

INÊS CATARINA  
DA SILVA  
MALCATA

**ESTUDO ESTATÍSTICO DO IMPACTO DA  
PANDEMIA NAS MANUTENÇÕES  
CURATIVAS DE DISPOSITIVOS MÉDICOS  
E PREDIÇÃO DE STOCKS BASEADA EM  
APRENDIZAGEM AUTOMÁTICA**



Dissertação do Mestrado em Engenharia  
Biomédica

**ORIENTADOR**

Professor, José Inácio Pinto Rosado Rocha

Dezembro, 2023



INÊSCATARINA DA  
SILVA MALCATA

**ESTUDO ESTATÍSTICO DO IMPACTO DA  
PANDEMIA NAS MANUTENÇÕES  
CURATIVAS DE DISPOSITIVOS MÉDICOS  
E PREDIÇÃO DE STOCKS BASEADA EM  
APRENDIZAGEM AUTOMÁTICA**

**JÚRI**

*Presidente:* Professor, Célio Gabriel Figueiredo Pina,  
Instituto Politécnico de Setúbal

*Orientador:* Professor, José Inácio Pinto Rosado  
Rocha, Instituto Politécnico de Setúbal

*Arguente:* Professor, Rui Pedro Batoreo Amaral,  
Instituto Politécnico de Setúbal

Dezembro, 2023



Dedico esta dissertação à minha mãe (*in memoriam*) e ao meu pai por tudo e tanto.  
São a maior inspiração na minha vida.



# Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus orientadores Professor José Rocha e Manuel Mestre por toda a disponibilidade, oportunidades, transmissão de conhecimentos, ajuda e orientação durante a realização desta dissertação. Estendo os meus agradecimentos iniciais ao SUCH pelo acolhimento do meu estágio curricular.

Ao Professor Ricardo Batista e Professor Célio Pina por toda a disponibilidade e dedicação enquanto coordenadores de mestrado, mas também pela sugestão da realização deste estágio.

Ao Instituto Politécnico de Setúbal, e em especial à Escola Superior de Tecnologia de Setúbal por todas as oportunidades, experiências e serviços disponibilizados.

A todos os docentes que me acompanharam durante o percurso académico por todos os ensinamentos, transmissão de conhecimentos e também por todo o apoio e disponibilidade.

À minha Ritinha, à minha irmã Raquel, ao Miguel, à Rita, ao Ricardo, à Joana e à Patrícia por toda a ajuda, motivação, entreaajuda e carinho ao longo do processo o meu mais sincero obrigada.

A todos os(as) amigos(as) e colegas, que sempre estiveram presentes e me motivaram ao longo da vida e especialmente nestes últimos dois anos de mestrado.

Por fim, um agradecimento muito especial à minha família e muito particularmente ao meu pai e à minha mãe que tornaram tudo isto possível e que tanto contribuíram para todos os meus sucessos. Obrigado por acreditarem sempre em mim, nas minhas capacidades e sonhos. Sei que estão orgulhosos.



# Resumo

A interligação entre a engenharia biomédica, desenvolvimento tecnológico e cuidados de saúde, permite que os dispositivos médicos desempenhem um papel crucial na área da saúde. Este estudo aborda a gestão da manutenção de dispositivos médicos e dos materiais utilizados nas intervenções, com especial foco na análise estatística de dados, referentes aos anos entre 2019 e 2022, pertencentes a dois tipos de clientes, **Cliente A** (centros de saúde) e **Cliente B** (centros hospitalares).

A pesquisa visa compreender o impacto da pandemia por COVID-19 na realização de manutenções, perceber que materiais são mais utilizados e realizar uma previsão de *stocks* para os próximos 48 meses recorrendo a técnicas de *Machine Learning* (Aprendizagem Automática). Foi realizado uma análise estatística dos tipos de equipamentos com mais manutenções nos quatro anos em estudo, e dos tipos de material mais utilizados. Já para a realização da previsão de *stocks* foram utilizados os métodos de previsão Suavização Exponencial Holt-Winters, SARIMA, ARIMA e SVR, que não demonstraram resultados tão fidedignos com os outros dois modelos.

Os principais resultados revelam informações importantes sobre os dispositivos médicos com maior número de manutenções, onde foram selecionados os 4 equipamentos e os 4 materiais com maiores percentagens de intervenções/ utilizações. Através destes resultados percebeu-se que, para o **Cliente A** o esfigmomanómetro foi o equipamento com mais intervenções nos quatro anos e para o **Cliente B** foi o monitor de sinais vitais. Numa fase posterior, foi selecionado o material mais utilizado no **Cliente A** (braçadeiras de adulto) e no **Cliente B** (Sensor O<sub>2</sub>) e foram realizadas as previsões de *stocks* destes dois materiais para os próximos 48 meses, onde se verificou uma tendência crescente da quantidade dos dois materiais ao longo dos próximos quatro anos.

A interligação entre a análise estatística, a seleção criteriosa de dispositivos médicos e materiais e a aplicação de técnicas preditivas demonstra um caminho promissor para aprimorar a eficiência do setor dos dispositivos médicos, tornando estes equipamentos mais eficientes e com um menor tempo de paragem. Esta dissertação contribui de forma significativa para a compreensão da dinâmica da manutenção de dispositivos médicos, fornecendo dados para a aplicação de estratégias futuras de forma informada, como por exemplo a diminuição de *stocks*, antecipação ou diminuição de manutenções.

**Palavras-Chave:** Manutenção Hospitalar, Dispositivos Médicos, Análise Estatística, *Machine Learning* (Aprendizagem Automática), Biomédica.



# **Abstract**

*The interconnection between biomedical engineering, technological development and healthcare allows medical devices to play a crucial role in healthcare. This study addresses the maintenance management of medical devices and the materials used in interventions, with a special focus on the statistical analysis of data, referring to the years between 2019 and 2022, belonging to two types of clients, **Client A** (health centres) and **Client B** (hospital centres).*

*The research aims to understand the impact of the COVID-19 pandemic on maintenance, to understand which materials are most used and to carry out a stock forecast for the next 48 months using Machine Learning techniques. A statistical analysis was made of the types of equipment with the most maintenance in the four years under study, and the types of material most used. For stock forecasting, the Holt-Winters Exponential Smoothing, SARIMA, ARIMA and SVR forecasting methods were used, which did not show such reliable results as the other two models.*

*The main results reveal important information about the medical devices with the most maintenance, where the 4 pieces of equipment and 4 materials with the highest percentages of interventions/uses were selected. These results showed that for **Client A** the sphygmomanometer was the device with the most interventions over the four years and for **Client B** it was the vital signs monitor. At a later stage, the material most used at **Client A** (adult armbands) and **Client B** (O<sub>2</sub> sensor) was selected and stock forecasts were made for these two materials for the next 48 months, which showed an upward trend in the quantity of both materials over the next four years.*

*The interconnection between statistical analysis, the careful selection of medical devices and materials, and the application of predictive techniques shows a promising path to improving the efficiency of the medical device sector, making this equipment more efficient and with less downtime. This dissertation makes a significant contribution to understanding the dynamics of medical device maintenance, providing data for the application of future strategies in an informed manner, such as reducing stocks, anticipating, or reducing maintenance.*

**Keywords:** *Hospital Maintenance, Medical Devices, Statistical Analysis, Machine Learning, Biomedical.*



# Índice

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>vii</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>ix</b>
<b><i>Abstract</i>.....</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>xix</b>
<b>Lista de Acrónimos e Abreviaturas.....</b>	<b>xxi</b>
<b>Lista de Símbolos.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Motivação e Enquadramento .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Estrutura do Documento .....	3
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>5</b>
2.1. Instituição de Acolhimento .....	5
2.2. Organograma da Instituição .....	6
2.3. Localização do Estágio .....	7
2.4. Áreas de Atividade do Estágio.....	7
2.5. Engenharia Biomédica.....	8
2.6. Classificação dos Dispositivos Médicos .....	9
2.7. Legislação dos Dispositivos Médicos .....	14
2.7.1. Informação Normativa e Legislação.....	14

2.7.2. Marcação CE .....	16
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>19</b>
<b>3. Manutenção em Dispositivos Médicos .....</b>	<b>19</b>
3.1. Definição de Manutenção .....	19
3.2. Tipos de Manutenção .....	20
3.2.1. Manutenção Corretiva .....	21
3.2.2. Manutenção Curativa .....	22
3.2.3. Manutenção Preventiva .....	22
3.3. Práticas de Manutenção .....	23
3.3.1. Eletroestimulador de Corrente .....	23
3.3.2. Equipamento de Ultrassons .....	25
3.3.3. Eletrobisturi .....	27
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>31</b>
<b>4. Resultados e Discussão .....</b>	<b>31</b>
4.1. Descrição dos Dados Utilizados .....	31
4.2. Análise Estatística e Resultados .....	32
4.3. Discussão de Resultados .....	49
4.4. Aprendizagem Automática .....	52
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>58</b>
<b>5. Conclusões e Perspetivas Futuras .....</b>	<b>58</b>
5.1. Conclusão .....	58
5.2. Perspetivas Futuras .....	60
<b>Anexos .....</b>	<b>65</b>

# Lista de Figuras

<b>Figura 1.1.</b> Cronograma das atividades desenvolvidas ao longo do estágio.....	3
<b>Figura 2.1.</b> Ramos de Atividade do SUCH. ....	6
<b>Figura 2.3.</b> Instalações SUCH Lisboa - Parque da Saúde de Lisboa.....	7
<b>Figura 2.4.</b> Esquema resumo da classificação dos dispositivos médicos por classes.....	13
<b>Figura 2.5.</b> Grafismo da marcação CE. ....	17
<b>Figura 3.1.</b> Esquema ilustrativo da evolução das técnicas de manutenção ao longo das últimas décadas.....	20
<b>Figura 3.2.</b> Esquema ilustrativo dos diferentes tipos de manutenção existentes.....	21
<b>Figura 3.4. (A)</b> Eletroestimulador de Corrente da Unidade de Medicina Física de Reabilitação do Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca; <b>(B)</b> Equipamento de teste - Multímetro; <b>(C)</b> Certificação do Equipamento de teste.....	24
<b>Figura 3.5. (A)</b> Eléctrodos em circuito aberto. <b>(B)</b> Verificação do funcionamento do DM com os eléctrodos em circuito fechado.].....	25
<b>Figura 3.6.</b> Etiqueta de verificação da manutenção.....	25
<b>Figura 3.7.</b> Equipamento de Ultrassons da Unidade de Medicina Física de Reabilitação do Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca. ....	26
<b>Figura 3.8.</b> Equipamento de teste de ultrassons. ....	26
<b>Figura 3.9.</b> Eletrobisturi da Unidade de Gastroenterologia do Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca. ....	28
<b>Figura 3.10.</b> Diagrama de Blocos da constituição base de um eletrobisturi .....	28
<b>Figura 3.11.</b> Esquema representativo da utilização das técnicas monopolar e bipolar. ....	29
<b>Figura 3.12.</b> Equipamento de teste de DM's de eletrocirurgia. <b>(A)</b> Componente da massa; <b>(B)</b> Componente neutra; <b>(C)</b> Componente ativa.....	30
<b>Figura 4.1.</b> Custos anuais referentes à mão de obra nas intervenções realizadas entre 2019 e 2022 no <b>Ciente A</b> .....	34
<b>Figura 4.2.</b> Número de Manutenções anual para o <b>Ciente A</b> e <b>Ciente B</b> entre 2019 e 2022. 36	

<b>Figura 4.3.</b> Quantidade de Material anual utilizada no <b>Cliente A</b> e no <b>Cliente B</b> .....	38
<b>Figura 4.4.</b> Equipamentos com maior percentagem de intervenções em 2019 e 2022 no <b>Cliente A</b> .....	39
<b>Figura 4.5.</b> Os 4 equipamentos com maior percentagem de reparações entre 2019 e 2022 no <b>Cliente A</b> .....	40
<b>Figura 4.6.</b> Tempo de Manutenção anual no <b>Cliente A</b> entre 2019 e 2022. ....	42
<b>Figura 4.7.</b> Tempo Médio de manutenção dos Equipamentos com mais intervenções no <b>Cliente A</b> entre 2019 e 2022.....	42
<b>Figura 4.8.</b> Equipamentos com maior percentagem de intervenções entre 2019 e 2022 no <b>Cliente B</b> .....	44
<b>Figura 4.9.</b> Os 4 equipamentos com maior percentagem de reparações entre 2019 e 2020 no <b>Cliente B</b> .....	45
<b>Figura 4.10.</b> Os 4 materiais com maior percentagem de utilização em intervenções efetuadas entre 2019 e 2022 no <b>Cliente A</b> .....	46
<b>Figura 4.11.</b> Quantidade de materiais com maior percentagem de utilização no <b>Cliente A</b> entre 2019 e 2022. ....	46
<b>Figura 4.12.</b> Os 4 materiais com maior percentagem de utilização em intervenções efetuadas entre 2019 e 2022 no <b>Cliente B</b> .....	48
<b>Figura 4.13.</b> Quantidade de materiais com maior percentagem de utilização no <b>Cliente B</b> entre 2019 e 2022. ....	49
<b>Figura 4.14.</b> Pseudocódigo referente às etapas principais do código desenvolvido para a previsão de stocks.....	54
<b>Figura 4.15.</b> Previsão da quantidade de "Braçadeiras de Adulto" no <b>Cliente A</b> e de "Sensor O <sub>2</sub> " no <b>Cliente B</b> através da utilização dos métodos ARIMA, Holt-Winters, SARIMA e SVR entre 2023 e 2026. ....	55
<b>Anexo I.1.</b> Cronograma da Instituição SUCH (SUCH, 2018f).....	65
<b>Anexo I.2.</b> Fluxograma da sequência de processos para a realização de uma manutenção corretiva a um equipamento hospitalar. Adaptado de (Saide Jorge Calil & Marilda Solon Teixeira, 1998).....	66
<b>Anexo I.3.</b> Folha de Registo da Manutenção.....	67

<b>Anexo I.4.</b> Documento de Manutenção de Aparelhos de Correntes.....	68
<b>Anexo I.5.</b> Documento de Manutenção de Aparelhos de Eletrocirurgia. ....	69
<b>Anexo I.6.</b> Código Python da realização da previsão de stock do material "Braçadeira Adulto" para o <b>Cliente A</b> , utilizando o método ARIMA. ....	70
<b>Anexo I.7.</b> Código Python da realização da previsão de stock do material "Braçadeira Adulto" para o <b>Cliente A</b> , utilizando o método Holt-Winters.....	71
<b>Anexo I.8.</b> Código Python da realização da previsão de stock do material "Braçadeira Adulto" para o <b>Cliente A</b> , utilizando o método SARIMA. ....	72
<b>Anexo I.9.</b> Código Python da realização da previsão de stock do material "Braçadeira Adulto" para o <b>Cliente A</b> , utilizando o método SVR. ....	73
<b>Anexo I.10.</b> Código Python da realização da previsão de stock do material "Sensor O <sub>2</sub> " para o <b>Cliente B</b> , utilizando o método ARIMA. ....	74
<b>Anexo I.11.</b> Código Python da realização da previsão de stock do material "Sensor O <sub>2</sub> " para o <b>Cliente B</b> , utilizando o método Holt-Winters. ....	75
<b>Anexo I.12.</b> Código Python da realização da previsão de stock do material "Sensor O <sub>2</sub> " para o <b>Cliente B</b> , utilizando o método SARIMA. ....	76
<b>Anexo I.13.</b> Código Python da realização da previsão de stock do material "Sensor O <sub>2</sub> " para o <b>Cliente B</b> , utilizando o método SVR. ....	77
<b>Anexo I.14.</b> Previsão da quantidade de "Braçadeiras de Adulto" no <b>Cliente A</b> , através da aplicação dos modelos de previsão ARIMA, Holt-Winters, SARIMA e SVR entre janeiro de 2023 e dezembro de 2026. ....	78
<b>Anexo I.15.</b> Previsão da quantidade de "Sensor O <sub>2</sub> " no <b>Cliente B</b> , através da aplicação dos modelos de previsão ARIMA, Holt-Winters, SARIMA e SVR entre janeiro de 2023 e dezembro de 2026. ....	78



# Lista de Tabelas

<b>Tabela 2.1.</b> Classificação dos Dispositivos Médicos quanto ao período de utilização.....	10
<b>Tabela 4.1.</b> Número de ordens de manutenção analisadas para cada cliente e ano.....	31
<b>Tabela 4.2.</b> Tabela resumo referente às manutenções no <b>Cliente A</b> entre 2019 e 2022. ....	33
<b>Tabela 4.3.</b> Tabela resumo referente às manutenções no <b>Cliente B</b> entre 2019 e 2022. ....	35
<b>Tabela 4.4.</b> Tabela resumo referente aos materiais utilizados no <b>Cliente A</b> entre 2019 e 2022. .....	37
<b>Tabela 4.5.</b> Tabela resumo referente aos materiais utilizados no <b>Cliente B</b> entre 2019 e 2022. .....	38
<b>Tabela 4.6.</b> Dados referentes ao tempo total e tempo médio das manutenções efetuadas no <b>Cliente A</b> entre 2019 e 2022.....	41
<b>Tabela 4.7.</b> Tempo Médio de Reparação e respetivo desvio padrão dos 4 equipamentos com mais manutenções no <b>Cliente A</b> entre 2019 e 2022.....	43
<b>Tabela 4.8.</b> Média da quantidade de material utilizado por tipo de equipamento e respetivo desvio padrão para o <b>Cliente A</b> entre 2019 e 2022. ....	47
<b>Tabela 4.9.</b> Resultados das avaliações métricas realizadas para os quatro modelos de previsão para o <b>Cliente A</b> e para o <b>Cliente B</b> . ....	56



# Lista de Acrónimos e Abreviaturas

<b>AI</b>	Inteligência Artificial
<b>ARIMA</b>	<i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>
<b>BD</b>	Base de Dados
<b>CE</b>	<i>Conformité Européene</i>
<b>DL</b>	Decreto-Lei
<b>DM</b>	Dispositivo Médico
<b>EEE</b>	Espaço Económico Europeu
<b>EN</b>	<i>European Norms</i>
<b>ESTS</b>	Escola Superior de Tecnologia de Setúbal
<b>INFARMED</b>	Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde, I.P.
<b>IPS</b>	Instituto Politécnico de Setúbal
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i>
<b>MAE</b>	<i>Mean Absolute Error</i>
<b>MAPE</b>	<i>Mean Absolute Percentage</i>
<b>MC</b>	Manutenção Corretiva
<b>ML</b>	<i>Machine Learning</i>
<b>MP</b>	Manutenção Preventiva

<b>MSE</b>	<i>Mean Square Error</i>
<b>NP</b>	Norma Portuguesa
<b>OS</b>	Ordem de Serviço
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>RSME</b>	<i>Root Mean Squared Error</i>
<b>SARIMA</b>	<i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average</i>
<b>SARS-CoV-2</b>	<i>Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2</i>
<b>SNC</b>	Sistema Nervoso Central
<b>SUCH</b>	Serviço de Utilização Comum dos Hospitais
<b>SVR</b>	<i>Support Vector Regression</i>
<b>UE</b>	União Europeia
<b>US</b>	Ultrassom

# Lista de Símbolos

$\bar{x}$	Média
$\text{cm}^2$	Centímetro Quadrado
<b>h</b>	Hora
<b>k<math>\Omega</math></b>	Quilo Ohm
<b>mA</b>	Miliampere
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxigênio
<b>°C</b>	Graus <i>Celsius</i>
<b>T</b>	Temperatura
<b>W</b>	<i>Watt</i>
<b><math>\sigma</math></b>	Desvio Padrão
<b><math>\Omega</math></b>	Ohm



# Capítulo 1

## 1. Introdução

Neste capítulo é realizada uma breve apresentação da estrutura da dissertação, realizado no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio inserida no 2º ano do Mestrado em Engenharia Biomédica (MEB) lecionado no Instituto Politécnico de Setúbal (IPS) na Escola Superior de Tecnologia de Setúbal (ESTS). Inicialmente realiza-se um enquadramento do estágio (subcapítulo 1.1), de seguida são apresentados os principais objetivos do mesmo (subcapítulo 1.2) e, por fim é apresentado o cronograma com as atividades realizadas durante o período de estágio, bem como um breve resumo da estrutura da presente dissertação (subcapítulo 1.3).

### 1.1. Motivação e Enquadramento

O setor da saúde é uma das principais preocupações dos países desenvolvidos e é de elevada importância fomentar um desenvolvimento tecnológico crescente com o objetivo de garantir um bom funcionamento do sistema de saúde e garantir que este seja capaz de responder a todas as necessidades e desafios da população. As necessidades crescentes das populações ao longo dos anos levaram a que existisse a necessidade de aliar a tecnologia aos cuidados de saúde.

A engenharia permitiu criar diversos avanços tecnológicos, nomeadamente na área do diagnóstico e terapêutica, graças ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de diferentes equipamentos médicos e para que estes se encontrem sempre disponíveis e apresentem bons resultados é necessário que estes se encontrem calibrados, com todos os componentes a funcionar de forma correta e com as manutenções em dia. A área responsável pela gestão do bom funcionamento dos equipamentos médicos é a eletromedicina e foi nessa área que o estágio foi inserido.

O estágio foi realizado na sede de Lisboa da associação SUCH – Serviço de Utilização Comum dos Hospitais, a orientação do estágio esteve a cargo do supervisor Manuel Mestre, por parte do SUCH, e do orientador José Rocha, docente da Escola Superior de Tecnologia de Setúbal do Instituto Politécnico de Setúbal (ESTS/IPS).

A possibilidade de consolidar e potencializar todo o conhecimento adquirido ao longo de toda a formação académica, nomeadamente o conhecimento dos equipamentos utilizados nas instituições de saúde, as intervenções nos equipamentos e a gestão dessas manutenções constituíram a motivação para a realização do estágio curricular nesta área em particular.

## 1.2. Objetivos

Os objetivos do estágio foram ao encontro do plano curricular associado ao Mestrado em Engenharia Biomédica (MEB), pois a realização do mesmo teve como finalidade a aplicação de conhecimentos adquiridos ao longo do período de estudos da estudante, e proporcionar uma oportunidade de contacto direto com o mercado de trabalho num dos ramos associados ao curso, neste caso a área da eletromedicina associada à manutenção hospitalar.

Durante o período de estágio foram adquiridas as seguintes valências:

- Adquisição conhecimentos relativos aos processos administrativos que envolvem as diferentes manutenções;
- Estudo e conhecimento de normas associadas a equipamentos médicos;
- Entendimento do papel que um profissional da área desempenha no seu dia-a-dia;
- Acompanhamento dos processos de manutenção de cariz preventivo;
- Identificação dos tipos de equipamentos, modo de funcionamento e respetivas manutenções;
- Desenvolvimento do sentido crítico e construtivo na resolução e solução de problemas;
- Análise estatística de dados presentes em ordens de manutenção e estudo dos materiais e equipamentos com mais utilizações e manutenções;
- Previsão de *stocks* dos materiais mais utilizados nas manutenções efetuadas para os próximos anos.

O período de estágio teve início a meio do mês de março de 2023 e teve uma duração de 810h, terminando a meio do mês de agosto de 2022. Durante este período foram desempenhadas diferentes tarefas por parte da estudante, nomeadamente a aquisição de informações relevantes para a elaboração da dissertação. Na Figura 1.1, organizadas de forma semanal, estão ilustradas as diferentes atividades desenvolvidas ao longo do estágio.





## Capítulo 2

### 2. Revisão Bibliográfica

No presente capítulo é realizada uma apresentação da instituição de acolhimento (subcapítulo 2.1). Nos subcapítulos subsequentes (subcapítulos 2.2 e 2.3), descreve-se a estrutura organizacional e a localização da instituição e no subcapítulo 2.4 são apresentadas as áreas de atividade em que o estágio se encontra inserido. Também é realizada uma revisão bibliográfica de temáticas relacionadas com o estágio, nomeadamente referentes à Engenharia Biomédica (subcapítulo 2.5) e aos dispositivos médicos (subcapítulo 2.6), onde se inclui apresentação de informação legislativa e normativa destes equipamentos (subcapítulo 2.7).

#### 2.1. Instituição de Acolhimento

O SUCH – Serviço de Utilização Comum dos Hospitais é uma associação privada sem fins lucrativos, tutelada pelos Ministérios da Saúde e das Finanças. É a organização que apresenta maior capacidade de oferta integrada de serviços partilhados em saúde, com experiência na prestação de serviços na área hospitalar há mais de 50 anos e que conta com mais de 3500 colaboradores por todo o país (SUCH, 2018b).

As atividades desempenhadas pelo SUCH são baseadas nos princípios de qualidade e da melhoria contínua dos processos, e por isso o SUCH é detentor de diversos tipos de certificações, como a EN (*European Norms*) ISO (*International Organization for Standardization*) 9001, a EN ISO 14001, ISO 45001 e a EN ISO 22000, e rege-se por diferentes políticas de qualidade e segurança (SUCH, 2018c).

A atividade do SUCH encontra-se distribuída por quatro ramos principais, a Nutrição, Engenharia, Ambiente e Serviços, como é possível verificar na Figura 2.1.

O SUCH nutrição garante um serviço de alimentação especializada e os seus serviços integram as unidades de prestação de serviços de alimentação hospitalar e de alimentação pública (SUCH, 2018e).

O SUCH Engenharia, ramo onde o estágio está inserido, tem como objetivo melhorar a eficiência, a capacidade de resposta, mas também a otimização dos meios materiais e humanos. Este ramo opera em quatro unidades de prestação de serviços e dispõe de uma estrutura funcional que garante uma gestão integral de equipamentos e instalações através de serviços das áreas da manutenção de

instalações e equipamentos, energia, projetos e obras e segurança e controlo técnico (SUCH, 2018d).

O departamento do Ambiente do SUCH tem por objetivo promover ambientes hospitalares mais seguros, e gere as áreas de gestão e tratamento de roupa hospitalar, resíduos hospitalares, a gestão e reprocessamento de dispositivos médicos e a gestão e limpeza hospitalar (SUCH, 2018a).

Por fim, o ramo do SUCH Serviços que engloba a prestação de serviços relacionados com a gestão de parques de estacionamento e de serviços de transporte, gestão de arquivos e armazéns centrais e laboratórios de metrologia (SUCH, 2018g).



**Figura 2.1.** Ramos de Atividade do SUCH (SUCH, 2018a, 2018d, 2018e, 2018g).

## 2.2. Organograma da Instituição

Na figura do Anexo I.1 está representado o organograma referente à instituição de acolhimento. Na figura destaca-se o ramo de “Manutenção de Instalações e Equipamentos Hospitalares”, área relacionada com o conjunto de tarefas desempenhadas durante o período de estágio.

É possível destacar que a Instituição se encontra dividida em três secções hierárquicas que se destinam aos órgãos de administração, à administração

intermédia e aos serviços. Os serviços subdividem-se em 5 secções, das quais a secção de prestação de serviços, onde se encontra a SUCH engenharia (SUCH, 2018f).

### 2.3. Localização do Estágio

O estágio teve lugar maioritariamente nas instalações do SUCH em Lisboa (Figura 2.2), dentro do Parque da Saúde de Lisboa, e em particular no departamento de eletromedicina.



*Figura 2.2. Instalações SUCH Lisboa - Parque da Saúde de Lisboa [Imagem captada pelo autor].*

Foram também realizadas visitas por parte da estudante a algumas instituições hospitalares para o acompanhamento da equipa de manutenção na realização de manutenções preventivas em diversos serviços situados nessas instituições. Mais adiante no documento (subcapítulo 3.3) é possível conhecer uma descrição pormenorizada dos procedimentos realizados nestas deslocações.

### 2.4. Áreas de Atividade do Estágio

Como referido anteriormente, o SUCH foi a instituição responsável pelo acolhimento do estágio nas suas instalações, sitas no Parque da Saúde de Lisboa. Tendo como referência a Figura 2.1, a equipa de eletromedicina está inserida no ramo do SUCH Engenharia, na vertente de gestão e manutenção dos equipamentos médicos. As tarefas predominantes que a equipa de eletromedicina desempenha no seu dia-a-dia são:

- **Manutenção e Visitas a Instituições de Saúde:** Realização de manutenções preventivas e curativas de instalações e equipamentos de

eletromecânica e eletromedicina, bem como remodelação e gestão de instalações e equipamentos hospitalares (SUCH, 2018d);

– **Gestão da Manutenção:** Gestão de faturação de manutenções e assessoria técnica na aquisição e montagem de equipamentos, bem como realização de inspeções e testes de segurança (SUCH, 2018d).

As atividades desenvolvidas pela equipa de eletromedicina, onde a estudante está inserida, têm como objetivo ir ao encontro da área de formação da estudante, Engenharia Biomédica. Assim nos subcapítulos seguintes é realizada uma introdução à referida área, bem como o seu enquadramento na área do estágio.

## 2.5. Engenharia Biomédica

A Engenharia Biomédica corresponde a uma área interdisciplinar que integra princípios de engenharia, ciências da saúde e biológicas. O profissional biomédico tem a capacidade de aplicar princípios elétricos, químicos, óticos, mecânicos, entre outras áreas relacionadas com a engenharia, com o objetivo de compreender, modificar e/ou controlar sistemas biológicos. A amplitude da área de atuação de um engenheiro biomédico é significativa, e deixou de se centrar exclusivamente no desenvolvimento de dispositivos médicos para passar a incluir um conjunto de áreas mais abrangentes, como a área da telemedicina, Engenharia de tecidos e órgãos artificiais, biomateriais, processamento de imagens e sinais, biomecânica e reabilitação, robótica e instrumentação biomédica. (Drielle Vieira, 2020; Enderle & Bronzino, 2011).

O setor da saúde é um setor predominante nas sociedades atuais, e é-lhe atribuído cerca de 9% do Produto Interno Bruto (PIB) (Carrasqueiro & Mealha, 2016). Este setor tem associado a si duas, a indústria farmacêutica e a indústria dos dispositivos médicos (DM) (Carrasqueiro & Mealha, 2016).

Atualmente, a prestação de cuidados de saúde está dependente da utilização de tecnologias que foram desenvolvidas e melhoradas nas últimas décadas, onde se passou da inexistência de tecnologia para um sistema baseado numa extensa rede tecnológica. As instituições de saúde passaram a ser suportadas por sistemas de informação sofisticados e centralizados, que permitiram não só uma melhor organização interna dos dados, mas também um acesso generalizado aos dados, tornando-os num excelente recurso para o estudo e desenvolvimento de novos conhecimentos (Carrasqueiro & Mealha, 2016).

Uma parte considerável dos problemas de engenharia relacionados com a saúde necessita de conhecimento da área das ciências da vida, mas também de

conhecimentos sobre o funcionamento dos sistemas de saúde, e por isso a engenharia na saúde tornou-se uma área com necessidades multidisciplinares. Esta necessidade esteve na base para o desenvolvimento de um novo domínio da engenharia, a Engenharia Biomédica (Carrasqueiro & Mealha, 2016). As funções de um Engenheiro Biomédico na área da eletromedicina são centradas na reparação, manutenção preventiva e corretiva, calibração e verificação da conformidade normativa dos dispositivos médicos (Frisch et al., 2014).

## 2.6. Classificação dos Dispositivos Médicos

O termo dispositivo médico engloba um enorme conjunto de tecnologias que são destinadas a serem utilizadas com a finalidade de prevenir, diagnosticar ou tratar uma doença humana. Contudo, os DM não envolvem a utilização de fármacos, e por isso são diferenciados dos medicamentos (Infarmed, 2016a). A regulamentação destes dispositivos tem por base parâmetros jurídicos que são estabelecidos através de um conjunto de normas provenientes das inovações técnicas e científicas, mas também da necessidade da adaptação da legislação nacional em vigor e das normas da União Europeia (EU) (Ministério da Saúde, 2009).

O Decreto-Lei nº 145/2009 inclui as regulamentações específicas aplicadas aos DM, ao seu fabrico e distribuição. Assim é possível assegurar um quadro jurídico relacionado com o banco de dados europeu, medidas de proteção da saúde, especialmente no que diz respeito a dispositivos que integrem derivados do sangue ou do plasma humano. O referido Decreto-Lei (DL) também permite uma aplicação mais consciente de medidas de proteção da saúde, de forma a garantir que os DM não representem perigo para a segurança ou saúde dos doentes que os utilizem. O DL permite definir, igualmente, que o *software* implementado nos DM, por si só é um dispositivo médico, desde que o mesmo seja destinado pelo fabricante a ser utilizado para uma ou mais finalidades médicas (Ministério da Saúde, 2009).

Assim um dispositivo médico pode ser definido como um equipamento, *software* ou material que, destinado pelo seu fabricante, pode ser utilizado de forma isolada ou em conjunto com outros dispositivos, para fins médicos e cujo seu principal efeito não seja possível alcançar através da utilização de fármacos, embora a sua função possa ser apoiada por fármacos (INFARMED, 2016; Ministério da Saúde, 2009).

Os DM podem ser classificados de diferentes modos, dependendo do que se analisa. Quanto à sua duração, estes podem ser classificados de acordo com a Tabela 2.1, em temporários, de curto prazo e longo prazo.

**Tabela 2.1.** *Classificação dos Dispositivos Médicos quanto ao período de utilização. Adaptado de (Ministério da Saúde, 2009).*

<b>Categoria</b>	<b>Período de utilização de forma contínua</b>
<b>Temporários</b>	Inferior a 60 minutos
<b>Curto Prazo</b>	Inferior a 30 dias
<b>Longo Prazo</b>	Superior a 30 dias

Por outro lado, os DM's também podem ser classificados de acordo com a utilização em invasivo ou não invasivo. Os dispositivos médicos invasivos são dispositivos que penetram de forma parcial ou total o corpo, quer por um dos seus orifícios quer atravessando a superfície do corpo. Dentro desta categoria temos os DM invasivos do tipo cirúrgico, que penetram o corpo por meio de uma intervenção cirúrgica ou no contexto da mesma e os DM implantáveis, que são introduzidos totalmente no corpo humano através de uma intervenção cirúrgica e que se destinam a permanecerem no local após o término da intervenção (Ministério da Saúde, 2009).

Também temos os DM ativos, cujo funcionamento depende de uma fonte de energia elétrica ou outro tipo de energia que não seja gerada pelo corpo humano ou pela gravidade. Dentro desta categoria encontram-se os DM ativos de caráter terapêutico, que podem ser utilizados isoladamente ou em conjunto com outros dispositivos com a finalidade de manter, modificar, substituir ou restabelecer funções ou estruturas biológicas, no âmbito de tratamento ou atenuação de uma doença, lesão ou deficiência (Ministério da Saúde, 2009).

Outra classificação que se pode atribuir aos dispositivos tem por base a análise do potencial risco que representam para a saúde humana conjugada com a finalidade dos mesmos. Assim, a classificação dos DM encontra-se dividida em três classes e duas subclasses: Classe I, Classe II, Classe IIa, Classe IIb e Classe III (Ministério da Saúde, 2009; The Council of the European Communities, 1993).

Se o dispositivo se destinar a ser utilizado em combinação com outro dispositivo, as regras de classificação aplicam-se separadamente a cada um dos dispositivos. Se um DM não se destinar a ser utilizado exclusivamente numa parte do corpo, deve de ser considerado e classificado com base na utilização específica mais crítica. Assim, através da análise do DL nº 145/2009 é possível compreender que regras são necessárias aplicar para classificar os diferentes DM, quer estes

sejam não-invasivos ou evasivos. As regras abaixo mencionadas aplicam-se a DM não-invasivos (da regra 1 à regra 4) e DM invasivos (da regra 5 à regra 8).

### **Dispositivos Médicos não-invasivos**

**Regra 1:** *“Todos os dispositivos não-invasivos estão na Classe I, a não ser que uma das regras seguintes se aplique”;*

**Regra 2:** *“Todos os dispositivos não-invasivos destinados a canalizar ou a armazenar sangue, líquidos ou tecidos corporais, administração ou introdução no corpo estão na Classe IIa se:*

- Poderem ser ligados a um DM ativo da Classe IIa ou a um de Classe superior;*
- Se destinarem a serem utilizados para armazenar ou canalizar sangue ou outros líquidos corporais, ou para armazenamento de órgãos, partes de órgãos ou tecidos corporais. Em todos os outros casos estão na Classe I”;*

**Regra 3:** *“Todos os dispositivos não invasivos destinados a modificar biológica ou quimicamente a composição do sangue, ou outros líquidos corporais e líquidos destinados a infusão no corpo estão na Classe IIb, a menos que o tratamento consista na filtração, centrifugação ou trocas de gás, calor. Nesse caso encontra-se na Classe IIa”;*

**Regra 4:** *“Todos os dispositivos não-invasivos que entrem em contacto com a pele ferida:*

- Estão na Classe I se se destinarem a ser utilizados como barreira mecânica, para compressão ou para absorção de exsudados;*
- Estão na Classe IIb se se destinarem a ser utilizados principalmente em feridas que lesaram a derme e só podem ser curadas por intervenção secundária;*
- Estão na Classe IIa em todos os outros casos, incluindo dispositivos principalmente destinados a gerir o microambiente de uma ferida”;*

### **Dispositivos Médicos Invasivos**

**Regra 5:** *“Todos os dispositivos invasivos, que tenham como função serem colocados no corpo através de um orifício natural do mesmo, com exceção dos*

*dispositivos cirurgicamente invasivos e que não se destinem a ser ligados a um DM ativo ou a um DM ativo de Classe I:*

- Estão na Classe I se se destinarem a uma utilização transitória;*
- Estão na Classe IIa se se destinarem a uma utilização a curto prazo, exceto se são utilizados na cavidade oral até à faringe, num canal auditivo ou numa cavidade nasal, caso em que pertencem à Classe I;*
- Estão na Classe IIb se se destinarem a uma utilização a longo prazo, exceto se forem utilizados na cavidade oral até à faringe ou num canal auditivo até à orelha, ou numa cavidade nasal e não serem suscetíveis de serem absorvidos pela membrana mucosa, caso em que se encontram na Classe IIa.*

*Todos os dispositivos invasivos relacionados com orifícios corporais, que não sejam cirurgicamente dispositivos invasivos, destinados a conectarem-se a um DM ativo de Classe IIa ou superior, estão na Classe IIa”;*

**Regra 6:** *“Todos os dispositivos cirurgicamente invasivos, destinados a uma utilização transitória estão na Classe IIa, a menos que:*

- Se destinem especificamente a controlar, diagnosticar, monitorizar ou corrigir um defeito do coração ou do sistema circulatório central, caso em que se encontram na Classe III;*
- Instrumentos cirúrgicos reutilizáveis, caso em que se encontram na Classe I;*
- Se destinem especificamente a serem utilizados em contacto direto com o sistema nervoso central (SNC), e neste caso, estão na Classe III;*
- Se destinem a fornecer energia sob a forma de radiação ionizante, caso em que estão na Classe IIb;*
- Estejam destinados a ter um efeito biológico ou a ser total ou parcialmente absorvidos por meio de um sistema de entrega que seja realizado de forma potencialmente perigosa, tendo em conta o modo de aplicação, encontram-se na Classe IIb”;*

**Regra 7:** *“Todos os dispositivos cirurgicamente invasivos destinados à utilização a curto prazo pertencem à Classe IIa, a menos que sejam intencionalmente especificados para:*

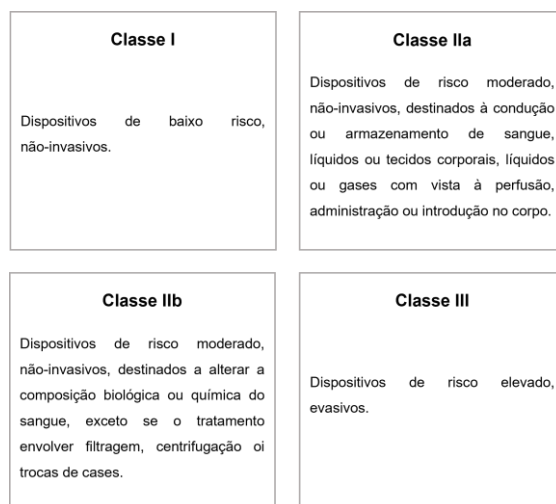
- Controlar, diagnosticar, monitorizar ou corrigir um defeito do coração ou sistema nervoso central, através de contacto direto com estas partes do corpo, caso em que se encontram na Classe III;*

- *Uso em contato direto com o sistema nervoso central, caso em que se encontram na Classe III;*
- *Fornecer energia sob a forma de radiação ionizante, caso em que pertencem à Classe IIb;*
- *Ter um efeito biológico ou ser total ou parcialmente absorvido, onde se encontram na Classe III;*
- *Sofrer alterações químicas no corpo, exceto se os DM's forem colocados nos dentes, ou para administração de fármacos, caso em que estão na Classe IIb”;*

**Regra 8:** *“Todos os dispositivos implantáveis e dispositivos cirurgicamente invasivos de longa duração estão na Classe IIb, a menos que sejam destinados a:*

- *Serem colocados nos dentes, caso em que pertencem à Classe IIa;*
- *Serem utilizados em contacto direto com o coração, o sistema circulatório central ou o sistema nervoso central, caso em que se encontram na Classe III;*
- *Ter um efeito biológico ou ser total ou parcialmente absorvido, casos em que pertencem à Classe III;*
- *Sofrer alterações químicas no corpo, exceto dispositivos que forem colocados nos dentes, ou para administração de fármacos, caso em que pertencem à Classe III”;*

Para além das regras descritas anteriormente, existem também um conjunto de regras adicionais para DM ativos, que dizem respeito a dispositivos de tratamento e diagnóstico, e que podem ser consultadas no DL nº 145/2009. Assim, e tendo por base as regras descritas anteriormente, e presentes no DL nº 145/2009, podemos resumir cada uma das classes dos dispositivos médicos como apresenta a Figura 2.3.



**Figura 2.3.** Esquema resumo da classificação dos dispositivos médicos por classes. Adaptado de (Anna Letournel, 2017; Ministério da Saúde, 2009; The Council of the European Communities, 1993).

## **2.7. Legislação dos Dispositivos Médicos**

Uma norma pode ser definida como um conjunto de critérios, definidos por uma instituição oficial acreditada, com o objetivo de estabelecer regras, procedimentos e características relacionadas com um determinado dispositivo ou situação. A *International Organization for Standardization* (ISO) é uma organização internacional não governamental, responsável pela normalização. Através dos seus colaboradores, reúne peritos para desenvolverem normas internacionais voluntárias, baseadas no consenso e que são relevantes para o mercado (International Organization for Standardization (ISO), n.d.).

Na área dos Dispositivos Médicos existem diversas normas ISO, cuja utilização é recomendada e que confere às instituições certificadas uma acreditação que transmite confiança e qualidade no seu trabalho. Existem normas genéricas que englobam todos os dispositivos médicos, e normas específicas e direcionadas para um dispositivo em específico.

### **2.7.1. Informação Normativa e Legislação**

Os dispositivos médicos desempenham um papel crucial no campo dos cuidados de saúde, tanto no diagnóstico, como no tratamento e monitorização dos doentes. Contudo, devido à complexidade destes dispositivos, existe a necessidade da implementação de regulamentação rigorosa para garantir a sua eficácia, segurança e qualidade.

Assim a informação normativa e a legislação desempenham um papel essencial ao fornecerem diretrizes e requisitos aos fabricantes e distribuidores dos DM, bem como aos profissionais de saúde e aos doentes que os vão utilizar. Neste subcapítulo é abordada informação relacionada com os DM que se encontram presentes em normas e legislação, pois permite conhecer e entender os regulamentos da indústria dos DM de forma a garantir a segurança de todos os seus intervenientes.

#### **Norma EN ISO 9001 e NP EN ISO 46001**

A ISO 9001:2015 é uma norma geral que define os requisitos dos sistemas da qualidade, independentemente da área a que se destinam. A NP EN 46001/1998 é a norma que apresenta a descrição dos requisitos específicos para os fornecedores de

dispositivos médicos. Em conjunto com a ISO 9001:2015, a NP EN 46001/1998 define os requisitos para os sistemas de qualidade relacionados com o desenvolvimento, produção, instalação e assistência após venda dos DM. Esta norma apenas pode ser utilizada em conjunto com a ISO 9001:2015, e por si só não representa uma norma.

Da leitura e análise da NP EN 46001/1998 é possível perceber que a norma integra os requisitos específicos para todos os dispositivos médicos, remetendo as especificações de cada um desses requisitos para a ISO 9001:2015. Associados à ISO 9001:2015 é importante destacar os seguintes requisitos:

• **Estabelecer a Política de Qualidade:** A gestão deve estabelecer, implementar e manter uma política da qualidade que vá ao encontro dos pontos presentes no requisito 5.2. *Política*, sub-requisito 5.2.1. *Estabelecer a Política a Qualidade*, que são os seguintes:

- a) *“Seja adequada ao propósito e ao contexto da organização (...);”*
- b) *“Proporcione um enquadramento para a definição dos objetivos de qualidade;”*
- c) *“Inclua um compromisso para a satisfação dos requisitos aplicáveis;”*
- d) *“Inclua um compromisso para a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade”.*

• **Determinação dos Requisitos para Produtos e Serviços:** A organização deve determinar os requisitos relativos ao produtos e serviços que propõem aos seus clientes. Assim, segundo o sub-requisito 8.2.2 *Determinação dos Requisitos para Produtos e Serviços*, a organização deve assegurar que:

- a) *“Os requisitos de produtos e serviços são definidos, incluindo:”*
  - 1) *“Quaisquer exigências estatutárias e regulamentares aplicáveis;”*
  - 2) *“Os que a organização considera serem necessários;”*
- b) *“Pode satisfazer as alegações relativas aos produtos e serviços que propõem”.*

### **Decreto-Lei nº 145/2009 – Investigação, fabrico e comercialização de DM**

O DL nº 145/2009 estabelece as regras que a investigação, o fabrico e a comercialização dos dispositivos médicos têm de respeitar. O DL encontra-se dividido em diversos capítulos com diferentes artigos, onde são abordados tópicos de relevo no que diz respeito aos DM. De entre os capítulos presentes é importante destacar o Capítulo II *“Requisitos para a colocação no mercado e presunção da*

*conformidade*” onde no Artigo 5º do referido capítulo é mencionado que só podem ser colocados no mercado e colocados à disposição dos utilizadores DM que, por um lado, satisfaçam os requisitos essenciais presentes no *Anexo I* do referido DL, ou por outro lado, caso sejam DM implantáveis ativos, que cumpram os requisitos presentes no *Anexo X* do DL.

Outro requisito importante que os DM têm de cumprir para serem colocados no mercado é estes apresentarem a marcação CE. Esta marcação é destacada no Capítulo III “*Marcação CE e procedimentos de avaliação da conformidade*”, no Artigo 7º, onde é mencionado que todos os DM têm de apresentar a marcação CE, com exceção dos DM feitos por medida e dos DM destinados a investigações clínicas. No capítulo 2.7.2 é abordado com mais profundidade as características deste tipo de marcação.

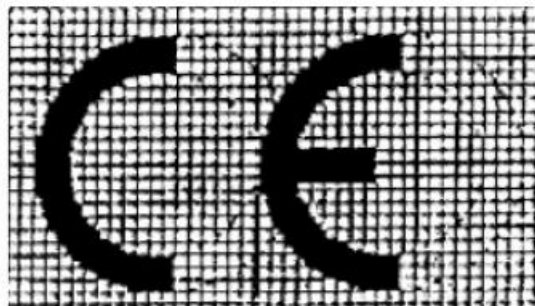
### **Portaria nº196/2004 de 1 de Março do Ministério da Economia e da Saúde**

A Portaria nº196/2004 aprova o “*Regulamento do Sistema Nacional de Vigilância de Dispositivos Médicos*”. É mencionado no Artigo 1º do Anexo da referida portaria, que o *Sistema Nacional de Vigilância de Dispositivos Médicos* tem a missão de realizar a vigilância de incidentes resultantes da utilização de DM. Este sistema é composto por um conjunto de regras e meios humanos que recolhem, de forma sistemática, informação referente à utilização de DM em seres humanos. O INFARMED é a entidade responsável por este sistema, que abrange não só DM ativos não implantáveis, mas também DM não ativos e DM para diagnóstico *in vitro*.

No Artigo 6º da referida portaria é apresentado o esquema organizacional deste sistema, que inclui o departamento do INFARMED responsável pela vigilância dos DM, os fabricantes dos DM, os responsáveis pela distribuição e colocação no mercado, os estabelecimentos públicos ou privados de prestação de serviços de saúde, os profissionais de saúde, os utilizadores e por fim os organismos notificados, caso existam (Ministério da Economia e da Saúde, 2004).

#### **2.7.2. Marcação CE**

A marcação de conformidade *CE* é constituída pelas iniciais “CE”, que significam *Conformité Européene* em francês ou Conformidade Europeia em português. É um símbolo que é visto como uma declaração feita pelo fabricante em como o produto em questão cumpre todos os requisitos e disposições legais adequadas (French-Mowat & Burnett, 2012).



*Figura 2.4. Grafismo da marcação CE. (Ministério da Saúde, 2009).*

Com base na análise do *Anexo XVIII* do (Ministério da Saúde, 2009) é possível perceber que os vários componentes da marcação *CE* devem de apresentar o grafismo representado na Figura 2.4, principalmente a mesma dimensão vertical, e, aquando da redução das suas proporções, a sua dimensão vertical não pode ser inferior a 5 mm. Para além disso, esta marcação informa que o produto em questão pode ser livremente comercializado em qualquer parte do Espaço Económico Europeu (EEE) sem a necessidade de qualquer outro tipo de controlo (French-Mowat & Burnett, 2012; Ministério da Saúde, 2009).

As autoridades competentes, os organismos notificados e os representantes autorizados estão envolvidos no processo da atribuição da marcação *CE* a um produto. Cada Estado Membro tem a sua autoridade competente e cada autoridade designa o seu organismo notificado com o objetivo de assegurar que os procedimentos de avaliação da conformidade são cumpridos de acordo com os critérios estabelecidos.

O representante autorizado é designado pelo fabricante do dispositivo e este é legalmente responsável pelo cumprimento dos regulamentos em vigor, como os mencionados anteriormente no subcapítulo 2.7, e atua como primeira ponte de contacto entre o fabricante e as autoridades da União Europeia (UE). Ao fabricante compete assegurar que os produtos que fabrica se encontram em conformidade com os requisitos essenciais da legislação em vigor da *UE* (French-Mowat & Burnett, 2012; Ministério da Saúde, 2009).

Sendo Portugal um país membro da *UE*, também necessitou de designar a sua autoridade competente, que neste caso é o *INFARMED*. É um organismo central com jurisdição em todo o território nacional e tem a sua sede situada em Lisboa. Tem como função regular e supervisionar os setores dos medicamentos de uso humano e produtos de saúde, tendo por base os mais elevados padrões de proteção da saúde pública, bem como garantir o acesso dos profissionais de saúde e dos cidadãos a

medicamentos e produtos de saúde de qualidade, eficazes e seguros (Infarmed, 2016b).

Apesar da grande maioria dos produtos de saúde necessitarem da marcação *CE* para serem comercializados na *UE*, existem alguns que não requerem esse tipo de marcação. Nesta situação podemos encontrar DM feitos por medida, dispositivos destinados à investigação clínica, produtos de utilização interna e produtos que, sob circunstâncias invulgares de urgência e de utilização humanitária, sejam destinados à proteção da saúde das populações (French-Mowat & Burnett, 2012).

## Capítulo 3

### 3. Manutenção em Dispositivos Médicos

O presente capítulo apresenta a definição de manutenção (subcapítulo 3.1) de um equipamento, os diferentes tipos de manutenção (subcapítulo 3.2) e informação normativa associada aos procedimentos e processos de manutenção de equipamentos hospitalares (subcapítulo 3.3). Numa fase final do presente capítulo são realizadas algumas conclusões e considerações finais.

#### 3.1. Definição de Manutenção

A manutenção deve ser um processo eficaz, através da otimização da aplicação de recursos, quer sejam recursos de pessoal, materiais ou ferramentas, ao longo do tempo de vida útil dos equipamentos e não apenas quando estes se encontram no fim da sua vida útil (Alves, 2007).

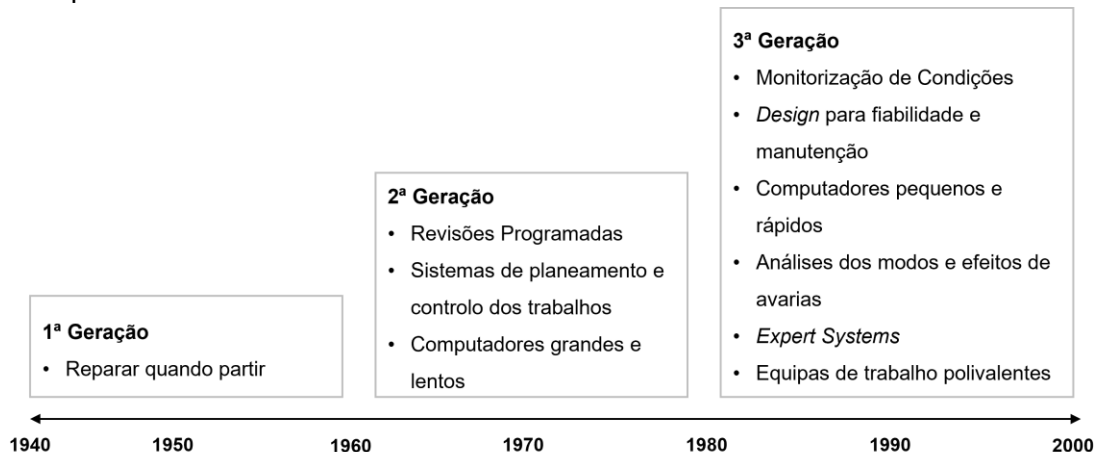
É possível encontrar na literatura diversas definições de manutenção, mas esta pode ser definida como a *“combinação de todas as ações de caráter técnico e administrativo, incluindo as ações de supervisão que são necessárias para manter e ou restaurar um equipamento, por forma a que este possa atingir um estado de condição tal, que lhe dê a possibilidade de ele realizar uma função pré-determinada”* (Alves, 2007).

Por outro lado, a *British Standards BS 3811*, define manutenção como *“a combinação de todas as técnicas e ações administrativas para manter ou restabelecer as condições que permitem a um equipamento desempenhar a função requerida”* (Alves, 2007).

A manutenção engloba três conjuntos de clientes, os proprietários dos equipamentos, os utilizadores dos mesmos, mas também à sociedade como um todo. Procura identificar e aplicar técnicas apropriadas para a gestão das falhas dos equipamentos, de modo a preservar as funções dos mesmos ao longo da sua vida útil (Alves, 2007).

As técnicas de manutenção têm vindo a sofrer uma evolução ao longo das últimas décadas. Através da análise do esquema abaixo percebe-se que as técnicas de manutenção se encontram divididas em três gerações, onde a 1ª Geração apenas previa a manutenção de um equipamento quando o mesmo se encontrasse fraturado. A 2ª Geração evoluiu para uma manutenção que engloba revisões programadas e sistemas de planeamento das intervenções (Alves, 2007).

Por fim, a 3ª Geração, onde nos encontramos atualmente, prevê uma monitorização da condição dos equipamentos de forma constante, uma análise dos modos e efeitos das avarias e equipas de trabalho multidisciplinares (Alves, 2007). Esta evolução veio permitir que os equipamentos apresentem um tempo de vida útil mais longo e que mantenham um bom desempenho das suas funções por mais tempo.



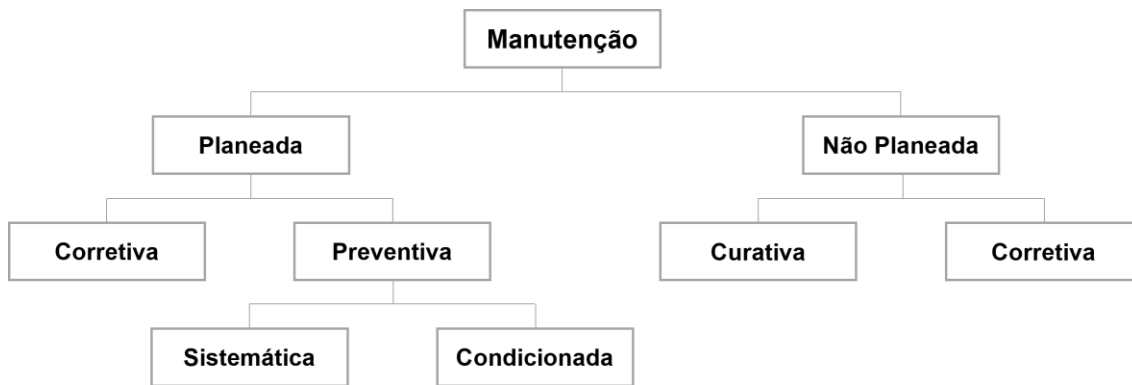
**Figura 3.1.** Esquema ilustrativo da evolução das técnicas de manutenção ao longo das últimas décadas.

*Adaptado de (Alves, 2007).*

Atualmente, um dos maiores desafios que é colocado às equipas de manutenção, para além de aprender e dominar as diferentes técnicas, é de decidir qual delas é a mais adequada ao seu problema. Se a escolha for correta, é possível melhorar o desempenho do equipamento, aumentado a sua durabilidade e implicitamente, reduzir os custos de manutenções futuras. Se a escolha for errada, podem surgir novos problemas no equipamento e os problemas existentes serão agravados (Alves, 2007).

## 3.2. Tipos de Manutenção

A manutenção encontra-se dividida em dois grandes grupos, a manutenção planeada e a manutenção não planeada. Entre estes dois grandes grupos, podemos encontrar a manutenção corretiva, preventiva e curativa, tal como ilustrado na Figura 3.2.



**Figura 3.2.** Esquema ilustrativo dos diferentes tipos de manutenção existentes. Adaptado de (Alves, 2007; Dos Santos, 2009).

### 3.2.1. Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva (MC) planeada é um tipo de manutenção previamente preparada para a resolução de um determinado problema, após a ocorrência do mesmo, onde os riscos associados à manutenção são calculados e aceites para um determinado tempo de funcionamento, com redução das condições ótimas de funcionamento (Alves, 2007).

A manutenção corretiva não planeada é um tipo de intervenção que tem como finalidade repor o funcionamento após ter sido verificado um problema inesperado que forçou a paragem do equipamento em questão (Alves, 2007).

A MC é realizada segundo uma rotina base, tal como apresenta o fluxograma do Anexo I.2. Esta rotina começa com a notificação da necessidade de manutenção de um determinado equipamento, a abertura de uma ordem de serviço (OS), verificação da existência de garantia, avaliação se é possível a reparação, realização de testes de qualidade e o último passo da rotina de MC é o encerramento da OS (Alves, 2007).

Quando o equipamento se encontra alocado a um subcontrato ou não é possível a sua reparação por parte da empresa responsável pela manutenção (situação B no fluxograma do Anexo I.2) é inicializado o processo de manutenção Sub-rotina de Serviços Terceirizados, isto é o equipamento é enviado para a empresa responsável onde é realizado o orçamento para a reparação, e caso este seja aceite, é realizada a reparação e após a sua conclusão o equipamento retorna à unidade de saúde correspondente. Por outro lado, quando o equipamento que necessita de reparação se encontra sob o período de garantia do fabricante (situação D no fluxograma do Anexo I.2), deve de ser contactado o representante do fabricante em questão e verificar se existe a necessidade de enviar o equipamento para o fabricante (Saide Jorge Calil & Marilda Solon Teixeira, 1998).

Caso exista essa necessidade é realizado o envio do equipamento e acessórios, o equipamento é reparado e devolvido à sua origem. Caso não seja necessário o envio o técnico da empresa que representa o fabricante desloca-se ao local onde o equipamento se encontra para realizar a reparação. Na situação A do fluxograma do Anexo I.2 é realizado o processo de sub-rotina de aquisição onde é realizada a aquisição dos componentes necessários para reparação do equipamento e posteriormente é realizada a sua reparação (Saide Jorge Calil & Marilda Solon Teixeira, 1998).

### **3.2.2. Manutenção Curativa**

A manutenção curativa é um tipo de manutenção que tem como objetivo reparar avarias e mau funcionamento de equipamentos que se encontram em serviço. Este tipo de manutenção pode ocorrer em situações imprevisíveis onde não é possível realizar a preparação prévia do trabalho e onde a intervenção no equipamento ocorre logo após a deteção do problema (Alves, 2007).

### **3.2.3. Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva (MP) é orientada no sentido de evitar a ocorrência de avarias e assim garantir o funcionamento seguro e eficiente dos diferentes equipamentos. Este tipo de manutenção encontra-se dividida em dois grupos, a preventiva sistemática, que é definida pelo trabalho planeado e em intervalos de tempo pré-determinados, e a preventiva condicionada que é realizada quando existe indicações técnicas para elaborar um diagnóstico de aproximação de uma avaria e/ou para avaliar de forma mais imediata o estado do equipamento (Alves, 2007; Dos Santos, 2009).

A MP sistemática tem como objetivos intervir antes de uma avaria acontecer, diminuir os custos de reparação e de paragens imprevistas, melhorar as condições de reparação, reduzir a necessidade de *stocks* e otimizar a utilização dos profissionais. Por outro lado, a MP condicionada tem como objetivos determinar, de forma antecipada, a necessidade de serviços de manutenção num componente específico do equipamento, eliminar desmontagens desnecessárias para inspeções, aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos, reduzir as intervenções não planeadas e de emergência, bem como reduzir o aumento de danos nos equipamentos (Alves, 2007; Dos Santos, 2009).

A aplicação de uma MP condicionada envolve o conhecimento de diversas técnicas de manutenção como a análise de vibrações, termografia<sup>1</sup>, tribologia<sup>2</sup>, análise de parâmetros de rendimento, inspeção visual, medição de ultrassons e análise de desempenho (Alves, 2007).

### **3.3. Práticas de Manutenção**

No presente subcapítulo é realizada uma descrição dos procedimentos de manutenção dos equipamentos com os quais existiu um maior contacto durante o período de estágio. Em cada subcapítulo referente a cada equipamento é apresentado o princípio de funcionamento e o procedimento adotado na manutenção preventiva do mesmo.

#### **3.3.1. Eletroestimulador de Corrente**

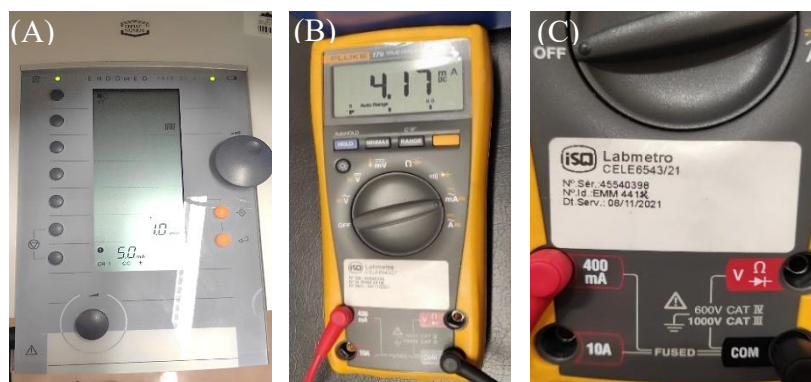
A eletroestimulação é um tipo de terapia que permite regular o sistema nervoso por meio da estimulação elétrica. Este método tira proveito do mecanismo de sinalização neural do sistema elétrico e químico, onde são propagados potenciais de ação. Os neurotransmissores são libertados e os neurónios ou órgãos alvo (por exemplo os músculos) são ativados. A eletroestimulação externa de uma fibra nervosa é capaz de provocar um potencial de ação que vai percorrer todo o nervo e conseqüentemente ativa as células adjacentes, sejam elas neurónios ou fibras musculares. Estes tipos de características permitem que a eletroestimulação ou a aplicação de corrente elétrica sobre um nervo, seja utilizada como ferramenta de diagnóstico ou terapia (Ponce, 2014).

Um dos eletroestimuladores de corrente está representado na Figura 3.3– A, e para a realização da manutenção preventiva é necessário utilizar um equipamento de teste, neste caso um multímetro (Figura 3.3 – B), devidamente calibrado e certificado para tal (Figura 3.3 – C).

---

<sup>1</sup> Avaliação das diferenças de temperatura, através da medição da temperatura emitida (Dicionários Porto Editora, 2023a).

<sup>2</sup> Ramo da física que estuda os fenómenos de atrito, desgaste dos materiais (Dicionários Porto Editora, 2023b).



**Figura 3.3.** (A) Eletroestimulador de Corrente da Unidade de Medicina Física de Reabilitação do Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca; (B) Equipamento de teste - Multímetro; (C) Certificação do Equipamento de teste. [Imagens captadas pelo autor].

O procedimento para a realização da manutenção preventiva destes DM está descrita abaixo:

1. Verificar a integridade do cabo de alimentação e dos cabos de ligação dos elétrodos, bem como verificar se as ligações estão corretas. Por fim ligar o equipamento;

2. Com os elétrodos devidamente ligados, utilizar o equipamento de teste para medir a resistência dos elétrodos;

3. No DM selecionar os parâmetros para a realização do teste;

a) Selecionar o canal para os elétrodos (canal 1 ou canal 2);

b) Selecionar o tipo de corrente. Neste caso selecionar correntes contínuas;

c) Definir o tempo de duração (entre 30 e 60 segundos);

d) Definir o valor da corrente, em miliampere (mA). O valor utilizado na realização dos tratamentos é no máximo de 1mA, mas para a realização do teste podem ser selecionados valores mais elevados;

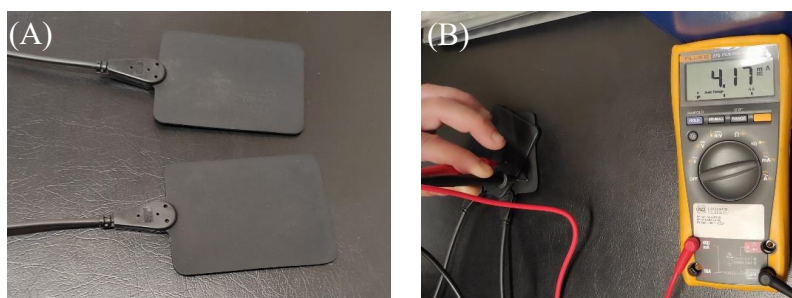
4. Com o circuito aberto (Figura 3.4 - A) se o equipamento dá sinal sonoro;

5. Fechar o circuito, voltar a definir o tempo no equipamento;

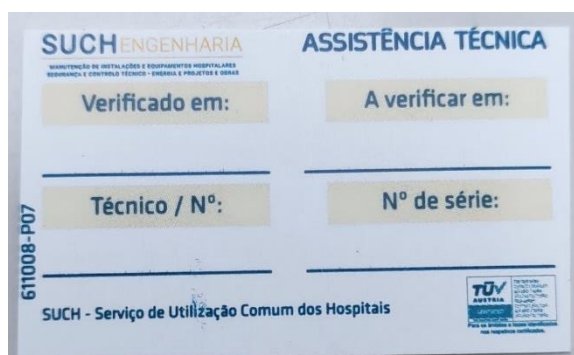
6. Verificar a corrente contínua que passa nos elétrodos com recurso ao equipamento de teste (Figura 3.4 - B) . A diferença entre o valor medido e o valor selecionado no DM não pode oscilar mais do que  $\pm 1,5$  mA;

7. Colocar a etiqueta de verificação do DM no mesmo, com os dados e data atualizada (Figura 3.5);

8. Preencher os relatórios (Anexo I.3 e Anexo I.4) referente ao DM com todo o procedimento efetuado e eventuais observações.



**Figura 3.4.** (A) Eléttodos em circuito aberto. (B) Verificação do funcionamento do DM com os eléctodos em circuito fechado. [Imagens captadas pelo autor].



**Figura 3.5.** Etiqueta de verificação da manutenção. [Imagem captada pelo autor].

### 3.3.2. Equipamento de Ultrassons

Os ultrassons (US) pertencem ao ramo da fisioterapia, denominado de eletroterapia, e é uma das técnicas mais utilizadas no tratamento de patologias. É um tipo de tratamento que é utilizado em conjunto com outras terapias, e que se revela muito eficaz, não invasivo e indolor (Fisioterapia Lisboa, n.d.). O tratamento com ultrassons tem sido muito aplicado à cicatrização de tecidos. A literatura sugere que a aplicação de US nos tecidos com lesões acelera a taxa de cicatrização e melhorar a qualidade da mesma (Sparrow et al., 2005).

Os tratamentos com recurso a DM de ultrassons funcionam através da aplicação de ondas mecânicas de alta frequência (entre 2 MHz e 3 MHz) na região do corpo que necessita de tratamento. O DM de ultrassons é composto por um transdutor, que tem a função de converter a energia elétrica em energia mecânica. Quando o transdutor é colocado em contacto com a pele emite ondas mecânicas que penetram nos tecidos. O US terapêutico pode ser utilizado de duas formas, o US contínuo e o US pulsátil (Fisioterapia Lisboa, n.d.).

No primeiro caso, as ondas são emitidas de forma contínua de forma a produzir efeitos térmicos profundos. Isto vai alterar o metabolismo e a permeabilidade das células e promove a cicatrização e a diminuição do edema. No caso do US pulsátil,

as ondas são emitidas de forma intermitente, o que faz com que não sejam produzidos efeitos térmicos de aquecimento. Esta tipologia é mais indicada para o tratamento de lesões agudas pois diminuiu os sinais inflamatórios (Fisioterapia Lisboa, n.d.).

A frequência de onda utilizada por ser de 1 MHz para lesões profundas, em músculos e tendões, ou de 3 MHz para tratar disfunções mais à superfície, como disfunções da pele ou tratamentos estéticos. A intensidade pode variar entre 0,5 e 1,6 W/cm<sup>2</sup>. Para intensidades mais baixas apenas são atingidas estruturas mais próximas da pele, enquanto para intensidades mais elevadas é possível atingir regiões mais profundas como os ossos (Fisioterapia Lisboa, n.d.).

Para a realização dos testes de verificação do bom funcionamento do DM de ultrassons (Figura 3.6), é necessário realizar a montagem do equipamento de teste (Figura 3.7). Este equipamento de teste é composto por uma balança, uma tina com água, um peso e um suporte. Após a montagem do equipamento de teste é necessário tarar o mesmo para de seguida se dar início ao processo de verificação dos transdutores do ultrassom.



**Figura 3.6.** Equipamento de Ultrassons da Unidade de Medicina Física de Reabilitação do Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca. [Imagem captada pelo autor].



**Figura 3.7.** Equipamento de teste de ultrassons. [Imagem capturada pelo autor].

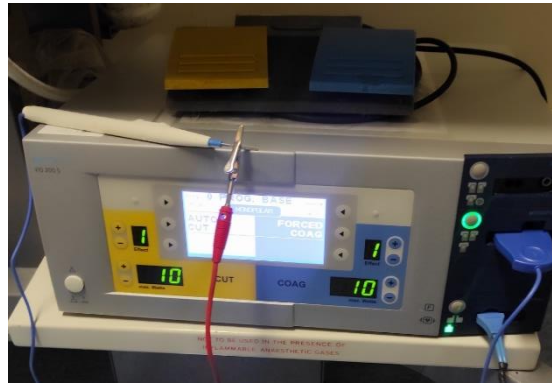
O procedimento para a realização dos testes de funcionamento do DM de ultrassom está descrito abaixo:

1. Realizar a montagem do equipamento de teste;
2. Colocar o transdutor do ultrassom no suporte do equipamento de teste e realizar a calibração da montagem;
  - a) Colocar o transdutor no centro do equipamento de teste;
  - b) Colocar o equipamento de teste a zero;
3. Definir no DM de ultrassons o tempo de tratamento e potência [ $W/cm^2$ ] para o transdutor;
4. Verificar se as medições obtidas pelo equipamento de teste, unidades em [W], são superiores às definidas no DM e se estas se encontram próximas dos valores registados em manutenções anteriores;
5. Colocar a etiqueta de verificação no DM (Figura 3.5);
6. Preencher os relatórios (Anexo I.3 e Anexo I.4) referente ao DM com todo o procedimento efetuado e eventuais observações.

### **3.3.3. Eletrobisturi**

Os eletrobisturis (Figura 3.8) são utilizados para o corte cirúrgico, mas também para o controlo de hemorragias, pois têm a capacidade de causar hemostasia (coagulação do sangue) no local do corpo onde são utilizados. Este tipo de DM fornece correntes de alta frequência e tensões elétricas através de um eléctrodo ativo causando carbonização do tecido alvo (McCauley, 2003).

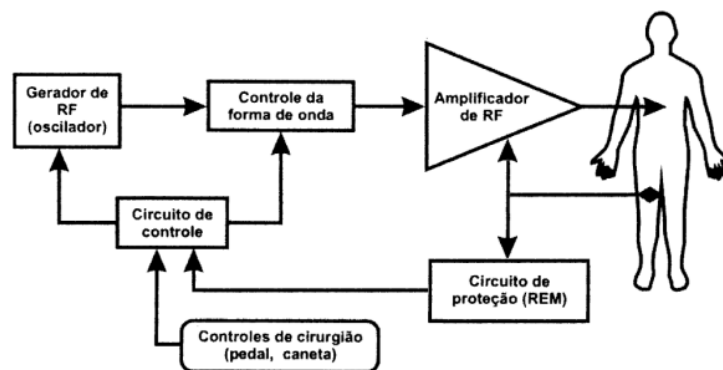
Os eletrobisturis são um DM muito útil na área cirúrgica, desde a remoção mais simples na pele a procedimentos cirúrgicos mais complexos, como cirurgias ortopédicas e transplantes. Por definição, estes dispositivos baseiam-se num gerador que é capaz de produzir um corte e/ou uma coagulação dos tecidos, através da utilização de corrente alternada a uma frequência elevada. No modo de corte, a corrente alternada pode variar entre os 1,5 e os 4 mA, enquanto no modo de coagulação pode variar entre os 0,1 e os 1,5 mA . O valor das tensões e correntes aplicadas pode sofrer alterações consoante o procedimento clínico que vai ser executado, mas também de acordo com as especificações do fabricante de cada equipamento. (McCauley, 2003).



**Figura 3.8.** Eletrobisturi da Unidade de Gastreenterologia do Hospital Professor Doutor Fernando Fonseca. [Imagem captada pelo autor].

Em termos elétricos, este tipo de equipamentos permite a passagem de corrente alternada de alta frequência e alta potência, de forma que seja produzido um aquecimento no local desejado, de forma instantânea e controlada. A variação da corrente elétrica permite a utilização de três diferentes modos de funcionamento: corte, coagulação e um combinado dos dois (corte com coagulação) (Correia Silva, 2015).

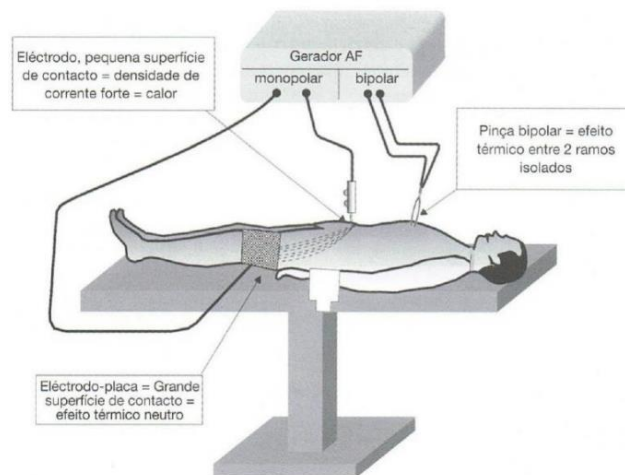
Na Figura 3.9, está representado o diagrama de blocos da constituição base de um eletrobisturi. A utilização deste tipo de DM é muito específica e de utilização restrita, que pode ser utilizado aplicando duas técnicas diferentes: técnica monopolar e técnica bipolar, que se distinguem entre si pelo percurso que a corrente elétrica realiza (Figura 3.10) (Correia Silva, 2015).



**Figura 3.9.** Diagrama de Blocos da constituição base de um eletrobisturi. Adaptado de (Correia Silva, 2015).

Na técnica monopolar, as correntes de alta frequência são aplicadas no doente através de dois eléctrodos que se encontram ligados ao eletrobisturi. Isto faz com que a corrente circule entre um eléctrodo de baixa superfície de contacto (ansa, pinça, etc), denominado de eléctrodo ativo, e um eléctrodo de elevada superfície de contacto (placa), denominado eléctrodo neutro. Este eléctrodo pode ser colocado na perna ou

braço do doente, e é utilizado de modo a evitar aquecimento ou queimaduras no doente (Correia Silva, 2015).



**Figura 3.10.** Esquema representativo da utilização das técnicas monopolar e bipolar. Adaptado de (Correia Silva, 2015).

Por outro lado, na técnica bipolar, a corrente de alta frequência é aplicada ao doente através da utilização de pinças isoladas, como representado na Figura 3.10, fazendo com que a corrente circule entre os dois eléctrodos. No modo bipolar existe um circuito de segurança que apenas é acionado quando as pontas da pinça tocam uma na outra, de forma a evitar acidentes (Correia Silva, 2015).

Para a realização da manutenção preventiva destes dispositivos é necessário utilizar o equipamento de teste representado na Figura 3.11. A MP deste dispositivo inicia-se com a montagem do circuito de teste, que segue o seguinte procedimento:

1. Ligar as massas do equipamento de teste (cabos verdes na Figura 3.11 – A) à massa do eletrobisturi que se encontra na parte de trás do mesmo;
2. Ligar o neutro do equipamento de teste (cabo cinzento na Figura 3.11 – B) ao neutro do DM (placa que é ligada ao doente);
3. Ligar a parte ativa do equipamento de teste (cabo vermelho na Figura 3.11 – C) à parte ativa do DM que é a ponta de corte;
4. Verificar se o pedal, caso exista, está conectado ao DM;
5. Ligar o dispositivo à corrente;
6. Desligar a componente da placa do doente e verificar se o DM emite um alarme sonoro;
7. Voltar a conectar a componente da placa e colocar as potências definidas no guia de manutenção, ver Anexo I.5, e realizar os testes. Fazer o procedimento no modo monopolar de corte e coagulação;

8. Com as potências máximas definidas no modo monopolar de corte e coagulação realizar o testes das correntes de fuga para os dois. Verificar se os valores obtidos não ultrapassam os 200 mA (correntes com um valor superior podem representar um risco de choque elétrico para o doente ou para o profissional que está a utilizar o equipamento);

9. Ligar a componente neutra e ativa do equipamento de teste às respetivas componentes do DM, mas no modo bipolar e realizar os testes com o pedal bipolar (caso exista);

10. Colocar a etiqueta de verificação no DM (Figura 3.5);

11. Preencher os relatório (Anexo I.5) referente ao DM com todo o procedimento efetuado e eventuais observações.



**Figura 3.11.** Equipamento de teste de DM's de eletrocirurgia. (A) Componente da massa; (B) Componente neutra; (C) Componente ativa. [Imagem captada pelo autor].

## Capítulo 4

### 4. Resultados e Discussão

No presente capítulo é realizada uma análise e discussão dos resultados obtidos através da análise estatística dos dados referentes a ordens de manutenção de duas instituições de saúde relativamente a manutenções curativas efetuadas entre 2019 e 2022. Este capítulo tem como principal objetivo estudar os tipos de DM que são intervencionados nas manutenções, quantas intervenções são realizadas anualmente, que materiais são utilizados, o tempo e os custos de mão de obra associados a essas manutenções, mas também perceber de que forma a pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2 (*Svere Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*) influenciou as manutenções realizadas e os DM intervencionados.

#### 4.1. Descrição dos Dados Utilizados

Para a realização deste estudo, foram utilizados dados referentes a dois tipos de instituições de saúde, centros de saúde e centros hospitalares designadas adiante por **Cliente A** e **Cliente B**, respetivamente. Os dados são referentes aos anos de 2019, 2020, 2021 e 2022 e foram disponibilizados pela instituição de acolhimento e correspondem a informação presente em ordens de manutenções (OM) curativas realizadas nos referidos anos.

Na totalidade para o **Cliente A** foram analisadas 9505 OM distribuídas pelos quatro anos analisados, onde o ano de 2022 foi o ano com mais OM analisadas, com 3221 OM e 2021 o ano onde foram analisadas menos OM, 1052. No **Cliente B** foram analisadas na totalidade 1680 OM também distribuídas pelos quatro anos analisados, onde o ano de 2022 foi o ano com mais OM analisadas, 497, e 2019 o ano com menos OM analisadas, com 2019. Estes dados encontram-se representados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1.** Número de ordens de manutenção analisadas para cada cliente e ano.

	Cliente A	Cliente B
2019	3040	219
2020	2192	478
2021	1052	486
2022	3221	497

A análise de dados relativos ao período compreendido entre 2019 e 2022 permite, também, estudar qual o efeito que a pandemia de SARS-CoV-2 introduziu nas manutenções realizadas e perceber se existiram variações significativas no número de intervenções, e que equipamentos sofreram um maior número de intervenções durante a pandemia. Para a análise dos dados foi considerado 2019 como ano pré-pandemia, 2020 como ano de início de pandemia, 2021 como ano pandémico e 2022 como ano pós-pandemia.

Os dados fornecidos sobre o **Cliente A** apresentam informação relativa ao tipo de equipamentos intervencionados, tempo de manutenção, tipo de material utilizado em cada intervenção e quantidade do mesmo. Para o **Cliente B** os dados fornecidos apresentam as mesmas categorias dos dados do **Cliente A**, com a exceção do tempo de manutenção. Esta diferença deve-se ao facto de o **Cliente B** ser uma unidade hospitalar e todas as intervenções serem efetuadas por uma equipa que se encontra em permanência na instituição hospitalar e serem realizadas durante o seu horário laboral. No caso do **Cliente A**, que representa um centro de saúde e não dispõe de uma equipa de manutenção permanente, as manutenções são efetuadas na sede do SUCH, motivo pelo qual não é possível calcular o tempo dedicado a cada equipamento, bem como o custo da mão de obra.

## 4.2. Análise Estatística e Resultados

Os dados provenientes das ordens de manutenção curativa foram introduzidos em folhas de cálculo do *software* Microsoft Excel. E para o tratamento e respetiva análise foi utilizada a mesma ferramenta de cálculo. Inicialmente os dados brutos foram organizados por anos, de modo a simplificar a análise. Foi elaborada uma lista global para cada um dos clientes com todos os equipamentos intervencionados, e uma outra com os materiais utilizados nas respetivas intervenções. Foram calculadas as variáveis mencionadas abaixo de modo a ser extraída informação para a compreensão da influência da pandemia na realização das manutenções.

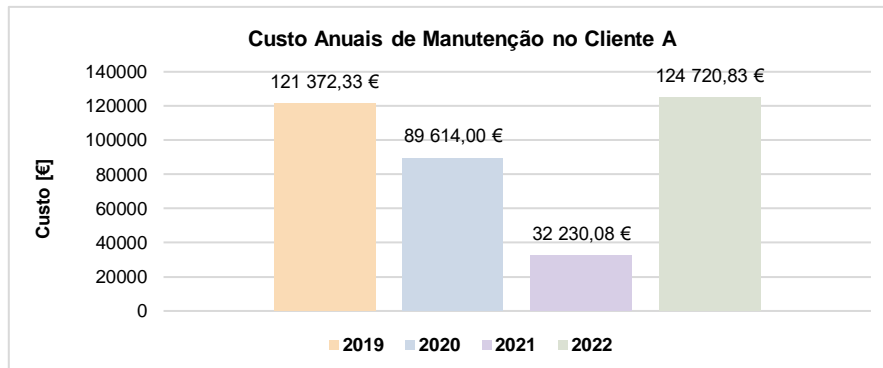
Assim, para o **Cliente A**, foram calculados para cada um dos equipamentos o número de reparações realizadas e o valor percentual correspondente, o tempo despendido nas manutenções e calculado o tempo médio de cada intervenção, o desvio padrão associado e também o custo da manutenção, tendo por base para este cálculo o valor de 37 €/hora, onde apenas é contemplado o valor da mão de obra. Os dados obtidos através da realização desta análise estão ilustrados na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2.** Tabela resumo referente às manutenções no **Cliente A** entre 2019 e 2022.

Equipamento	Nº de Reparações				Reparações [%]				Custo da Manutenção [€]			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Aerossol	10	3	1	1	0,42	0,15	0,12	0,04	925,00 €	185,00 €	37,00 €	74,00 €
Analizador de Urina		1				0,05				55,50 €		
Aparelho Foco Fetal		3	2			0,15	0,23			111,00 €	55,50 €	
Aparelho Sinais Vitais	33			46	1,39			1,78	1 702,00 €			3 015,50 €
Aparelho Tensão Arterial	66	382	118	270	2,77	18,83	13,58	10,46	3 526,10 €	16 613,00 €	3 922,00 €	11 812,25 €
Aparelho Ultrassom				7				0,27				431,67 €
Aspirador de Secreções	9	15	9	12	0,38	0,74	1,04	0,46	629,00 €	795,50 €	721,50 €	1 350,50 €
Aspirador Médico-Cirúrgico			1				0,12				129,50 €	
Desfibrilhador Automático Externo		10	21	22		0,49	2,42	0,85		481,00 €	1 020,58 €	980,50 €
Desfibrilhador	101	100	62	114	4,24	4,93	7,13	4,42	3 792,50 €	4 810,00 €	2 161,42 €	10 412,42 €
Doppler	29	94	44	116	1,22	4,63	5,06	4,49	1 261,70 €	3 866,50 €	1 563,25 €	3 718,50 €
Doppler Fetal	91	70	51	87	3,82	3,45	5,87	3,37	4 369,70 €	2 664,00 €	1 794,50 €	3 459,50 €
Doppler Obstétrica	2		1		0,08		0,12		370,00 €		37,00 €	
Doppler Venoso				2				0,08				74,00 €
Eco cardiógrafo			2				0,23				74,00 €	
Eletrobisturi		1				0,05				74,00 €		
Eletrocardiógrafo	3	14	5	54	0,13	0,69	0,58	2,09	259,00 €	1 110,00 €	185,00 €	2 442,00 €
Esgfigomanómetro	1523	1148	429	1405	63,96	56,58	49,37	54,44	75 196,95 €	48 396,00 €	14 923,33 €	61 494,00 €
Esgfigomanómetro Digital	5	9	7	2	0,21	0,44	0,81	0,08	185,00 €	333,00 €	185,00 €	74,00 €
Esgfigomanómetro Pediátrico			2	2			0,23	0,08			37,00 €	55,50 €
Espirómetro				1				0,04				37,00 €
Hidrocoletor				7				0,27				314,50 €
Máquina Revelar	94	1			3,95	0,05			6 216,00 €	74,00 €		
Monitor Cardíaco	2	0	4	12	0,08		0,46	0,46	74,00 €		222,00 €	666,00 €
Monitor Cardiorrespiratório	2	2			0,08	0,10			74,00 €	185,00 €		
Monitor Multiparâmetros	7	6	2	3	0,29	0,30	0,23	0,12	259,00 €	222,00 €	222,00 €	148,00 €
Monitor Sinais Vitais	206	122	38	277	8,65	6,01	4,37	10,73	11 488,50 €	7 585,00 €	2 090,50 €	16 594,50 €
Monitor Tensão Arterial	96	11	12	38	4,03	0,54	1,38	1,47	4 946,90 €	388,50 €	351,50 €	1 276,50 €
Nebulizador Ultrassónico	19	7	8	3	0,80	0,34	0,92	0,12	1 480,00 €	370,00 €	832,50 €	185,00 €
Oxímetro	54	30	44	53	2,27	1,48	5,06	2,05	2 767,60 €	1 295,00 €	1 461,50 €	3 071,00 €
Raio-X	29		3	28	1,22		0,35	1,08	1 849,38 €		129,50 €	1 850,00 €
Tinta Parafango				3				0,12				148,00 €
Uninterruptible Power Supply			3	16			0,35	0,62			74,00 €	1 036,00 €

No caso do **Cliente B** foram realizados os mesmos cálculos, com exceção das variáveis correspondentes ao tempo (Tabela 4.3). Esta diferença no tratamento dos dados deve-se ao facto, como mencionado anteriormente, do **Cliente B** ser uma unidade hospitalar em que as manutenções são realizadas pela equipa permanente na unidade hospitalar durante o seu horário laboral, não existindo uma contabilização extra de horas associadas às intervenções realizadas.

Através dos dados presentes na Tabela 4.2 foi possível calcular os custos anuais das manutenções e os resultados estão ilustrados de forma gráfica, na Figura 4.1. Através da análise desse mesmo gráfico concluímos que o ano com custo de manutenção mais elevados foi o ano de 2022, seguido do ano de 2020, o que nos indica que esses anos apresentam maior número de manutenções efetuadas.



**Figura 4.1.** Custos anuais referentes à mão de obra nas intervenções realizadas entre 2019 e 2022 no **Cliente A.**

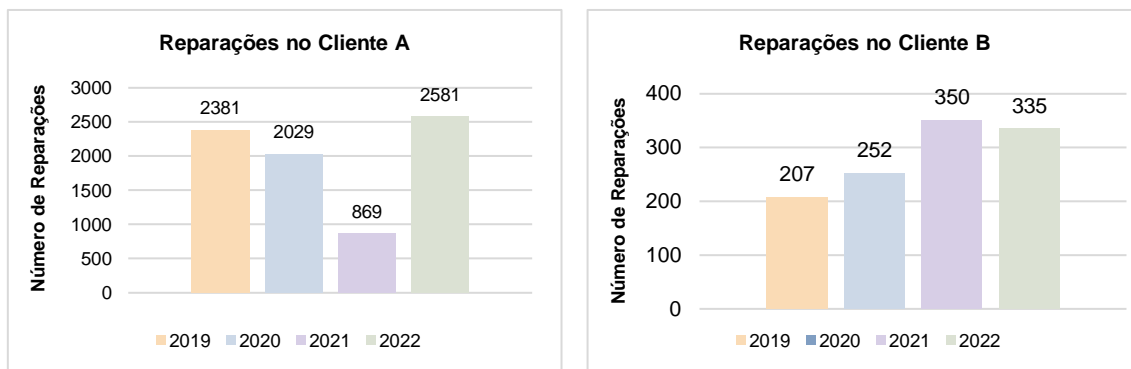
A Tabela 4.3 foi obtida através do cálculo do número de manutenções efetuadas em cada tipologia de equipamento e do respetivo valor percentual de intervenções. Através da análise da tabela é possível concluir que no ano de 2019 foram realizadas 207 manutenções, em 2020 foram realizadas 252 manutenções, enquanto em 2021 e 2022 foram realizadas 350 e 335 intervenções, respetivamente, sendo que 2019 foi o ano em que existiu um menor número de manutenções, destacando-se, ainda assim o monitor de sinais vitais cuja percentagem de intervenções foi de 84,06%.

**Tabela 4.3.** Tabela resumo referente às manutenções no **Ciente B** entre 2019 e 2022.

Equipamento	Nº de Reparações				Reparações [%]			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Aparelho Anestesia	1	1	1	14	0,48	0,40	0,29	4,18
Aparelho Tensão Arterial		2	5			0,79	1,43	
Aspirador Vácuo			5	6			1,43	1,79
Berço Fototerapia				1				0,30
Cardiotocógrafo	3		1		1,45		0,29	
Debitómetro O <sub>2</sub>			17	23			4,86	6,87
Desfibrilhador		4	2	9		1,59	0,57	2,69
Eletrocardiógrafo				2				0,60
Esfigmomanómetro		4	1	0		1,59	0,29	
Incubadora de Transporte				1				0,30
Manómetro O <sub>2</sub>			1				0,29	
Monitor Anestesia	1		2		0,48		0,57	
Monitor Cardiorrespiratório	2	32	66	10	0,97	12,70	18,86	2,99
Monitor Cardiotocógrafo		4				1,59		
Monitor Sinais Vitais	174	130	135	162	84,06	51,59	38,57	48,36
Monitor Tensão Arterial	1	12	4	2	0,48	4,76	1,14	0,60
Monitor Telemonitorização				1				0,30
Monitor Multiparâmetros	23	54	76	87	11,11	21,43	21,71	25,97
Monitor Oximetria	2		4		0,97		1,14	
Oxímetro		6	7	7		2,38	2,00	2,09
Polígrafo			2				0,57	
Regulador de Vácuo			6				1,71	
Vaporizador				1				0,30
Ventilador		3	5			1,19	1,43	
Ventilador de Transporte			3	4			0,86	1,19
Ventilador Pulmonar			3	1			0,86	0,30
Ventilador Volumétrico			4	4			1,14	1,19

Nos anos de 2020, 2021 e 2022 o monitor de sinais vitais foi o dispositivo que apresentou uma maior percentagem de manutenções realizadas com 51,59%, 38,57% e 48,36%, respetivamente. Esta comparação entre os quatro anos está representada através do gráfico presente na Figura 4.2.

No gráfico da Figura 4.2, referente ao **Ciente A**, podemos ver que ocorreu uma diminuição acentuada do número de manutenções curativas no ano de 2021, quando comparado com o número de manutenções efetuadas em anos pré e pós pandemia. No caso do ano de 2022, percebe-se, através da análise do gráfico, que o número de manutenções voltou a atingir valores de pré-pandemia, tendo ainda aumentado o número das mesmas comparativamente a 2019.



**Figura 4.2.** Número de Manutenções anual para o **Cliente A** e **Cliente B** entre 2019 e 2022.

Por outro lado, quando analisamos o gráfico da Figura 4.2 referente ao **Cliente B**, é possível verificar que, ao contrário do que se verificou para o **Cliente A**, ocorreu um aumento do número de reparações no ano de 2021. O ano pré-pandemia foi aquele que apresentou menor número de intervenções, e no ano pós-pandemia o número de intervenções manteve-se acima dos valores de 2019, ainda que se tenha verificado uma ligeira diminuição desses mesmos valores face ao ano de 2021.

Realizando uma comparação entre os dois Clientes, é possível constatar que o **Cliente A** apresenta um maior número de manutenções nos quatro anos analisados, e o ano com menos manutenções curativas é diferente para os 2 Clientes.

No que aos materiais diz respeito, tanto para o **Cliente A** (Tabela 4.4) como para o **Cliente B** (Tabela 4.5), foram calculadas as quantidades utilizadas de cada material, valor percentual respetivo, mas também o material com maior e menor número de utilizações em termos anuais.

A Tabela 4.4 mostra os dados referentes aos materiais utilizados nas manutenções de equipamentos utilizados pelo **Cliente A** entre 2019 e 2022. Os materiais utilizados variam entre materiais do tipo eletrónico, como baterias, pilhas ou eléctrodos, e materiais do tipo mecânico como braçadeiras ou tubos. Através da análise dos dados da tabela é possível observar que 2022 foi o ano em que foi utilizada uma maior variedade de tipos de materiais, e também o ano em que foi utilizada uma maior quantidade de materiais, 1355, seguindo-se o ano de 2019 com 208 materiais utilizados. Nos anos de 2020 e 2021 foram utilizados 317 e 423 materiais, respetivamente.

**Tabela 4.4.** Tabela resumo referente aos materiais utilizados no **Cliente A** entre 2019 e 2022.

Material	Quantidade de Material				Material [%]			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Bateria	65	62	79	60	8,14	19,56	18,68	4,43
Braçadeira Adulto	366	43	74	412	45,81	13,56	17,49	30,41
Braçadeira Obeso/Large	12	3	0	72	1,50	0,95		5,31
Braçadeira Pediátrica	1			68	0,13			5,02
Cabo Eletrocardiograma	1	3	8	3	0,13	0,95	1,89	0,22
Cabo SpO <sub>2</sub>	9	8	5	14	1,13	2,52	1,18	1,03
Cola			3	4			0,71	0,30
Condensador	1			5	0,13		0,00	0,37
Conectores	11	1	0	197	1,38	0,32		14,54
Eléttodos		12	3	2		3,79	0,71	0,15
Filtro		2	5	7		0,63	1,18	0,52
Fonte de Alimentação	32	9	6	12	4,01	2,84	1,42	0,89
Fusível		8		3		2,52		0,22
KIT Adulto	4	17	55	79	0,50	5,36	13,00	5,83
Kit Pediátrico			4	28			0,95	2,07
Kit XXL	11	16	23	52	1,38	5,05	5,44	3,84
Outros	49	81	26	106	6,13	25,55	6,15	7,82
Pêra	165		4	24	20,65		0,95	1,77
Pilha 1,5V	39	16	20	93	4,88	5,05	4,73	6,86
Pilha 3V			40	13			9,46	0,96
Pilha 9V	17	12	9	6	2,13	3,79	2,13	0,44
Pinça		1	5	2		0,32	1,18	0,15
Sensor O <sub>2</sub>	3	1	11	27	0,38	0,32	2,60	1,99
Sonda	3	12	4	10	0,38	3,79	0,95	0,74
Suporte Pilha		1	1	1		0,32	0,24	0,07
Transformador	2	4	3		0,25	1,26	0,71	
Tubo	8	5	29	53	1,00	1,58	6,86	3,91
Ventosas			6	2			1,42	0,15

Em 2019, o material mais utilizado foi as braçadeiras de adulto com uma percentagem de 45,81%, em 2020 e 2021 o material mais utilizado foi a bateria com 19,56% e 18,68%, respetivamente, enquanto 2022 o material mais utilizado foi também as braçadeiras de adulto, com uma percentagem de utilização de 30,41%.

A Tabela 4.5 mostra-nos o tipo e quantidade de materiais utilizados no **Cliente B** entre 2019 e 2022. Tal como na Tabela 4.4, na Tabela 4.5 os materiais encontram-se divididos em materiais do tipo eletrónico e materiais do tipo mecânico. No ano de 2019, o sensor de O<sub>2</sub> foi o mais utilizado (33,02%) e em 2020 as braçadeiras de adulto foram o material com maior percentagem de utilização, com 34,73%. No ano de 2021 e 2022, o material mais utilizado foi novamente o sensor O<sub>2</sub>, com 24,02% e 32,58% de utilizações.

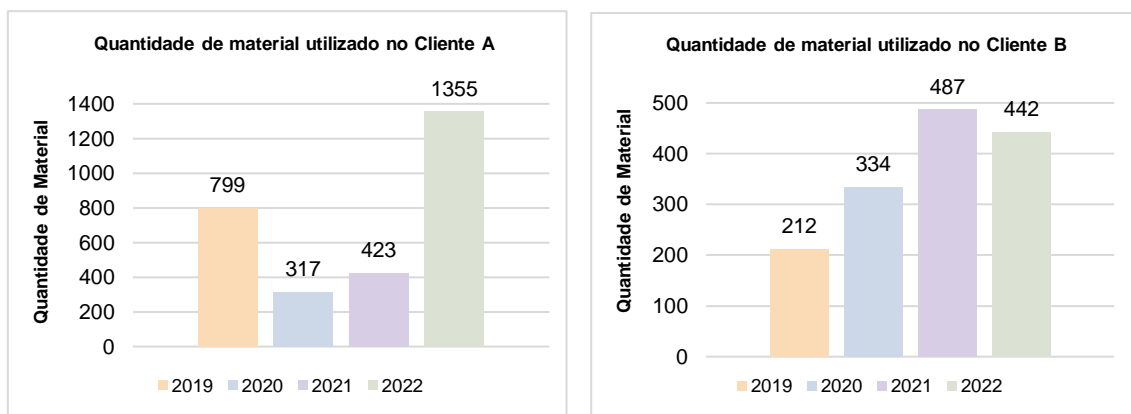
No que ao valor total anual diz respeito, o ano de 2021 foi o ano com maior número de materiais utilizados, com um total de 487 materiais. Nos anos de 2020 e 2022 foram utilizados em cada ano, respetivamente, 334 e 442 materiais. Por outro

lado, o ano de 2019 foi o ano em que se utilizou um menor número de materiais anualmente, com 212 materiais utilizados.

**Tabela 4.5.** Tabela resumo referente aos materiais utilizados no **Cliente B** entre 2019 e 2022.

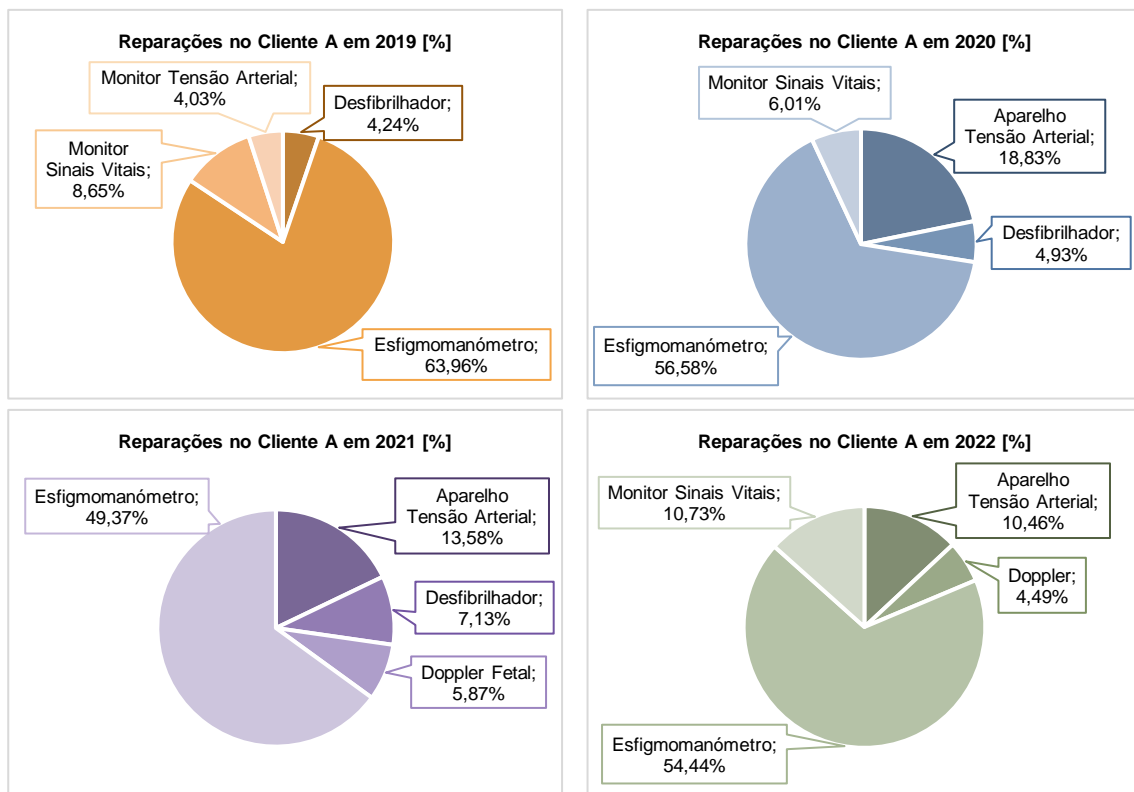
Descrição	Quantidade de Material				Material [%]			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Bateria	8	14	12	12	3,77	4,19	2,46	2,71
Braçadeira Adulto	69	116	67	64	32,55	34,73	13,76	14,48
Braçadeira Obeso/Large	5	9	3	1	2,36	2,69	0,62	0,23
Braçadeira Pediátrica	3			4	1,42			0,90
Cabo Eletrocardiograma	12	11	26	53	5,66	3,29	5,34	11,99
Cabo SpO <sub>2</sub>	18	13	49	38	8,49	3,89	10,06	8,60
Célula O <sub>2</sub>			5	2			1,03	0,45
Conectores			1	6			0,21	1,36
Conjunto Leads	16	8	23	30	7,55	2,40	4,72	6,79
Outros	1	64	68	53	0,47	19,16	13,96	11,99
Pilha 1,5V				1				0,23
Sensor O <sub>2</sub>	70	92	117	144	33,02	27,54	24,02	32,58
Tomada				24				5,43
Transformador			1	2			0,21	0,45
Tubo	10	7	115	8	4,72	2,10	23,61	1,81

No gráfico da Figura 4.3, encontram-se representados os gráficos da comparação, entre os 4 anos, das utilizações de materiais para o **Cliente A** e **B**. Através da análise do resumo da análise estatística presente na Tabela 4.2 e Tabela 4.3 podemos perceber que esta nos dá informações referentes às reparações no **Cliente A** para os quatro anos, e onde é possível ter uma percepção dos anos onde existiram mais intervenções e em que tipo de equipamentos é que as mesmas ocorreram. Os resultados da análise destes dados foram colocados em formato de gráfico para uma melhor interpretação.



**Figura 4.3.** Quantidade de Material anual utilizada no **Cliente A** e no **Cliente B**.

Com base nos resultados obtidos na Tabela 4.2 foram selecionados os quatro equipamentos de cada ano com maior percentagem de manutenções e com esses dados foram obtidos os gráficos representados abaixo na Figura 4.4. No que ao ano de 2019 diz respeito, mais de 50% das manutenções foram efetuadas em esfigmomanómetros (63,96%) e o segundo equipamento com mais manutenções nesse mesmo ano foi o monitor de sinais vitais, ainda que apresentando uma diferença significativa para o primeiro DM, com 8,65% das manutenções. Os quatro DM com mais manutenções representam 80,88% das manutenções efetuadas em 2019.



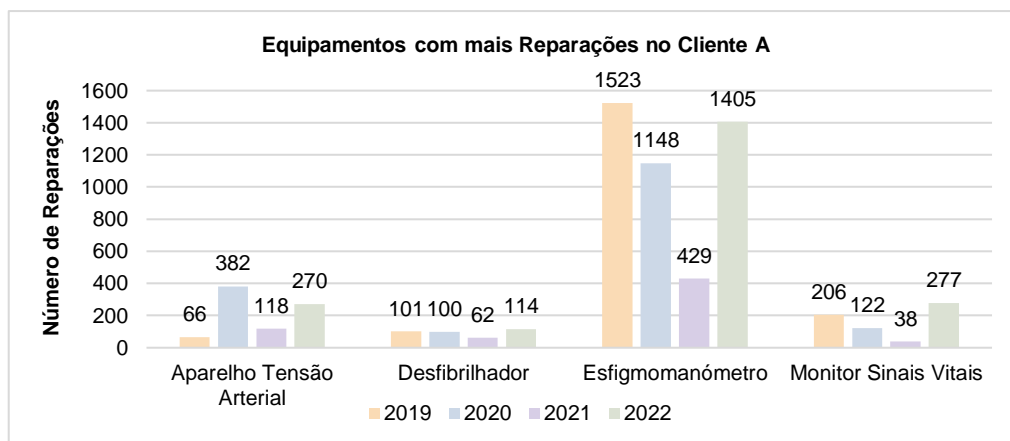
**Figura 4.4.** Equipamentos com maior percentagem de intervenções em 2019 e 2022 no **Cliente A**.

O ano de 2020, tal como no ano anterior, apresenta o DM esfigmomanómetro como o equipamento com maior percentagem de manutenções (56,58%) e o monitor de sinais vitais o segundo DM com mais manutenções (6,01%). Os quatro equipamentos com mais manutenções em 2020 representam 86,35% das manutenções anuais nesse ano.

No ano de 2022 a tendência mantém-se, com o esfigmomanómetro e o monitor de sinais vitais a serem os equipamentos com mais manutenções, com 54,44% e 10,73% respetivamente, que em conjunto com os outros dois DM representam 80,12% das manutenções efetuadas no ano de 2022.

Por fim, o ano de 2021 foi aquele que apresentou uma tendência de dados diferente dos restantes. Neste caso, apesar de o esfigmomanómetro ser o dispositivo com maior percentagem de manutenções realizadas (49,37%), o segundo DM com maior percentagem de manutenções foi o aparelho de tensão arterial, com 13,58%. Em 2021 os quatro dispositivos representam 75,95% das manutenções realizadas nesse ano.

Com base nos gráficos da Figura 4.4, foram selecionados os quatro equipamentos que, de entre os quatro anos analisados, apresentaram maior percentagem de manutenções, de modo a ser possível obter o gráfico da Figura 4.5. Este gráfico permite a realização de uma análise comparativa do número de reparações nos 4 anos para os 4 equipamentos com maior percentagem de manutenções, onde não se verifica nenhuma tendência crescente ou decrescente nos dados. Contudo verifica-se que, o ano de 2021 é aquele que apresenta uma menor quantidade de manutenções para os quatro dispositivos analisados, mas também que existe uma diferença significativa na quantidade de manutenções entre o esfigmomanómetro e os restantes três equipamentos.



**Figura 4.5.** Os 4 equipamentos com maior percentagem de reparações entre 2019 e 2022 no **Cliente A**.

A análise dos dados do **Cliente A** que permitiu a obtenção dos valores presentes na Tabela 4.6, também permitiu calcular os tempos de manutenção por tipo de equipamento, bem como o tempo total e o tempo médio. Assim o gráfico da Figura 4.6 mostra-nos o tempo total, em horas (h), de manutenção em cada ano. O ano de 2022 foi o ano que apresentou maior tempo total de manutenção com 3370,83 h, o que equivale a aproximadamente 140 dias, 10 h e 49 minutos.

O ano de 2021 foi o ano que apresentou um menor tempo anual de manutenção, com apenas 871,08 h (aproximadamente 36 dias, 7 h e 5 minutos), seguiu-se o ano de 2020 com 2422,00 h (100 dias e 22 h) e o ano de 2019 com

3280,33h (136 dias, 16 h e 21 minutos). Este decréscimo acentuado do tempo de manutenção anual registado em 2021 é uma consequência do registo da diminuição do número de manutenções efetuadas nesse mesmo ano.

**Tabela 4.6.** Dados referentes ao tempo total e tempo médio das manutenções efetuadas no **Cliente A** entre 2019 e 2022.

Descrição	Tempo [h]				Tempo Médio por Reparação [h]			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Aerossol	25,00	5,00	1,00	2,00	2,50	1,67	1,00	2,00
Analizador de Urina		1,50				1,50		
Aparelho Foco Fetal		3,00	1,50			1,00	0,75	
Aparelho Sinais Vitais	46,00			81,50	1,39			1,77
Aparelho Tensão Arterial	95,30	449,00	106,00	319,25	1,44	1,18	0,90	1,18
Aparelho Ultrassom				11,67				1,67
Aspirador de Secreções	17,00	21,50	19,50	36,50	1,89	1,43	2,17	3,04
Aspirador Médico-Cirúrgico			3,50				3,50	
Desfibrilhador Automático Externo		13,00	27,58	26,50		1,30	1,31	1,20
Desfibrilhador	102,50	130,00	58,42	281,42	1,01	1,30	0,94	2,47
Doppler	34,10	104,50	42,25	100,50	1,18	1,11	0,96	0,87
Doppler Fetal	118,10	72,00	48,50	93,50	1,30	1,03	0,95	1,07
Doppler Obstétrica	10,00		1,00		5,00		1,00	
Doppler Venoso				2,00				1,00
Eco cardiógrafo			2,00				1,00	
Eletrobisturi		2,00				2,00		
Eletrocardiógrafo	7,00	30,00	5,00	66,00	2,33	2,14	1,00	1,22
Esfigmomanómetro	2032,35	1308,00	403,33	1662,00	1,33	1,14	0,94	1,18
Esfigmomanómetro Digital	5,00	9,00	5,00	2,00	1,00	1,00	0,71	1,00
Esfigmomanómetro Pediátrico			1,00	1,50			0,50	0,75
Espirómetro				1,00				1,00
Hidrocoletor				8,50				1,21
Máquina Revelar	168,00	2,00			1,79	2,00		
Monitor Cardíaco	2,00		6,00	18,00			1,50	1,50
Monitor Cardiorrespiratório	2,00	5,00			1,00	2,50		
Monitor Multiparâmetros	7,00	6,00	6,00	4,00	1,00	1,00	3,00	1,33
Monitor Sinais Vitais	310,50	205,00	56,50	448,50	1,51	1,68	1,49	1,62
Monitor Tensão Arterial	133,70	10,50	9,50	34,50	1,39	0,95	0,79	0,91
Nebulizador Ultrassónico	40,00	10,00	22,50	5,00	2,11	1,43	2,81	1,67
Oxímetro	74,80	35,00	39,50	83,00	1,39	1,17	0,90	1,57
Raio-X	49,98		3,50	50,00	1,72		1,17	1,79
Tinta Parafango				4,00				1,33
Uninterruptible Power Supply			2,00	28,00			0,67	1,75

O ano de 2021 é o ano que apresenta menores valores de tempo médio para os 4 tipos de equipamentos, e 2019 é o ano com tempos médios mais elevados para o aparelho de tensão arterial. e para o esfigmomanómetro. O monitor de sinais vitais foi, dos 4 DM, o equipamento que apresentou um tempo médio de manutenção maior com uma média ( $\bar{x}$ ) de 1,51 h para 2019, 1,68 h para 2020, 1,49 h para 2021 e 1,62 h para 2022.

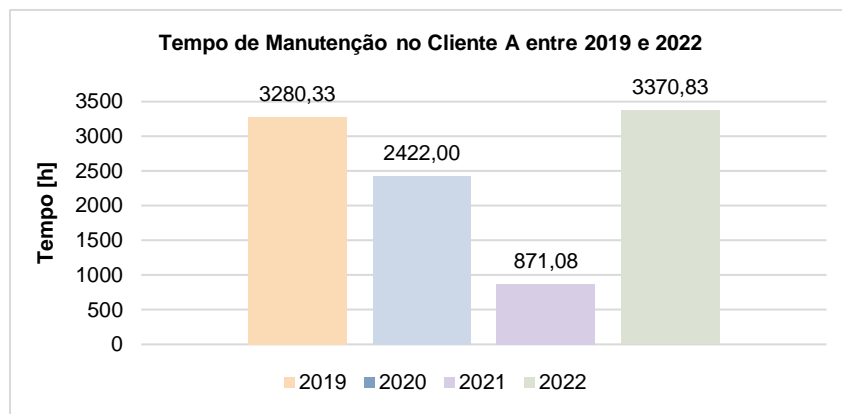


Figura 4.6. Tempo de Manutenção anual no **Cliente A** entre 2019 e 2022.

Com base no tempo de manutenção total anual por tipo de equipamento foi possível calcular o tempo médio de manutenção de cada equipamento. O gráfico da Figura 4.7 mostra o valor médio para os 4 equipamentos com mais reparações no **Cliente A**, onde é possível verificar que o desfibrilhador é o equipamento que apresenta um tempo médio por reparação mais elevado em 2022, com o valor de 2,47 h por manutenção. Esta diferença no tempo de manutenção deve-se ao facto do desfibrilhador ser considerado um equipamento crítico, e por esta razão apresenta mais pontos de verificação nas folhas de manutenção, o que faz aumentar o tempo dedicado a este equipamento.

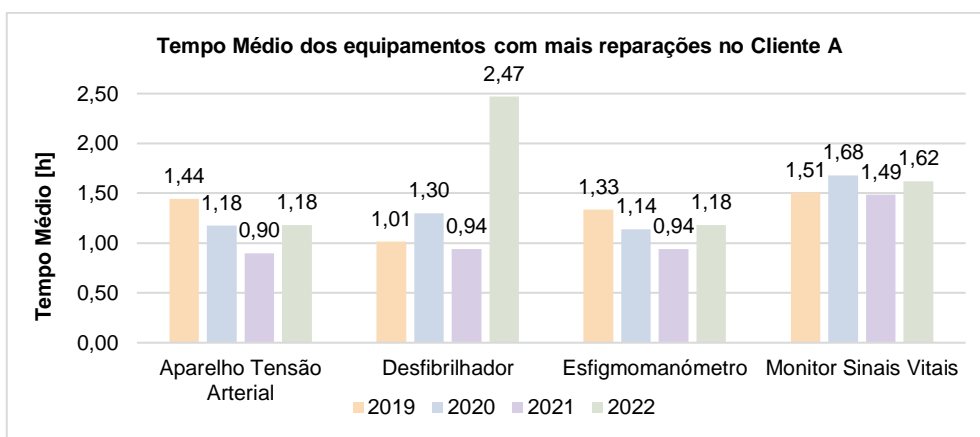


Figura 4.7. Tempo Médio de manutenção dos Equipamentos com mais intervenções no **Cliente A** entre 2019 e 2022.

Por outro lado, e com base nos resultados do gráfico acima, foi possível construir a Tabela 4.7 através no cálculo do tempo médio ( $\bar{x}$ ) de manutenção para os 4 anos, bem como o respetivo desvio padrão ( $\sigma$ ). Estes resultados demonstram que o ano de 2021 é o ano que apresenta menor média de tempo por reparação nos quatro equipamentos selecionados, sendo o monitor de sinais vitais aquele que apresenta uma maior média nesse ano, com 1,49 h  $\pm$  0,97 h. No ano de 2019 o desfibrilhador foi o dispositivo que apresentou menor média de tempo de reparação

(1,01 h  $\pm$  0,68 h) e o monitor de sinais vitais foi aquele que apresentou maior média (1,51 h  $\pm$  11,32 h).

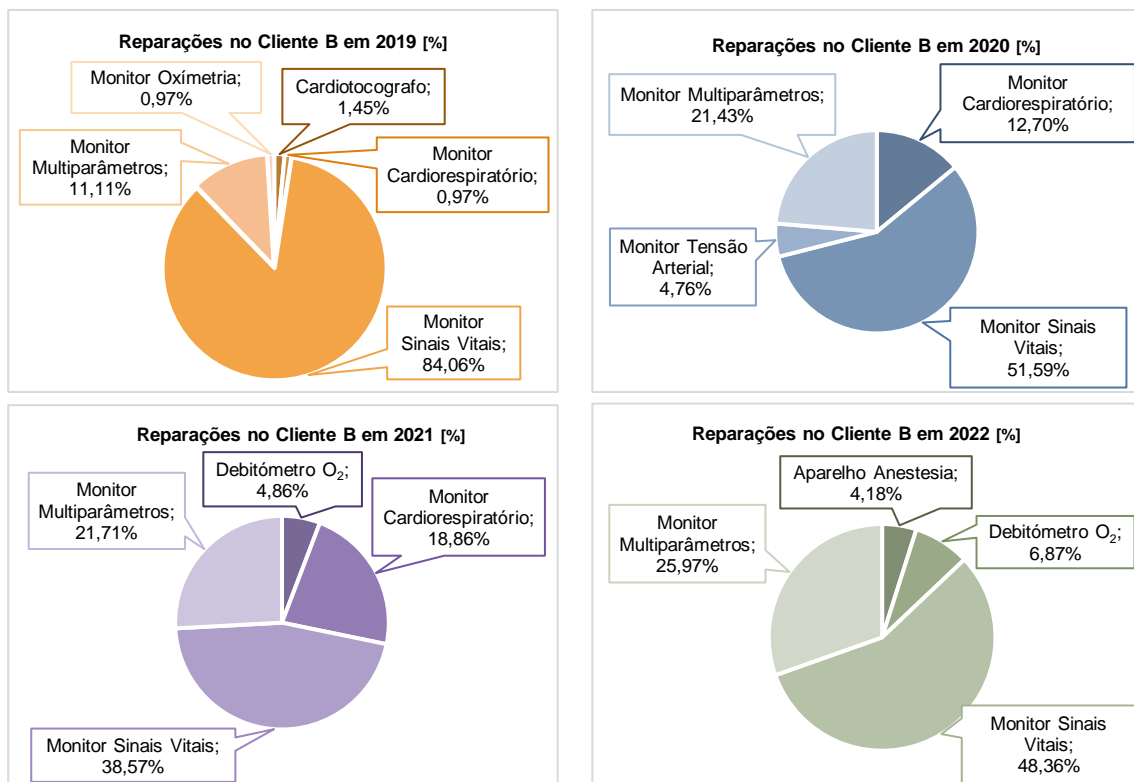
No ano de 2020, o esfigmomanómetro apresentou a média de tempo mais baixa dos quatro equipamentos, contudo apresentou o valor de desvio padrão mais elevado, com 1,14 h  $\pm$  2,13 h. Por fim, no ano de 2022 o aparelho de tensão arterial e o esfigmomanómetro foram os equipamentos que apresentaram menor tempo médio, com 1,18 h por reparação em ambos os equipamentos. No conjunto dos quatro equipamentos e dos quatro anos, o DM que apresentou maior tempo médio e maior desvio padrão foi o desfibrilhador, com 2,47 h  $\pm$  6,14 h.

**Tabela 4.7.** Tempo Médio de Reparação e respetivo desvio padrão dos 4 equipamentos com mais manutenções no **Cliente A** entre 2019 e 2022.

	$\bar{x}$				$\sigma$			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
<b>Aparelho Tensão Arterial</b>	1,44	1,18	0,90	1,18	1,46	0,75	0,49	0,80
<b>Desfibrilhador</b>	1,01	1,30	0,94	2,47	0,68	0,95	0,43	6,14
<b>Esfigmomanómetro</b>	1,33	1,14	0,94	1,18	0,96	2,13	0,50	2,97
<b>Monitor Sinais Vitais</b>	1,51	1,68	1,49	1,62	1,32	1,85	0,97	1,14

Tal como foi explicado anteriormente para o **Cliente A**, foram também selecionados os 4 dispositivos com maior percentagem de manutenções para cada um dos quatro anos analisados, tal como ilustra a Figura 4.8. No ano de 2019, o dispositivo que apresentou maior percentagem de manutenções foi o monitor de sinais vitais, com 84,06%, seguido do monitor multiparâmetros e do cardiocógrafa, com 11,11% e 1,45% respetivamente.

Para os restantes três anos, o equipamento com maior percentagem de manutenções foi também o monitor de sinais vitais, com uma percentagem de 51,59% para 2020, 38,57% e 48,36% para 2021 e 2022, respetivamente. Nestes mesmos anos, o segundo equipamento com maior percentagem de manutenções efetuadas foi o monitor multiparâmetros, seguindo-se, em 2020 e 2021, o monitor cardiorrespiratório com 12,70% e 18,86%, respetivamente, e o debitómetro de O<sub>2</sub> em 2022 com 6,87% de manutenções efetuadas.

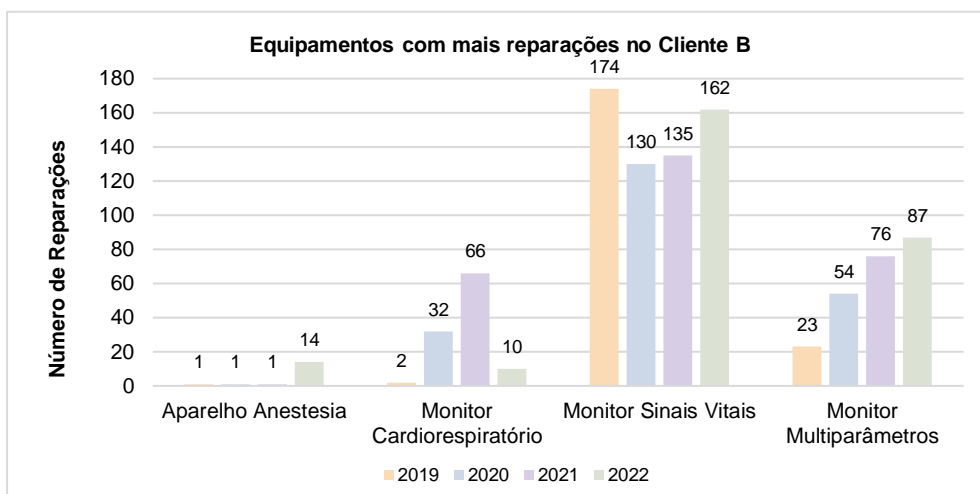


**Figura 4.8.** Equipamentos com maior percentagem de intervenções entre 2019 e 2022 no **Cliente B**.

Também foi possível perceber que no ano de 2019, os quatro DM analisados representaram 98,56% das manutenções efetuadas, enquanto para 2020 representam 90,48%. Já para os anos de 2021 e 2022 os quatro DM analisados representam 84% e 85,38% das manutenções efetuadas nesses mesmos anos.

Com base nos resultados descritos anteriormente, foi possível obter o gráfico da Figura 4.9, para o qual foram selecionados os quatro equipamentos que no conjunto dos quatro anos apresentaram maior percentagem de manutenções efetuadas no **Cliente B**. Assim foram selecionados os dispositivos aparelho anestesia, monitor cardiorrespiratório, monitor de sinais vitais e o monitor multiparâmetros.

Ao analisarmos os resultados representados no gráfico é possível verificar que o aparelho de anestesia foi aquele que apresentou um menor número de intervenções e o monitor de sinais vitais foi o equipamento que apresentou maior número de intervenções nos quatro anos analisados, sendo o ano de 2019 o ano em que este tipo de equipamento sofreu mais intervenções, sofrendo uma ligeira diminuição nos anos de pandemia (2020 e 2021) e voltando a valores próximos de 2019 no pós-pandemia. O monitor cardiorrespiratório apresentou mais intervenções no ano de 2021 (66 intervenções) e o monitor multiparâmetros mostrou uma tendência crescente do número de manutenções ao longo dos quatro anos.

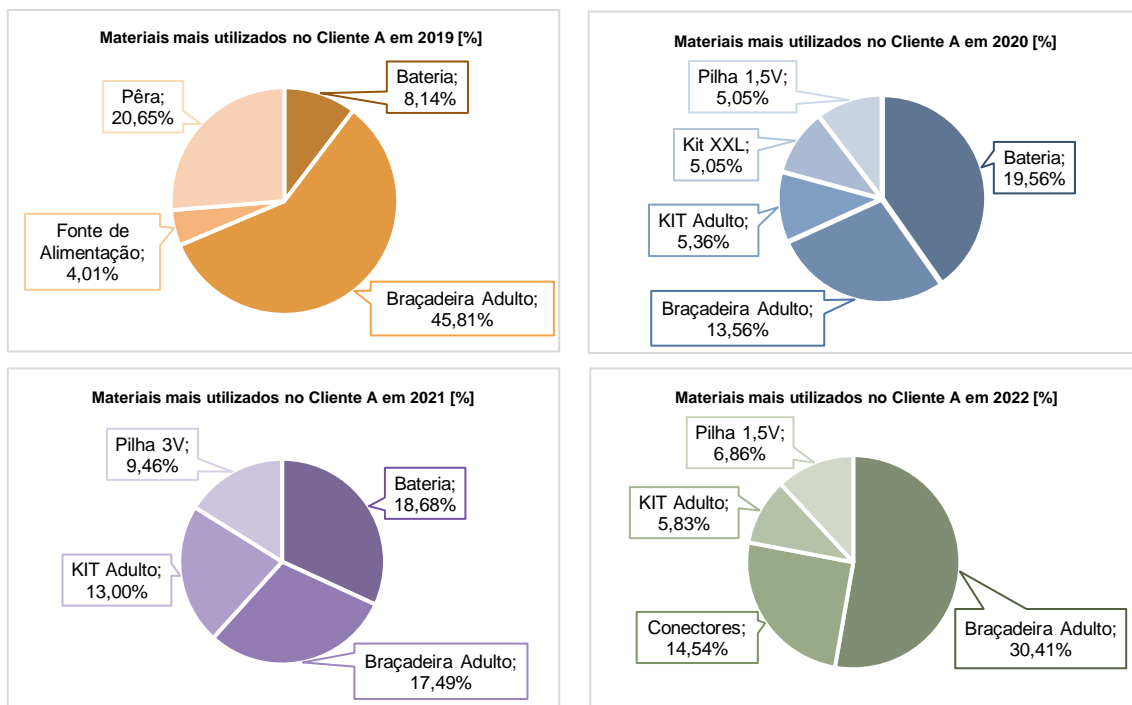


**Figura 4.9.** Os 4 equipamentos com maior percentagem de reparações entre 2019 e 2020 no **Cliente B**.

Seguindo o mesmo procedimento realizado para as manutenções nos equipamentos, foram selecionados os quatro materiais mais utilizados em cada um dos anos analisados para o **Cliente A**, e geraram-se os gráficos representados na Figura 4.10. No ano de 2020 e 2021 o material mais utilizado foi a bateria com 19,56% e 18,68%, respetivamente, e o segundo material mais utilizado nestes anos foi as braçadeiras de adulto com 13,56% e 17,49%.

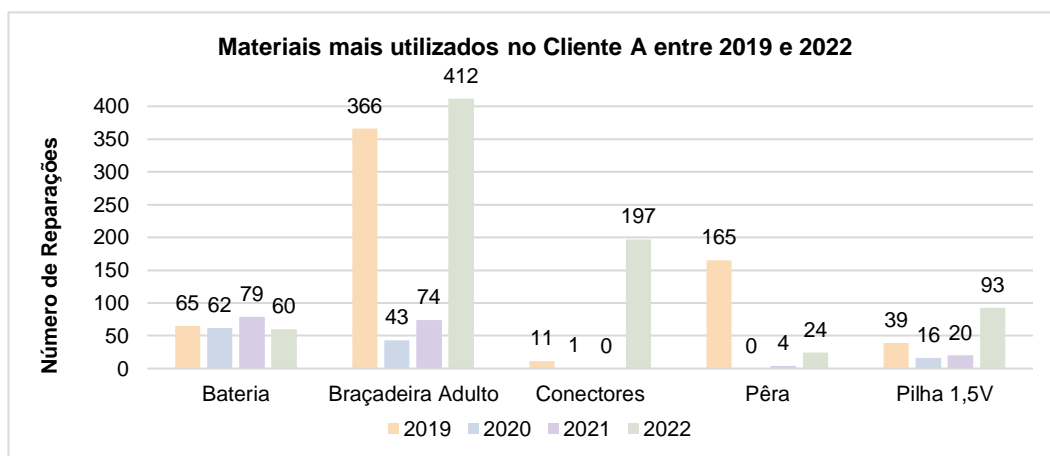
Em 2019, verificou-se que o material mais utilizado foi a braçadeira de adulto com 45,81% de utilizações, e o segundo material mais utilizado foi a pêra de insuflação com 20,65%. Em 2022 o material mais utilizado foi também as braçadeiras de adulto e o segundo mais utilizado foi os conectores com 14,54% de utilizações ao longo do ano.

Os quatro materiais selecionados em 2019 representam 78,88% dos materiais utilizados, enquanto em 2021 representam 58,63% e em 2022 57,64%. Já em 2020 os cinco materiais selecionados representam 48,58% dos materiais utilizados em reparações nesse mesmo ano.



**Figura 4.10.** Os 4 materiais com maior percentagem de utilização em intervenções efetuadas entre 2019 e 2022 no **Cliente A**.

Tendo por base os dados presentes nos gráficos da Figura 4.10, foi obtido o gráfico da Figura 4.11 que apresenta como resultado a quantidade de cada material com maior percentagem de utilização no conjunto dos quatro anos analisados.



**Figura 4.11.** Quantidade de materiais com maior percentagem de utilização no **Cliente A** entre 2019 e 2022.

Através da análise dos resultados do referido gráfico é possível verificar que no ano de 2019 e 2022 as braçadeiras de adulto foram o material mais utilizado, sendo utilizadas nesses anos 366 e 412 braçadeiras, respetivamente, enquanto para os restantes anos a quantidade de braçadeiras utilizadas variou entre 43 e 74.

Por outro lado, a bateria foi o material mais utilizado em 2021 com 79 utilizações e o ano de 2020 foi aquele onde os quatro tipos de materiais analisados apresentaram menores utilizações. No caso das baterias, estas foram o material que apresentou valores mais próximos para os quatro anos.

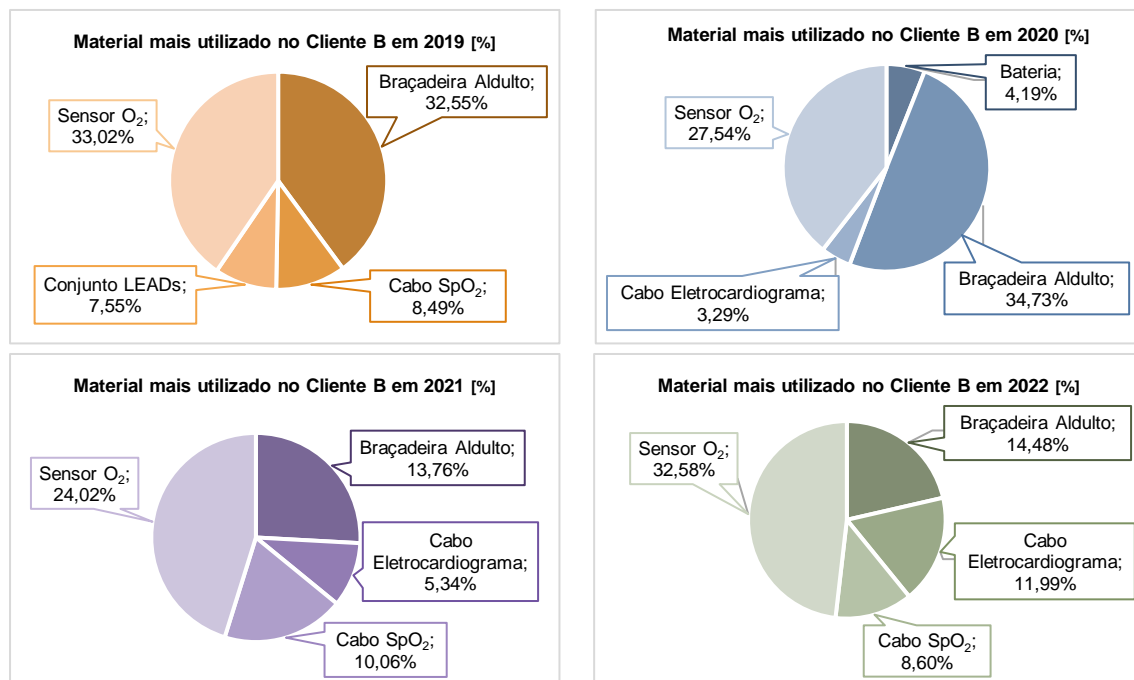
Ao analisarmos a distribuição de cada um dos materiais ao longo dos anos no gráfico da Figura 4.11, é perceptível que a distribuição dos resultados das braçadeiras apresenta uma média e desvio padrão associados superiores nos anos de 2019 e 2022 em comparação com os restantes anos e materiais ( $11,09 \pm 46,93$  e  $12,48 \pm 50,75$ ). Isto é visível através dos cálculos das respetivas médias e desvios padrão cujos resultados obtidos se encontram demonstrados na Tabela 4.8. Por outro lado, os conectores no ano de 2021 e a pêra no ano de 2020 não foram utilizados, e por isso o cálculo da média está representada como zero.

No ano de 2019 e 2020, os conectores foram o material, representado na tabela, com menor média de utilização ( $0,33 \pm 1,89$  e  $0,03 \pm 0,17$ , respetivamente), enquanto em 2021 e 2022 a pêra foi o material com menos utilizações por equipamento. O valor do desvio padrão relativo às braçadeiras de adulto em 2019 e 2022 é elevado devido à diferença da quantidade utilizada deste material para os diferentes equipamentos.

**Tabela 4.8.** Média da quantidade de material utilizado por tipo de equipamento e respetivo desvio padrão para o **Cliente A** entre 2019 e 2022.

	$\bar{x}$				$\sigma$			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
<b>Bateria</b>	1,97	1,88	2,39	1,82	5,61	4,91	4,55	4,39
<b>Braçadeira Adulto</b>	11,09	1,30	2,24	12,48	46,93	4,10	6,21	50,75
<b>Conectores</b>	0,33	0,03	0,00	5,97	1,89	0,17	0,00	27,44
<b>Pêra</b>	5,00	0,00	0,12	0,73	26,05	0,00	0,69	4,11
<b>Pilha 1,5V</b>	1,18	0,48	0,61	2,82	3,78	1,64	1,94	12,40

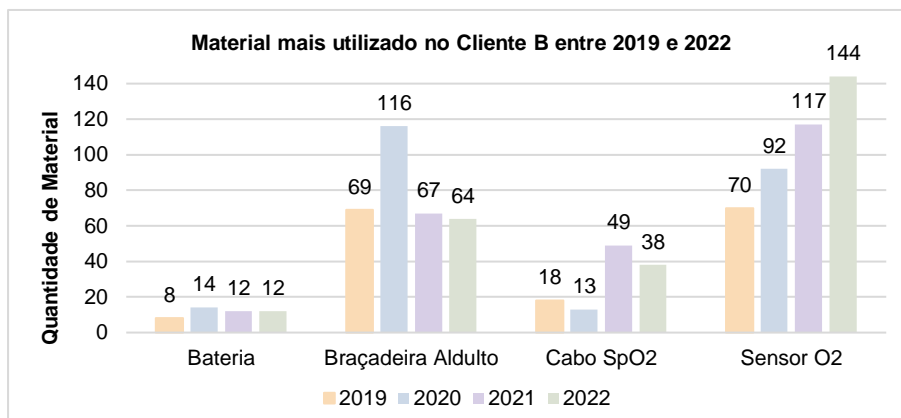
Em relação aos materiais no **Cliente B**, foram também selecionados os quatro materiais mais utilizados em cada ano, cujos resultados estão representados nos gráficos da Figura 4.12. Nos anos de 2019, 2021 e 2020 o material mais utilizado foi o sensor de O<sub>2</sub> com 33,02%, 24,02% e 32,58%, respetivamente. No ano de 2020 o material mais utilizado foi as braçadeiras de adulto, com 34,73% de utilizações.



**Figura 4.12.** Os 4 materiais com maior percentagem de utilização em intervenções efetuadas entre 2019 e 2022 no **Cliente B**.

Por outro lado, nos anos de 2019, 2021 e 2022 o segundo material mais utilizado foram as braçadeiras de adulto, com 32,55% em 2019, 13,76% em 2021 e 14,48% em 2022, enquanto no ano de 2020 o segundo material mais utilizado foi o sensor de O<sub>2</sub>. Os quatro materiais mais utilizados em 2019 correspondem a 81,61% dos materiais utilizados nesse ano e em 2020 correspondem a 69,75% dos materiais. O ano de 2021 foi o ano em que os quatro materiais mais utilizados apresentam menor percentagem, a representarem 53,18% do material, e em 2022 estes materiais representaram 67,65% dos materiais utilizados anualmente.

Posteriormente, e tal como aconteceu com os dados referentes aos equipamentos, foram seleccionados os quatro materiais mais utilizados no conjunto dos quatro anos analisados. Assim foram seleccionadas as baterias, as braçadeiras de adulto, o cabo SpO<sub>2</sub> e o sensor O<sub>2</sub>, tal como demonstrado no gráfico da Figura 4.13.



**Figura 4.13.** Quantidade de materiais com maior percentagem de utilização no **Cliente B** entre 2019 e 2022.

Nesta figura é possível perceber que no ano de 2020 as braçadeiras de adulto têm uma maior utilização, quando comparado com os restantes anos (116 utilizações). No sensor de O<sub>2</sub> verificou-se um crescimento da utilização destes materiais ao longo dos 4 anos, enquanto a utilização do cabo SpO<sub>2</sub> foi mais elevada no ano de 2021 com 49 utilizações, seguindo-se o ano de 2022 com 38 utilizações.

### 4.3. Discussão de Resultados

Após a descrição dos resultados obtidos, neste capítulo é realizada a análise e discussão dos resultados com o objetivo de perceber se os resultados obtidos foram ao encontro do que era esperado e, caso isso não se verifique, perceber o que influenciou os resultados. A apresentação da discussão dos resultados segue a mesma sequência do capítulo anterior para facilitar a compreensão.

Relativamente aos resultados obtidos referentes às manutenções efetuadas no **Cliente A**, era expectável que o ano de 2021 fosse o ano que apresentasse menor número de manutenções realizadas e conseqüentemente menor valor cobrado por intervenções. Isto foi verificado através da análise dos resultados obtidos na Tabela 4.2 e que se encontram esquematizados nas figuras Figura 4.1 e Figura 4.2.

Esta diminuição acentuada do número de manutenções no ano de 2021 no **Cliente A** deveu-se à influência da pandemia por SARS-CoV-2, onde durante esse período, para além da realização de confinamentos também foram encerrados diversos serviços presentes nos centros de saúde, como é o caso do **Cliente A**. Os serviços que permaneceram em funcionamento nestas unidades de saúde apenas foram realizadas manutenções de caráter urgente e não as habituais manutenções.

Por outro lado, era também expectável que após o período de pandemia (2022) que o número de manutenções efetuadas no **Cliente A** atingisse número

pré-pandemia (2019). Isto foi verificado através da análise dos resultados, onde em 2019 foram realizadas 2381 manutenções e no ano de 2022 foram realizadas 2581 manutenções, superando ainda os números de 2019. O facto de 2022 apresentar valores superiores a 2019 também é explicado pelo facto de as manutenções de 2021 terem transitado na sua maioria para o ano seguinte, fazendo com que o número de manutenções aumentasse.

Os equipamentos mais utilizados diariamente nos centros de saúde são maioritariamente esfigmomanómetros para a medição da pressão arterial dos utentes, juntamente com os aparelhos de tensão arterial e os monitores de sinais vitais que de forma rápida permitem a avaliação de parâmetros como a pressão arterial, frequência cardíaca, saturação de oxigénio, entre outros. Isto é refletido nos resultados obtidos, e representados na Figura 4.5, onde é possível verificar que no **Cliente A** os equipamentos com mais intervenções nos 4 anos foram o esfigmomanómetro, o aparelho de tensão arterial e o monitor de sinais vitais.

No que ao **Cliente B** diz respeito, verificou-se um aumento de mais noventa e oito manutenções em 2021 quando comparado com 2020. Isto era um resultado espectacular, pois o **Cliente B** é uma unidade hospitalar e durante o período de pandemia sofreu uma subcarga nos seus serviços e conseqüentemente uma utilização intensiva de determinados tipos de dispositivos médicos que influenciou o desgaste destes equipamentos.

A prestação de serviços de manutenção encontra-se abrangido por um *plafond* que é definido anualmente, aquando da celebração do contrato de prestação de serviços entre a instituição de saúde e o SUCH. Este *plafond* contempla os gastos com material, deslocações e mão de obra para qualquer tipo de manutenção que seja necessário efetuar. Quando este *plafond* é atingido e existe a necessidade de realizar intervenções, apenas são realizadas manutenções com um carácter de urgência e o custo extra, associados a estas intervenções, são posteriormente negociados entre as administrações das duas entidades envolvidas. Isto permite que equipamentos de elevada importância nas instituições de saúde não fiquem fora de serviço por necessidade de manutenções que não podem ser realizadas.

Os dados referentes às manutenções no **Cliente A** em 2019, em comparação com os restantes 4 anos, foram inferiores. Esta diferença pode ser derivada ao facto de ao longo dos últimos quatro anos o *plafond* da Administração Regional de Saúde (ARS) destinado às manutenções tem vindo a aumentar de valor devido à necessidade crescente de intervenções em equipamentos destas unidades.

Através da análise dos materiais utilizados nas diferentes intervenções realizadas, é perceptível que os materiais mais utilizados são do tipo mecânico e uma

minoria dos materiais são do tipo eletrónico. No caso dos materiais eletrónicos os mais utilizados são as baterias, pilhas e fontes de alimentação. Isto deve-se ao facto de estes três tipos de materiais serem materiais com uma vida útil mais curta e que devido à utilização intensiva dos equipamentos, a sua durabilidade torna-se bastante curta, carecendo de substituições com maior frequência.

Outros componentes eletrónicos, como resistências, condensadores, transístores, não são utilizados com tanta frequência atualmente, pois atualmente os DM são mais sofisticados e a troca de componentes de forma individual torna-se difícil devido à falta desses componentes e à complexidade dos sistemas que os compõem.

É possível também verificar através dos dados das figuras Figura 4.11 (**Cliente A**) e Figura 4.13 (**Cliente B**) que as braçadeiras de adulto são o material que é mais utilizado, no caso do **Cliente A** e o segundo mais utilizado no caso do **Cliente B**. Isto deve-se a dois fatores importantes, em primeiro lugar as braçadeiras é um acessório presente em diversos tipos de equipamentos, como os esfigmomanómetros e diversos tipos de monitores. Em segundo lugar esta elevada utilização de braçadeiras deve-se a estas serem consideradas como um material de rápido desgaste. Este desgaste deve-se sobretudo à utilização intensiva, mas também à falta de cuidados aquando da sua utilização.

Tendo em conta estes fatores, por norma geral, as braçadeiras utilizadas são de marcas denominadas como “marca branca”, pois a diferença no valor comercial entre as braçadeiras de marca e de marca branca não compensa a durabilidade das mesmas. As braçadeiras de marca branca apresentam uma durabilidade muito semelhante às de marca, e a durabilidade de ambas depende, na maioria dos casos, do tipo de utilização e manuseamento que é feito durante a sua utilização.

O SUCH nas suas manutenções intervém em equipamentos de marcas e fornecedores variados, pelo que é difícil estabelecer uma relação entre a marca do equipamento e o número de manutenções que este necessita. Na generalidade dos casos, o número de manutenções efetuadas não está diretamente relacionado com nenhuma marca em particular.

Era expectável que as intervenções em ventiladores apresentassem um valor considerável, especialmente nos anos de pandemia, e em particular no **Cliente B**. Contudo isso não se verificou nos resultados obtidos, pois com o início da pandemia foram adquiridos e introduzidos nas unidades de saúde novos ventiladores e, durante os anos a que os dados se referem, estes encontravam-se cobertos pela garantia do fabricante. Devido a esta razão, e também à subcontratação de equipamentos por

parte das unidades de saúde, o número de intervenções é muito inferior às que eram esperadas.

Os equipamentos adquiridos pelas unidades de saúde estão cobertos por um período de garantia com uma validade de 3 anos, independentemente do tipo de equipamento. Durante este período qualquer tipo de intervenção é assegurado pelo fabricante do respetivo equipamento, pelo que apenas após esse período é que começam a estar abrangidos pelas manutenções efetuadas pelo SUCH.

#### 4.4. Aprendizagem Automática

No presente subcapítulo, é abordada a implementação de técnicas de *Machine Learning* (ML), ou aprendizagem automática, com a finalidade de realizar a previsão dos *stocks* dos materiais mais utilizados no **Cliente A** e no **Cliente B** durante a realização de manutenções curativas.

A inteligência artificial (AI) e o ML são duas áreas interrelacionadas e em constante evolução que vieram transformar a área da tecnologia e da computação nos últimos anos. A AI é uma área da tecnologia computacional que se foca no desenvolvimento de sistemas e algoritmos que sejam capazes de realizar tarefas que normalmente necessitam de intervenção humana, como o reconhecimento de voz, tomada de decisões e resolução de problemas complexos. Por outro lado, o ML é uma subcategoria da AI que se foca no desenvolvimento de modelos matemáticos e de algoritmos que permitem que os diferentes sistemas aprendam e melhorem o seu desempenho a partir dos estudos de dados (Badillo et al., 2020; Russell & Norvig, 2010).

A utilização da linguagem de programação *Python* desempenha um papel importante na área do ML, graças à versatilidade, disponibilidade de amplas bibliotecas de ML e à sintaxe acessível que permite uma implementação facilitada de algoritmos (Sharma et al., 2020). No desenvolvimento da presente dissertação optou-se pela utilização do *software Jupyter Notebook* para a realização de previsões dos *stocks* para os próximos 48 meses do material mais utilizado pelo **Cliente A** e pelo **Cliente B**. O *Jupyter Notebook* é um *software* de programação interativo e que permite a implementação e análise de algoritmos de ML utilizando *Python*. A utilização deste *software* permitiu uma análise passo-a-passo, o que facilitou a compreensão e aperfeiçoamento dos modelos aplicados para a obtenção dos resultados desejados com maior precisão.

Para a realização da previsão dos *stocks* foi desenvolvido um código em *Python* para quatro modelos de previsão distintos, o modelo ARIMA (*Autoregressive*

*Integrated Moving Average*), o modelo de Suavização Exponencial *Holt-Winters*, o SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*) e o SVR (*Support Vector Regression*).

O modelo ARIMA é um modelo que permite a análise de dados de séries temporais para prever tendências futuras, tendo em consideração os padrões autorregressivos e de média móvel. É uma abordagem versátil e amplamente utilizada na análise de séries temporais, contudo não tem em conta os padrões temporais e de sazonalidade dos dados (Jain & Mallick, 2017). O modelo de Suavização Exponencial *Holt-Winters* consiste numa técnica de previsão de séries temporais que tem em conta a tendência e a sazonalidade dos dados (Djakaria & Saleh, 2021). Numa fase inicial este modelo realiza o cálculo do nível de tendência dos dados, depois se verificar a existência de uma tendência, estima o seu valor. De seguida verifica se existem padrões de sazonalidade ao longo do tempo, e caso existam, tenta prever como é que esta sazonalidade poderá afetar os dados futuros tendo em conta as variações registadas. Por fim realiza a previsão com base nos fatores verificados nos processos anteriores (Feroni & Andreão, 2018; Siga Thomaz et al., 2018; Snehal, 2023).

Por outro lado, o modelo SARIMA é um modelo complementar ao modelo ARIMA e é utilizado para modelar séries temporais que apresentem padrões sazonais e permite a realização de previsões com mais precisão (Deretić et al., 2022; Ray et al., 2021). Por fim, o modelo SVR relaciona características importantes, como os padrões temporais, com o objetivo de prever os futuros valores (Zhang & O'Donnell, 2019).

Todos os modelos utilizados permitem considerar dados anteriores para identificar tendências e ajustar os modelos às variações dos dados, usando parte desses dados para treino e posteriormente utiliza a restante quantidade de dados para testar a eficácia do modelo. Para a realização deste estudo foram considerados 80% dos dados como dados treinos e os restantes 20% como dados teste, para os quatro modelos.

Foram também aplicadas métricas de avaliação, utilizando as métricas MAE (*Mean Absolute Error* ou Erro Médio Absoluto) que nos indica o valor médio absoluto da diferença entre os valores previstos pelo modelo e os valores observados nos dados treino, e quanto menor for este valor, melhor será a previsão efetuada pelo modelo (Qi et al., 2020). Outra métrica aplicada é a MSE (*Mean Squared Error* ou Erro Médio Quadrático) que apenas diverge da MAE pelo facto de os valores do erro

médio associado serem elevados ao quadrado e por isso consegue evidenciar valores de erro mais elevados (Mário Filho, 2023; Qi et al., 2020).

As outras avaliações métricas utilizadas foram a MAPE (*Mean Absolute Percentage Error* ou Erro Médio Absoluto Percentual) e a RSME (*Root Mean Squared Error* ou Raiz do Erro Médio Quadrático). A MAPE é expressa em percentagem e ajuda numa melhor interpretação dos valores dos erros. Um valor baixo de MAPE significa que as previsões se encontram próximas dos valores observados, enquanto um valor elevado indica que as previsões estão longe dos valores observados e que o modelo precisa de ser melhorado (Mario Filho, 2023).

A RMSE é amplamente aplicado ao ML para a avaliação do desempenho de modelos de previsão. É calculada com base na raiz quadrada das médias dos erros ao quadrado, onde o erro é a diferença entre o valor previsto e o valor real. Isto faz com que esta análise seja sensível aos valores mais extremos, denominados *outliers*, o que pode influenciar os resultados da avaliação (Filho, 2023).

Assim, foram selecionados os materiais “Braçadeira de Adulto” e “Sensor O<sub>2</sub>”, para o **Ciente A** e para o **Ciente B**, respetivamente, para a realização da previsão do *stock* destes materiais para os próximos 48 meses, utilizando os modelos anteriores. Foi desenvolvido um código *Python*, dividido em nove etapas principais (como exemplificado no pseudocódigo da Figura 4.14), e que envolveu a criação da função para o cálculo da MAPE, o carregamento dos dados, o pré-processamento, a filtragem de dados por mês, divisão dos dados em treino e teste, implementação do modelo de previsão, definição do intervalo de previsão, cálculo das avaliações métricas e criação do ficheiro onde são guardados os resultados.

```
#Etapa 1:
#Função para o cálculo da MAPE

#Etapa 2:
#Carregar os dados do ficheiro excel

#Etapa 3:
#Pré-processamento dos dados carregados

#Etapa 4:
#Filtrar os dados pela característica "Mês"

#Etapa 5:
#Divisão dos dados em dados treino e dados teste
#Treino (80%) e Teste (20%)

#Etapa 6:
#Implementação do modelo de previsão escolhido

#Etapa 7:
#Definição do intervalo de previsão
#Entre Janeiro 2023 e Dezembro 2026

#Etapa 8:
#Cálculo das avaliações métricas
#MAE, MSE, MAPE e RMSE

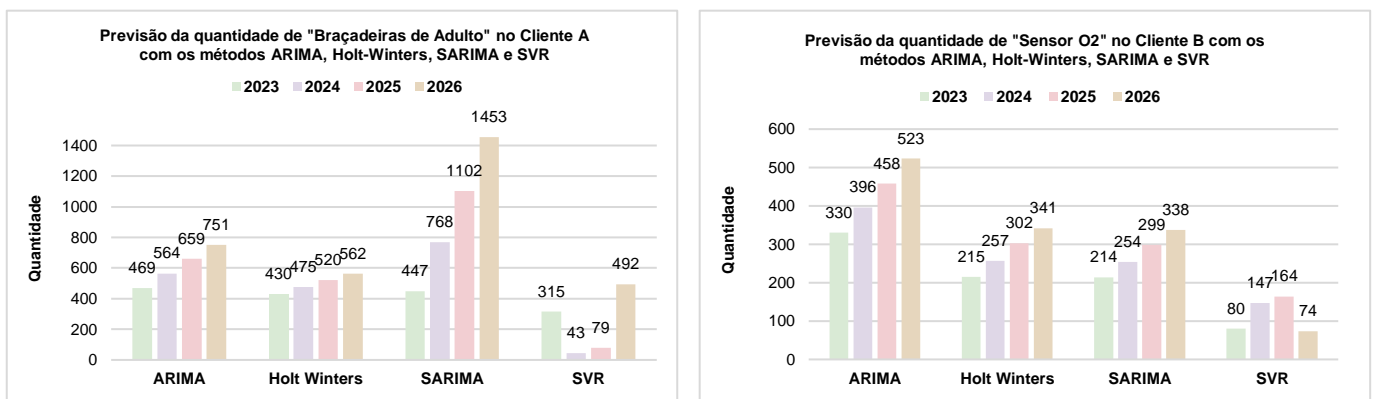
#Etapa 9:
#Criação do ficheiro excel onde são guardados os resultados
```

**Figura 4.14.** Pseudocódigo referente às etapas principais do código desenvolvido para a previsão de *stocks*.

Foram desenvolvidos quatro códigos distintos para cada um dos clientes, que seguiram as principais etapas ilustradas na Figura 4.14, e que se encontram representados em anexo, para o **Cliente A** do Anexo I.6 ao Anexo I.9 e para o **Cliente B** do Anexo I.10 ao Anexo I.13 para uma melhor compreensão do processo de previsão.

Foi utilizada para o **Cliente A** uma BD com 2897 entradas, das quais 937 entradas correspondem a braçadeiras de adulto, e para o **Cliente B** uma BD com 2185 entradas, das quais 469 correspondem a sensores de O<sub>2</sub>. Foram calculadas as médias e desvios padrão associados a cada cliente, no conjunto dos quatro anos, de modo a ser realizada uma análise mais precisa dos modelos e métricas, onde foi obtido uma média de 94 braçadeiras por mês ( $94 \pm 60$ ), para o **Cliente A**, e uma média de 40 sensores O<sub>2</sub> por mês ( $40 \pm 15$ ). Os resultados das previsões obtidos para o **Cliente A** e para o **Cliente B**, para os quatro modelos, por mês, encontram-se apresentados no Anexo I.14 e Anexo I.15, respetivamente.

Através da análise do Anexo I.14, no caso das “Braçadeiras de Adulto”, e do Anexo I.15, no caso dos “Sensor O<sub>2</sub>”, a análise mensal da quantidade de material necessária que é prevista vai depender do tipo de modelo de previsão que é utilizado e por isso a análise a nível anual dos resultados obtidos para os quatro modelos é mais simples de interpretar. Assim, a análise a nível anual encontra-se apresentada nos gráficos da Figura 4.15, onde é possível verificar que, para ambos os modelos de previsão, tanto no **Cliente A** como no **Cliente B**, existe uma tendência crescente da necessidade da utilização destes dois materiais ao entre 2023 e 2026, com exceção do modelo SVR.



**Figura 4.15.** Previsão da quantidade de "Braçadeiras de Adulto" no **Cliente A** e de "Sensor O<sub>2</sub>" no **Cliente B** através da utilização dos métodos ARIMA, Holt-Winters, SARIMA e SVR entre 2023 e 2026.

Ao compararmos os resultados obtidos, para o **Cliente A**, nas previsões realizadas pelos quatro modelos com os resultados obtidos através da análise dos

materiais utilizados, percebemos que o modelo que apresenta valores mais próximos dos utilizados nos últimos quatro anos, a nível quantitativo, é o modelo *Holt-Winters*, pois entre 2019 e 2022 as quantidades utilizadas variaram entre as 366 e as 429 unidades anuais, e com base no gráfico da Figura 4.15, o modelo de previsão mais próximo é o modelo *Holt-Winters*, seguindo-se o modelo ARIMA. Apesar de o modelo SARIMA também apresentar uma tendência crescente dos resultados, os valores previstos são muito superiores ao que é espectável.

A mesma tendência é verificada nos resultados referentes ao **Cliente B**, na previsão de *stock* do material “Sensor O<sub>2</sub>”. Os resultados dos dados analisados entre 2019 e 2022 mostraram que foram utilizados entre 70 e 144 unidades anuais. Com base nestes resultados e nos resultados das previsões da Figura 4.15, referentes ao **Cliente B**, percebemos que as previsões realizadas através do modelo *Holt-Winters* e SARIMA são as mais próximas da realidade registada para os anos anteriores, ainda que com um aumento significativo do número de unidades por ano.

Para uma análise mais rigorosa dos resultados das previsões, foi então realizada uma avaliação baseada em métricas e no desvio padrão associado aos dados utilizados, de forma a verificar qual o método com maior precisão na previsão dos resultados. Assim os resultados obtidos através do cálculos das referidas métricas entram-se representados na Tabela 4.9.

**Tabela 4.9.** Resultados das avaliações métricas realizadas para os quatro modelos de previsão para o **Cliente A** e para o **Cliente B**.

Cliente A					Cliente B				
	MAE	MSE	RMSE	MAPE		MAE	MSE	RMSE	MAPE
<b>ARIMA</b>	20,30	1118,68	33,45	125,97	<b>ARIMA</b>	13,93	260,84	16,15	303,55
<b>Holt Winters</b>	19,84	723,74	26,90	251,84	<b>Holt Winters</b>	4,57	38,64	6,22	90,50
<b>SARIMA</b>	28,81	1817,66	42,63	278,82	<b>SARIMA</b>	6,64	67,81	8,23	122,28
<b>SVR</b>	11,20	574,33	23,97	76,40	<b>SVR</b>	3,45	32,09	5,66	64,71

Os resultados da Tabela 4.9 indicam-nos que, para o **Cliente A**, o modelo com maior precisão segundo a aplicação das quatro métricas é o modelo SVR, pois apresenta um valor de erro mais baixo. Contudo este método em termos quantitativos é o que apresenta pior resultado nas previsões, pois não apresenta uma tendência crescente dos anos, e tem em conta a alteração atípica dos dados para os anos de pandemia (2020 e 2021) e reflete essa alteração nas previsões que efetua, uma vez que não tem em consideração os padrões de sazonalidade e tendência dos dados. Assim, excluindo os resultados referentes a este modelo de previsão, o modelo que apresenta maior precisão, segundo as métricas, é o método Holt-Winters com uma

MAE associada de 19,84 e uma RSME de 26,90. Através o cálculo do desvio padrão associado aos dados utilizados para as previsões, percebemos que, no caso do **Cliente A**, o desvio padrão associado é muito elevado ( $94 \pm 60$  unidades de braçadeiras de adulto), o que nos indica a presença de outliers nos dados utilizados, e que vão influenciar os resultados. Assim, e tendo em conta este parâmetro, podemos afirmar que métrica mais eficaz na avaliação dos resultados é a RMSE pois tem em consideração a presença de valores outliers nos dados. Assim segundo esta métrica, o modelo de previsão mais preciso é o modelo Holt-Winters (RMSE=26,90). Esta conclusão reflete-se também na comparação do resultados de forma quantitativa, onde o modelo Holt-Winters também se revelou ser aquele que apresenta previsões mais próximas dos valores registados anteriormente.

Para o **Cliente B**, os resultados em relação ao modelo SVR apresentam a mesma problemática que os resultados do **Cliente A**, e por isso, não considerando este modelo, o modelo que apresenta melhor precisão nas previsões efetuadas, é o modelo Holt-Winters, que apresenta valor MAE de 4,57 e de RMSE de 6,22. O segundo modelo com maior precisão é o modelo SARIMA, que apresenta valores de erro de 6,64 para a MAE e 8,23 para RMSE. Através o cálculo do desvio padrão associado aos dados utilizados para as previsões, percebemos que, para o **Cliente B**, o desvio padrão associado não é muito elevado ( $40 \pm 15$  sensores de  $O_2$ ), o que nos indica que a presença de outliers não é expressiva, e que não vão influenciar os resultados. Assim, e tendo em conta este parâmetro, podemos afirmar que métrica mais eficaz na avaliação dos resultados é a MAE pois esta métrica apresenta o valor do erro médio absoluto associado à diferença entre o valor previsto e o valor real. Assim, segundo a aplicação desta métrica, é possível perceber que o modelo de previsão mais adequado é o modelo Holt-Winters (MAE=4,57). Esta conclusão também se verifica na análise comparativa entre os valores quantitativos previstos e os valores registados nos anos anteriores, onde se verificou que o modelo Holt-Winters foi aquele que apresentou resultados mais próximos do esperado.

Contudo é importante salientar que, quanto maior for a dimensão da base de dados utilizada para a realização das previsões, maior é a quantidade de dados disponíveis para o treino do modelo, o que permite que o modelo se torne mais preciso.

## Capítulo 5

### 5. Conclusões e Perspetivas Futuras

O presente capítulo representa o encerramento da dissertação sobre o impacto da pandemia nas manutenções curativas de dispositivos médicos e predição de *stocks* baseada em *machine learning*.

Este capítulo resume os principais resultados obtidos, mas também apresenta as principais reflexões e conclusões sobre a temática relacionada com a manutenção de dispositivos médicos. O capítulo encontra-se dividido em dois subcapítulos, o subcapítulo 5.1 Conclusão onde são destacados os principais resultados, as suas implicações, mas também a relação destes com os objetivos iniciais desta dissertação. Por fim, no subcapítulo 5.2 Perspetivas Futuras são apresentadas sugestões para potenciais estudos e alterações que pode ser realizadas para que os resultados sejam potenciados.

#### 5.1. Conclusão

Ao longo da realização da presente dissertação foram abordados temas relacionados com a temática onde a realização do estágio se encontrou inserido, nomeadamente nas questões relacionadas com os dispositivos médicos, os diferentes tipos de manutenções associadas a esses equipamentos, mas focou-se principalmente na análise estatística de dados referentes às manutenções curativas, realizadas em dois clientes, para os anos de 2019 a 2022. O foco principal foi a identificação dos DM mais suscetíveis a manutenções e dos materiais mais frequentemente utilizados nessas intervenções, destacando as diferenças entre os dois tipos distintos de clientes.

Os resultados deste estudo destacaram a ocorrência de padrões comuns para os quatro anos em estudo, especificamente relativos aos tipos de equipamentos com mais manutenções e aos materiais mais utilizados nessas intervenções. Esta identificação levou à fase seguinte do estudo, no qual foram selecionados os quatro dispositivos médicos e os quatro materiais com maiores percentagens de manutenção/utilização, para cada um dos clientes. Este tipo de análise permitiu uma compreensão mais pormenorizada das necessidades específicas de cada cliente.

Além disso, o estudo incorporou uma análise do impacto da pandemia por COVID-19 nas manutenções dos DM. A interpretação dos resultado revelou

alterações nos padrões das manutenções durante o período pandémico (ano de 2020 e 2021), onde se verificou uma diminuição acentuada do número de intervenções no **Cliente A** e um ligeiro aumento do número de intervenções no **Cliente B**. Estas alterações eram expectáveis devido à natureza dos dois clientes e ao procedimento aplicado pelas diferentes tipologias de unidades de saúdes durante o período de pandemia.

Através da análise dos resultados, evidenciou-se o DM esfigmomanómetro como o equipamento com mais intervenções nos quatro anos, no caso do **Cliente A**, e o DM monitor de sinais vitais, como o equipamento com mais intervenções no conjunto dos quatro anos, para o **Cliente B**. No que aos materiais diz respeito, o estudo realizado demonstrou que o material mais utilizado nas intervenções no **Cliente A** foi as braçadeiras de adulto e o para o **Cliente B** o sensor de O<sub>2</sub>, resultados esperados tendo em conta os resultados obtidos do tipo de equipamento com mais manutenções, pois as braçadeiras de adulto são utilizadas nos esfigmomanómetros (DM com mais manutenções no **Cliente A**) e os sensores de O<sub>2</sub> são utilizados nos monitores de sinais vitais (DM com mais manutenções no **Cliente B**).

Numa fase final do estudo, foram aplicadas técnicas de *Machine Learning* para realizar previsões de *stock* para o material mais utilizado em cada cliente, no conjunto dos quatro anos, visando os próximos 48 meses. Este tipo de abordagem permite uma gestão mais eficiente dos recursos, garantindo a disponibilidade adequada de materiais considerando essenciais.

Para concluir, os resultados deste estudo não oferecem apenas percepções importantes para a gestão eficaz das manutenções de dispositivos médicos e dos respetivos materiais utilizados, mas também destacam informações importantes para o futuro. A possibilidade de futuras pandemias exige uma preparação mais intensiva, e as conclusões retiradas da análise referentes à pandemia por COVID-19 servem como guia para situações similares.

A interligação entre a análise estatística, a seleção criteriosa de dispositivos médicos e materiais, e a aplicação de técnicas preditivas demonstra um caminho promissor para aprimorar a eficiência do setor dos dispositivos médicos, tornando estes equipamentos mais eficientes e com um menor tempo de paragem devido a avarias. Esta dissertação contribui de forma significativa para a compreensão da dinâmica da manutenção de dispositivos médicos, fornecendo dados para a aplicação de estratégias futuras de forma informada, como por exemplo a diminuição de *stocks*, antecipação ou diminuição de manutenções.

## 5.2. Perspetivas Futuras

À medida que a sociedade evolui a um ritmo acelerado com a introdução de novas tecnologias, existe a necessidade de aprimorar, inovar e antecipar o futuro dos diferentes setores. Neste sentido é necessário estabelecer algumas ideias que possam ser aplicadas no futuro para a melhoria dos processos e aumento do desempenho. Assim neste tópico são apresentadas algumas ideias de perspetivas futuras que podem ser aplicadas no dia-a-dia de uma instituição como o SUCH, com base na experiência da estudante na instituição.

Após a realização da análise dos dados foram detetadas algumas lacunas na forma como os dados são apresentados na base de dados (BD). Atualmente a plataforma onde a BD está inserida permite que sejam introduzidos de forma manual o nome do equipamento e o nome do material em questão. Isto permite que o mesmo equipamento/material seja introduzido na BD com diferentes designações, o que dificulta a análise dos dados da BD, e conseqüentemente a sua correta interpretação. Esta lacuna pode ser colmatada com uma atualização da BD, onde deixaria de ser possível a introdução das designações por escrita manual e passaria apenas a ser possível a introdução automática através da seleção das designações previamente selecionadas na BD.

Outro processo que poderá ser melhorado está relacionado com as folhas associadas utilizadas pelos técnicos em cada manutenção realizada. Atualmente aquando das manutenções, quer curativas, quer preventivas, os técnicos necessitam de preencher as folhas associadas para cada equipamento em específico. Este processo requer que os colaboradores dispensem parte do seu tempo no preenchimento manual destes documentos, mas também requer um gasto de recursos elevado, bem como um espaço de armazenamento físico para estes documentos. Uma solução para melhorar este processo é informatizá-lo através do investimento num *software* de gestão de BD e em equipamentos como *tablets* para que estes fizessem parte do material que o técnico leva para as manutenções. Assim seria diminuída de forma considerável o consumo de papel, mas também o espaço de armazenamento dos documentos. Além disso, também reduzia o trabalho burocrático do técnico, facilitando a acessibilidade aos departamentos que a ele têm acesso.

## Referências Bibliográficas

Alves, C. (2007). Gestão da Manutenção. In *Instituto de Soldadura e Qualidade*.

Anna Letournel. (2017). *Classificação dos Dispositivos médicos 2º ano da Lic. Tec. Biomédica-2º Semestre*.

Badillo, S., Banfai, B., Birzele, F., Davydov, I. I., Hutchinson, L., Kam-Thong, T., Siebourg-Polster, J., Steiert, B., & Zhang, J. D. (2020). An Introduction to Machine Learning. *Clinical Pharmacology and Therapeutics*, 107(4), 871–885. <https://doi.org/10.1002/cpt.1796>

Carrasqueiro, S., & Mealha, F. (2016, March). Engenharia na Saúde. *INGENIUM*, 23–59. <https://www.ordemengenheiros.pt/pt/centro-de-informacao/publicacoes/revista-ingenium/revista-ingenium-n-o-152-marco-abril/>

CEN - European Committee for Standardization. (1998). Sistemas da Qualidade - Dispositivos Médicos - Requisitos para a aplicação da EN ISO 9001. In *NP EN 46001/1998*.

CEN - European Committee for Standardization. (2015). *Sistemas de Gestão da Qualidade Requisitos (ISO 9001:2015)*. [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Correia Silva, D. R. (2015). *Engenharia Clínica - Manutenção de Equipamentos de Eletromedicina*. Instituto Politécnico de Coimbra - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

Deretić, N., Stanimirović, D., Al Awadh, M., Vujanović, N., & Djukić, A. (2022). SARIMA Modelling Approach for Forecasting of Traffic Accidents. *Sustainability (Switzerland)*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/su14084403>

Dicionários Porto Editora. (2023a). *Termografia*. <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/termografia>

Dicionários Porto Editora. (2023b). *Tribologia*. <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/tribologia>

Djakaria, I., & Saleh, S. E. (2021). Covid-19 forecast using Holt-Winters exponential smoothing. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012033>

Dos Santos, M. J. M. F. (2009). *Gestão de Manutenção do Equipamento* [Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. [https://paginas.fe.up.pt/~em97143/#\\_Toc222127673](https://paginas.fe.up.pt/~em97143/#_Toc222127673)

Drielle Vieira. (2020). *Áreas de Atuação da Engenharia Biomédica*. <https://pt.linkedin.com/pulse/%C3%A1reas-de-atua%C3%A7%C3%A3o-da-engenharia-biom%C3%A9dica-drielle-vieira>

Enderle, J., & Bronzino, J. (2011). *Introduction to Biomedical Engineering* (3rd ed.). [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=twc-GLOtIQQC&oi=fnd&pg=PP2&dq=biomedical+engineering+what+it+is&ots=PJAXKhvndE&sig=kxIO2c9LqrlEknO4EvvR9EROP38&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=twc-GLOtIQQC&oi=fnd&pg=PP2&dq=biomedical+engineering+what+it+is&ots=PJAXKhvndE&sig=kxIO2c9LqrlEknO4EvvR9EROP38&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Feroni, R. C., & Andreão, W. L. (2018). *Análise do modelo de Holt-Winters aplicado a uma série histórica de dados com tendência e sazonalidade*. 228–231. <https://doi.org/10.5151/phypro-viii-efa-48>

Filho, M. (2023, January 9). *RMSE (Raiz do Erro Quadrático Médio) em Machine Learning*. MAPE (Erro Absoluto Percentual Médio) em Machine Learning

Fisioterapia Lisboa. (n.d.). *Ultrassonoterapia*. Retrieved 31 March 2023, from <https://www.fisioterapia-lisboa.com/fisioterapia/relacionados/ultrassonoterapia>

French-Mowat, E., & Burnett, J. (2012). How are medical devices regulated in the European Union? *Journal of the Royal Society of Medicine*, 105 Suppl 1. <https://doi.org/10.1258/jrsm.2012.120036>

Frisch, P. H., Stone, B., Booth, P., & Lui, W. (2014). New roles & responsibilities of hospital biomedical engineering. *2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC 2014*, 3488–3491. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2014.6944374>

Infarmed. (2016a). *Dispositivos Médicos*. <https://www.infarmed.pt/web/infarmed/perguntas-frequentes-area-transversal/dm>

INFARMED. (2016). *Dispositivos Médicos*. <https://www.infarmed.pt/web/infarmed/perguntas-frequentes-area-transversal/dm>

Infarmed, I. P. (2016b). *O Infarmed*. <https://www.infarmed.pt/web/infarmed/apresentacao>

International Organization for Standardization (ISO). (n.d.). *About us ISO*. Retrieved 24 March 2023, from <https://www.iso.org/about-us.html>

Jain, G., & Mallick, B. (2017). *A Study of Time Series Models ARIMA and ETS*. <https://ssrn.com/abstract=2898968>

Mário Filho. (2023, January 10). *MAE (Erro Médio Absoluto) em Machine Learning*. <https://mariofilho.com/mae-erro-medio-absoluto-em-machine-learning/>

Mario Filho. (2023, January 11). *MAPE (Erro Absoluto Percentual Médio) em Machine Learning*. MAPE (Erro Absoluto Percentual Médio) em Machine Learning

McCauley, G. (2003). Understanding Electrosurgery. In *Bovie Medical Corporation*.

Ministério da Economia e da Saúde. (2004). Portaria nº196/2004 do Ministério da Economia e da Saúde. In *Diário da República - I Série B* (pp. 1095–1100).

Ministério da Saúde. (2009). Decreto-Lei nº145/2009 Ministério da Saúde. *Diário Da República*.

Ponce, F. A. (2014). Electrostimulation. In *Encyclopedia of the Neurological Sciences* (pp. 1110–1111). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385157-4.00743-0>

Qi, J., Du, J., Siniscalchi, S. M., Ma, X., & Lee, C. H. (2020). On Mean Absolute Error for Deep Neural Network Based Vector-to-Vector Regression. *IEEE Signal Processing Letters*, 27, 1485–1489. <https://doi.org/10.1109/LSP.2020.3016837>

Ray, S., Das, S. S., Mishra, P., & Al Khatib, A. M. G. (2021). Time Series SARIMA Modelling and Forecasting of Monthly Rainfall and Temperature in the South Asian Countries. *Earth Systems and Environment*, 5(3), 531–546. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00205-w>

Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd Edition)*.

Saide Jorge Calil, & Marilda Solon Teixeira. (1998). *Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares* (Vol. 11). Editora Fundação Peirópolis LTDA.

Sharma, A., Khan, F., Sharma, D., Gupta, S., & Student, F. Y. (2020). *Python: The Programming Language of Future*.

Siga Thomaz, P., Leite Dias de Mattos, V., Ricardo Nakamura, L., dos Santos Nunes, G., & Cristina Konrath, A. (2018). *O USO DE MÉTODOS DE SUAVIZAÇÃO*

*EXPONENCIAL NA MODELAGEM DE SÉRIES TEMPORAIS SEM SAZONALIDADE*  
(Issue 11).

Snehal. (2023, April 26). *Holt-Winter's Method for Time Series Analysis*. Analytics Vidhya. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/08/holt-winters-method-for-time-series-analysis/>

Sparrow, K. J., Finucane, S. D., Owen, J. R., & Wayne, J. S. (2005). The effects of low-intensity ultrasound on medial collateral ligament healing in the rabbit model. *American Journal of Sports Medicine*, 33(7), 1048–1056. <https://doi.org/10.1177/0363546504267356>

SUCH. (2018a). *Ambiente SUCH*. Serviço de Utilização Comum Dos Hospitais. <https://www.such.pt/pt/such-ambiente/>

SUCH. (2018b). *Apresentação SUCH*. Serviço de Utilização Comum Dos Hospitais. <https://www.such.pt/pt/apresentacao/>

SUCH. (2018c). *Certificações SUCH*. Serviço de Utilização Comum Dos Hospitais. <https://www.such.pt/pt/certificacoes/>

SUCH. (2018d). *Engenharia SUCH*. Serviço de Utilização Comum Dos Hospitais. <https://www.such.pt/pt/such-engenharia/>

SUCH. (2018e). *Nutrição SUCH*. Serviço de Utilização Comum Dos Hospitais. <https://www.such.pt/pt/such-nutricao/>

SUCH. (2018f). *Organograma SUCH*. Serviço de Utilização Comum Dos Hospitais. <https://www.such.pt/pt/organograma/>

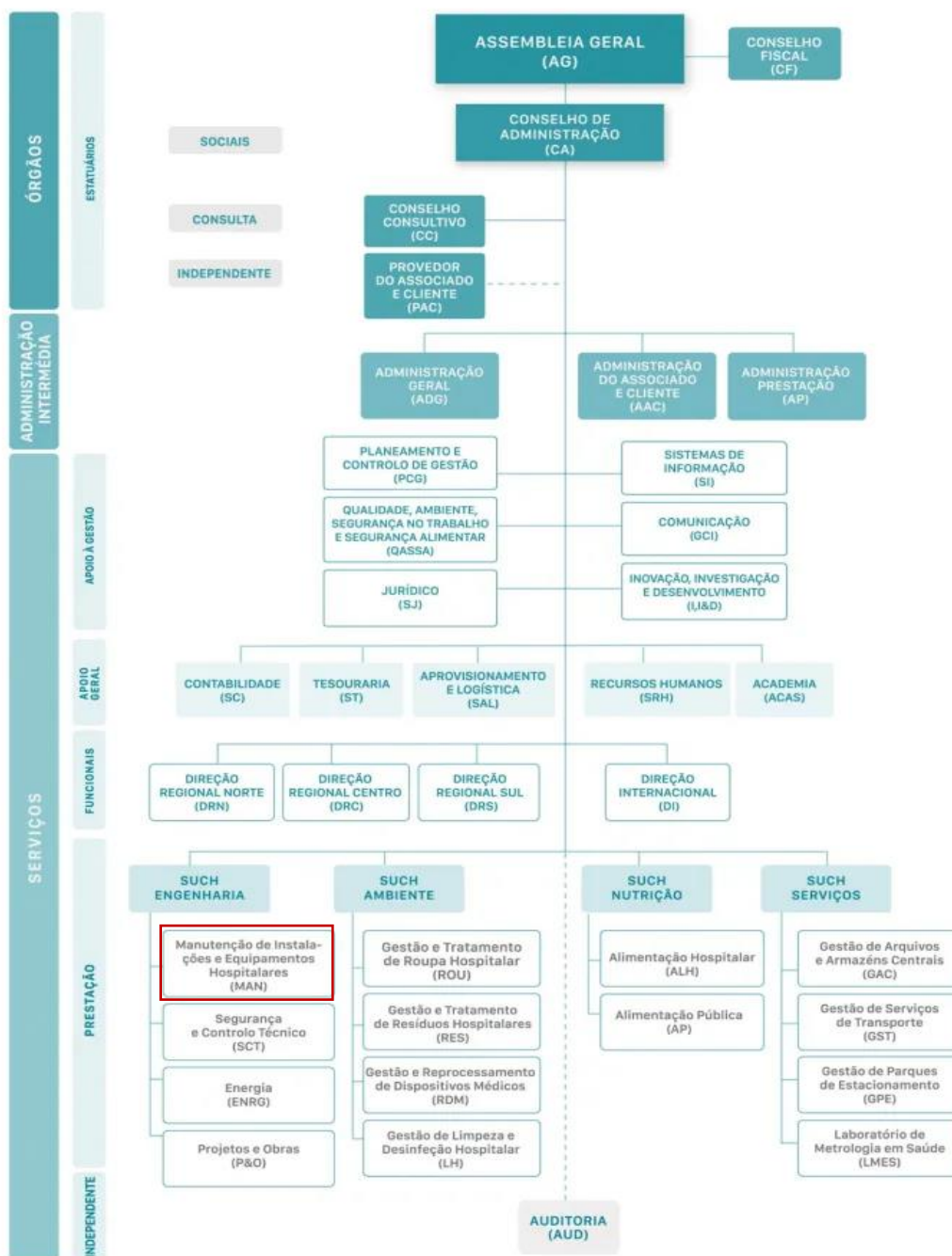
SUCH. (2018g). *Serviços SUCH*. Serviço de Utilização Comum Dos Hospitais. <https://www.such.pt/pt/such-servicos/>

The Council of the European Communities. (1993). *Council Directive 93/42/EEC of 14 June 1993 concerning Medical Devices*.

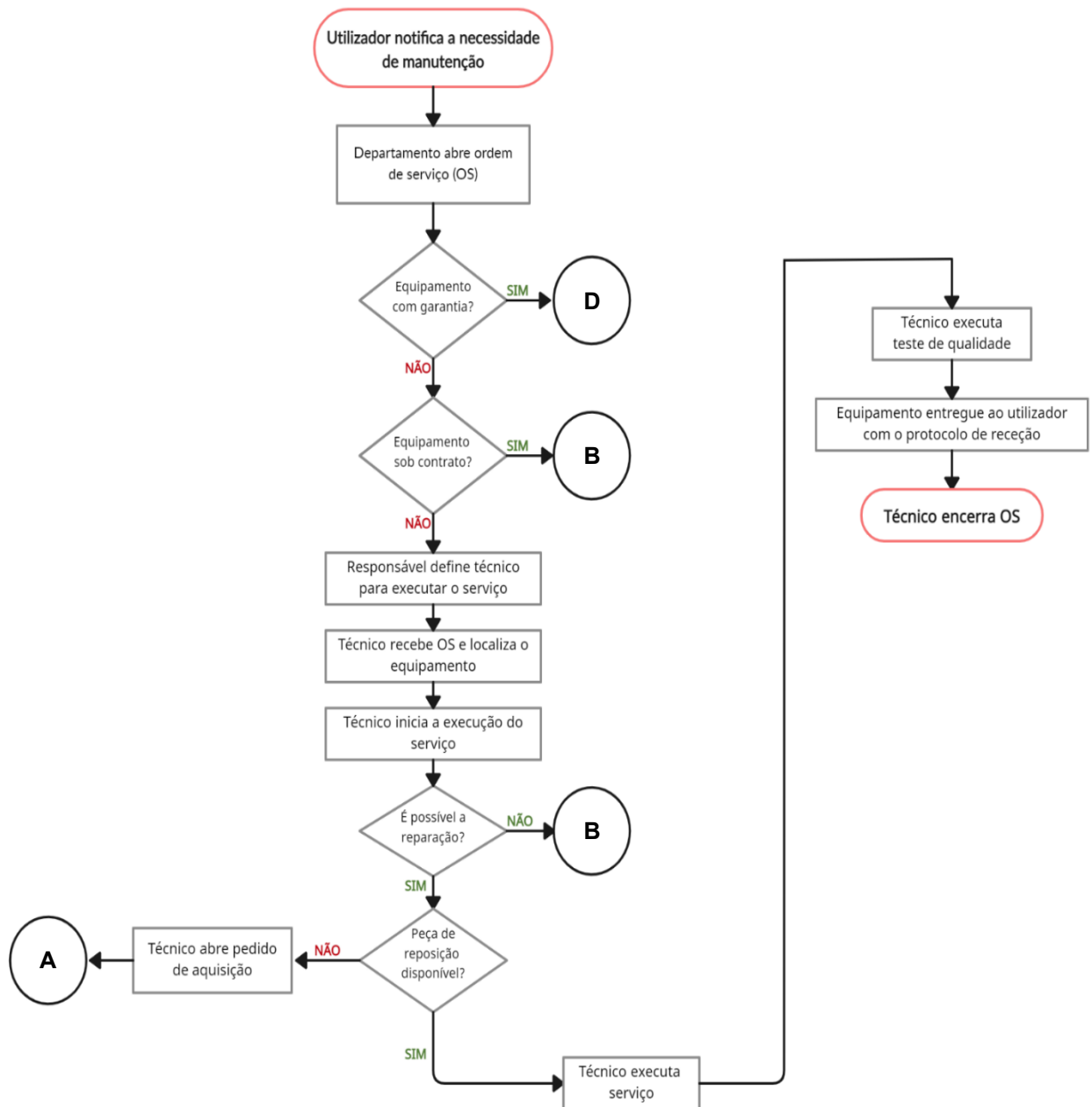
Zhang, F., & O'Donnell, L. J. (2019). Support vector regression. In *Machine Learning: Methods and Applications to Brain Disorders* (pp. 123–140). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815739-8.00007-9>

# Anexos

## Organograma



Anexo I.1. Cronograma da Instituição SUCH (SUCH, 2018f).



**Anexo I.2.** Fluxograma da sequência de processos para a realização de uma manutenção corretiva a um equipamento hospitalar. Adaptado de (Saide Jorge Calil & Marilda Solon Teixeira, 1998).

MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS HOSPITALARES  
SEGURANÇA E CONTROLO TÉCNICO · ENERGIA E PROJETOS E OBRAS

TRABALHOS REALIZADOS:

LISBOA  PORTO  COIMBRA

MANUTENÇÃO: PREVENTIVA  CURATIVA

CRESP: \_\_\_\_\_ OM: \_\_\_\_\_ Nº CONTRATO: \_\_\_\_\_ Nº PEDIDO: \_\_\_\_\_

CLIENTE/INSTITUIÇÃO: \_\_\_\_\_ SERVIÇO: \_\_\_\_\_

	EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	NR. DE SÉRIE	NR. DE INVENTÁRIO	ESTADO FINAL*
a)						
b)						
c)						
d)						
e)						
f)						
g)						

\* 1. Passou na inspeção; 2. Passou na inspeção com observações; 3. Não usar (necessita de intervenção técnica); 4. Ver observações.

RELATÓRIO: DESCRIÇÃO DO TRABALHO \_\_\_\_\_ PROCEDIMENTO ESPECÍFICO EM ANEXO

OBSERVAÇÕES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

MATERIAL APLICADO				TEMPO DE EXECUÇÃO			
EQUIP.	DESIGNAÇÃO	QUANT	FORNECIDO PELO CLIENTE?	DATA	Nº FUNC.	H INIC.	H. FIM

DATA: ____/____/____	TÉCNICO  (Assinatura) / N.º Mec.	PELO CLIENTE/INSTITUIÇÃO	
		Serviço  (Assinatura) / N.º Mec.	SIE/Aprovisionamento  (Assinatura) / N.º Mec.

LISBOA - Parque da Saúde de Lisboa, Av. Do Brasil, 53 - Pavilhão 33 A 1749-003 LISBOA Tel: 217 923 400 manutencao.drs@such.pt  
 PORTO - Rua Eng. Ferreira Dias, 370, 1.ª 4100-246 PORTO Tel: 228 341 700 (Chamada para Rede Fixa Nacional) manutencao.norte@such.pt  
 COIMBRA - Rua dos Ratinhos - Trouxemil 3025-258 COIMBRA Tel: 239 798 600 (Chamada para Rede Fixa Nacional) manutencao.drc@such.pt  
 www.such.pt



Anexo I.3. Folha de Registo da Manutenção.

CLIENTE \_\_\_\_\_ C.CUSTO \_\_\_\_\_  
SERVIÇO \_\_\_\_\_ O.M. \_\_\_\_\_

## APARELHO DE CORRENTES

Nº	MARCA	MODELO	Nº DE SERIE	Nº DE INVENTARIO
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

## TESTES QUALITATIVOS

Nº.	DESCRIÇÃO	1	2	3	4	5	6
1	Inspeção visual das proteções e integridade mecânica do equipamento						
2	Verificação do estado de conservação do cabo e fichas de alimentação, dos						
3	Verificação do correcto funcionamento dos circuitos de comando, sinalizadores						
4	Verificação funcional sistema de vácuo (*)						
5	Verificação de inversão de polaridade (*)						
7	Verificação funcionamento de ventoinha de arrefecimento (*)						
8	Verificação funcional de outros acoplamentos (sistemas combinados) (*)						
9	Testes funcionais em todos os modos de funcionamento						

(\*) Se aplicável

## TESTES QUANTITATIVOS

Nº.	DESCRIÇÃO	1	2	3	4	5	6
1	Medição da continuidade da linha terra						
2	Medição das correntes de fuga						
3	Medição dos níveis de potência de saída						
4	Medição de frequências de saída						

Testes segundo ficha de manutenção \_\_\_\_\_

DMM \_\_\_\_\_

## OBSERVAÇÕES

DATA \_\_\_\_\_

O TÉCNICO \_\_\_\_\_

ENTIDADE	_____
SERVIÇO	_____

APARELHOS DE ELECTROCIRURGIA

MARCA	_____	MODELO	_____	Nº DE SÉRIE	_____
EMM	_____			Nº DE INVENTÁRIO	_____

MEDIDAS DE POTÊNCIA

MONOPOLAR CARGA  Ω

CORTE

POTÊNCIA AJUSTADA  
 POTÊNCIA MEDIDA  
 POTÊNCIA MEDIDA  
 POTÊNCIA MEDIDA


COAGULAÇÃO

POTÊNCIA AJUSTADA  
 POTÊNCIA MEDIDA  
 POTÊNCIA MEDIDA  
 POTÊNCIA MEDIDA  
 POTÊNCIA MEDIDA


BIPOLAR CARGA  Ω

CORTE

POTÊNCIA AJUSTADA  
 POTÊNCIA MEDIDA


COAGULAÇÃO

POTÊNCIA AJUSTADA  
 POTÊNCIA MEDIDA


TESTE DE CORRENTE DE FUGA EM ALTA FREQUÊNCIA  
 COM ELECTRODO NEUTRO REFERENCIADO À TERRA

MONOPOLAR

CARGA  Ω

CORTE COAGULAÇÃO

<input type="text"/>	<input type="text"/>	(Max. 200 mA)
----------------------	----------------------	---------------

O TÉCNICO \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_\_

Anexo I.5. Documento de Manutenção de Aparelhos de Eletrocirurgia.

```

#Importar as bibliotecas necessárias
import pandas as pd
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
from datetime import datetime
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
import numpy as np

#Função para calcular o MAPE
def mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred):
    y_true, y_pred = np.array(y_true), np.array(y_pred)
    # Evitar a divisão por zero
    mask = y_true != 0
    return np.mean(np.abs((y_true[mask] - y_pred[mask]) / y_true[mask])) * 100

#Carregar Dados
df = pd.read_excel('DadosA.xlsx')

#Pré-processamento dos dados
df['Data'] = df.apply(lambda row: datetime(row['Ano'], row['Mes'], row['Dia']), axis=1)
df = df[['Data', 'Tipo de Material', 'Quantidade']]
material_filtrado = df[df['Tipo de Material'] == 'Braçadeira Adulto']

#Verificar se há dados suficientes para a previsão
if len(material_filtrado) < 12:
    print("Número insuficiente de dados para a previsão.")
else:
    #Ordenar os dados pela data
    material_filtrado = material_filtrado.sort_values(by='Data')
    material_filtrado.set_index('Data', inplace=True)

    #Agrupar os dados por Mês e somar as quantidades
    material_filtrado = material_filtrado.resample('M').sum()

    #Dividir os dados em treino (80%) e teste (20%)
    train_size = int(len(material_filtrado) * 0.8)
    train_data, test_data = material_filtrado.iloc[:train_size], material_filtrado.iloc[train_size:]

    #Criar o modelo ARIMA
    order = (5, 2, 5) # Parâmetros para o ARIMA
    model = ARIMA(train_data['Quantidade'], order=order)

    #Ajustar o modelo aos dados treino
    model_fit = model.fit()

    # Fazer previsões para os próximos 48 meses (janeiro de 2023 a dezembro de 2026)
    forecast = model_fit.forecast(steps=len(test_data) + 48)

    #Calcular as Métricas de Avaliação nos dados de teste
    y_true = test_data['Quantidade']
    y_pred_test = pd.Series(forecast[:len(test_data)], index=test_data.index)

    mae_test = mean_absolute_error(y_true, y_pred_test)
    mse_test = mean_squared_error(y_true, y_pred_test)
    rmse_test = np.sqrt(mse_test) # Adicionado o cálculo do RMSE
    mape_test = mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred_test) # Adicionado o cálculo do MAPE

    #Calcular as Métricas de Avaliação para o período desejado
    y_pred_desired = pd.Series(forecast[len(test_data):], index=pd.date_range(start='2023-01-01',
                                                                              periods=48, freq='M', closed='right'))

    #Criar o DataFrame para as métricas finais
    metricas_df = pd.DataFrame({
        'MAE_Test': [mae_test],
        'MSE_Test': [mse_test],
        'RMSE_Test': [rmse_test],
        'MAPE_Test': [mape_test],
    })

    #Guardar as previsões e as métricas finais no arquivo Excel
    previsoes_df = pd.DataFrame({'Data': pd.date_range(start='2023-01-01', end='2027-01-01', freq='M', closed='right'),
                                'Quantidade_Prevista': y_pred_desired.round(0).astype(int)})
    resultado_df = pd.concat([previsoes_df, metricas_df], axis=1)
    resultado_df.to_excel('TESTE_ARIMA_A.xlsx', index=False)

```

**Anexo I.6. Código Python da realização da previsão de stock do material "Braçadeira Adulto" para o Cliente A, utilizando o método ARIMA.**

```

#Importar as bibliotecas necessárias
import pandas as pd
from statsmodels.tsa.holtwinters import ExponentialSmoothing
from datetime import datetime
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
import numpy as np

#Função para calcular o MAPE
def mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred):
    y_true, y_pred = np.array(y_true), np.array(y_pred)
    #Evitar a divisão por zero
    mask = y_true != 0
    return np.mean(np.abs((y_true[mask] - y_pred[mask]) / y_true[mask])) * 100

#Carregar os Dados
df = pd.read_excel('DadosA.xlsx')

#Pré-processamento dos dados
df['Data'] = df.apply(lambda row: datetime(row['Ano'], row['Mes'], row['Dia']), axis=1)
df = df[['Data', 'Tipo de Material', 'Quantidade']]
material_filtrado = df[df['Tipo de Material'] == 'Braçadeira Adulto']

#Verificar se há dados suficientes para a previsão
if len(material_filtrado) < 12:
    print("Número insuficiente de dados para a previsão.")
else:
    #Ordenar os dados pela data
    material_filtrado = material_filtrado.sort_values(by='Data')
    material_filtrado.set_index('Data', inplace=True)

    #Agrupar os dados por mês e somar as quantidades
    material_filtrado = material_filtrado.resample('M').sum()

    #Dividir os dados em treino (80%) e teste (20%)
    train_size = int(len(material_filtrado) * 0.8)
    train_data, test_data = material_filtrado.iloc[:train_size], material_filtrado.iloc[train_size:]

    #Criar o modelo de Holt-Winters
    model_hw = ExponentialSmoothing(train_data['Quantidade'], trend='add', seasonal='add', seasonal_periods=12)

    #Ajustar o modelo aos dados de treino
    model_hw_fit = model_hw.fit()

    #Fazer as previsões para os próximos 48 meses (janeiro 2023 a dezembro de 2026)
    forecast_hw = model_hw_fit.forecast(steps=48)

    #Calcular as Métricas de Avaliação
    y_true = material_filtrado['Quantidade']
    y_pred = model_hw_fit.fittedvalues.append(forecast_hw)

    mae = mean_absolute_error(y_true, y_pred[:len(y_true)])
    mse = mean_squared_error(y_true, y_pred[:len(y_true)])
    rmse = np.sqrt(mse) #Adicionado o cálculo do RMSE
    mape = mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred[:len(y_true)]) #Adicionado o cálculo do MAPE

    #Criar o DataFrame para as métricas finais
    metricas_df = pd.DataFrame({
        'MAE': [mae],
        'MSE': [mse],
        'RMSE': [rmse],
        'MAPE': [mape],
    })

    #Guardar as previsões no ficheiro Excel
    previsoes_df = pd.DataFrame({'Data': pd.date_range(start='2023-01-01', end='2027-01-01', freq='M', closed='right'),
        'Quantidade': forecast_hw.round(0).astype(int)})

    resultado_df = pd.concat([previsoes_df, metricas_df], axis=1)
    resultado_df.to_excel('TESTE_HoltWinters_A.xlsx', index=False)

```

**Anexo I.7. Código Python da realização da previsão de stock do material "Braçadeira Adulto" para o Cliente A, utilizando o método Holt-Winters.**

```

#Importar as bibliotecas necessárias
import pandas as pd
from statsmodels.tsa.statespace.sarimax import SARIMAX
from datetime import datetime
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
import numpy as np

#Função para calcular o MAPE
def mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred):
    y_true, y_pred = np.array(y_true), np.array(y_pred)
    #Evitar a divisão por zero
    mask = y_true != 0
    return np.mean(np.abs((y_true[mask] - y_pred[mask]) / y_true[mask])) * 100

#Carregar os Dados
df = pd.read_excel('DadosA.xlsx')

#Pré-processamento dos dados
df['Data'] = df.apply(lambda row: datetime(row['Ano'], row['Mes'], row['Dia']), axis=1)
df = df[['Data', 'Tipo de Material', 'Quantidade']]
material_filtrado = df[df['Tipo de Material'] == 'Braçadeira Adulto']

#Verificar se há dados suficientes para a previsão
if len(material_filtrado) < 12:
    print("Número insuficiente de dados para a previsão.")
else:
    #Ordenar os dados pela data
    material_filtrado = material_filtrado.sort_values(by='Data')
    material_filtrado.set_index('Data', inplace=True)

    #Agrupar os dados por mês e somar as quantidades
    material_filtrado = material_filtrado.resample('M').sum()

    #Dividir os dados em treino (80%) e teste (20%)
    train_size = int(len(material_filtrado) * 0.8)
    train_data, test_data = material_filtrado.iloc[:train_size], material_filtrado.iloc[train_size:]

    #Criar o modelo SARIMA
    order = (1, 1, 1) # Parâmetros para a parte ARIMA
    seasonal_order = (1, 1, 1, 12) # Parâmetros para a parte sazonal
    model_sarima = SARIMAX(train_data['Quantidade'], order=order, seasonal_order=seasonal_order)

    #Ajustar o modelo aos dados de treino
    model_sarima_fit = model_sarima.fit()

    #Fazer as previsões para os próximos 48 meses (janeiro 2023 a dezembro de 2026)
    forecast_sarima = model_sarima_fit.get_forecast(steps=48)

    #Calcular as Métricas de Avaliação
    y_true = material_filtrado['Quantidade']
    y_pred = model_sarima_fit.fittedvalues.append(forecast_sarima.predicted_mean)

    mae = mean_absolute_error(y_true, y_pred[:len(y_true)])
    mse = mean_squared_error(y_true, y_pred[:len(y_true)])
    rmse = np.sqrt(mse) #Adicionado o cálculo do RMSE
    mape = mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred[:len(y_true)]) #Adicionado o cálculo do MAPE

    #Criar o DataFrame para as métricas finais
    metricas_df = pd.DataFrame({
        'MAE': [mae],
        'MSE': [mse],
        'RMSE': [rmse],
        'MAPE': [mape],
    })

    #Guardar as previsões no ficheiro Excel
    previsoes_df = pd.DataFrame({'Data': pd.date_range(start='2023-01-01', end='2027-01-01', freq='M', closed='right'),
        'Quantidade': forecast_sarima.predicted_mean.round(0).astype(int)})

    resultado_df = pd.concat([previsoes_df, metricas_df], axis=1)
    resultado_df.to_excel('TESTE_SARIMA_A.xlsx', index=False)

```

**Anexo I.8. Código Python da realização da previsão de stock do material "Braçadeira Adulto" para o Cliente A, utilizando o método SARIMA.**

```

#Importar as bibliotecas necessárias
import pandas as pd
from datetime import datetime
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
import numpy as np
from sklearn.svm import SVR
from sklearn.model_selection import train_test_split

#Função para calcular o MAPE
def mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred):
    y_true, y_pred = np.array(y_true), np.array(y_pred)
    #Evitar a divisão por zero
    mask = y_true != 0
    return np.mean(np.abs((y_true[mask] - y_pred[mask]) / y_true[mask])) * 100 if np.any(mask) else 0

#Carregar os Dados
df = pd.read_excel('DadosA.xlsx')

#Pré-processamento dos dados
df['Data'] = df.apply(lambda row: datetime(row['Ano'], row['Mes'], row['Dia']), axis=1)
df = df[['Data', 'Tipo de Material', 'Quantidade']]
material_filtrado = df[df['Tipo de Material'] == 'Braçadeira Adulto']

#Verificar se há dados suficientes para a previsão
if len(material_filtrado) < 12:
    print("Número insuficiente de dados para a previsão.")
else:
    #Ordenar os dados pela data
    material_filtrado = material_filtrado.sort_values(by='Data')
    material_filtrado.set_index('Data', inplace=True)

    #Agrupar os dados por mês e somar as quantidades
    material_filtrado = material_filtrado.resample('M').sum()

    #Dividir os dados em conjuntos de treino (80%) e teste (20%)
    X = np.arange(len(material_filtrado)).reshape(-1, 1)
    y = material_filtrado['Quantidade'].values
    X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

    #Treinar o modelo SVR
    model = SVR(kernel='rbf', C=100, gamma=0.1, epsilon=.1)
    model.fit(X_train, y_train)

    #Fazer previsões
    y_pred = model.predict(X)

    #Substituir os valores negativos por zero
    y_pred = np.where(y_pred < 0, 0, y_pred)

    #Calcular as Métricas de Avaliação
    mae = mean_absolute_error(y, y_pred)
    mse = mean_squared_error(y, y_pred)
    rmse = np.sqrt(mse)
    mape = mean_absolute_percentage_error(y, y_pred)

    metricas_df = pd.DataFrame({
        'MAE': [mae],
        'MSE': [mse],
        'RMSE': [rmse],
        'MAPE': [mape],
    })

    #Guardar as previsões e as métricas finais no ficheiro Excel
    previsoes_df = pd.DataFrame({'Data': pd.date_range(start='2023-01-01', end='2027-01-01', freq='M', closed='right'),
        'Quantidade': y_pred.round(0).astype(int)})
    resultado_df = pd.concat([previsoes_df, metricas_df], axis=1)
    resultado_df.to_excel('TESTE_SVR_A.xlsx', index=False)

```

**Anexo I.9. Código Python da realização da previsão de stock do material "Braçadeira Adulto" para o Cliente A, utilizando o método SVR.**

```

#Importar as bibliotecas necessárias
import pandas as pd
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
from datetime import datetime
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
import numpy as np

#Função para calcular o MAPE
def mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred):
    y_true, y_pred = np.array(y_true), np.array(y_pred)
    # Evitar a divisão por zero
    mask = y_true != 0
    return np.mean(np.abs((y_true[mask] - y_pred[mask]) / y_true[mask])) * 100

#Carregar Dados
df = pd.read_excel('DadosB.xlsx')

#Pré-processamento dos dados
df['Data'] = df.apply(lambda row: datetime(row['Ano'], row['Mes'], row['Dia']), axis=1)
df = df[['Data', 'Tipo de Material', 'Quantidade']]
material_filtrado = df[df['Tipo de Material'] == 'Sensor O2']

#Verificar se há dados suficientes para a previsão
if len(material_filtrado) < 12:
    print("Número insuficiente de dados para a previsão.")
else:
    #Ordenar os dados pela data
    material_filtrado = material_filtrado.sort_values(by='Data')
    material_filtrado.set_index('Data', inplace=True)

    #Agrupar os dados por Mês e somar as quantidades
    material_filtrado = material_filtrado.resample('M').sum()

    #Dividir os dados em treino (80%) e teste (20%)
    train_size = int(len(material_filtrado) * 0.8)
    train_data, test_data = material_filtrado.iloc[:train_size], material_filtrado.iloc[train_size:]

    #Criar o modelo ARIMA
    order = (5, 2, 5) # Parâmetros para o ARIMA
    model = ARIMA(train_data['Quantidade'], order=order)

    #Ajustar o modelo aos dados treino
    model_fit = model.fit()

    # Fazer previsões para os próximos 48 meses (janeiro de 2023 a dezembro de 2026)
    forecast = model_fit.forecast(steps=len(test_data) + 48)

    #Calcular as Métricas de Avaliação nos dados de teste
    y_true = test_data['Quantidade']
    y_pred_test = pd.Series(forecast[:len(test_data)], index=test_data.index)

    mae_test = mean_absolute_error(y_true, y_pred_test)
    mse_test = mean_squared_error(y_true, y_pred_test)
    rmse_test = np.sqrt(mse_test) # Adicionado o cálculo do RMSE
    mape_test = mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred_test) # Adicionado o cálculo do MAPE

    #Calcular as Métricas de Avaliação para o período desejado
    y_pred_desired = pd.Series(forecast[len(test_data):], index=pd.date_range(start='2023-01-01',
                                                                              periods=48, freq='M', closed='right'))

    #Criar o DataFrame para as métricas finais
    metricas_df = pd.DataFrame({
        'MAE_Test': [mae_test],
        'MSE_Test': [mse_test],
        'RMSE_Test': [rmse_test],
        'MAPE_Test': [mape_test],
    })

    #Guardar as previsões e as métricas finais no arquivo Excel
    previsoes_df = pd.DataFrame({'Data': pd.date_range(start='2023-01-01', end='2027-01-01', freq='M', closed='right'),
                                'Quantidade_Prevista': y_pred_desired.round(0).astype(int)})
    resultado_df = pd.concat([previsoes_df, metricas_df], axis=1)
    resultado_df.to_excel('TESTE_ARIMA_B.xlsx', index=False)

```

**Anexo I.10.** Código Python da realização da previsão de stock do material "Sensor O<sub>2</sub>" para o Cliente B, utilizando o método ARIMA.

```

#Importar as bibliotecas necessárias
import pandas as pd
from statsmodels.tsa.holtwinters import ExponentialSmoothing
from datetime import datetime
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
import numpy as np

#Função para calcular o MAPE
def mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred):
    y_true, y_pred = np.array(y_true), np.array(y_pred)
    #Evitar a divisão por zero
    mask = y_true != 0
    return np.mean(np.abs((y_true[mask] - y_pred[mask]) / y_true[mask])) * 100

#Carregar os Dados
df = pd.read_excel('DadosB.xlsx')

#Pré-processamento dos dados
df['Data'] = df.apply(lambda row: datetime(row['Ano'], row['Mes'], row['Dia']), axis=1)
df = df[['Data', 'Tipo de Material', 'Quantidade']]
material_filtrado = df[df['Tipo de Material'] == 'Sensor O2']

#Verificar se há dados suficientes para a previsão
if len(material_filtrado) < 12:
    print("Número insuficiente de dados para a previsão.")
else:
    #Ordenar os dados pela data
    material_filtrado = material_filtrado.sort_values(by='Data')
    material_filtrado.set_index('Data', inplace=True)

    #Agrupar os dados por mês e somar as quantidades
    material_filtrado = material_filtrado.resample('M').sum()

    #Dividir os dados em treino (80%) e teste (20%)
    train_size = int(len(material_filtrado) * 0.8)
    train_data, test_data = material_filtrado.iloc[:train_size], material_filtrado.iloc[train_size:]

    #Criar o modelo de Holt-Winters
    model_hw = ExponentialSmoothing(train_data['Quantidade'], trend='add', seasonal='add', seasonal_periods=12)

    #Ajustar o modelo aos dados de treino
    model_hw_fit = model_hw.fit()

    #Fazer as previsões para os próximos 48 meses (janeiro 2023 a dezembro de 2026)
    forecast_hw = model_hw_fit.forecast(steps=48)

    #Calcular as Métricas de Avaliação
    y_true = material_filtrado['Quantidade']
    y_pred = model_hw_fit.fittedvalues.append(forecast_hw)

    mae = mean_absolute_error(y_true, y_pred[:len(y_true)])
    mse = mean_squared_error(y_true, y_pred[:len(y_true)])
    rmse = np.sqrt(mse) #Adicionado o cálculo do RMSE
    mape = mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred[:len(y_true)]) #Adicionado o cálculo do MAPE

    #Criar o DataFrame para as métricas finais
    metricas_df = pd.DataFrame({
        'MAE': [mae],
        'MSE': [mse],
        'RMSE': [rmse],
        'MAPE': [mape],
    })

    #Guardar as previsões no ficheiro Excel
    previsoes_df = pd.DataFrame({'Data': pd.date_range(start='2023-01-01', end='2027-01-01', freq='M', closed='right'),
        'Quantidade': forecast_hw.round(0).astype(int)})

    resultado_df = pd.concat([previsoes_df, metricas_df], axis=1)
    resultado_df.to_excel('TESTE_HoltWinters_B.xlsx', index=False)

```

**Anexo I.11.** Código Python da realização da previsão de stock do material "Sensor O<sub>2</sub>" para o Cliente B, utilizando o método Holt-Winters.

```

#Importar as bibliotecas necessárias
import pandas as pd
from statsmodels.tsa.statespace.sarimax import SARIMAX
from datetime import datetime
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
import numpy as np

#Função para calcular o MAPE
def mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred):
    y_true, y_pred = np.array(y_true), np.array(y_pred)
    #Evitar a divisão por zero
    mask = y_true != 0
    return np.mean(np.abs((y_true[mask] - y_pred[mask]) / y_true[mask])) * 100

#Carregar os Dados
df = pd.read_excel('DadosB.xlsx')

#Pré-processamento dos dados
df['Data'] = df.apply(lambda row: datetime(row['Ano'], row['Mes'], row['Dia']), axis=1)
df = df[['Data', 'Tipo de Material', 'Quantidade']]
material_filtrado = df[df['Tipo de Material'] == 'Sensor O2']

#Verificar se há dados suficientes para a previsão
if len(material_filtrado) < 12:
    print("Número insuficiente de dados para a previsão.")
else:
    #Ordenar os dados pela data
    material_filtrado = material_filtrado.sort_values(by='Data')
    material_filtrado.set_index('Data', inplace=True)

    #Agrupar os dados por mês e somar as quantidades
    material_filtrado = material_filtrado.resample('M').sum()

    #Dividir os dados em treino (80%) e teste (20%)
    train_size = int(len(material_filtrado) * 0.8)
    train_data, test_data = material_filtrado.iloc[:train_size], material_filtrado.iloc[train_size:]

    #Criar o modelo SARIMA
    order = (1, 1, 1) # Parâmetros para a parte ARIMA
    seasonal_order = (1, 1, 1, 12) # Parâmetros para a parte sazonal
    model_sarima = SARIMAX(train_data['Quantidade'], order=order, seasonal_order=seasonal_order)

    #Ajustar o modelo aos dados de treino
    model_sarima_fit = model_sarima.fit()

    #Fazer as previsões para os próximos 48 meses (janeiro 2023 a dezembro de 2026)
    forecast_sarima = model_sarima_fit.get_forecast(steps=48)

    #Calcular as Métricas de Avaliação
    y_true = material_filtrado['Quantidade']
    y_pred = model_sarima_fit.fittedvalues.append(forecast_sarima.predicted_mean)

    mae = mean_absolute_error(y_true, y_pred[:len(y_true)])
    mse = mean_squared_error(y_true, y_pred[:len(y_true)])
    rmse = np.sqrt(mse) #Adicionado o cálculo do RMSE
    mape = mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred[:len(y_true)]) #Adicionado o cálculo do MAPE

    #Criar o DataFrame para as métricas finais
    metricas_df = pd.DataFrame({
        'MAE': [mae],
        'MSE': [mse],
        'RMSE': [rmse],
        'MAPE': [mape],
    })

    #Guardar as previsões no ficheiro Excel
    previsoes_df = pd.DataFrame({'Data': pd.date_range(start='2023-01-01', end='2027-01-01', freq='M', closed='right'),
        'Quantidade': forecast_sarima.predicted_mean.round(0).astype(int)})

    resultado_df = pd.concat([previsoes_df, metricas_df], axis=1)
    resultado_df.to_excel('TESTE_SARIMA_B.xlsx', index=False)

```

**Anexo I.12.** Código Python da realização da previsão de stock do material "Sensor O<sub>2</sub>" para o Cliente B, utilizando o método SARIMA.

```

#Importar as bibliotecas necessárias
import pandas as pd
from datetime import datetime
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
import numpy as np
from sklearn.svm import SVR
from sklearn.model_selection import train_test_split

#Função para calcular o MAPE
def mean_absolute_percentage_error(y_true, y_pred):
    y_true, y_pred = np.array(y_true), np.array(y_pred)
    #Evitar a divisão por zero
    mask = y_true != 0
    return np.mean(np.abs((y_true[mask] - y_pred[mask]) / y_true[mask])) * 100 if np.any(mask) else 0

#Carregar os Dados
df = pd.read_excel('DadosB.xlsx')

#Pré-processamento dos dados
df['Data'] = df.apply(lambda row: datetime(row['Ano'], row['Mes'], row['Dia']), axis=1)
df = df[['Data', 'Tipo de Material', 'Quantidade']]
material_filtrado = df[df['Tipo de Material'] == 'Sensor O2']

#Verificar se há dados suficientes para a previsão
if len(material_filtrado) < 12:
    print("Número insuficiente de dados para a previsão.")
else:
    #Ordenar os dados pela data
    material_filtrado = material_filtrado.sort_values(by='Data')
    material_filtrado.set_index('Data', inplace=True)

    #Agrupar os dados por mês e somar as quantidades
    material_filtrado = material_filtrado.resample('M').sum()

    #Dividir os dados em conjuntos de treino (80%) e teste (20%)
    X = np.arange(len(material_filtrado)).reshape(-1, 1)
    y = material_filtrado['Quantidade'].values
    X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

    #Treinar o modelo SVR
    model = SVR(kernel='rbf', C=100, gamma=0.1, epsilon=1)
    model.fit(X_train, y_train)

    #Fazer previsões
    y_pred = model.predict(X)

    #Substituir os valores negativos por zero
    y_pred = np.where(y_pred < 0, 0, y_pred)

    #Calcular as Métricas de Avaliação
    mae = mean_absolute_error(y, y_pred)
    mse = mean_squared_error(y, y_pred)
    rmse = np.sqrt(mse)
    mape = mean_absolute_percentage_error(y, y_pred)

    métricas_df = pd.DataFrame({
        'MAE': [mae],
        'MSE': [mse],
        'RMSE': [rmse],
        'MAPE': [mape],
    })

    #Guardar as previsões e as métricas finais no ficheiro Excel
    previsoes_df = pd.DataFrame({'Data': pd.date_range(start='2023-01-01', end='2027-01-01', freq='M', closed='right'),
        'Quantidade': y_pred.round(0).astype(int)})
    resultado_df = pd.concat([previsoes_df, métricas_df], axis=1)
    resultado_df.to_excel('TESTE_SVR_B.xlsx', index=False)

```

**Anexo I.13.** Código Python da realização da previsão de stock do material "Sensor O<sub>2</sub>" para o **Cliente B**, utilizando o método SVR.

**Anexo I.14.** Previsão da quantidade de "Braçadeiras de Adulto" no **Ciente A**, através da aplicação dos modelos de previsão ARIMA, Holt-Winters, SARIMA e SVR entre janeiro de 2023 e dezembro de 2026.

	2023				2024				2025				2026			
	ARIMA	Holt Winters	SARIMA	SVR	ARIMA	Holt Winters	SARIMA	SVR	ARIMA	Holt Winters	SARIMA	SVR	ARIMA	Holt Winters	SARIMA	SVR
Janeiro	32	20	21	2	45	24	49	6	56	27	78	0	59	31	108	7
Fevereiro	42	24	34	3	44	28	62	4	53	32	91	1	64	35	121	3
Março	38	59	21	8	50	63	43	4	51	66	66	4	57	70	91	11
Abril	36	28	29	14	42	31	56	3	54	35	84	5	59	39	113	39
Mai	39	48	23	20	44	52	46	3	48	56	71	3	62	59	98	74
Junho	33	34	43	28	48	38	70	4	57	42	99	1	60	45	129	96
Julho	42	64	33	39	46	68	55	4	57	72	79	3	68	75	104	90
Agosto	43	35	27	51	54	38	53	4	55	42	80	8	62	46	109	65
Setembro	40	47	79	56	47	51	109	4	59	55	139	12	62	58	171	40
Outubro	44	19	30	48	47	23	59	4	52	27	88	14	65	30	119	27
Novembro	37	21	34	31	50	24	63	3	57	28	92	15	62	32	123	22
Dezembro	43	31	73	15	47	35	103	0	60	38	135	13	71	42	167	18

**Anexo I.15.** Previsão da quantidade de "Sensor O<sub>2</sub>" no **Ciente B**, através da aplicação dos modelos de previsão ARIMA, Holt-Winters, SARIMA e SVR entre janeiro de 2023 e dezembro de 2026.

	2023				2024				2025				2026			
	ARIMA	Holt Winters	SARIMA	SVR	ARIMA	Holt Winters	SARIMA	SVR	ARIMA	Holt Winters	SARIMA	SVR	ARIMA	Holt Winters	SARIMA	SVR
Janeiro	26	19	28	4	32	22	31	13	37	26	35	25	42	29	38	3
Fevereiro	20	19	22	2	24	23	26	14	33	26	29	19	43	30	33	2
Março	25	11	9	2	32	15	12	12	35	18	16	10	39	22	19	7
Abril	30	14	10	7	30	18	13	9	33	22	17	6	40	25	20	14
Mai	28	16	12	15	37	19	16	6	42	23	20	9	44	26	23	16
Junho	32	30	24	18	36	33	27	6	39	37	31	15	45	40	34	10
Julho	22	14	6	12	32	17	9	9	42	21	13	16	49	24	16	4
Agosto	28	19	24	3	33	22	28	11	37	26	31	14	43	29	35	5
Setembro	24	17	17	0	28	21	20	12	36	25	24	13	44	28	27	13
Outubro	31	13	17	1	37	16	21	14	39	20	24	14	41	23	28	0
Novembro	34	24	23	6	35	28	26	18	39	31	30	14	45	35	33	0
Dezembro	30	19	22	10	40	23	25	23	46	27	29	9	48	30	32	0