 de janeiro de 2020 a 1 de janeiro de 2022, ou seja, um período de dois anos.

3.5.1 Tempo médio entre avarias – MTBF

Como referido anteriormente, através da plataforma *insights*, foram calculados os valores do tempo médio entre avarias (em dias) para cada equipamento e, posteriormente, por marca para cada tipo de equipamento.

Tendo em conta que a plataforma disponibiliza os tempos entre avarias, fez-se uma filtragem através das famílias, subfamílias e códigos dos equipamentos com o principal objetivo de obter apenas o MTBF dos equipamentos em estudo e de seguida, das marcas dos equipamentos.

A Figura 26 representa, em número de dias, o valor deste indicador de desempenho nos equipamentos a serem estudados. Realça-se que o MTBF deverá ser o maior possível e, por isso, o videolaringoscópio, o armário de secagem de endoscópios, o

gastrovideoscópio e o duodenovideoscópico são os que apresentam melhores resultados.

De igual forma, os valores mais baixos caracterizam-se por ser a máquina de lavar/desinfetar endoscópios, o broncovideoscópico ultrassónico e o broncovideoscópico. Estes equipamentos devem ter especial atenção por parte do departamento de manutenção já que o tempo médio entre avarias é bastante reduzido.

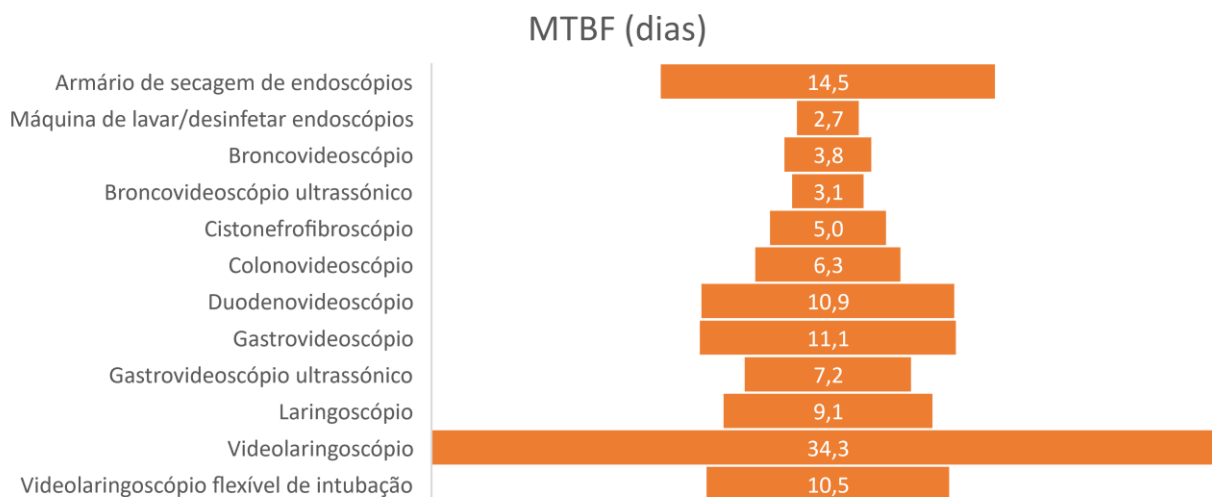


Figura 26 - MTBF dos equipamentos

De seguida será efetuada uma análise para cada equipamento, esta será realizada através de uma comparação entre as diferentes marcas de cada um.

Armário de secagem de endoscópios

O gráfico apresentado na Figura 27 apresenta as quatro marcas que dispõem do equipamento em questão e realça-se o valor mais elevado na marca Endo Technik e a inexistência de reparações da marca Harloff, e, por isso, não existem dados suficientes para calcular o valor de MTBF para esta marca.

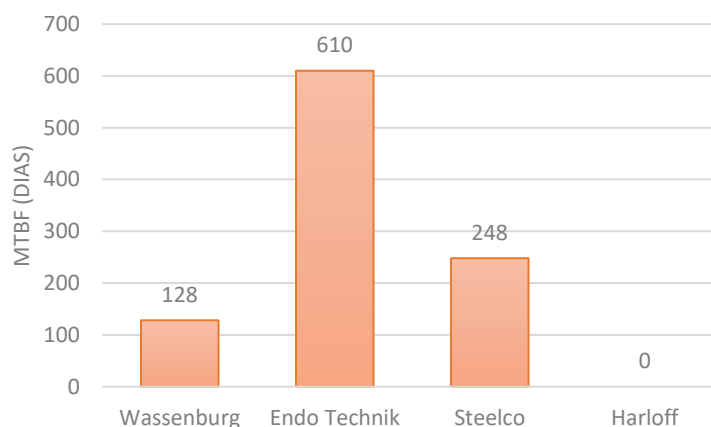


Figura 27 - MTBF por marca do Armário de secagem de endoscópios

Visto que, a marca Wassenburg dispõe de 10 ativos e apresenta o MBTF mais diminuto e a Endo Technick, mesmo possuindo apenas 1 ativo, ostenta 610 dias de MTBF, a aposta nesta última marca poderia ser uma hipótese para esta tipologia de dispositivo.

Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Neste equipamento os valores demonstram-se díspares, uma vez que a Steelco apresenta um valor mais elevado em comparação com as restantes. Novamente, e pela mesma razão de não possuírem nenhuma reparação, a Medipia e a Endoscope Washer & D não patenteiam de nenhum valor deste indicador de desempenho.

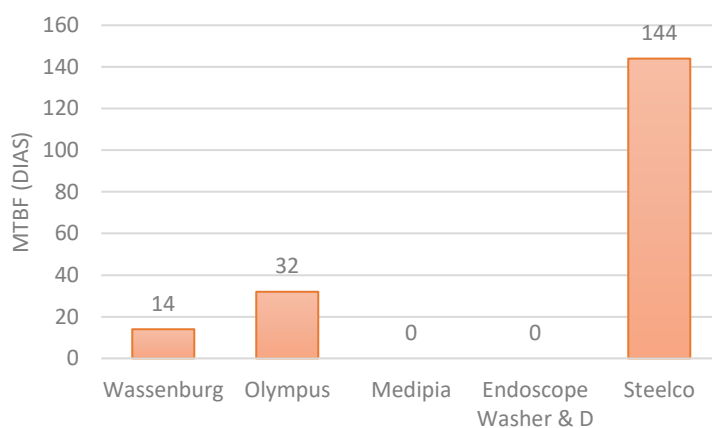


Figura 28 - MTBF por marca da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Através do gráfico da Figura 28 podemos concluir que nesta categoria de equipamento a marca Steelco apresenta os melhores resultados, enquanto a Wassenburg, que detém 9 ativos, expressa um resultado insuficiente.

Broncovidoscópio

No equipamento em análise, somente a marca Olympus teve qualquer tipo de reparações, permitindo calcular um MTBF de 44 dias. Visto que não foi possível obter dados para as outras marcas presentes neste tipo de dispositivo, não é possível formar opinião sobre qual a marca que apresentava mais garantias.

Colonvideoscópio

Em comparação com as quatro marcas que o colonvideoscópio dispõe, a Fujifilm evidencia um valor relativamente superior às restantes, no entanto, todas elas com valores semelhantes. A Figura 29 demonstra essa informação.

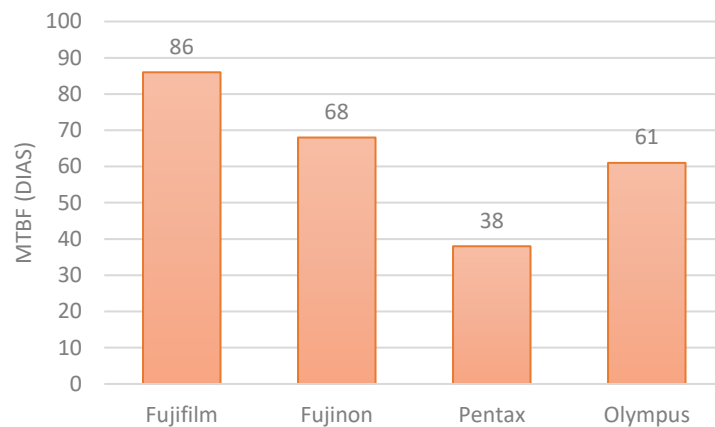


Figura 29 - MTBF por marca do Colonovideoscópio

Tendo em conta que a marca Olympus contém 69 ativos e a Fujifilm 18 nesta categoria de equipamento, a opção de utilizar estas marcas adequa-se, considerando os bons valores de MTBF que apresentam.

Gastrovideoscópio

O gráfico referente ao gastrovideoscópio evidencia que a marca Fujifilm detém o maior valor em comparação com as restantes marcas, sendo que a Fujinon e a Olympus são detentoras de valores elevados. Salienta-se que a Pentax é a marca que tem o número mais reduzido.

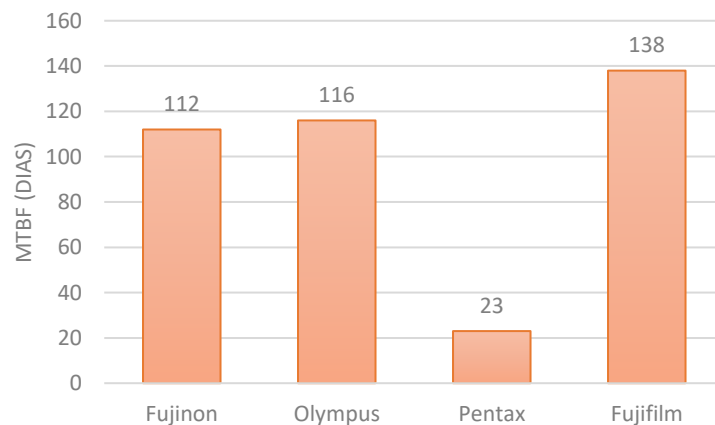


Figura 30 - MTBF por marca do Gastrovideoscópio

Seguindo o mesmo raciocínio utilizado no colonovideoscópio, as marcas Olympus e Fujifilm detêm a maioria dos ativos desta tipologia de dispositivo e apresentam os melhores resultados, o que se aceita a maior percentagem destas marcas no total de ativos do gastrovideoscópio.

Laringoscópio

Das cinco marcas que o equipamento possui, apenas a marca Heine e a marca Truphatek possuem dados de análise como se pode verificar na Figura 31, do qual a primeira caracteriza-se por ter um MTBF de maior valor. A marca Gima apenas teve uma reparação e as marcas Chimo e Riester não tiveram reparações, o que significa que para estas três marcas não há dados suficientes para ser calculado o MTBF.

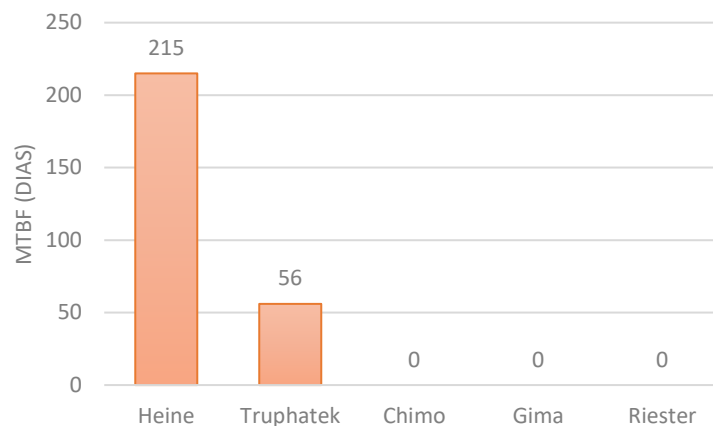


Figura 31 - MTBF por marca do Laringoscópio

Apesar da Gima ser a marca com maior número de ativos (58), esta não demonstra reparações suficientes no intervalo de tempo em estudo, para exibir um MTBF. Dito isto, a Gima é uma boa escolha por raramente apresentar avarias. Em segundo lugar temos a marca Heine com os melhores resultados de MTBF, sabendo que esta marca dispõe de 20 ativos, sendo a segunda marca com mais ativos presentes neste tipo de equipamento.

Por sua vez, o **videolaringoscópio** só teve uma reparação por marca, logo não há dados suficientes para obter valores de MTBF para cada marca.

O **broncoveoscópio ultrassônico**, o **cistonefrofibroscópio**, o **duodenoveoscópio**, o **gastroveoscópio ultrassônico** dispõem, apenas, de uma marca que, neste caso, é a marca Olympus e o **videolaringoscópio flexível de intubação** cuja marca é a Karl Storz, logo os valores do MTBF por marca são os mesmos que estão apresentados no gráfico da Figura 26.

3.5.2 Tempo médio de reparação – MTTR

Da mesma forma que no Tempo médio entre avarias, a plataforma *insights* disponibilizou os dados, através de um conjunto de filtros, que permitiu calcular os valores do tempo médio de reparação (em dias, tendo em conta o tempo de espera) para cada tipo de equipamento e para as marcas correspondentes a cada um.

Abaixo está representado um gráfico na Figura 32, que demonstra o tempo médio de reparação, em número de dias, dos equipamentos previamente definidos.

Comparativamente ao indicador de desempenho anterior, o MTTR deverá ter o menor valor possível e, por isso, a máquina de lavar/desinfetar endoscópios, o gastrovideoscópio ultrassónico e o laringoscópio são os que apresentam melhores resultados, ou seja, valores mais baixos.

À semelhança, o videolaringoscópio, o broncoveoscópio ultrassónico e o videolaringoscópio flexível de intubação apresentam os valores mais elevados. Estes equipamentos devem ter especial atenção por parte do departamento de manutenção já que o tempo médio de reparação é bastante elevado

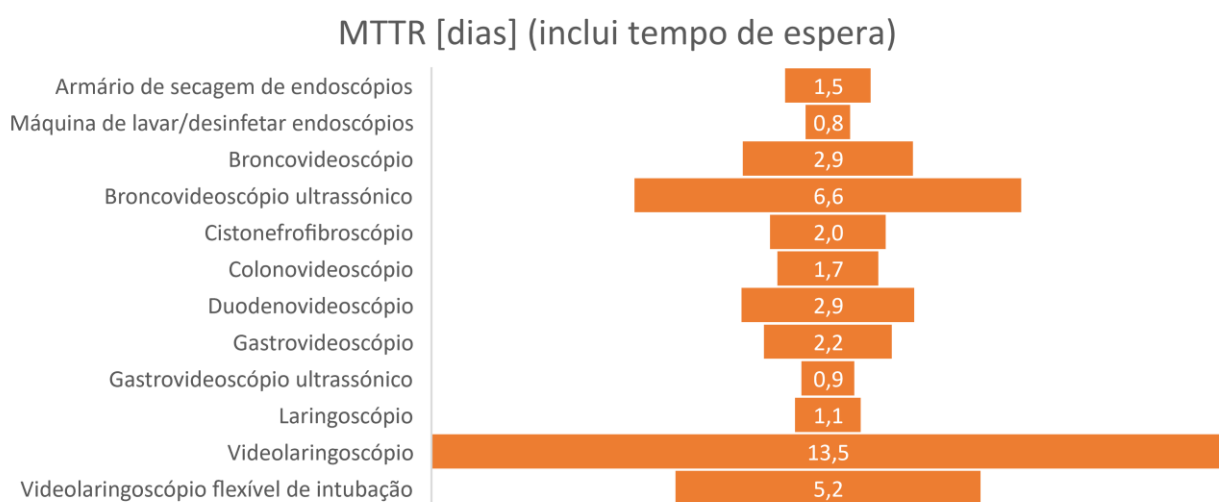


Figura 32 - MTTR dos equipamentos

Nos pontos que se seguem, é feita uma análise detalhada por marcas de cada equipamento, da mesma forma que foi efetuada anteriormente para o MTBF.

Armário de secagem de endoscópios

Tendo em conta as quatro marcas existentes para o armário de secagem de endoscópios, o valor mais elevado é dado pela marca Steelco, realçando, mais uma vez, a inexistência de reparações da marca Harloff, justificando o valor nulo no gráfico apresentado na Figura 33.

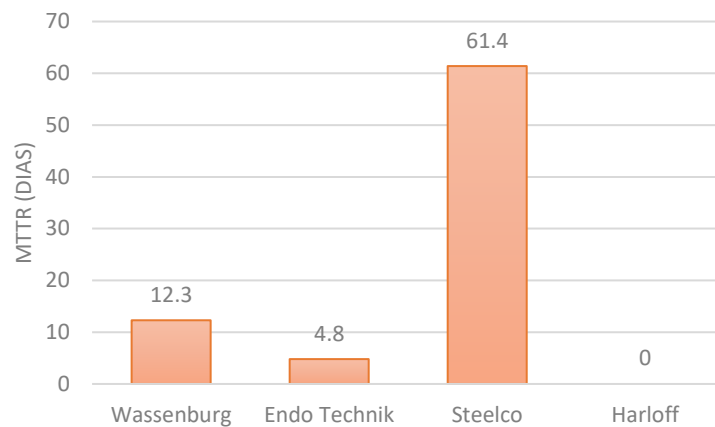


Figura 33 - MTTR por marca do Armário de secagem de endoscópios

Contrariamente aos resultados do MTBF, o MTTR da marca Wassenburg já é mais positivo, sendo a segunda marca com o valor mais baixo deste KPI. Porém, a marca Steelco continua a apresentar bons quocientes.

Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Da mesma forma que no MTBF, a marca Steelco apresenta um valor de 12 dias, ou seja, mais elevado em comparação com as restantes marcas. No entanto, e como referido anteriormente, este indicador de desempenho deverá ser o menor possível, o que significa que a marca não possui, no momento, um valor dentro das normas. Esta marca deve ser alvo de estudo por parte do departamento de manutenção.

Mais uma vez, a marca Medipia e a marca Endoscope Washer & D não apresentam reparações que permitam o cálculo deste indicador.

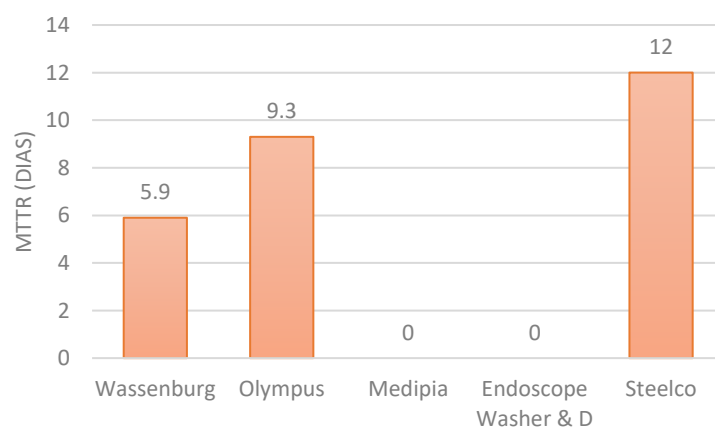


Figura 34 - MTTR por marca da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Em síntese, os dados deste indicador de desempenho para a marca Steelco contraria a opinião formada na análise do MTBF, dado que no MTTR esta marca apresenta os piores resultados de todas as marcas presentes nesta tipologia de dispositivo.

Broncovidoscópio

Semelhante ao indicador de desempenho anterior, o broncovidoscópio apresenta reparações apenas com a marca Olympus, calculando, assim, um MTTR de 33,8 dias. Como também já foi abordado, de modo que apenas existe dados deste indicador de desempenho sobre a marca Olympus, não é possível fazer uma análise comparativa com as restantes marcas desta categoria de equipamento.

Colonovidoscópio

Referente ao colonovidoscópio, a marca Olympus apresenta o valor mais baixo comparativamente às restantes marcas, o que lhe permite ter o melhor número no MTTR. Como é possível verificar na Figura 35 é necessário estudar os valores do MTTR na marca Fujinon.

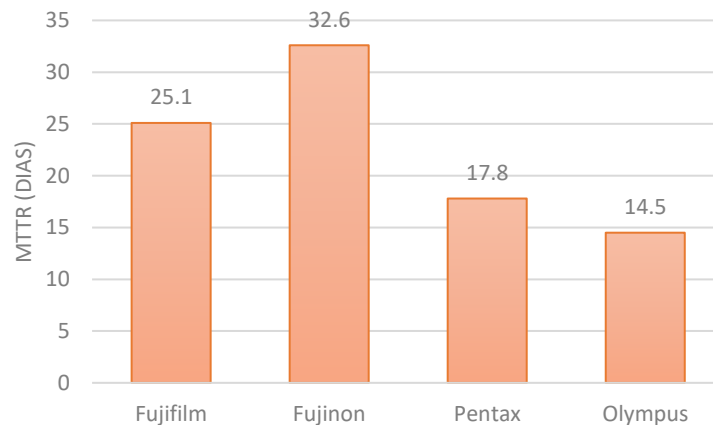


Figura 35 - MTTR por marca do Colonovidoscópio

Contrariamente à análise efetuado no MTBF, as marcas Fujifilm e Fujinon demonstram valores pobres no que toca ao MTTR. Contudo a marca Olympus lidera, em termos de resultados, obtendo o tempo médio de reparação mais baixo de todas as marcas presentes nesta tipologia de dispositivo.

Gastrovideoscópio

Neste caso, denota-se uma diferença substancial da marca Fujinon, que detêm o valor maior, para com a marca Olympus, que apresenta um MTTR reduzido, o que lhe permite ser a marca que apresenta melhor valor de MTTR para este equipamento.

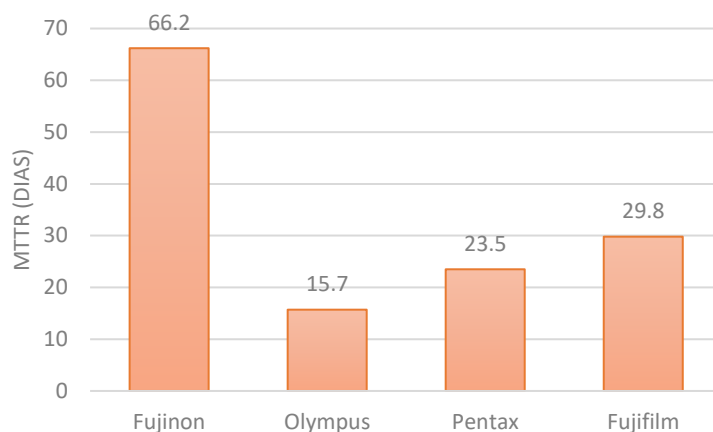


Figura 36 - MTTR por marca do Gastrovideoscópio

Como na análise do MTBF a marca Olympus obtém, novamente, bom resultado, agora no MTTR, sendo esta a marca de eleição para este indicador de desempenho. Em segundo lugar a marca com melhores resultados é a Pentax, porém, como constatamos anteriormente, esta teve um mau desempenho no que toca a valores de MTBF.

Laringoscópio

Como a marca Gima só teve uma reparação e as marcas Chimo e Riester não tiveram nenhuma, nenhuma destas três marcas é elegível para o cálculo deste indicador de desempenho. Das duas marcas que possuem dados para análise, a marca Heine possui melhor resultado, no entanto, não é muito significativo.

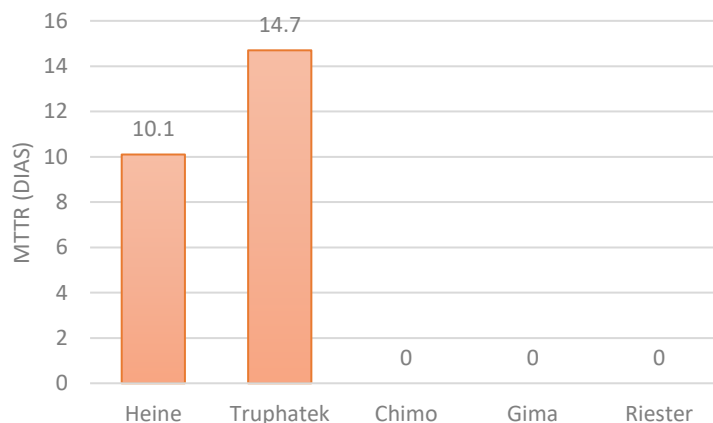


Figura 37 - MTTR por marca do Laringoscópio

As conclusões que se pode tirar deste equipamento são idênticas à análise do MTBF, onde a marca Gima teve poucas reparações, logo não obteve dados suficientes para o cálculo de MTTR. Portanto esta marca, devido às suas avarias excepcionais, torna-se uma boa opção para este tipo de equipamento.

Novamente, o **videolaringoscópio** só teve uma reparação por marca, ou seja, não há dados suficientes para obter valores de MTTR para cada marca.

Como o **broncoveoscópio ultrassónico**, o **cistonefrofibroscópio**, o **duodenoveoscópio**, o **gastrovideoscópio ultrassónico** só dispõem da marca Olympus e o **videolaringoscópio flexível de intubação** da marca Karl Storz, os valores do MTTR por marca são os mesmo do gráfico apresentado na Figura 32.

3.5.3 Disponibilidade

Semelhante aos dois indicadores de desempenho analisados anteriormente, a plataforma usada foi a insights que permitiu calcular os valores da disponibilidade (neste caso, em percentagem) para cada equipamento e depois, por marca de cada tipo de equipamento.

Abaixo está representado um gráfico que indica, a percentagem de disponibilidade de cada equipamento estudado. Apesar dos valores serem semelhantes em praticamente todos os equipamentos, o valor da disponibilidade deve ser o maior possível.

Assim sendo, o armário de secagem de endoscópios, o laringoscópio e o gastrovideoscópio ultrassónico são detentores dos valores mais elevados. Contrariamente, o broncoveoscópio ultrassónico, o broncoveoscópio e o videolaringoscópio flexível de intubação são os que têm menor valor. Posteriormente, é feita a análise para cada equipamento mediante as marcas de cada um.

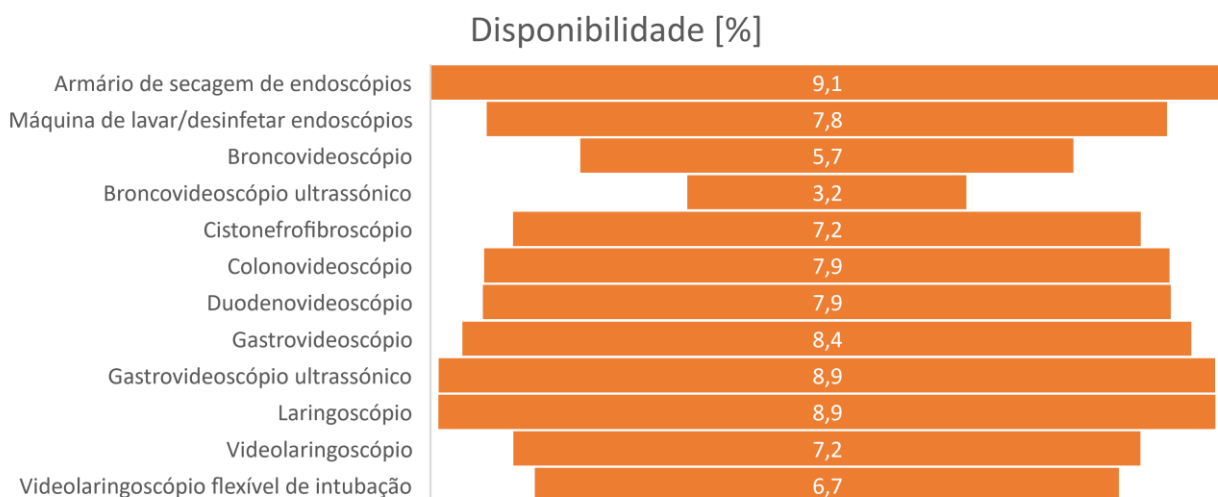


Figura 38 - Disponibilidade dos equipamentos

Armário de secagem de endoscópios

O gráfico ilustrado na Figura 39 mostra a disponibilidade das marcas que o equipamento dispõe, destacando-se a marca Endo Technik como a marca que possui maior valor de disponibilidade e a ausência de reparações da marca Harloff, que, consequentemente,

não permite calcular o valor da disponibilidade para esta marca, já que não possuía valores de MTBF e MTTR.

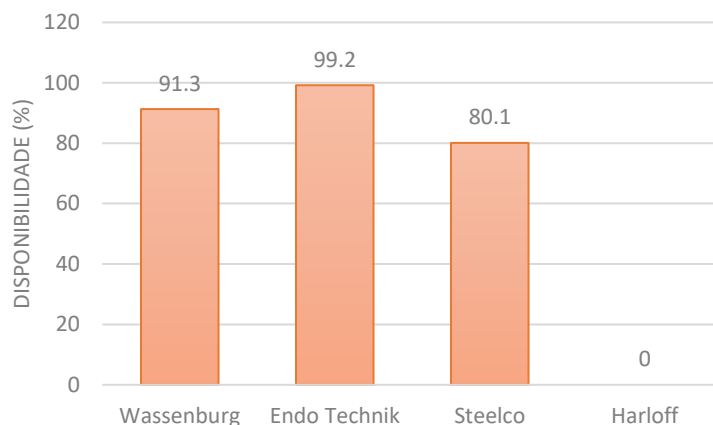


Figura 39 - Disponibilidade por marca do Armário de secagem de endoscópios

Visto que a marca Endo Technik tem valores de disponibilidade ideais, é importante dar mais relevo as restantes marcas. Começando pela Wassenburg, que até apresenta uma agradável disponibilidade, mas pode ser melhorada através do incremento do seu MTBF que denota valores pouco satisfatórios. Além disso, a marca Steelco é a que regista piores resultados deste indicador de desempenho, atingindo apenas os 80,1%. De modo a aprimorar os valores desta marca deve-se reduzir o seu MTTR que é bastante elevado e também aumentar razoavelmente o seu MTBF.

Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Neste equipamento, a marca Steelco apresenta um valor mais elevado comparativamente às duas marcas com dados para análise pois, a marca Medipia e a marca Endoscope Washer & D não apresentam reparações o que origina num valor nulo.

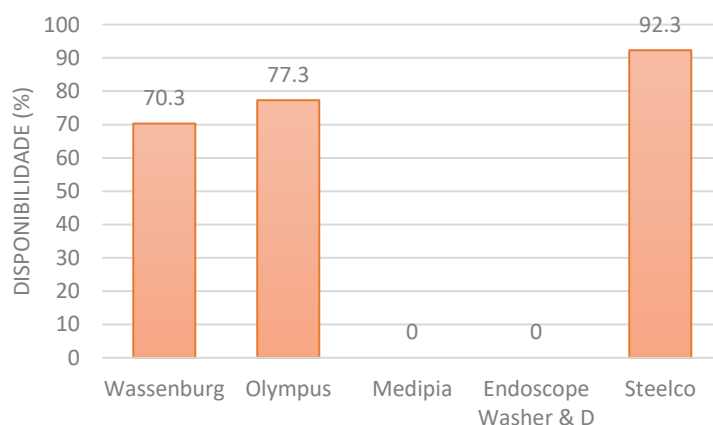


Figura 40 - Disponibilidade por marca da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Apenas com 70,3% e 77,3%, a marca Wassenburg e a Olympus denotam percentagens débeis, que beneficiariam com algumas ações. Primeiramente, ambas apresentam péssimos resultados de MTBF, o que era notável conseguir ampliar estes valores. Em seguida, seria a redução dos seus dados de MTTR, posto que ambas apresentam valores razoáveis, mas não tão efetivos como a marca Steelco.

Broncoveoscópio

O broncoveoscópio apresenta mais que uma reparação unicamente com a marca Olympus, apresentando uma disponibilidade de 56,5%.

Este tipo de equipamento apresenta escassos resultados no que diz respeito ao MTBF e MTTR, o que tem influência neste valor diminuto da disponibilidade. Caso não se consiga incrementar o MTBF e reduzir o MTTR, o departamento de manutenção deverá se focar nas outras marcas presentes nesta tipologia de equipamento, que praticamente não registaram avarias no intervalo de tempo em estudo.

Colonoveoscópio

Analisando o gráfico na Figura 41, a marca Olympus é a marca com melhor disponibilidade que o colonoveoscópio dispõe, sendo que a diferença para com as restantes marcas é pouca, no entanto, as marcas Fujinon e Pentax necessitam de um estudo nos indicadores MTBF e MTTR de forma a melhorar os valores da disponibilidade.

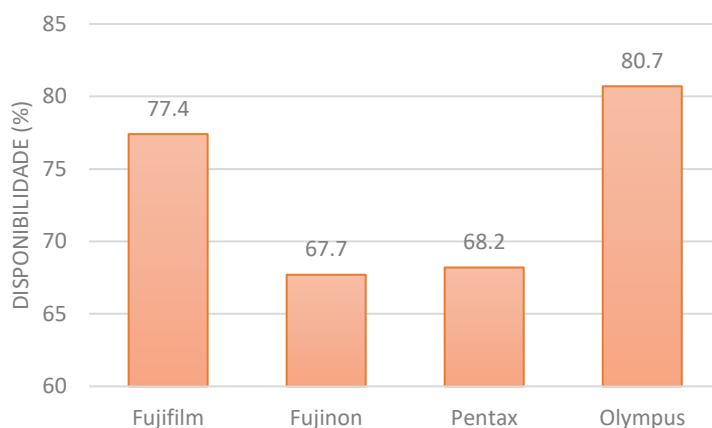


Figura 41 - Disponibilidade por marca do Colonoveoscópio

Gastrovideoscópio

Com valores elevados, a Olympus é a marca detentora de maior valor de disponibilidade do gastrovideoscópio, seguida da Fujifilm. No entanto, a Pentax apresenta um valor muito baixo.

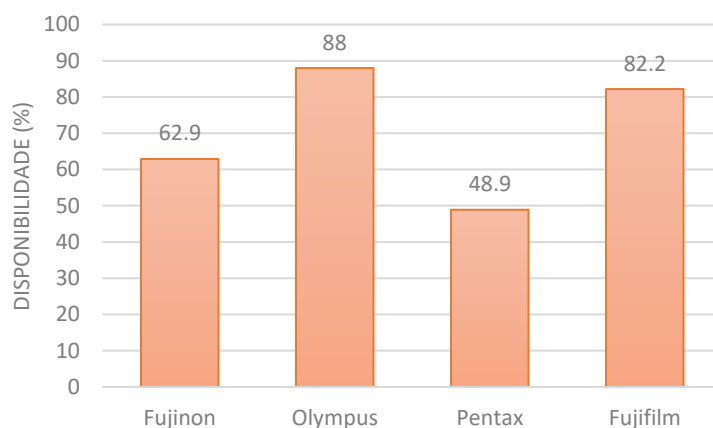


Figura 42 - Disponibilidade por marca do Gastrovideoscópio

Uma vez que a marca Pentax apresenta meramente 48,9% de disponibilidade, a sua consideração e futuras aquisições deveria ser posta de parte, tendo em conta que apresenta um MTBF profundamente reduzido, o que seria difícil e trabalhoso aumentar o seu valor. Sabendo que a marca Olympus detém larga maioria dos ativos desta tipologia de equipamento, o seu fator da disponibilidade é consideravelmente razoável, no entanto poderia ultrapassar a marca dos 90% caso aumenta-se o seu MTBF.

Laringoscópio

Como referido anteriormente, as três marcas com valor nulo no gráfico abaixo não são elegíveis para o cálculo da disponibilidade por não apresentarem reparações. Com uma ligeira diferença entre as duas marcas, a marca Heine exhibe um ótimo valor de disponibilidade.

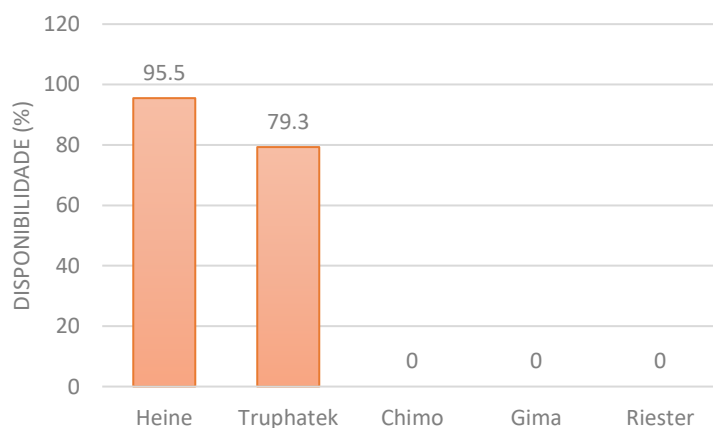


Figura 43 - Disponibilidade por marca do Laringoscópio

É possível observar no gráfico da Figura 43, que a marca Truphatek não atinge valores extraordinários, isto deve-se ao facto da marca ostentar os piores resultados de MTBF e MTTR desta categoria de equipamento.

Como nos indicadores de desempenho anteriores, não existem dados suficientes para obter valores de Disponibilidade do **videolaringoscópio** para cada marca. Porém na generalidade, o equipamento apresenta uma disponibilidade de 71,8% como indica a Figura 38. Apesar do MTBF desta categoria de equipamento ser excelente, sendo este o mais elevado de todos os equipamentos em estudo, o seu MTTR apresenta o pior resultado de todos, tornando a categoria de equipamento com MTTR mais excessivo.

Reiteradamente, o **broncoveoscópio ultrassónico**, o **cistonefrofibroscópio**, o **duodenoveoscópio**, o **gastrovideoscópio ultrassónico** que só possuem a marca Olympus e o **videolaringoscópio flexível de intubação** a marca Karl Storz, faz com que os valores do Disponibilidade por marca igualem os mesmo do gráfico apresentado na Figura 38.

Através destes dados concluímos que o broncoveoscópio ultrassónico e o videolaringoscópio flexível de intubação apresentam valores de disponibilidade redutores (32% e 66,9%, respetivamente), valendo a este primeiro, a pior disponibilidade registada neste estudo. Este caso, deve-se a ser um equipamento que apenas contém 2 ativos e por ser um tipo de dispositivo usado em raras situações, tornando assim um equipamento não prioritário no que toca à análise dos indicadores de desempenho.

3.5.4 Eficiência operacional – EO

Obtida a análise da disponibilidade dos equipamentos, segue-se o estudo da percentagem de tempo utilizado para trabalho em relação ao tempo em que o equipamento ficou disponível, o que se pode designar de Eficiência operacional.

De modo a alcançar valores de eficiência operacional (EO) é necessário primeiramente calcular o tempo disponível (TD), que se traduz no produto da disponibilidade do equipamento com o tempo disponível que o equipamento teve no intervalo de tempo em estudo (2 anos), que se trata de 731 dias.

Tendo em conta que os equipamentos endoscópios, durante estes dois anos, não estiveram ativos nos domingos e feriados, entende-se que estes equipamentos trabalharam efetivamente apenas 606 dias. Dito isto, possuindo o tempo de trabalho efetivo (TT), é possível calcular os valores de OE através do quociente deste mesmo tempo com o tempo disponível (TD).

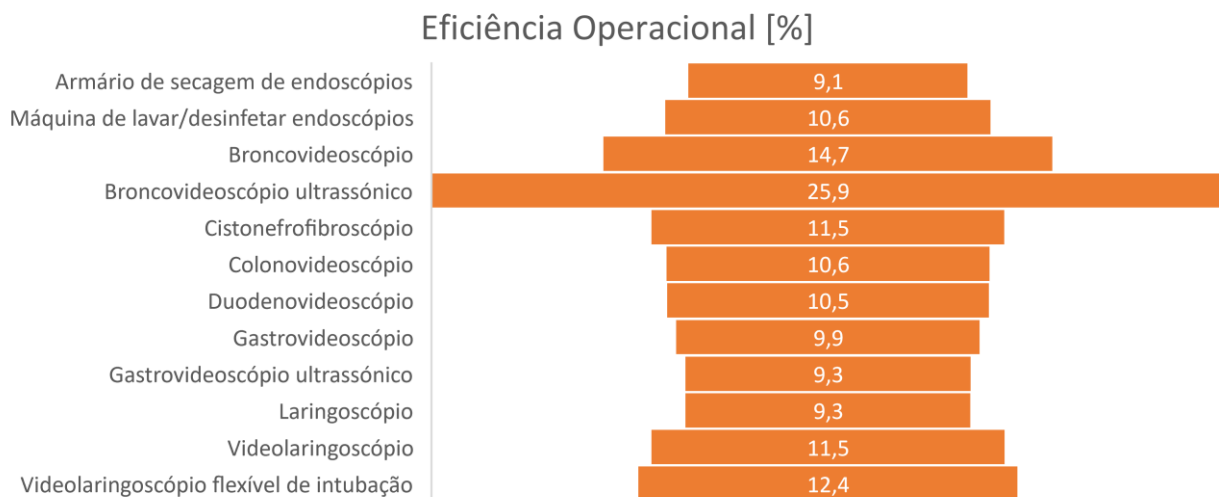


Figura 44 - Eficiência operacional dos equipamentos

Através da Figura 44, é possível se aperceber que os valores da eficiência operacional dos equipamentos estão relacionados com as suas disponibilidades. Uma vez que o armário de secagem de endoscópios, o laringoscópio e o gastrovideoscópio ultrassónico são detentores dos valores mais elevados de disponibilidade, as suas eficiências operacionais são as mais reduzidas do estudo. Por sua vez, o broncoveidoscópio ultrassónico, o broncoveidoscópio e o videolaringoscópio flexível de intubação são os apresentam maior valor de EO.

Em seguida é feita a análise para cada equipamento atendendo as marcas de cada um.

Armário de secagem de endoscópios

Através dos resultados obtidos no gráfico da Figura 45 é possível observar que as marcas Wassenburg e Endo Technik apresentam valores de EO inferiores às suas disponibilidades, querendo isto dizer que a percentagem de utilização real dos ativos destas marcas em relação ao que estava disponível foi menor do que a percentagem de tempo disponibilizada em relação ao tempo programado. Porém a marca Steelco foi o oposto, apresentando uma eficiência operacional de 103,5%, quando possui uma disponibilidade de 80,1%.

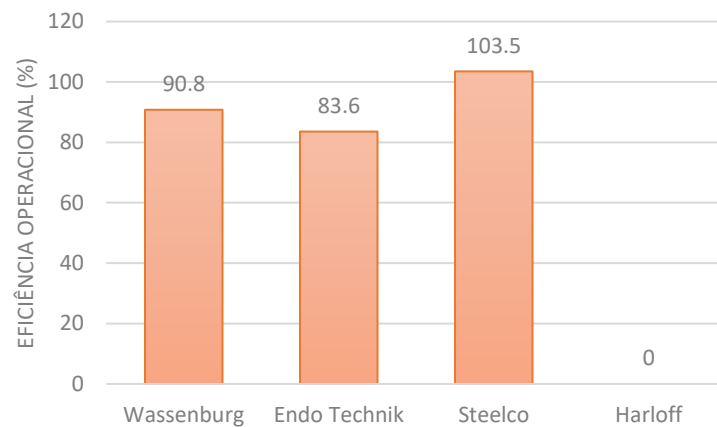


Figura 45 - Eficiência operacional por marca do Armário de secagem de endoscópios

Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Nesta tipologia de equipamento verificamos as marcas Wassenburg e Olympus não estão a ser eficientes, dado que estas apresentam maior tempo de operação do que disponibilidade. Contudo a marca Steelco apresenta a situação inversa, obtendo um tempo menor de operação do que disponibilidade, exibindo assim um a EO de 89,8%.

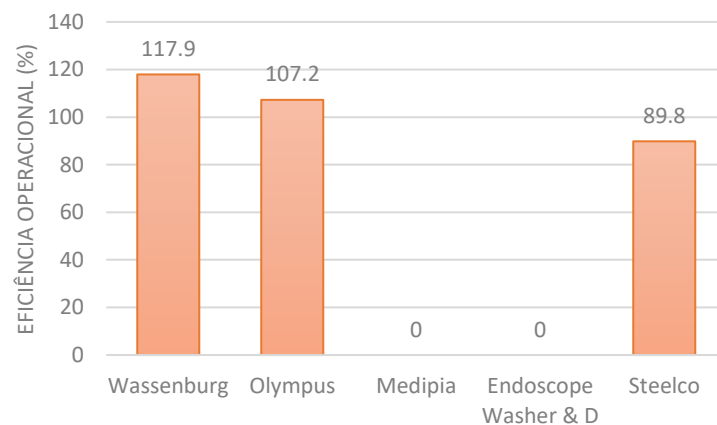


Figura 46 - Eficiência operacional por marca da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Broncoveidoscópio

Como já foi referido anteriormente, apenas há registo dos dados da marca Olympus devido as outras marcas não apresentarem avarias suficientes no intervalo de tempo em estudo. No entanto a marca Olympus apresenta uma eficiência operacional de 146,7% o que demonstra que a percentagem de utilização real do equipamento relativamente ao que estava disponível foi maior do que a percentagem de tempo disponibilizada em relação ao tempo programado.

Colonovideoscópico

O colonovideoscópico apresenta todas as suas marcas com eficiências operacionais acima das suas disponibilidades, demonstrando assim que a manutenção que está a ser efetuada nestas marcas não está a ser eficiente, de modo em que o tempo de operação é maior do que a disponibilidade nas marcas desta tipologia de equipamento. É de realçar que as marcas Fujinon e Pentax denotam de uma EO de 122,5% e 121,6%, respetivamente, o que as tornas as marcas com os valores mais elevados deste KPI nesta tipologia de dispositivo. No entanto, uma vez que a marca Olympus ostenta a maior disponibilidade desta tipologia, na EO regista o valor mais baixo de todas as marcas com 102,7%.

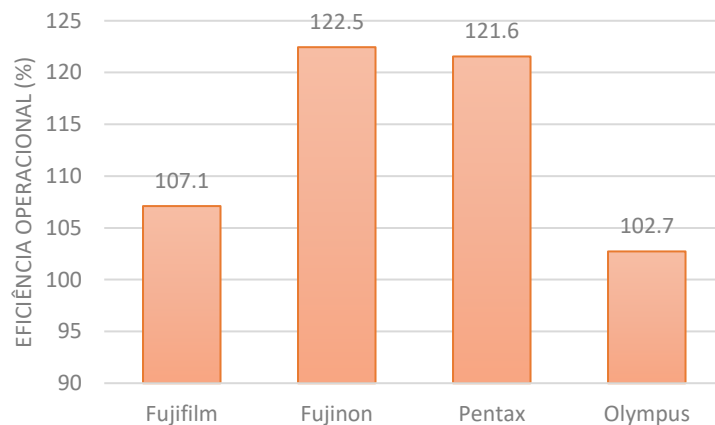


Figura 47 - Eficiência operacional por marca do Colonovideoscópico

Gastrovideoscópico

Na Figura 48 podemos observar os vários resultados obtidos no que diz respeito às marcas deste tipo de equipamento, onde todas elas têm um ponto em comum, ponto esse que se caracteriza na diferença dos valores de EO com as disponibilidades destes mesmo equipamentos. Dito isto, verifica-se que todas as marcas apresentam uma eficiência operacional superior à disponibilidade destas mesmas.

É importante dar relevo ao 100,9% de EO da marca Fujifilm, dado que o TD desta marca está muito próximo do TT, denotando assim de uma eficiência quase ideal de 100%.

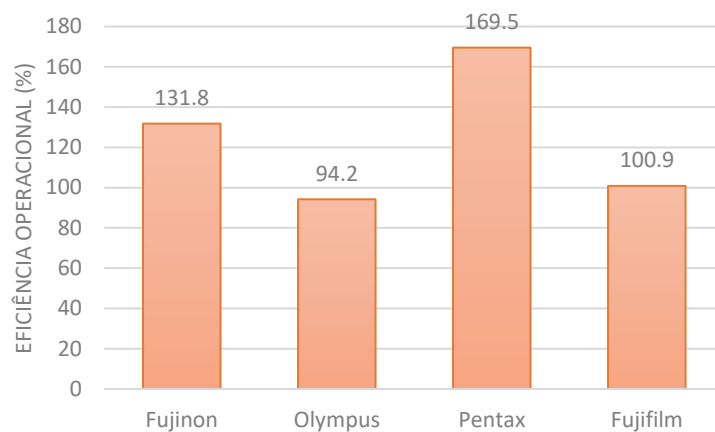


Figura 48 - Eficiência operacional por marca do Gastrovideoscópio

Laringoscópio

Nesta categoria de equipamento observamos dois resultados diferentes de duas marcas. A Heine obteve uma eficiência operacional de 104,5%, valor superior à sua disponibilidade de 79,3%, uma vez que a que percentagem de utilização real desta marca em relação ao que estava disponível foi maior do que a percentagem de tempo disponibilizada em relação ao tempo programado. Já a marca Truphatek apresentou o resultado oposto à Heine uma vez que dispõe de uma EO de 86,8% e uma disponibilidade de 95,5%.

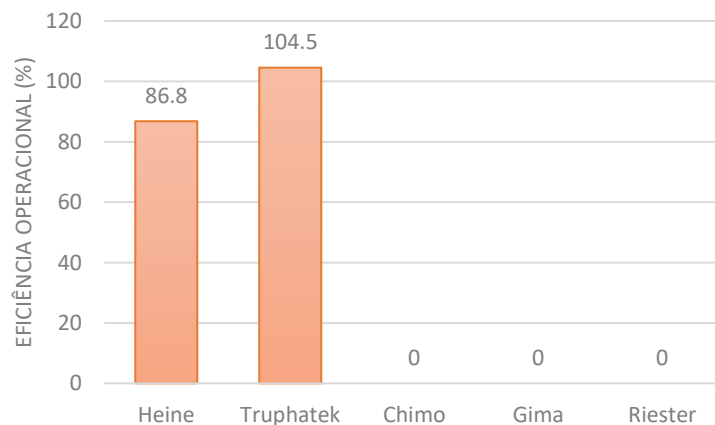


Figura 49 - Eficiência operacional por marca do Laringoscópio

Como anteriormente, não existem dados suficientes para obter valores da Eficiência operacional do **videolaringoscópio** para cada marca.

No entanto, o **broncoveidoscópio ultrassónico**, o **cistonefrofibroscópio**, o **duodenoveidoscópio**, o **gastrovideoscópio ultrassónico** que só possuem a marca Olympus e o **videolaringoscópio flexível de intubação** a marca Karl Storz, faz com que os valores da Eficiência Operacional por marca igualem os mesmo do gráfico apresentado na Figura 44.

3.6 Análise de avarias dos equipamentos endoscópicos

Como qualquer outro equipamento, os equipamentos endoscópicos não deixam de ter as suas avarias, sendo algumas delas mais frequentes que outras.

Neste ponto será avaliada a manutenção corretiva e a preventiva dos equipamentos que estão a ser estudados neste caso. Além disso irá ser feita uma análise das avarias mais comuns e se estas estão ou não mais associadas a uma marca.

Para estas avaliações irá se usar dados relativos ao intervalo de tempo indicado no capítulo anterior, isto é, entre 1 de janeiro de 2020 a 1 de janeiro de 2022.

3.6.1 Manutenção corretiva

No que diz respeito às intervenções de manutenção corretiva, todas as avarias registadas pelos técnicos do grupo hospitalar no *software NextBITT*, são posteriormente transferidas para a plataforma *insights* para fins estatísticos e de avaliação.

Através desta plataforma, foi extraída toda a informação relativa às intervenções de manutenção corretiva dos equipamentos da electromedicina e, em seguida, filtrou-se apenas os dados relativos aos equipamentos em estudo.

À posteriori, realizou-se a análise dos dados das intervenções de manutenção corretiva dos equipamentos, tais como: o número total de intervenções, quantidade de intervenções por marca, os seus graus de urgência e a relação existente entre todos estes fatores. Os subcapítulos que se seguem, mostram, por equipamento, a manutenção corretiva destes com base nos dados anteriormente referidos.

Armário de secagem de endoscópios

Para o equipamento em questão, foram realizados, no total, 19 intervenções, sendo grande parte delas normais e apenas 3 urgentes. A Wassenburg foi a marca que arrecadou maior número de intervenções, tornando-se a única a ter reparações urgentes. Comparativamente, as duas outras marcas não apresentam grande número de intervenções.

Uma vez que, a marca Wassenburg possui a maioria dos ativos do armário de secagem de endoscópios (10), compreende-se as 15 avarias registadas em 2 anos, podendo até se relativizar este número.

Tabela 19 - Intervenções corretivas no Armário de secagem de endoscópios

Marca	Grau de urgência		Total
	Normal	Urgente	
Wassenburg	12	3	15
Endo Technik	1	0	1
Steelco	3	0	3
Total	16	3	19

Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

A máquina de lavar/desinfetar endoscópios apresenta 378 reparações, onde, na sua maioria, são urgentes, 100 normais e apenas 34 emergentes. Entre as cinco marcas que o equipamento dispõe, a marca Wassenburg e a marca Olympus foram, claramente, as que possuem mais intervenções, tendo sido a segunda a alcançar maior número.

Tabela 20 - Intervenções corretivas na Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Marca	Grau de urgência			Total
	Normal	Urgente	Emergente	
Wassenburg	44	107	13	164
Olympus	54	136	20	210
Steelco	1	1	0	2
Medipia	0	0	1	1
Endoscope Washer & D	1	0	0	1
Total	100	244	34	378

Através da Tabela 20, podemos observar que este tipo de equipamento, em 2 anos apenas, deteve um montante excessivo de avarias. Esta tipologia, que só detém 28 equipamentos, apresenta 378 avarias, tornando-se a categoria equipamento mais crítico em estudo. É importante também realçar que a marca Olympus, que possui 15 ativos, e a marca Wassenburg, que detém 9 ativos, apresentam só as duas, quantidades elevadíssimas de avarias. A Wassenburg, dentro do intervalo de tempo em estudo, obteve 164 avarias, enquanto a Olympus atingiu as 210. Estas marcas necessitam de especial atenção, de modo a melhorar os seus desempenhos, através por exemplo da redução da periodicidade entre ações de manutenção preventiva. Contudo, uma outra opção seria apostar nas outras marcas para compras futuras de ativos, tal como a marca Steelco, que em dois anos apresentou apenas duas avarias e nenhuma delas teve grau de urgência máximo.

Broncoveoscópio

Por sua vez, o broncoveoscópio, mostra um total de seis de reparações, sendo, apenas, uma normal e as restantes cinco urgentes. Novamente, a Olympus é a marca que atinge o maior valor.

Tabela 21 - Intervenções corretivas no Broncoveoscópio

Marca	Grau de urgência		Total
	Normal	Urgente	
Olympus	1	4	5
Fujifilm	0	1	1
Total	1	5	6

Visto que, este tipo de dispositivo conta com 16 ativos, a quantia de avarias (6) é consideravelmente reduzida, o que não se justifica qualquer alteração. Porém a marca Olympus é a que exprime maior número de avarias, não sendo obstante a escolha de uma outra marca, tal como a Fujifilm, numa futura aquisição deste tipo de equipamento.

Broncoveoscópio ultrassónico

Tendo em conta que este equipamento apenas detém a marca Olympus, o total de reparações realizadas são três, todas urgentes.

Tabela 22 - Intervenções corretivas no Broncoveoscópio ultrassônico

Grau de urgência		
Normal	Urgente	Total
0	3	3

Cistonefrofibroscópio

Também, o cistonefrofibroscópio possui, apenas, a marca Olympus e obtêm 31 intervenções, onde 27 são urgentes e 4 são normais.

Tabela 23 - Intervenções corretivas no Cistonefrofibroscópio

Grau de urgência		
Normal	Urgente	Total
4	27	31

Tendo em conta que este tipo de equipamento possui 15 ativos, pode-se induzir que os ativos do cistonefrofibroscópio evidenciam uma avaria por ano cada um deles. Deste ponto de vista, entende-se que esta categoria de ativo não seja crítica e que os seus dados, relativos às avarias, não sejam importantes.

Colonoveoscópio

O colonoveoscópio caracteriza-se por ter um total de 280 de reparações, com destaque para as 255 intervenções urgentes e 25 normais. Relativo às marcas, a Olympus detém grande parte do número total das reparações com 223, e a Pentax é a que possui menor valor, com as nove reparações todas urgentes.

Esta categoria de equipamento é a segunda com mais avarias de todas as categorias em estudo, o que a torna a mais crítica a seguir à máquina de lavar/desinfetar endoscópios. No entanto, este tipo de dispositivo dispõe de um total de 97 ativos, o que ajuda, já que ocorrem tantas avarias nestes equipamentos.

Tabela 24 - Intervenções corretivas no Colonovideoscópico

Marca	Grau de urgência		Total
	Normal	Urgente	
Fujinon	0	25	25
Olympus	20	203	223
Fujifilm	5	18	23
Pentax	0	9	9
Total	25	255	280

Além disso, a marca Olympus destaca-se das outras com o excesso de avarias que ocorreram nestes dois anos em estudo. Só a Olympus detém 69 ativos desta categoria, ainda assim, esta marca apresenta demasiadas avarias para os ativos que possui. Dito isto, o departamento de manutenção do grupo hospital deveria diminuir o intervalo de tempo entre as intervenções de manutenção preventiva efetuadas nestes ativos da Olympus e considerar, para futuras aquisições, as outras marcas presentes nesta tipologia de dispositivo.

Duodenovideoscópico

Este equipamento, novamente, é um dos que apenas possui uma marca, Olympus, que é detentora de quatro intervenções, duas normais e duas urgentes.

Tabela 25 - Intervenções corretivas no Duodenovideoscópico

Grau de urgência		
Normal	Urgente	Total
2	2	4

Em virtude dos 7 ativos que o duodenovideoscópico apresenta, aceita-se as 4 avarias ocorridas em 2 anos, sendo que este tipo de dispositivo não necessita de muitos ajustes.

Gastrovideoscópio

No que diz respeito ao Gastrovideoscópio, compreende, na sua totalidade, 137 intervenções, dos quais 105 são urgentes. Reiteradamente, é a marca Olympus que possui maior número com uma diferença substancial entre as reparações normais e urgentes. Nas restantes marcas, a Pentax é a que conta com menor valor.

Tabela 26 - Intervenções corretivas no Gastrovideoscópio

Marca	Grau de urgência		Total
	Normal	Urgente	
Fujinon	1	14	15
Olympus	19	84	103
Fujifilm	12	0	12
Pentax	0	7	7
Total	32	105	137

Uma vez que esta tipologia de equipamento possui 83 ativos, o valor total das avarias, avarias não é assim tão exorbitante, no entanto, não deixa de ser um montante elevado e necessita de especial atenção. Somente a marca Olympus engloba 103 avarias das 137 registadas nesta tipologia, mas também, é marca com mais ativos no gastrovideoscópio, detendo um total de 57 ativos.

Sendo assim, o ideal seria aumentar o número de ações de manutenção preventiva para esta marca, ou então recorrer a outras marcas, tal como a Fujifilm que apenas apresentou 12 avarias em 2 anos, dispendo de um conjunto de 15 ativos nesta tipologia.

Gastrovideoscópio ultrassónico

Atendendo que o equipamento em questão apenas detém a marca Olympus, esta compreende um conjunto de oito intervenções, onde metade são normais e metade urgentes.

Tabela 27 - Intervenções corretivas no Gastrovideoscópio ultrassônico

Grau de urgência		
Normal	Urgente	Total
4	4	8

Laringoscópio

Em análise a este ativo, no seu todo, compreende 23 intervenções distribuídas por quatro marcas. De ressaltar que apenas uma é normal e todas as outras são urgentes. A marca com maior número é a Truphatek com 13 intervenções e a Dahlhausen e a Gima as marcas que somente apresentam uma intervenção cada.

Tabela 28 - Intervenções corretivas no Laringoscópio

Grau de urgência			
Marca	Normal	Urgente	Total
Dahlhausen	0	1	1
Heine	1	7	8
Truphatek	0	13	13
Gima	0	1	1
Total	1	22	23

O laringoscópio dispõe de 91 ativos, o que relativiza as 23 avarias registradas. Porém, a marca Truphatek indicou o maior número de avarias, quando apenas possui 4 ativos deste tipo de equipamento. É também importante realçar que a marca Gima compreende 58 ativos e apenas apresentou uma avaria. Para concluir, podemos afirmar que a Gima será sempre a escolha de eleição para esta tipologia de dispositivo.

Videolaringoscópio

Considerando que, comparativamente aos outros equipamentos, o videolaringoscópio possui menor número de intervenções, podemos ver, na Tabela 29, apenas o somatório de duas reparações, uma urgente por cada marca existente.

Tabela 29 - Intervenções corretivas no Videolaringoscópio

Marca	Grau de urgência		Total
	Normal	Urgente	
Karl Storz	0	1	1
Covidien	0	1	1
Total	0	2	2

Videolaringoscópio flexível de intubação

Por fim, este dispositivo que se apresenta com a marca Karl Storz, soma quatro reparações, sendo apenas uma normal e as restantes urgentes.

Tabela 30 - Intervenções corretivas no Videolaringoscópio flexível de intubação

Grau de urgência		
Normal	Urgente	Total
1	3	4

3.6.2 Manutenção preventiva

Este tipo de manutenção tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais importante nos dias que correm, nos equipamentos das empresas. Dito isto, qualquer equipamento, máquina ou instrumento pode melhorar os valores dos seus KPI'S e diminuir o seu número de avarias, com a criação de ações preventivas, ou caso estas já existam, com o aumento do número destas mesmas ações.

No que diz respeito à manutenção preventiva no grupo hospital, toda a manutenção está registada, planeada e analisada através da plataforma *NextBITT*.

Na *NextBITT* podemos observar as intervenções de manutenção preventiva executadas nos equipamentos em estudo, verificando a data e hora do que foi planeado, previsto e realizado. Além disso, é possível verificar as tarefas associadas a cada tipo de preparação e também constatar se estas foram todas realizadas.

Para as manutenções periódicas trimestrais, semestrais e anuais, o departamento da manutenção recorre ao *outsourcing*, isto é, recorrer a entidades externas para realizar estas manutenções preventivas. As principais tarefas registadas no *software* das manutenções preventivas trimestrais, semestrais e anuais são o acompanhamento externo, o relatório da intervenção e o detalhe da intervenção externa.

Armário de secagem de endoscópios

Dos 13 equipamentos ativos, apenas 9 é que fazem manutenção preventiva sendo que, foram detetadas 17 intervenções. A Steelco é a marca que apresenta maior número de MP, onde a maioria são anuais. Como um conjunto, as quatro marcas apontam mais manutenções anuais do que semestrais.

É importante também abordar que o teste de segurança elétrica semestral é executado pelo departamento de manutenção onde as tarefas que consistem no teste são as seguintes

- Inspeção visual / limpeza técnica
- Verificar apoios / fixação
- Verificar carro de transporte / travões
- Verificar tomada de alimentação / cabo de alimentação
- Verificar/substituir filtros
- Ensaio de controlos / teclados
- Verificar alarmes visuais / acústicos
- Ensaio de segurança elétrica resistência de terra (=0,2)
- Ensaio de segurança elétrica corrente fuga chassi CF < 50µA b e BF < 500µA
- Teste de sinais acústicos
- Ensaio do temporizador (±10%)
- Verificar sondas / sensores
- Verificar térmicos / termostatos
- Ensaio botão paragem emergência
- Verificação / limpeza ventilador
- Verificar cabos e conexões
- Verificar/repor líquido de refrigeração / aquecimento
- Verificar evaporador / *cooling caps* / mangueiras
- Verificar elemento de aquecimento
- Verificar bomba de circulação

- Ensaio tensão
- Ensaio corrente
- Ensaio potência
- Medição da tensão da bateria
- Ensaio de temperatura °C ($\pm 10\%$) valor máximo, intermédio e mínimo
- Ensaio do térmico de proteção de temperatura °C ($\pm 10\%$)
- Ensaio de pressão valor máximo, intermédio e mínimo
- Ensaio de pressão mbar ($\pm 10\%$) pressostato de proteção
- Ensaio de pressão mbar ($\pm 10\%$) alarme mínimo / máximo
- Teste de velocidade / rotação
- Ensaio de impressora
- Verificar velocidade de impressão
- Limpeza e desinfeção
- Ajustes e afinações
- Lubrificações
- Substituição de material
- Registo de intervenção na etiqueta
- Registo equipamento de teste

Tabela 31 - Intervenções preventivas no Armário de secagem de endoscópios

Marcas	MP Anual	MP Semestral	Teste de Segurança Elétrica Semestral	Total
Endo Technik		2	2	4
Harloff	1			1
Wassenburg	1	2		3
Steelco	7	2		9
Total	9	6	2	17

Visto que este equipamento tem um MTBF elevado, um MTTR e um número de avarias consideravelmente reduzido, adequa-se o número de preventivas realizadas para este tipo de equipamento.

No que toca às marcas, a Wassenburg apresenta um MTBF diminuto e é a marca com maior número de avarias (15). Uma vez que apresentou apenas 3 intervenções

preventivas em dois anos, esta marca beneficiaria com um aumento das suas ações deste tipo de manutenção.

Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

A máquina de lavar/desinfetar endoscópios possui 28 equipamentos ativos, mas apenas 26 realizam manutenção preventiva. No seu todo, ocorreram 75 intervenções, grande parte semestrais (60), 14 anuais e somente uma trimestral. Em relação às marcas que obtiveram maior número de manutenções preventivas, destaca-se a Olympus com uma margem bastante superior em relação às demais, seguida da Wassenburg.

Tabela 32 - Intervenções preventivas na Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Marca	MP Anual	MP Semestral	MP Trimestral	Total
Olympus	8	42	1	51
Endoscope Washer & D		4		4
Medipia		4		4
Wassenburg	6	6		12
Steelco		4		4
Total	14	60	1	75

Sabendo que todos os ativos desta categoria de equipamento têm um grau de criticidade emergente, entende-se o elevado de número de intervenções preventivas. Contudo, este tipo de equipamento é o que apresenta maior número de avarias relativamente aos equipamentos em estudo, exibindo um total de 378. Além disso, o seu valor de MTBF é circunscrito e a sua disponibilidade expressa uma cotação pouco satisfatória. Desta forma, é possível entender que o aumento das ações de manutenção preventiva neste tipo de ativos iria favorecer os mesmos.

No que diz respeito às marcas, somente a marca Olympus e a Wassenburg sofreram 210 e 164 avarias, respetivamente. Dito isto, e lembrando que a Olympus possui apenas 15 ativos e a Wassenburg 9 neste tipo de equipamento, observa-se que as ações preventivas que estão a ser efetuadas nestes dispositivos podem não ser suficientes, principalmente na marca Wassenburg que apenas dispõem de 12 intervenções de manutenção preventiva atualmente.

Broncoveoscópio

Neste caso, dos 16 equipamentos ativos que a entidade dispõe, 13 realizam manutenção preventiva. Na totalidade, verificaram-se 50 ações de manutenção preventiva para este equipamento, entre os quais 24 são trimestrais, 14 semestrais e 10 anuais. Em destaque está a marca Olympus que detém a maioria das intervenções realizadas, sendo que é a única detentora de manutenções trimestrais e testes de endoscopia flexível quando comparado às outras duas marcas.

Mais, realça-se, enumeradas abaixo, as principais tarefas que são desenvolvidas no teste de endoscopia flexível:

- Verificar display/botões
- Verificar fugas
- Controlo de Qualidade de Imagem
- Ensaio de controlos/teclados
- Verificar adaptadores/conectores de endoscópios
- Verificar cabos/fibras
- Verificar tubo de inserção
- Verificar *bending rubber*
- Verificar placa identificadora
- Verificar canal de biópsia
- Verificar canal de sucção
- Verificar lente do CCD
- Verificar travões dos controlos
- Verificar "eyepiece" (fibroscópio)

Tabela 33 - Intervenções preventivas no Broncoveoscópio

Marcas	MP Anual	MP Semestral	MP Trimestral	Teste Endoscopia Flexível	Total
Olympus	9	8	24	2	43
Fujifilm		4			4
Pentax	1	2			3
Total	10	14	24	2	50

Levando em consideração que o broncoveoscópio possui 16 ativos e apenas registou 6 avarias em 2 anos, o seu número de intervenções de manutenção preventiva (50)

encontra-se ajustado, o que não se justifica a diminuição da periodicidade entre intervenções.

Broncoveoscópio ultrassónico

O broncoveoscópio ultrassónico possui 2 equipamentos ativos, mas apenas num é realizado manutenção preventiva. Durante o período de tempo de estudo, foram feitas 2 apenas, sendo que estas foram anuais. Este tipo de equipamento tem uma taxa de utilização bastante reduzida, explicando a pouca manutenção preventiva que possui.

Cistonefrofibroscópio

Em relação ao cistonefrofibroscópio, este dispõe de 15 equipamentos ativos, sendo que, 11 é que realizam manutenção preventiva. Uma vez que todos os equipamentos são da marca olympus, significa que as 38 intervenções cumpridas pertencem à mesma: 3 anuais, 7 semestrais, 24 trimestrais e 4 testes de endoscopia flexível. Salienta-se que as tarefas presentes no teste de endoscopia flexível são as mesmas descritas no broncoveoscópio. Uma vez que esta tipologia de equipamento detém 31 avarias e apresenta um MTBF consideravelmente reduzido, um aumento ligeiro do número de ações manutenção preventiva poderia beneficiar este tipo de equipamento.

Colonoveoscópio

Tendo em conta a existência do elevado número de equipamentos ativos (97), o número de equipamentos que realizam manutenção preventiva também se torna elevado (73). Considerando as 248 intervenções ocorridas e as marcas que a organização possui, a Olympus foi a marca que obteve maior número de manutenções preventivas, onde 84 são trimestrais., 67 semestrais e 39 anuais.

Tabela 34 - Intervenções preventivas no Colonoveoscópio

Marca	MP Anual	MP Semestral	MP Trimestral	Teste Endoscopia Flexível	Total
Olympus	39	67	84	3	193
Fujifilm	11	8			19
Fujinon		24			24
Pentax	4	8			12
Total	54	107	84	3	248

No entanto, em conjunto, houve mais manutenções semestrais que trimestrais, pois a Olympus foi a única, que possui estas últimas. Mais uma vez, as tarefas presentes no teste de endoscopia flexível são as mesmas acima referidas.

Dado que esta categoria de dispositivo registou um elevado número de avarias (280) e também obteve maus resultados no tempo médio entre avarias, o montante de ações preventivas poderão não ser o suficiente para esta categoria. Ao fazer uma análise por marcas verificamos que a marca Olympus apresenta o maior conjunto de preventivas, porém esta marca tem associada 69 ativos e registou 223 avarias. Além disso, apesar de deter bons resultados de MTTR, apresenta um MTBF insuficiente. Dito isto, no objetivo de incrementar o MTBF, esta marca poderia reduzir a periodicidade entre intervenções de manutenção preventiva.

Duodenovideoscópico

No que concerne ao duodenovideoscópico, existem 7 equipamentos ativos, mas somente 6 desempenham manutenção preventiva. Os equipamentos desta tipologia possuem, apenas, a marca Olympus onde acarretaram, ao longo do tempo, 17 intervenções: 2 anuais, 7 semestrais e 8 trimestrais. Sabendo que esta tipologia de equipamento apenas registou 4 avarias no intervalo de tempo estudado, não se justifica qualquer tipo de alteração na manutenção preventiva destes equipamentos.

Gastrovideoscópico

Este equipamento detém 83 equipamentos ativos, 65 realizam manutenção preventiva. Ao todo, foram executadas 214 intervenções, onde, mais uma vez, a marca Olympus ganha destaque como a detentora de maior número de ações de manutenção preventiva.

Tabela 35 - Intervenções preventivas no Gastrovideoscópico

Marca	MP Anual	MP Semestral	MP Trimestral	Teste Endoscopia Flexível	Total
Olympus	34	53	76	1	164
Fujifilm	12	4			16
Fujinon	2	20			22
Pentax	4	8			12
Total	52	85	76	1	214

Foi, também, a única marca a ter um teste de endoscopia flexível, com as mesmas tarefas que os equipamentos já referidos. Não obstante, de uma forma geral, ocorreram mais manutenções semestrais, seguidas das trimestrais e anuais.

Caso o departamento de manutenção intencione manter as marcas Fujinon e Pentax para esta categoria de equipamento deverá intervir na manutenção preventiva de ambas, visto que estas marcas apresentam disponibilidades medíocres e resultados de MTBF ou MTTR insuficientes. No entanto, a marca Olympus exhibe bons valores de indicadores de desempenho (MTBF, MTTR e disponibilidade), mas reuniu 103 intervenções corretivas. Desta forma, poderia se amplificar as ações de manutenção preventiva com o propósito de evitar futuramente estes números de avarias.

Gastrovideoscópio ultrassónico

Dos 2 equipamentos ativos existentes desta tipologia, ambos dispuseram de manutenção preventiva. Neste tipo de equipamento realizou-se 2 ações anuais e 2 semestrais. Tal como o broncoveidoscópio ultrassónico, o gastrovideoscópio ultrassónico é usado muito raramente, daí ter pouca manutenção preventiva.

Laringoscópio

O laringoscópio tem 91 equipamentos ativos e nenhum realiza manutenção preventiva. A razão pela qual isto acontece é por ser um equipamento com poucas avarias e por maioria delas acontecerem devido a mau uso do equipamento. Dito isto, o grupo hospitalar entende que não se justifica investimento em ações de manutenção preventiva neste tipo de dispositivos.

Videolaringoscópio

Acerca do videolaringoscópio, dos 24 equipamentos ativos, apenas 2 realizam manutenção preventiva: um equipamento da marca Covidien e outro da Karl Storz. Dispõe um total 3 ações preventivas neste período em estudo, todas estas ações periódicas anuais. Uma vez que este tipo de equipamento apenas registou 2 avarias em 2 anos, não se julga o baixo valor de preventivas.

Videolaringoscópio flexível de intubação

Por fim, este material dispõe de 2 equipamentos ativos, onde, ambos, procedem à manutenção preventiva. Apenas dispõe de preventivas anuais, totalizando 3 intervenções preventivas no intervalo de tempo em estudo.

3.6.3 Tipificar e quantificar as avarias mais comuns dos equipamentos

Concluída a análise da manutenção corretiva dos equipamentos em estudo, inicia-se um diagnóstico mais pormenorizado das avarias, tipificando e quantificando as avarias mais comuns nos dispositivos

Neste capítulo, são identificadas as avarias mais comuns por equipamento, atendendo a um intervalo de tempo de 1 de janeiro de 2020 a 1 de janeiro de 2022

Armário de secagem de endoscópios

Totalizando 19 avarias neste equipamento, as mais comuns são avaria geral e erro/alarme de funcionamento. Tendo em conta que o material possui 13 equipamentos, podemos considerar que a quantidade de avarias não é elevada para o intervalo de tempo em estudo.

Tabela 36 - Tipo de avarias do Armário de secagem de endoscópios

Avarias	
Avaria geral	8
Equipamento com porta encravada	2
Erro/alarme de funcionamento	8
Não liga	1

Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Em relação a este equipamento, as avarias mais comuns são o erro/alarme de funcionamento, seguido de avaria geral, fuga de água e o facto de não responder a comando. No final, foram contabilizadas 378 avarias, sendo que grande parte delas, explícitas abaixo na Tabela 37, apenas ocorreram uma vez. Uma vez que a entidade possui 28 destes equipamentos, a quantidade de avarias é superior ao expectável.

Tabela 37 - Tipo de avarias da Máquina de lavar/desinfetar endoscópios

Avarias	
Erro/alarme de funcionamento	159
Avaria geral	78
Equipamento amolgado	6

Equipamento partido	13
Filtro HEPA sujo/colma	1
Fuga de água	50
Não comunica	4
Não liga	7
Não responde a comando	32
Não seleciona programa	2
Aspersores entupidos	1
Peça de mão desencaixada	1
Canal off laranja desligado	1
Cuba da direita, deita água para fora	1
Cuba Direita não abre	1
Erro canal 4 da cuba da esquerda	1
Cuba Esquerda não abre. Empenada.	1
Erro CM107/20	1
Dá erros e não se consegue meter a lavar, nas 2 cubas	2
Efetou uma lavagem sem acusar fuga num gastroscópio	1
Erro ao iniciar a lavagem.	1
Erro F5E	1
Erro de entrada de água	1
Erro no canal 3 e canal 4	1

Erro F22	1
Faz o ciclo, mas não esgota a água	1
Máquina não deixa iniciar ciclo	1
Máquina bloqueada por falha de entrada de água.	1
Máquina faz disparar os disjuntores do quadro elétrico.	1
Não abre a tampa	1
Erro S17	1
Pressão alta no canal 2 na cuba da direita	1
Problema no canal 7, 2 e 3	1
Pressão não atingida	1
Erro F17 - Unidade de comando de temperatura com problemas.	1

Broncoveoscópio

Tendo em conta a existência de 16 equipamentos desta tipologia, não consideramos que a quantidade de avarias contabilizadas, neste caso 6 num período de 2 anos, sejam elevadas. A única avaria que possui mais que uma é o “Não passa em teste de fugas”.

Tabela 38 - Tipo de avarias do Broncoveoscópio

Avarias	
Não passa teste fugas	2
Comando não funciona	1
Imagem escurecida	1

Tubo trilhado	1
Botão não funciona	1

Broncoveoscópio ultrassónico

Contabilizando o espaço de tempo de estudo e o facto de existirem 2 equipamentos deste tipo, faz com que as três avarias existentes não sejam motivo de preocupação.

Tabela 39 - Tipo de avarias do Broncoveoscópio ultrassónico

Avarias	
Equipamento partido	1
Artefactos na endoscopia	1
Imagem deficiente	1

Cistonefrofibroscópio

A avaria mais relatada em relação a este equipamento é não passar nos testes de fugas, seguido da válvula de ar/água não funcionar e a existência de uma imagem deficiente. Existem 15 ativos deste tipo de equipamento, o que significa que as 31 avarias contabilizadas são vistas como valores baixos.

Tabela 40 - Tipo de avarias do Cistonefrofibroscópio

Avarias	
Não passa teste de fugas	12
Válvula ar/água não funciona	5
Imagem deficiente	5
Imagem escurecida	3
Líquido na lente	2

Angulação perra	1
Ótica danificada	2
Borracha terminal danificada	1

Colonovideoscópico

Um dos equipamentos que a entidade possui em maior quantidade é o colonovideoscópico onde foram contados 97. A Tabela 41 abaixo mostra as 280 avarias ocorridas sendo que as cinco mais comuns são, por ordem decrescente, “não passa testes de fugas”, o “comando não funciona”, a “imagem deficiente”, a “folga na angulação” e a “angulação perra”. A quantidade de avarias tendo por base o número total de equipamentos não é considerada demasiada elevada.

Tabela 41 - Tipo de avarias do Colonovideoscópico

Avarias	
Anomalia no CCD	1
Angulação perra	17
Botão não funciona	6
Comando não funciona	34
Equipamento partido	11
Folga na angulação	23
Faz mau contacto	12
Imagem deficiente	30
Líquido na lente	3
Imagem escurecida	10
Não faz angulação	12

Não liga	6
Ponta distal rasgada	6
Tubo enrugado	1
Sem imagem	13
Válvula ar/água não funciona	7
Válvula sucção não funciona	2
Equipamento amolgado	3
Não passa teste de fugas	70
Tubo trilhado	3
Colas da <i>bending</i> deterioradas	1
Canal ar obstruído	1
Comandos a ranger	1
Comandos e angulações inoperacionais	3
Folga nos comandos	1
Equipamento inoperacional com fuga	2
Ótica danificada	1

Duodenovideoscópico

No duodenovideoscópico, existem 7 equipamentos para as 4 avarias detetadas neste período. Novamente, a avaria mais comum é o não passar em testes de fuga.

Tabela 42 - Tipo de avarias do Duodenovideoscópico

Avarias	
Não passa teste fugas	2

Faz mau contacto	1
Sem imagem	1

Gastrovideoscópio

Com um total de 83 equipamentos, as avarias contabilizadas são 137. Apesar de possuir um valor alto, a quantidade de avarias durante o período de dois anos não é elevada. As três primeiras avarias são não passa teste de fugas, a existência de uma imagem deficiente e avaria geral.

Tabela 43 - Tipo de avarias do Gastrovideoscópio

Avarias	
Aparelho com fuga	6
Avaria geral	10
Angulação perra	2
Comando não funciona	7
Botão não funciona	2
Equipamento partido	5
Faz mau contacto	3
Folga na angulação	3
Imagem deficiente	26
Não faz angulação	6
Não passa teste fugas	51
Ponta distal rasgada	1
Sem imagem	5
Tubo trilhado	1

Líquido na lente	1
Válvula ar/água não funciona	1
Colas da <i>bending</i> e das lentes deterioradas	1
Canal ar obstruído	2
Equipamento com fuga e dá erro no processador de imagem	1
Comandos e angulações inoperacionais	1
Erro B30	1
Folga nos comandos	1

Gastrovideoscópio ultrassónico

Sendo que este equipamento é dos que a entidade possui em menor quantidade, neste caso 2, supõem-se que o somatório de avarias também será pequeno. Assim, o gastrovideoscópio ultrassónico tem oito avarias, onde, a “com fuga” é a que apresenta maior cotação.

Tabela 44 - Tipo de avarias do Gastrovideoscópio ultrassónico

Avarias	
Com fuga	4
Botão não funciona	2
Não faz endoscopia	2

Laringoscópio

Totalizando 91 laringoscópios, foram detetadas 23 avarias. No entanto, grande parte destas foi avaria “não liga” com 15, seguida da “faz mau contacto”.

Tabela 45 - Tipo de avarias do Laringoscópio

Avarias	
Faz mau contacto	6
Equipamento partido	1
Não liga	15
Imagem escurecida	1

Videolaringoscópio

O videolaringoscópio é dos equipamentos que melhor resultado apresenta, pois, a instituição detém 24 equipamentos deste tipo e durante o período em estudo, detetou, apenas duas avarias: equipamento partido e “faz mau contacto”.

Tabela 46 - Tipo de avarias do Videolaringoscópio

Avarias	
Equipamento partido	1
Faz mau contacto	1

Videolaringoscópio flexível de intubação

A entidade possui dois videolaringoscópio flexível de intubação, com as quatro avarias detetadas abaixo descritas. Não há nenhuma avaria que se destaque, sendo que, todas as avarias aconteceram apenas uma vez.

Tabela 47 - Tipo de avarias do Videolaringoscópio flexível de intubação

Avarias	
Não passa teste fugas	1
Imagem deficiente	1

Sem imagem	1
Não funciona	1

3.7 Síntese de resultados obtidos

Com o intuito de fazer um resumo dos resultados obtidos nos equipamentos endoscópicos, foi elaborada a Figura 50, que apresenta todos os tipos de equipamentos com mais que uma marca à exceção do videolaringoscópio.

Armário de secagem de endoscópios	Máquina de lavar/desinfetar endoscópios	Colonovideoscópio	Gastrovideoscópio	Laringoscópio
<ul style="list-style-type: none"> • 13 ativos • 10 ativos da Wassenburg • Wassenburg com maior registo de avarias. • Endo Technik com MTBF de 610 dias e MTTR 4,8 dias, disponibilidade de 99,2% 	<ul style="list-style-type: none"> • 28 ativos • Criticidade de grau emergente (1) • Marcas Olympus e Wassenburg com maior soma de ativos • Steelco apresenta melhores resultados de KPI'S • Apresenta 378 avarias em 2 anos • Redução da periodicidade entre intervenções preventivas 	<ul style="list-style-type: none"> • 97 ativos • 69 ativos da Olympus • 6 dos 22 anulados superaram a vida útil esperada • Olympus denota dos melhores indicadores à exceção do MTBF • Elevadíssimo registo de avarias • Redução da periodicidade entre intervenções preventivas 	<ul style="list-style-type: none"> • 83 ativos • 57 ativos da Olympus • 5 dos 14 anulados atingiram a vida útil esperada • Olympus a superiorizar-se no MTTR e disponibilidade e a Fujifilm no MTBF e EO 	<ul style="list-style-type: none"> • 91 ativos • Marca Gima com 58 ativos • Apenas 1 em 5 anulados superaram a vida útil esperada • KPI'S apenas para as marcas Heine e Truphatek • Truphatek com os melhores valores de KPI'S • Total de 23 avarias e apenas 1 da marca Gima

Figura 50 - Síntese de resultados

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 Conclusões

4.2 Propostas de trabalhos futuros

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Por fim, este capítulo refere-se as conclusões e propostas de trabalhos futuros, e, ainda, é apresentado uma síntese do projeto desenvolvido de acordo com os objetivos previamente definidos. Além disso, efetua-se a descrição e apresentação dos principais resultados obtidos, e por último, aborda-se futuros projetos.

4.1 Conclusões

Ao longo da realização deste trabalho de investigação, abordou-se algumas das filosofias da manutenção de excelência mais reclamadas, mundialmente, pelas indústrias, cujos propósitos era explorar e aplicar conceitos referentes à *E-maintenance* e desenvolver competências no campo da gestão de ativos.

Para o desenvolver deste caso de estudo prático foi necessário aliar os mais diversos conteúdos, desde a criticidade dos equipamentos, ciclo de vida, indicadores de desempenho, manutenção corretiva e manutenção preventiva de forma a atingir os objetivos propostos.

Através da análise da revisão da literatura, foi possível adquirir e consolidar conhecimentos na área do *E-maintenance* e da própria manutenção através do estudo de casos práticos relacionados com as mais variadas ferramentas da manutenção. Além disso, permitiu sustentar o trabalho desenvolvido em criar uma base de dados relativa aos equipamentos em estudo e, conseqüente análise e conclusões dos mesmos.

De forma a retratar o estado final do trabalho desenvolvido, é possível observar na Tabela 48 os objetivos traçados inicialmente e os seus resultados.

Tabela 48 - Descrição dos objetivos traçados inicialmente e os seus resultados

Objetivo	Resultado
Entender os dispositivos médicos em estudo e as suas criticidades.	Cumprido
Estudar a duração média de vida dos diferentes equipamentos médicos, desde o momento de instalação nas unidades até ao momento de abate.	Cumprido

Verificar a relação entre o tempo de vida dos equipamentos médicos e a taxa de utilização dos mesmos. **Cumprido**

Analisar os indicadores de manutenção (KPI), tais como o Tempo médio entre avarias (MTBF), o Tempo médio das reparações (MTTR), a Disponibilidade (%) e a Eficiência Operacional (%) dos dispositivos médicos, em função do tipo e marca dos equipamentos em estudo. **Cumprido**

Quantificar o número médio de avarias dos equipamentos médicos e consequente análise por marca. **Cumprido**

Constatar o papel das intervenções de manutenção preventiva na duração da vida dos dispositivos médicos e averiguar se a necessidade de aumentar o número de ações preventivas para os equipamentos em estudo. **Cumprido**

Tipificar e quantificar as avarias mais comuns dos dispositivos médicos. **Cumprido**

Em seguida, através da Tabela 49 é possível resumir as conclusões obtidas por tipo de equipamento que dispõe mais que uma marca.

Tabela 49 - Conclusões por tipo de equipamento

Tipo de equipamento	Conclusões
<p>Armário de secagem de endoscópios</p>	<p>Neste tipo de equipamento podemos contabilizar 13 ativos, onde a marca com maior percentagem de ativos é a Wassenburg com um total de 10 ativos. Esta categoria de equipamento apresenta um valor médio de criticidade de 2 (urgente) e não apresenta registo de equipamentos anulados. Através dos indicadores de desempenho podemos observar que a marca Endo Technick apresenta os melhores resultados nesta tipologia, com um MTBF de 610 dias e um MTTR de 4,8 dias, obtendo desta forma uma ótima disponibilidade de 99,2%. Além disso, a sua eficiência operacional registou uma percentagem de 83,6%. Relativamente ao número de avarias a marca com maior número de registos foi a Wassenburg com 15</p>

	<p>ações corretivas. Deste modo conclui-se que a marca Endo Technik apresentou o melhor desempenho no intervalo de tempo em estudo.</p>
<p>Máquina de lavar/desinfetar endoscópios</p>	<p>Esta categoria de equipamento apresenta 28 ativos e denota de uma criticidade média de grau 1 (emergente). As marcas com maior percentagem de ativos nesta categoria é a Olympus com 15 ativos e a Wassenburg com 9, porém estas não foram as que obtiveram melhores resultados neste estudo. A marca Steelco destacou-se em todos os indicadores de desempenho à exceção do MTTR que apresentou valores ligeiramente superiores relativamente às outras marcas. Esta marca evidencia um MTBF muito superior aos seus concorrentes (144 dias) e uma excelente disponibilidade de 92,3%.</p>
<p>Broncoveoscópio</p>	<p>O broncoveoscópio considera 16 equipamentos ativos em que a marca Olympus se destaca com o maior número de ativos (12). Este tipo de equipamento evidencia um grau de criticidade médio de 2 (urgente), e tem registado dois equipamentos anulados, nomeadamente da Olympus, que superaram o tempo de vida útil definido. Esta tipologia apresenta, apenas, 6 avarias em dois anos, o que é, consideravelmente, reduzido para o número de equipamentos ativos e para o intervalo de tempo em questão. Uma vez que só foi possível obter indicadores de desempenho para a marca Olympus, considera-se que esta cumpre com as pretensões da organização, uma vez que, os equipamentos anulados cumpriram com os objetivos e o número de avarias é bastante reduzido.</p>
<p>Colonoveoscópio</p>	<p>O colonoveoscópio é o tipo de equipamento em estudo que apresenta maior quantidade de equipamentos ativos, um total de 97, sendo a Olympus a marca que detém maior quantidade (69). Este tipo possui uma criticidade média de 2 (urgente) e caracteriza-se por ter 22 equipamentos anulados. Desses anulados, apenas seis superaram a vida útil</p>

esperada enquanto os restantes ficaram aquém desse objetivo. Relativamente aos KPI's, a marca Olympus destaca-se com os melhores valores de MTTR (14,5 dias), disponibilidade (80,7%) e eficiência operacional (102,7%). Já no MTBF, a marca Fujifilm detém o melhor resultado com 86 dias. No que diz respeito à manutenção corretiva, esta tipologia de equipamento apresenta 280 avarias, em que 223 são da marca Olympus, 25 da Fujinon e 23 da Fujifilm. Apesar da Olympus registar um número elevado de avarias, é a marca que contém maior número de equipamentos ativos e que, tem os melhores resultados em três indicadores de desempenho. De forma a melhorar o MTBF nesta marca e reduzir o número total de avarias, poder-se-ia reduzir a periodicidade entre intervenções de manutenção preventiva.

Gastrovideoscópio

Esta tipologia de equipamento denota 83 ativos em que se destacam a marca Olympus com 57 e a Fujifilm com 15. O gastrovideoscópio exibe 14 equipamentos anulados em que apenas 5 superam o tempo de vida esperado. Além disso, este salienta uma criticidade média de 2 (urgente) e regista 137 avarias com a marca Olympus a adquirir 103 destas. Quanto aos indicadores de desempenho, a Olympus caracteriza-se por possuir os melhores valores de MTTR com 15,7 dias e disponibilidade com 88%. A marca Fujifilm demonstra um MTBF superior às restantes marcas com 138 dias e, também, possui a melhor eficiência operacional com 100,9%. Por fim, é possível retirar que tanto a marca Olympus como a Fujifilm apresentam bons resultados em tópicos diferentes, logo, a aposta nestas marcas torna-se bastante viável.

Laringoscópio

O laringoscópio possui um valor médio de grau de criticidade de 2 (urgente) e detém 91 ativos em que a marca Gima dispõe da maior percentagem destes, com um total de 58 ativos. Esta categoria compreende 5 equipamentos anulados onde apenas um supera a vida útil. Neste equipamento só foi

possível obter valores de KPI'S para as marcas Heine e Truphatek, na qual a primeira marca se superiorizou em todos os indicadores de desempenho. No que se refere às avarias, contabilizou-se um total de 23 em que a marca Truphatek registou 13 ocorrências, a Heine 8 e a Gima apenas uma. Em virtude de se ter contabilizado 23 avarias e, tendo em conta, que a marca Gima dispõe da maioria dos ativos e apenas registou uma avaria, não se justifica optar, em futuras aquisições, pelas outras marcas presentes neste tipo de equipamento.

Uma vez que o **Broncovidoscópio ultrassónico**, o **Cistonefrofibroscópio**, o **Duodenovidoscópio**, o **Gastrovidoscópio ultrassónico** e o **Videolaringoscópio flexível de intubação** apenas dispõem de uma marca nos seus ativos, não é possível utilizar nenhum método comparativo entre marcas. No entanto, todos estes tipos de equipamento registaram poucas avarias, o que se não justifica qualquer tipo de intervenção.

Já o **Videolaringoscópio**, possui diferentes marcas nos seus ativos, mas devido ao registo de apenas 2 avarias, não foi possível obter valores para os indicadores de desempenho. Em função dos 24 ativos que este tipo de equipamento detém, não se justifica qualquer tipo de intervenção com tão poucas ocorrências corretivas.

4.2 Propostas de trabalhos futuros

De modo a dar continuação ao trabalho desenvolvido descrito nesta dissertação, os trabalhos futuros passam por cumprir certos objetivos que foram idealizados no início deste projeto, mas foram posteriormente postos de parte por razões logísticas e burocráticas.

Neste caso de estudo prático foi estudado o ciclo de vida dos equipamentos endoscópicos, porém esse estudo não ficou completo, uma vez que careceu de um estudo do custo de posse dos equipamentos (LCC) e conseqüentemente a determinação do período a partir do qual os equipamentos endoscópicos devem ser substituídos.

Além disso, futuramente também se pode aplicar este trabalho desenvolvido nos equipamentos endoscópicos noutros dispositivos médicos do grupo hospitalar, enriquecendo assim a base de dados do mesmo.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Alarcón, M., Martínez-García, F. M., & Gómez de León Hijes, F. C. (2021). Energy and maintenance management systems in the context of industry 4.0. Implementation in a real case. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 142, 110841. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110841>
- Almeida, P. S. de. (2017). *Gestão da Manutenção: Aplicada às áreas industrial, predial e elétrica* (1.ª ed.). Saraiva.
- Badawy, M., El-Aziz, A. A. A., Idress, A. M., Hefny, H., & Hossam, S. (2016). A survey on exploring key performance indicators. *Future Computing and Informatics Journal*, 1(1–2), 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.fcij.2016.04.001>
- Bolgenhagen, A., Silva, A. C. T. da, Neves, L. A. P., & Dias, A. D. P. (2011). Gestão da manutenção de equipamentos em micro e pequenas empresas via web. *Revista Qualidade Emergente*, 2(1). <https://doi.org/10.5380/rqe.v2i1.21843>
- Carvalho, A., Silva, I., Rosse, V., & Barbosa, M. (2020). *O EMPREGO DO MÉTODO GUT NA PRIORIZAÇÃO DA SOLUÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS. ESTUDO DE CASO: INSTITUTO MARIA*.
- Carvalho, C. J. V. (2018). *Plano Estratégico de manutenção- Implementação da metodologia TPM*. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Carvalho, C. P. de, Castro, C. F. de, Carvalho, C. P. de, & Castro, C. F. de. (2020). 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*, 1(1), 037–043. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2020.1.1.0022>

- Costello, O., Kent, M. D., & Kopacek, P. (2019). Cost-Oriented Maintenance Engineering: Case Study of an Irish Manufacturing Plant. *IFAC-PapersOnLine*, 52(25), 409–414. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.572>
- Delecrodio, T. A. V., Neves, G. R., & Lucato, W. C. (2021). A manutenção de ativos no contexto da Indústria 4.0: Uma análise bibliométrica e sistemática. *Exacta*, 0, Article 0. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.17589>
- Drakaki, M., Karnavas, Y. L., Tzionas, P., & Chasiotis, I. D. (2021). Recent Developments Towards Industry 4.0 Oriented Predictive Maintenance in Induction Motors. *Procedia Computer Science*, 180, 943–949. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.345>
- Ellis, B. A. (2008). *Condition Based Maintenance*. 6.
- Farinha, J. M. T. F. (1994). *Uma abordagem terológica da manutenção dos equipamentos hospitalares* [Doutoramento]. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Ferreira, S., Martins, L., Silva, F. J. G., Casais, R. B., Campilho, R. D. S. G., & Sá, J. C. (2020). A novel approach to improve maintenance operations. *Procedia Manufacturing*, 51, 1531–1537. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.213>
- Ferreira, S., Silva, F. J. G., Casais, R. B., Pereira, M. T., & Ferreira, L. P. (2019). KPI development and obsolescence management in industrial maintenance. *Procedia Manufacturing*, 38, 1427–1435. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.145>
- Freitas, M. J. de S., & Filho, N. de S. R. (2005). *Custos de manutenção: Competência e racionalidade na gestão de recursos objetivando maior competitividade*. 12.
- Gong, J., Luo, Y., Qiu, Z., & Wang, X. (2020). Determination of key components in automobile braking systems based on ABC classification and FMECA. *Journal of*

- Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*.
<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.01.008>
- Gonzalez, E., Nanos, E. M., Seyr, H., Valdecabres, L., Yürüşen, N. Y., Smolka, U., Muskulus, M., & Melero, J. J. (2017). Key Performance Indicators for Wind Farm Operation and Maintenance. *Energy Procedia*, 137, 559–570.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.385>
- Guariente, P., Antonioli, I., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, 13, 1128–1134.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174>
- Hagström, M. H., Gandhi, K., Bergsjö, D., & Skoogh, A. (2020). Evaluating the effectiveness of machine acquisitions and design by the impact on maintenance cost – a case study. *IFAC-PapersOnLine*, 53(3), 25–30.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.11.005>
- Han, T., & Yang, B.-S. (2006). Development of an e-maintenance system integrating advanced techniques. *Computers in Industry*, 57(6), 569–580.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2006.02.009>
- Hernández-Chover, V., Bellver-Domingo, Á., & Hernández-Sancho, F. (2021). The influence of oversizing on maintenance cost in wastewater treatment plants. *Process Safety and Environmental Protection*, 147, 734–741.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.12.033>
- Higgins, L. R., Mobley, R. K., & Mobley, K. (2000). *Maintenance Engineering Handbook (6th Edition)*. (6.^a ed.). McGraw-Hill Professional Publishing.
<http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4656071>

- Izquierdo, J., Márquez, A. C., Uribebarria, J., & Erguido, A. (2020). On the importance of assessing the operational context impact on maintenance management for life cycle cost of wind energy projects. *Renewable Energy*, 153, 1100–1110. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.02.048>
- Jornal da União Europeia, J. O. (2017). *Regulamento (UE) 2017/745 do Parlamento Europeu e do Conselho*. 175.
- Junior, C. dos A., Kraiczyi, P. A. dos S., Prestes, R. M. S. B., & Ferreira, R. H. M. (2011). *Definição e Implantação de indicadores-chave de desempenho (KPI- Key Performance Indicator): Estudo de caso em uma empresa do ramo fotográfico da cidade de Guarapuava-PR*. 21.
- Justus, A., Deschamps, F., Rocha Loures, E., & Ramos, L. (2019). *TECHNOLOGY EVALUATION MODEL FOR AN INDUSTRY 4.0 APPLIED IN PREDICTIVE MAINTENANCE*.
- Krupitzer, C., Wagenhals, T., Züfle, M., Lesch, V., Schäfer, D., Mozaffarin, A., Edinger, J., Becker, C., & Kounev, S. (2020). A Survey on Predictive Maintenance for Industry 4.0. *arXiv:2002.08224 [cs]*. <http://arxiv.org/abs/2002.08224>
- Kumar, N. S. H., Manjunath, C., John, R. P., Chand, R. P., Madhusudhana, S., & Venkatesha, B. K. (2021). Reliability, availability and maintainability study of 6.5 cubic meters shovel and 60 tone dumper in a surface limestone mine. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.292>
- Levrat, E., lung, B., & Crespo Marquez, A. (2008). E-maintenance: Review and conceptual framework. *Production Planning & Control*, 19(4), 408–429. <https://doi.org/10.1080/09537280802062571>

- Maffi, D., Zamban, R., Menezes, G. H. M., Orso, K. D. F., & Thomaz, M. R. (2017). *Estudo de Campo em Gestão da Manutenção*. 1(1), 12.
- Marcorin, W. R., & Lima, C. R. C. (2003). *Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos*. 11, 8.
- Márquez, A. C. (2007). *The maintenance management framework: Models and methods for complex systems maintenance*. Springer.
- Martins, M. P. (2007). *Definição de Metodologias de Manutenção para a Indústria- Caso Prático*.
- Martins, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2020). Warehouse operations logistics improvement in a cork stopper factory. *Procedia Manufacturing*, 51, 1723–1729. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.240>
- Masoni, R., Ferrise, F., Bordegoni, M., Gattullo, M., Uva, A. E., Fiorentino, M., Carrabba, E., & Di Donato, M. (2017). Supporting Remote Maintenance in Industry 4.0 through Augmented Reality. *Procedia Manufacturing*, 11, 1296–1302. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.257>
- Mendes, W. de A., Maurilio, A. de S., de, W., & Mendes, A. (2017). *Qualidade no Processo Produtivo: Um Estudo Sobre a Prevenção e Recuperação de Falhas em Máquinas e Equipamentos*. 10(22), 10.
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2nd ed). Butterworth-Heinemann.
- Mofokeng, T., Mativenga, P. T., & Marnewick, A. (2020). Analysis of aircraft maintenance processes and cost. *Procedia CIRP*, 90, 467–472. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.115>
- Mouta, C. S. P. (2011). *Gestão da Manutenção*. Universidade da Beira Interior.

- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>
- Neto, J. C. da S., & Lima, A. M. G. de. (2002). *Implantação do Controle de Manutenção*. 14.
- Özgür-Ünlüakın, D., Türkali, B., & Aksezer, S. Ç. (2021). Cost-effective fault diagnosis of a multi-component dynamic system under corrective maintenance. *Applied Soft Computing*, 102, 107092. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107092>
- Pan, Y., Shang, Y., Liu, G., Xie, Y., Zhang, C., & Zhao, Y. (2021). Cost-effectiveness evaluation of pavement maintenance treatments using multiple regression and life-cycle cost analysis. *Construction and Building Materials*, 292, 123461. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123461>
- Paschoal, D. R. de S., Mendonça, M. A., Gitahy, P. F. S. de C. R., Morais, R. D., & Lemos, M. A. (2009). Disponibilidade e confiabilidade: Aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade. *revista de Engenharia de Instalações no mar da FSMA*, 3, 14.
- Pimentel, D. F. M. D. (2020). *Implementação TPM- Total Productive Maintenance* [Mestrado]. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Pinto, G. F. C., José Gomes da Silva, F., Octávio Garcia Fernandes, N., Carla Barros Casais, R., Baptista da Silva, A., & Jorge Vale Carvalh, C. (2020). Implementing a maintenance strategic plan using TPM methodology. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(3), 192–204. <https://doi.org/10.24867/IJEM-2020-3-264>

- Pinto, G. F. L., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Casais, R. B., Fernandes, A. J., & Baptista, A. (2019). Continuous improvement in maintenance: A case study in the automotive industry involving Lean tools. *Procedia Manufacturing, 38*, 1582–1591. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.127>
- Pires, C., Justo, D. A. F., Góes, R., Gonçalves, P. C., Júnior, R. A., Donato, T., & Coutinho, O. Í. (2018). *IMPORTÂNCIA DA CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO*. 1–8.
- Santos, A. A., Vale, Z. A., & Abreu, R. (2011). *Plataforma de E-maintenance Aplicada a um Sistema Logístico de Viaturas*. 6.
- Santos, P. V. S., & Santos, L. D. P. G. dos. (2018). GESTÃO DE INDICADORES: UM ESTUDO DE CASO NO SETOR DE SERVIÇOS. *P. V. S.*, 4, 19.
- Santos, T., Silva, F. J. G., Ramos, S. F., Campilho, R. D. S. G., & Ferreira, L. P. (2019). Asset Priority Setting for Maintenance Management in the Food Industry. *Procedia Manufacturing, 38*, 1623–1633. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.122>
- Souza, J. B. de, Bacelar, R. D., Sacomano, J. B., Kyrillos, S. L., & Milreu, F. J. S. (2012). *Indicadores de desempenho da função manutenção: Um enfoque em aciarias brasileiras*. 3, 16.
- Vasconcellos, C. R. da S., Freitag, Prof. Dr. A. E. B., Cordeiro, P. Me. M. C., & Meiriño, Prof. Dr. M. J. (2021). Gestão de ativos: Proposto de otimização de investimento no processo de manutenção. *South American Development Society Journal*, 7(20), 31.
- Wippel, M., Lucke, D., & Jooste, J. L. (2021). An Industry 4.0 Technology Implementation Model for Rolling Stock Maintenance. *Procedia CIRP, 104*, 606–611. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.102>
- Zen, M. A. G. (2003). *Indicadores de Manutenção*. São Paulo, 4