



Mestrado em Instrumentação Biomédica

---

## **Manutenção de equipamentos hospitalares – Estágio na Empresa ATM**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Instrumentação Biomédica

**Autora**

**Ana Raquel Oliveira Calisto Albuquerque**

**Orientadoras**

**Mestre Maria Emília de Oliveira Santos Bigotte de Almeida**

Professora do Departamento Física e Matemática

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Doutora Verónica Maria Marques do Carreiro Silva**

**Vasconcelos**

Professora do Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Supervisor**

**Engenheiro Pedro Serra**

ATM – Manutenção Total

**Coimbra, março, 2020**



*Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina!*

*Cora Coralina*



## **Agradecimentos**

Quero agradecer a todas as pessoas que me ajudaram e contribuíram para a concretização de mais uma etapa da minha vida e que fizeram parte desta minha caminhada.

Ao Instituto Superior de Engenharia de Coimbra e à Empresa ATM Manutenção Total, que graças ao protocolo estabelecido me proporcionaram a realização deste Estágio.

Agradeço às minhas orientadoras, Professora Doutora Verónica Vasconcelos e Professora Emília Bigotte por me terem acompanhado neste percurso, pela orientação prestada e por todas as valências transmitidas.

Agradeço ao meu tutor Engenheiro Pedro Serra por todos os conhecimentos transmitidos e disponibilidade prestada.

A todos os colaboradores da ATM pelo apoio demonstrado, em especial ao Sr. Armando por me ter recebido tão bem e por todos os conhecimentos e ensinamentos profissionais e pessoais que me transmitiu.

À minha colega e amiga Lúcia Santos, que realizou o seu estágio curricular no mesmo local. Agradeço todo o apoio e conselhos dados durante este percurso.

Às minhas amigas e aos meus amigos por terem sempre estado ao meu lado, por me encorajarem e por todo o apoio incansável que me dão.

À minha fantástica equipa de trabalho do Hospital de Braga, Julieta Gomes, Lúcia Sousa, Sérgio Pereira e Núria Moreira por todo o incentivo dado durante este percurso. A eles um muito obrigado.

À minha família, e em especial aos meus pais pela excelente educação que me deram, por todos os valores que me inculcaram e que fizeram de mim uma pessoa melhor, por acreditarem sempre em mim e por estarem incansavelmente ao meu lado em todos os momentos da minha vida.



## Resumo

A manutenção é um processo que tem como objetivo principal salvaguardar o bom e correto funcionamento de qualquer equipamento ou dispositivo, seja ele integrado na área da saúde ou em áreas divergentes.

Numa unidade hospitalar, o engenheiro biomédico pode exercer diferentes funções na área da manutenção, desde a gestão e coordenação de uma equipa de electromedicina e dos processos de manutenção inerentes, até à prática do cargo de técnico de manutenção. O técnico de manutenção tem um papel fundamental na inspeção de um equipamento médico, uma vez que este tem como função avaliar o estado de funcionalidade dos equipamentos e corrigir anomalias que surjam com a utilização e desgaste dos mesmos.

O objetivo principal deste estágio, consistiu na aquisição de conhecimentos teóricos e práticos, sobre manutenção preventiva e corretiva de equipamentos médicos hospitalares. A integração na equipa móvel, permitiu o conhecimento de diferentes realidades na zona norte do país. A permanência constante, junto de um técnico superior, foi um fator determinante, no processo de aprendizagem que, permitiu observar *in loco*, algumas das adversidades da manutenção de equipamentos.

Os conceitos adquiridos na fase inicial do estágio foram relevantes para a integração e adaptação na equipa residente do Hospital CUF Porto. Nesse período foram realizadas manutenções preventivas a uma vasta gama de equipamentos médicos tendo como fonte de referência os procedimentos implementados pela Assistência Total em Manutenção (ATM) e as considerações dos fabricantes, e ainda algumas intervenções corretivas.

**Palavras-Chave:** Unidade Hospitalar; Manutenção; Manutenção Corretiva; Manutenção Preventiva; Equipamento Médico.



## **Abstract**

Maintenance is a process whose main purpose is to save or correct the functioning of any equipment or device, whether it is integrated in healthcare or in other areas.

In a hospital unit, the biomedical engineer can perform different duties in the area of maintenance, from managing and coordinating an electromedical team and the related maintenance processes to practicing as a maintenance technician. The service technician plays a key role in the inspection of medical equipment as it is intended to assess the state of functionality of the equipment and to correct anomalies that arise with the wear and tear of the equipment.

The main purpose of this internship was to acquire theoretical and practical knowledge about preventive and corrective maintenance of hospital medical equipment. The integration in the mobile team, allowed the knowledge of different realities in the northern part of the country. The constant permanence, with a superior technician, was a determining factor in the learning process, which allowed to observe some of the adversities of equipment maintenance.

The concepts acquired in the initial phase of the internship were relevant for the integration and adaptation in the Hospital CUF Porto resident team. During this period, preventive maintenance was performed on a wide range of medical equipment, having as reference source the procedures implemented by the Assistência Total em Manutenção (ATM) and the manufacturers' considerations, as well as some corrective interventions.

**Keywords:** Hospital Unit; Maintenance; Corrective Maintenance; Preventive Maintenance; Medical Equipment.



# ÍNDICE

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. <i>CONTEXTUALIZAÇÃO</i> .....	1
1.2. <i>OBJETIVOS</i> .....	2
1.3. <i>EMPRESA DE ACOLHIMENTO</i> .....	2
1.4. <i>GRUPO JOSÉ DE MELLO</i> .....	3
1.5. <i>HOSPITAL CUF PORTO</i> .....	4
1.6. <i>ESTRUTURA DO RELATÓRIO</i> .....	6
<b>CAPÍTULO 2 – MANUTENÇÃO HOSPITALAR</b> .....	<b>9</b>
2.1. <i>MANUTENÇÃO</i> .....	9
2.1.1. <i>MANUTENÇÃO PREVENTIVA</i> .....	10
2.1.2. <i>MANUTENÇÃO CORRETIVA</i> .....	12
2.2. <i>HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO</i> .....	15
<b>CAPÍTULO 3 – LEGISLAÇÃO E REFERÊNCIAS NORMATIVAS</b> .....	<b>19</b>
3.1. <i>DEFINIÇÃO DE DISPOSITIVO MÉDICO</i> .....	19
3.2. <i>ENQUADRAMENTO NORMATIVO</i> .....	20
3.2.1. <i>NORMA IEC 60601</i> .....	20
3.2.2. <i>NORMA IEC 62353</i> .....	21
3.2.3. <i>DEFINIÇÕES UTILIZADAS NAS NORMAS IEC</i> .....	21
3.3. <i>CLASSIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÉDICOS</i> .....	21
<b>CAPÍTULO 4 – EQUIPAMENTOS DE TESTE</b> .....	<b>25</b>
4.1. <i>ANALISADOR DE SEGURANÇA ELÉTRICA: RIGEL 288+</i> .....	25
4.2. <i>ANALISADOR DE EQUIPAMENTOS DE PERFUSÃO: FLUKE BIOMEDICAL IDA-5</i> .....	26
4.3. <i>SIMULADOR MULTIPARAMÉTRICO: RIGEL UNI-SIM</i> .....	27

---

4.4. ANALISADOR DE DESFIBRILHADORES: BC BIOMEDICAL DA-2006.....	27
4.5. ANALISADOR DE FLUXO DE GÁS: FLUKE VT305 .....	28
4.6. EQUIPAMENTO DE TESTE DE BALANÇAS .....	29
<b>CAPÍTULO 5 – EQUIPAMENTOS DE ELETROMEDICINA.....</b>	<b>31</b>
5.1. BALANÇAS.....	31
5.2. BOMBAS DE PERFUSÃO.....	33
5.2.1. BOMBAS DE PERFUSÃO VOLUMÉTRICAS .....	34
5.2.2. BOMBAS DE PERFUSÃO COM SERINGA.....	35
5.3. DESFIBRILHADORES.....	36
5.4. ESFIGMOMANÓMETRO AUTOMÁTICO .....	40
5.5. MONITOR DE SINAIS VITAIS .....	41
5.6. VENTILADORES.....	45
5.6.1. VENTILADOR DE ANESTESIA .....	45
5.6.2. VENTILADOR DE SUPORTE.....	47
5.6.3. VENTILADOR DE TRANSPORTE .....	47
<b>CAPÍTULO 6 – PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO REALIZADOS NO ESTÁGIO.....</b>	<b>49</b>
6.1. MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	49
6.1.1. BALANÇAS .....	49
6.1.2. DESFIBRILHADORES.....	51
6.1.3. BOMBAS DE PERFUSÃO .....	53
6.1.4. ESFIGMOMANÓMETRO AUTOMÁTICO .....	55
6.1.5. MONITORES DE SINAIS VITAIS.....	57
6.1.6. VENTILADOR DE ANESTESIA .....	60
6.1.7. VENTILADOR DE TRANSPORTE .....	64
6.2. MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	66
6.2.1. VENTILADOR DE ANESTESIA HOSPITAL CUF PORTO.....	67
6.2.2. VENTILADOR DE ANESTESIA CLÍNICA LUSO ESPANHOLA.....	67
<b>CAPÍTULO 7 – ENSAIO DE POLUIÇÃO DE GASES ANESTÉSICOS.....</b>	<b>69</b>
7.1. EQUIPAMENTO DE TESTE ANALISADOR DE AR – MIRAN SAPPHIRE .....	70
7.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	70
<b>CAPÍTULO 8 – CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>

---

---

<i>ANEXO A</i> .....	81
<i>ANEXO B</i> .....	82
<i>ANEXO C</i> .....	83
<i>ANEXO D</i> .....	84
<i>ANEXO E</i> .....	85
<i>ANEXO F</i> .....	86
<i>ANEXO G</i> .....	88
<i>ANEXO H</i> .....	91
<i>ANEXO I</i> .....	92



## Índice de Figuras

Figura 1 - Logotipo da Empresa ATM. ....	3
Figura 2 - História do Grupo José de Mello. ....	3
Figura 3 - Hospital CUF Porto. ....	4
Figura 4 - Instalações da Equipa de Manutenção do Hospital CUF Porto. ....	6
Figura 5 - Tipos de Manutenção. ....	9
Figura 6 - Fluxograma com processo de uma manutenção preventiva. ....	12
Figura 7 - Fluxograma com processo de uma manutenção corretiva. ....	14
Figura 8 - Higiene das mãos. ....	16
Figura 9 - Símbolo de equipamento de Classe I. ....	22
Figura 10 - Símbolo de equipamento de Classe II. ....	22
Figura 11 - Símbolo de equipamento de Classe III. ....	23
Figura 12 - Símbolo de uma parte aplicada do tipo B. ....	23
Figura 13 - Símbolo de uma parte aplicada do tipo BF. ....	24
Figura 14 - Símbolo de uma parte aplicada do tipo CF. ....	24
Figura 15 - Equipamento de Segurança Elétrica, RIGEL 288+ ....	25
Figura 16 - Analisador de Dispositivos de Perfusão: Fluke Biomedical IDA-5 ....	26
Figura 17 - Simulador Multiparamétrico: RIGEL UNI-SIM ....	27
Figura 18 - Analisador de Desfibrilhadores: BC Biomedical DA-2006 ....	28
Figura 19 - Analisador de fluxo de gás: Fluke VT305 ....	28
Figura 20 - Massas calibradas para testar balanças pediátricas. ....	29
Figura 21 - Massas calibradas para testar balanças para crianças, adolescentes e adultos ....	29
Figura 22 - Balança Pediátrica Digital do Hospital CUF Porto. ....	32
Figura 23 - Balança Eletrónica de consultas do Hospital CUF Porto. ....	32
Figura 24 - Balanças de Precisão do Hospital CUF Porto. ....	32
Figura 25 - Exemplos de Bombas de Perfusão Volumétricas. ....	34
Figura 26 - Mecanismo Peristáltico Rotativo. ....	35
Figura 27 - Mecanismo Peristáltico Linear. ....	35
Figura 28 - Exemplo de uma Bomba de Perfusão com Seringa. ....	36

---

Figura 29 - Mecanismo de Perfusão com Seringa.....	36
Figura 30 - Algoritmo de suporte básico de vida.....	37
Figura 31 - Exemplo de um equipamento de desfibrilhação.....	38
Figura 32 - Colocação das pás em adultos e crianças com mais de 25 kg de peso e idade superior a 8 anos.....	38
Figura 33 - Colocação das pás em crianças com menos de 25 kg de peso e idade inferior a 8 anos.....	39
Figura 34 - Forma de Onda Monofásica e trajeto da corrente numa Onda Monofásica.....	39
Figura 35 - Forma de Onda Bifásica e trajeto da corrente numa Onda Bifásica.....	40
Figura 36 - Esfigmomanómetro automático.....	41
Figura 37 - Exemplos de acessórios utilizados nos Monitores de Sinais Vitais.....	42
Figura 38 - Esquema do funcionamento de um sensor de oximetria.....	43
Figura 39 - Registo do Potencial Elétrico em função do tempo.....	44
Figura 40 - Exemplo de um ventilador de anestesia, GE S/5 Avance.....	46
Figura 41 - Exemplos de ventiladores de Suporte, GE Engstrom Pro e Engstrom Carestation.....	47
Figura 42 - Exemplo de um ventilador de transporte, Drager Babylog 2000 Plus.....	48
Figura 43 - Cálculo para determinar o intervalo de tempo definido para o ensaio de débito...55	
Figura 44 - a) Substituição dos vedantes (círculos apresentados a laranja); b) Substituição das válvulas de segurança (círculos apresentados a cheio a azul).....	62
Figura 45 - 1) Vedação da base; 2) Conjunto da Válvula de libertação de pressão.....	62
Figura 46 - Célula de O <sub>2</sub> .....	62
Figura 47 - Baterias do ventilador S/5 Avance.....	63
Figura 48 - a) Filtro geral do ventilador; b) Filtro do CPU.....	63
Figura 49 - a) Filtros internos do módulo E-CAiO; b) Filtro da ventoinha de arrefecimento..	63
Figura 50 - Válvula pertencente ao bloco do paciente.....	64
Figura 51 - Vedantes (círculos pretos) para os encaixes dos vaporizadores.....	64
Figura 52 - Filtro do Monitor.....	65
Figura 53 - Filtro geral do ventilador.....	65
Figura 54 - Filtro de entrada de ar.....	66
Figura 55 - Baterias do ventilador.....	66
Figura 56 - Substituição do botão do monitor, GE Datex-Ohmeda S/5 Avance.....	67

---

Figura 57 –Recolocação da válvula de libertação de pressão ..... 68

Figura 58 - Analisador de ar, Miran SapphIRe ..... 70



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Distribuição dos pisos da estrutura interna do Hospital CUF Porto. ....	5
Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens dos tipos de manutenção.....	15
Tabela 3 - Equipamentos intervencionados durante o Estágio Curricular .....	31
Tabela 4 - Classificação da Pressão Arterial. ....	40
Tabela 5 - Lista de ventiladores de anestesia .....	46
Tabela 6 - Ensaios funcionais a realizar numa balança de adultos.....	50
Tabela 7 - Ensaios funcionais a realizar numa balança pediátrica. ....	50
Tabela 8 - Ensaios funcionais a realizar numa balança de precisão.....	50
Tabela 9 - Lista de Verificações do Desfibrilhador.....	52
Tabela 10 - Lista de Verificações de Dispositivos de Infusão .....	54
Tabela 11 - Lista de Verificações Esfigmomanómetro Automático .....	56
Tabela 12 - Ensaios de Pressão Arterial .....	57
Tabela 13 - Lista de Verificações de Monitor de Sinais Vitais .....	58
Tabela 14 - Ensaios de medição do ritmo cardíaco .....	59
Tabela 15 - Ensaios de medição de SpO2 .....	60
Tabela 16 - Lista de Verificações do Ventilador de Anestesia.....	61
Tabela 17 - Tabela com os valores padrão de gases halogenados e gases anestésicos .....	69
Tabela 18 - Lista de Verificações Adaptada dos Ensaios EGA .....	71
Tabela 19 - Valores Padrão para análise do fluxo de Bombas de Perfusão da B-Braun.....	81
Tabela 20 - Valores Padrão para análise do bolus de Bombas de Perfusão da B-Braun .....	81
Tabela 21 - Valores Padrão para análise da oclusão de Bombas de Perfusão da B-Braun .....	81
Tabela 22 - Exemplo de Ensaios realizados a uma balança de adultos. ....	82
Tabela 23 - Exemplo de Ensaios realizados a uma balança Pediátrica. ....	82
Tabela 24 - Exemplo de Ensaios realizados a uma balança de precisão do serviço de Farmácia. .....	82
Tabela 25 - Dados do desfibrilhador ao qual foi realizada a intervenção de manutenção preventiva. ....	83
Tabela 26 - Ensaios realizados na intervenção de manutenção preventiva do desfibrilhador mencionado na tabela 25. ....	83
Tabela 27 - Ensaios realizados na intervenção de manutenção preventiva do desfibrilhador mencionado na tabela 25. ....	84

---

Tabela 28 - Ensaio realizado para os diferentes modelos de Bombas de Perfusão.....	84
Tabela 29 - Ensaio de Oclusão realizado para os diferentes modelos de Bombas de Perfusão. .....	85
Tabela 30 - Ensaio de Bolus realizado para os diferentes modelos de Bombas de Perfusão. .....	85
Tabela 31 - Dados do Esfigmomanómetro ao qual foi realizada uma intervenção de manutenção preventiva. ....	85
Tabela 32 -Ensaio de Pressão Arterial Não Invasiva realizado para testar o funcionamento de um esfigmomanómetro da tabela 31.....	86
Tabela 33 - Dados do Monitor de Sinais Vitais ao qual foi realizada a intervenção de manutenção preventiva. ....	86
Tabela 34 - Ensaio de ECG realizado ao Monitor de Sinais Vitais apresentado na tabela 33. .....	87
Tabela 35 - Ensaio de SpO2 realizado no Monitor de Sinais Vitais apresentado na tabela 33. .....	87
Tabela 36 - Ensaio de Pressão Não Invasiva realizado ao Monitor de Sinais Vitais apresentado na tabela 33.....	88
Tabela 37 - Verificação do Aparelho - Sistema do ventilador S/5 Avance.....	88
Tabela 38 - Verificação do Aparelho - Circuito do ventilador S/5 Avance .....	89
Tabela 39 - Verificação do Aparelho - Circuito O2 do ventilador S/5 Avance .....	89
Tabela 40 - Calibração de gases do ventilador S/5 Avance .....	90
Tabela 41 - Procedimento de Verificação do Ventilador de Suporte Engstrom Carestation. ..	91
Tabela 42 - Ensaio realizado para a Medição de Gases Anestésicos. ....	92

## **Abreviaturas e Siglas**

**AGSS** – *Anesthetic Gas Scavenging System*

**AP** – Atendimento Permanente

**ATM** – Assistência Total em Manutenção

**AVAC** – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

**bpm** – Batimentos por minuto

**CPU** – *Central Process Unit*

**DAE** – Desfibrilhador Automático Externo

**DM** – Dispositivo Médico

**ECG** – Eletrocardiograma

**EGA** – Exaustão de Gases Anestésicos

**EPI** – Equipamento de Proteção Individual

**FV** – Fibrilhação Ventricular

**GE** – *General Electric*

**IACS** – Infecção Associada aos Cuidados de Saúde

**IEC** – *International Electrotechnical Commission*

**IPQ** – Instituto Português da Qualidade

**ISEC** – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**ISO** – *International Organization for Standardization*

**IV** – InfraVermelho

**MIB** – Mestrado em Instrumentação Biomédica

**MSV** – Monitor de Sinais Vitais

**NIOSH** – *National Institute for Occupational Safety and Health*

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**OT** – Ordem de Trabalho

**PA** – Pressão Arterial

**PANI** – Pressão Arterial Não Invasiva

**PCA** – *Pacient Controlled Analgesia*

**PCR** – Paragem Cardiorrespiratória

**ppb** – Partes por bilhão

**ppm** – Partes por milhão

**SBV** – Suporte Básico de Vida

**SELV** – *Safety Extra-Low Energy*

**SpO<sub>2</sub>** – Saturação de Oxigénio no Sangue Arterial

**UCIP** – Unidade de Cuidados Intensivos Polivalente

**WTO** – *World Trade Organization*

# **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

No primeiro capítulo deste relatório é apresentada uma descrição geral do estágio, onde são discriminados pontos como o enquadramento (Secção 1.1), os principais objetivos do estágio curricular (Secção 1.2) e uma breve apresentação da empresa de acolhimento (Secção 1.3). Este capítulo é finalizado com a apresentação e sucinta descrição da estrutura do relatório (Secção 1.4).

## **1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO**

O presente documento descreve todo o trabalho desenvolvido no decorrer do estágio curricular, realizado no âmbito da Unidade Curricular de Projeto/Estágio do Mestrado em Instrumentação Biomédica (MIB), referente ao ano letivo 2018/2019 e lecionado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) do Instituto Politécnico de Coimbra.

A realização do estágio curricular foi possível graças ao protocolo existente entre a instituição de ensino, o ISEC, e a empresa Assistência Total de Manutenção, S.A. (ATM), presente na área da saúde, inserida na vertente de electromedicina e residente no Hospital CUF Porto (HCP). O estágio foi supervisionado pelo Engenheiro Pedro Serra da empresa ATM e com a orientação da Professora Maria Emília de Oliveira Santos Bigotte de Almeida e Professora Doutora Verónica Maria Marques do Carreiro Silva Vasconcelos, docentes da instituição de ensino ISEC.

O estágio teve início no dia 10 de janeiro de 2019 e foi concluído no dia 17 de julho de 2019. Durante este período, a aluna foi integrada na equipa residente do hospital e acompanhou ainda técnicos da equipa móvel da empresa que prestam serviços em diferentes unidades hospitalares do norte do país.

O estágio realizado foi direcionado para a área de manutenção hospitalar, que permitiu a aquisição de conhecimentos técnicos e práticos relativos aos dispositivos médicos. A integração na equipa residente foi um fator determinante para a compreensão de todo o processo que está inerente às ações de manutenção preventiva e corretiva de uma unidade hospitalar.

## 1.2. OBJETIVOS

O estágio curricular teve vários objetivos delineados, tais como:

- Aquisição de competências técnicas teóricas acerca da estrutura e funcionamento dos equipamentos de eletromedicina;
- Aquisição de conhecimentos inerentes à manutenção hospitalar, nomeadamente a compreensão do papel da manutenção preventiva e corretiva dentro das unidades hospitalares;
- Aquisição de competências práticas relativamente à realização da manutenção preventiva e corretiva de equipamentos de eletromedicina;
- Interpretação e utilização de manuais de serviço, fornecidos pelo fabricante, para proceder à realização de manutenções corretivas;
- Conhecer e ter contacto com diferentes realidades hospitalares e com o mundo de trabalho atual.

## 1.3. EMPRESA DE ACOLHIMENTO

A ATM – Assistência Total em Manutenção SA foi fundada a 18 de março de 1991, tendo sido esta empresa pioneira na prestação de serviços de manutenção industrial em Portugal. Posteriormente, a 17 de fevereiro de 1992 surge o cruzamento com a EFACEC – Serviços de Manutenção e Assistência S.A. [1][2].

Em 2005 com o objetivo de ampliar o negócio da manutenção, a EFACEC realizou um conjunto de operações que envolveram o Grupo José de Mello. Neste ano, a EFACEC adquiriu o controlo exclusivo da ATM – Assistência Total em Manutenção, S.A. (doravante designada por ATM), o controlo exclusivo da atividade de serviços de manutenção em edifícios da Engimais – Engenharia e Consultoria Imobiliária, S.A. (doravante designada por Engimais) e o controlo exclusivo da Brisa – Conservação de Infraestruturas, S.A. (doravante designada por BCI) [2][3].

Em março de 2016, o setor de manutenção, antes integrado no grupo EFACEC, foi autonomizado e está a ser desenvolvido com uma nova identidade ATM – Assistência Total em Manutenção (figura 1) [4][5]. A partir deste marco, o objetivo principal da ATM – Assistência Total em Manutenção é aumentar a dimensão do negócio, recorrendo aos 25 anos de experiência dos seus profissionais no mercado [2][5].



Figura 1 - Logotipo da Empresa ATM.

A ATM é participada equitativamente pelos grupos José de Mello e Têxtil Manuel Gonçalves [5]. Dispõe de 400 profissionais altamente qualificados e apresenta um grande leque de serviços. É uma empresa que opera em variadíssimas áreas e prima pelo seu serviço de excelência. As suas principais áreas de atividade são: manutenção hospitalar, AVAC e climatização, auditorias técnicas, laboratório de ensaios, sistema de gestão, parques eólicos, entre outras [1][6].

#### 1.4. GRUPO JOSÉ DE MELLO

O Grupo José de Mello remonta ao século XIX. A figura 2 apresenta o cronograma da história do Grupo José de Mello [7].

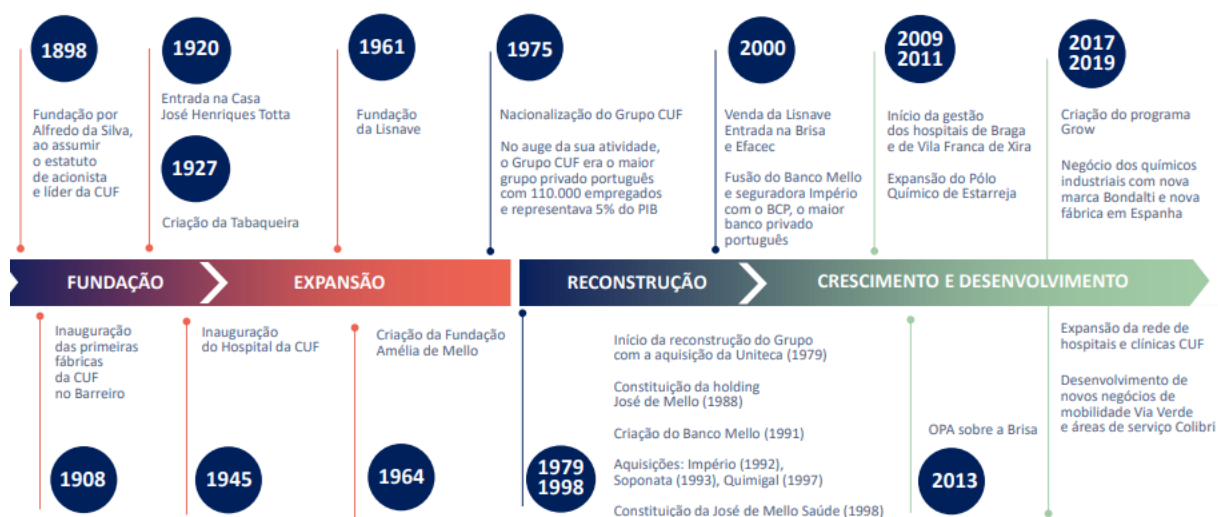


Figura 2 - História do Grupo José de Mello.

Atualmente é um dos maiores grupos empresariais a nível nacional, contando com três plataformas de negócio e líderes no mercado nas áreas de [7][8]:

- Infraestruturas e mobilidade – a Brisa é o maior operador no que diz respeito a gestão e exploração de autoestradas em Portugal;
- Indústria Química – a Bondalti é o maior operador português na área da indústria química, utilizando tecnologia diferenciada e sofisticada;
- Saúde – A José de Mello Saúde teve origem no Hospital CUF, fundado em 1945. Esta prima pelo seu serviço de excelência na prestação de cuidados de saúde, sendo o maior operador no setor privado da saúde.

A José de Mello conta ainda com participações nas áreas de manutenção e parques fotovoltaicos, soluções residenciais, programas de recuperação e reabilitação, produção e comercialização de vinho e uma participação de 50% na ATM [7][9].

### 1.5. HOSPITAL CUF PORTO

O Hospital CUF Porto (figura 3) foi inaugurado em junho de 2010, sendo considerado o maior hospital privado da Zona Norte, com uma vasta oferta de serviços nas mais de 35 especialidades que apresentam [10].



Figura 3 - Hospital CUF Porto.

Este hospital é destacado pela excelência de serviços de maternidade, unidade de cuidados intensivos neonatais, atendimento permanente (AP) de crianças e adultos, e ainda pelo serviço de oncologia. O Hospital dispõe de 154 camas, 8 salas de bloco cirúrgico central, 3 salas operatórias de bloco de partos, uma unidade de cuidados intensivos polivalente (UCIP), uma unidade de cuidados intensivos neonatais, 2 salas de bloco de cirurgia ambulatória e 122 gabinetes de consultas de especialidade, distribuídos pelos seis pisos [10].

Na tabela 1 é apresentada uma descrição geral estrutura interna do Hospital CUF Porto.

Tabela 1 - Distribuição dos pisos da estrutura interna do Hospital CUF Porto.

<b>PISO 6</b>	Zona de restauração, sala de refeições, capela, auditório, biblioteca e duas salas de reuniões.
<b>PISO 5</b>	Internamento de pediatria.
<b>PISO 4</b>	Internamento de adultos.
<b>PISO 3</b>	Internamento de pediatria, consultórios de pediatria e ginecologia, 3 salas de bloco de partos e recobro.
<b>PISO 2</b>	Central de esterilização, hospital de dia, recursos humanos e administração.
<b>PISO 1</b>	Bloco Central (constituído por 8 salas), UCIP e unidade de cuidados intensivos neonatais, hemodinâmica, exames especiais e laboratórios clínicos.
<b>PISO 0</b>	Urgências (Adultos e Pediátricas), análises clínicas e medicina física e reabilitação.
<b>PISO -1</b>	Consultórios médicos, cozinha e central de resíduos.
<b>PISO -2</b>	Área da manutenção, armazém, limpeza, morgue e estacionamento.
<b>PISO -3 a -5</b>	Parque de estacionamento.

Como referido anteriormente, a área de manutenção localiza-se no piso -2. Este espaço é constituído por três gabinetes: um destinado à equipa de eletromedicina (figura 4), outro à equipa de infraestrutura da ATM e um terceiro gabinete pertencente à direção da manutenção.

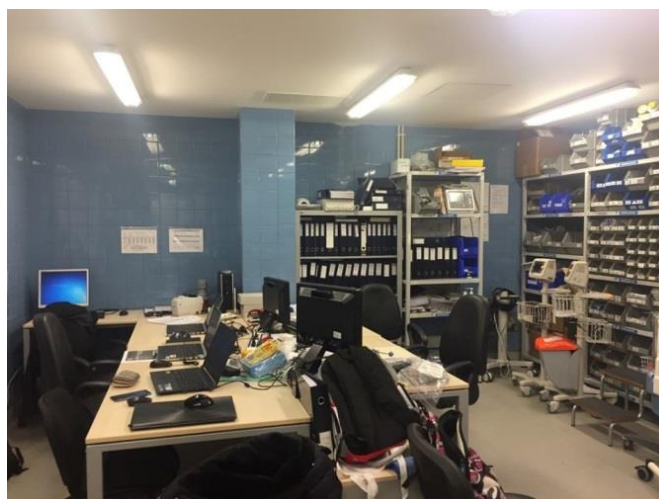


Figura 4 - Instalações da Equipa de Manutenção do Hospital CUF Porto.

É na oficina de manutenção que os técnicos têm acesso ao material e equipamentos necessários para prestarem assistência técnica. Todos os funcionários têm acesso a um *software* de manutenção que lhes permite organizar e estruturar todo o trabalho, consoante as ordens de trabalho (OTs) que lhes estão associadas.

A equipa de manutenção do Hospital CUF Porto é constituída por dois técnicos residentes: a Eng.<sup>a</sup> Anabela Gomes da empresa ATM e o Técnico Albano do Grupo José de Mello, que são os responsáveis por realizar as intervenções de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos médicos, respetivamente, sob a chefia do Eng.º Pedro Serra. A periodicidade dos planos de manutenção varia consoante o tipo e as necessidades do equipamento. Os técnicos da equipa móvel da ATM também prestam serviços nestas instalações, reforçando a equipa de electromedicina. Semanalmente é realizado um mapa pelo Eng.º Pedro Serra que distribui os técnicos da equipa móvel pelas diferentes unidades hospitalares com o intuito de reforçar as equipas residentes das unidades hospitalares.

## 1.6. ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O relatório está descrito em sete capítulos, onde são abordados conceitos teóricos que foram adquiridos ao longo do estágio, assim como a componente prática implementada durante todo o processo.

No capítulo 1 é apresentada uma breve introdução ao estágio, destacando os principais objetivos traçados para a realização do mesmo. Também neste capítulo é feita uma breve descrição da empresa de acolhimento ATM e caracterização das instalações do Hospital CUF Porto.

No capítulo 2 são apresentados conceitos teóricos alusivos à manutenção e aos diversos tipos de classificação de manutenção, preventiva e corretiva. Ainda neste capítulo é descrito o funcionamento teórico geral das ações preventivas e corretivas praticado nos hospitais.

No capítulo 3 são apresentados os conceitos teóricos dos vários equipamentos de teste utilizados para verificar os equipamentos de eletromedicina e que servem de apoio na realização das manutenções.

No capítulo 4 é feita uma descrição teórica sobre os equipamentos de electromedicina com o qual a aluna teve contacto durante o período de estágio, de diferentes fabricantes e alocados em diferentes instituições hospitalares.

No capítulo 5 são apresentados os procedimentos de manutenção preventiva realizados, assim como as manutenções corretivas executadas para os diferentes equipamentos médicos.

No capítulo 6 é feita uma apresentação de outros trabalhos que estão numa fase inicial do seu desenvolvimento pela empresa ATM, mais especificamente análise da poluição de gases anestésicos nos blocos operatórios.

As considerações finais e a síntese do trabalho desenvolvido são apresentadas no capítulo 7.



## CAPÍTULO 2 – MANUTENÇÃO HOSPITALAR

Os equipamentos e infraestruturas ao longo do tempo sofrem um processo de degradação através da utilização a que são sujeitos. De modo a proporcionar um tempo de vida mais longo aos equipamentos, é necessário a intervenções de manutenção preventiva e corretiva, para assim garantir o correto funcionamento de equipamentos. Estas atividades preventivas e corretivas são denominadas de manutenção [11].

### 2.1. MANUTENÇÃO

A manutenção de equipamentos é um fator de extrema importância, pois garante a qualidade e o correto funcionamento dos equipamentos, aumenta a produtividade dos serviços, aumenta a segurança do operador e do paciente, e permite ainda reduzir os custos associados às manutenções corretivas. Os processos de manutenção em qualquer instituição devem ser definidos de acordo com os objetivos e estratégias contratuais tidas com o cliente, tendo em consideração o orçamento, a preservação e qualidade dos equipamentos [12].

A realização de manutenção é ponto um crucial em qualquer atividade, pois permite prevenir falhas e anomalias indesejadas, conservando o estado do equipamento por um período de tempo mais alargado, garantindo a funcionalidade para o qual foi concebido [11].

Existem vários tipos de manutenção [12]:

- Manutenção preventiva – Sistemática ou Condicionada;
- Manutenção Corretiva.

A figura 5 apresenta um esquema dos diferentes tipos de manutenção [12].



Figura 5 - Tipos de Manutenção.

### 2.1.1. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva tem como objetivo principal evitar falhas nos equipamentos. Este objetivo é alcançado através de um conjunto de ações que visam manter o bom funcionamento do equipamento durante o máximo período de tempo possível, de modo a prevenir falhas e/ou avarias do mesmo. A manutenção preventiva está ainda subdividida em manutenção preventiva sistemática e manutenção preventiva condicionada, tal como acima referido. A manutenção sistemática é realizada periodicamente com o objetivo de evitar anomalias nos equipamentos, por outro lado, a manutenção condicionada é realizada quando é detetada uma possível anomalia [12][13].

De um modo geral, este tipo de manutenção pretende avaliar o estado do equipamento, recorrendo a inspeções de limpeza, verificações e caso seja necessário substituições de peças ou componentes adequados a cada equipamento, tendo sempre em consideração os padrões definidos pelo fabricante. Sintetizando, a manutenção preventiva num meio hospitalar tem como finalidade os seguintes tópicos [12][14]:

- Redução do número de intervenções no equipamento, e consequentemente de custos associados a cada reparação;
- Diminuição do tempo de inatividade de um equipamento;
- Otimização dos níveis de *stock* de peças;
- Aumento da duração do tempo de vida de um equipamento.

A MP difere para os diversos tipos de equipamentos, tendo cada equipamento uma ficha de manutenção apropriada com a descrição dos parâmetros a serem analisados e verificados. A periodicidade dos processos de manutenção dos equipamentos é estabelecida pelas entidades responsáveis pela realização de ações de manutenção. Para cada equipamento existe um conjunto de parâmetros a serem analisados pré-estabelecidos pelo fabricante e modelados posteriormente pelas empresas externas.

O processo de manutenção preventiva dos equipamentos, independentemente da sua tipologia, deve abranger a caracterização de três principais inspeções:

- Inspeção visual;
- Inspeção funcional;
- Inspeção de segurança elétrica (caso se aplique).

**Inspeção Visual:** a inspeção visual é o primeiro procedimento a ser realizado na MP. Esta visa averiguar todo o invólucro exterior dos equipamentos, assim como chassis, controles, *displays*, acessórios, sensores e conectores.

**Inspeção Funcional:** nesta fase são realizados testes com o objetivo de analisar o correto funcionamento dos equipamentos. A realização destes testes é feita através do uso de

equipamentos de teste específicos para cada equipamento médico e tendo em conta as recomendações do fabricante.

**Inspeção de Segurança Elétrica:** o teste de segurança elétrica é indispensável para os equipamentos médicos, uma vez que estes estão em contacto direto com os pacientes e profissionais de saúde. Os equipamentos médicos são alimentados através de eletricidade da rede ou fonte de energia interna (bateria), havendo um risco acrescido de ocorrer passagem de corrente elétrica caso os equipamentos não sejam inspecionados periodicamente. O teste básico de segurança elétrica avalia os seguintes parâmetros: medição das correntes de fuga da alimentação à terra, medição das correntes de fuga da alimentação ao chassi do equipamento e ainda de fugas que podem ocorrer através do paciente [15].

De modo a instruir e auxiliar técnicos, engenheiros e gestores quanto à segurança elétrica dos equipamentos, foram criadas diferentes normas relativas a critérios, medição e protocolo. As principais normas foram criadas pela *International Organization for Standardization* (ISO) e *International Electrotechnical Commission* (IEC). Estas normas têm por base práticas Europeias, fornecendo normas mundiais em parceria com a *World Trade Organization* (WTO) [15].

O teste de segurança elétrica realizado em ambiente hospitalar tem por base a norma IEC 60601, que é a principal norma referente à segurança dos equipamentos médicos elétricos. Para evitar que os pacientes ou profissionais sejam expostos a correntes indesejáveis ao bom funcionamento dos dispositivos, foram criadas regras pelo IEC que avaliam as correntes de fuga dos equipamentos [16].

De modo a avaliar as correntes de fuga são testados os seguintes parâmetros [17]:

- Fugas de corrente da alimentação à terra – corrente que flui por um isolamento do dispositivo médico para a zona de aterramento de proteção;
- Fugas de corrente da alimentação ao chassi – corrente que passa no caso de existir contacto corporal com o chassi do equipamento;
- Fugas de corrente através do paciente – corrente que passa para o utilizador através do contacto com o equipamento. Esta medição é das mais importantes no teste de segurança elétrica uma vez que pode provocar queimaduras severas nos pacientes se o valor de corrente for superior ao limite estabelecido de 10 $\mu$ A.

No capítulo 3 são mencionados mais detalhadamente os conceitos referentes às normas aplicadas em ambiente hospitalar.

Tendo em conta as boas práticas da manutenção, todos os processos realizados devem ser documentados, sendo que este registo pode ser evidenciado através da folha de manutenção em papel ou através do recurso a um *software* de manutenção. Os principais parâmetros a considerar neste documento são [14]:

- Data de intervenção;

- Data da próxima manutenção planeada;
- Identificação do equipamento em análise (marca, modelo, nº de série, entre outros);
- Identificação do técnico e da empresa que presta o serviço;
- Natureza da intervenção realizada, corretiva ou preventiva;
- Registo dos parâmetros de inspeção visual, funcional e de segurança elétrica (caso se aplique).

Posteriormente aos parâmetros acima mencionados, deve ser colocada uma etiqueta no equipamento que identifica o técnico que realizou a intervenção, assim como a data de realização e a data da próxima manutenção. O fluxograma ilustrado na figura 5 apresenta de forma sintetizada todo o processo de manutenção preventiva de um equipamento hospitalar [18].

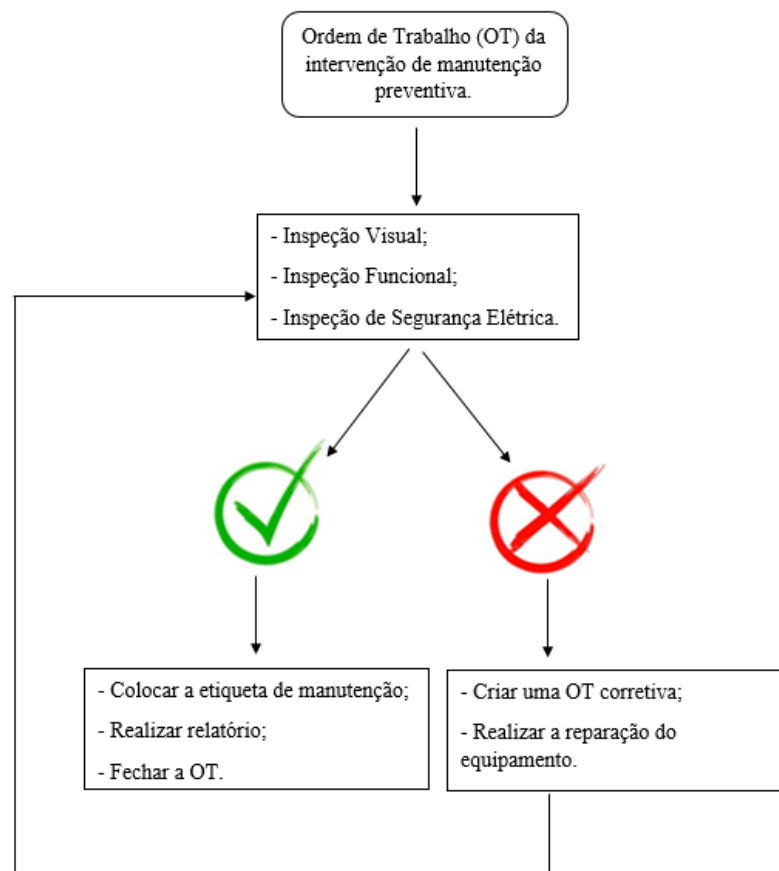


Figura 6 - Fluxograma com processo de uma manutenção preventiva.

### 2.1.2. MANUTENÇÃO CORRETIVA

No hospital os equipamentos de electromedicina são utilizados continuamente pelos diferentes serviços, e nem sempre os planos de manutenção preventiva elaborados para os equipamentos são suficientes para prevenir falhas nos mesmos. Desta forma, surge a necessidade de recorrer a intervenções de manutenção corretiva. A ação de manutenção

corretiva inclui todas as intervenções não programadas e necessárias devido a falhas e/ou anomalias causadas por motivos internos ou externos aos equipamentos e que os incapacitam de desempenhar a função requerida [19].

Todas as ações corretivas devem ser realizadas no menor espaço de tempo possível, uma vez que estes processos implicam a paragem do equipamento e podem levar a consequentes paragens por tempo indeterminado dos serviços, afetando a qualidade dos cuidados de saúde prestados aos utentes.

Num processo de ação corretiva, o responsável do serviço cria uma ordem de trabalho (OT) onde descreve todas as informações que identifiquem o tipo equipamento, desde o número de inventário, número de série, marca, modelo e informações referentes à avaria. Aquando da realização do pedido, o assistente operacional da manutenção designa um técnico das instalações para proceder à reparação do equipamento. Antes de se iniciar o processo de reparação, o técnico tem de averiguar numa primeira fase se o equipamento ainda se encontra em garantia e nesse caso enviá-lo para o fabricante, ou, posteriormente, se o equipamento é da responsabilidade de uma empresa externa e enviá-lo para a mesma. Caso nenhum dos cenários se verifique, o técnico pode proceder à análise e posterior reparação do equipamento [20].

Após a análise do equipamento, o técnico dá o seu parecer em relação à resolução do problema. Se o valor da reparação for elevado e se aproximar do custo de um equipamento novo, o técnico procede ao desenvolvimento de um relatório a expor os problemas detetados e os custos associados à reparação do equipamento e solicita uma nova aquisição. Caso contrário, a reparação é executada com os materiais disponíveis na oficina de trabalho e são realizados testes de funcionamento ao equipamento para avaliar o funcionamento do mesmo [20].

Posteriormente, é elaborado um relatório detalhado com os procedimentos efetuados no decorrer da manutenção corretiva e os testes funcionais realizados. Após este procedimento, o técnico procede ao registo, no sistema informático, da mão da obra, dos materiais e peças utilizadas e fecha a OT. O equipamento retoma ao serviço juntamente com o relatório realizado. O fluxograma apresentado na figura 7 representa o procedimento acima descrito [20][21].

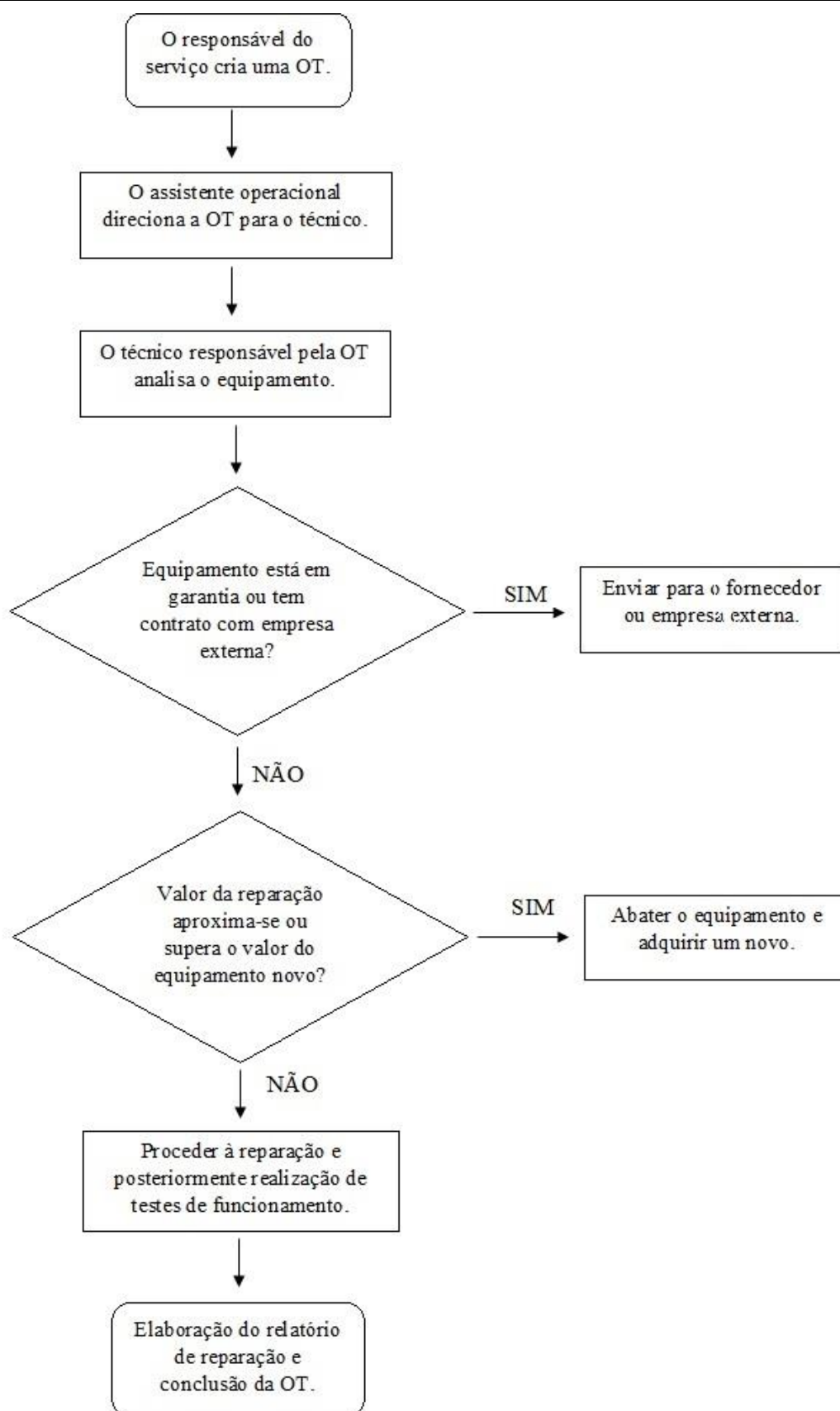


Figura 7 - Fluxograma com processo de uma manutenção corretiva.

As ações de manutenção acarretam vantagens, mas também alguns inconvenientes, sendo necessário por vezes decidir o tipo de intervenção a ser efetuado. A tabela 2 apresenta as principais vantagens e desvantagens destes dois tipos de manutenção aplicados aos equipamentos médicos [11].

Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens dos tipos de manutenção.

<b>Tipos de Manutenção</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Preventiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da longevidade dos equipamentos;</li> <li>- Pode ser programada com os serviços;</li> <li>- Promove o correto e bom funcionamento do equipamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substituição de peças e ou componentes antes do fim de vida útil;</li> <li>- Maior número de intervenções;</li> <li>- Se o número de intervenções a que os equipamentos estão sujeitos pode levar a falhas/avarias.</li> </ul>
<b>Corretiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As intervenções são realizadas apenas quando é estritamente necessário;</li> <li>- Substituição de peças no final do período de vida do equipamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduz o tempo de vida útil do equipamento;</li> <li>- Aumenta o número de incidentes;</li> <li>- Não é uma ação programada;</li> <li>- Pode levar à paragem de serviços por tempo demorado.</li> </ul>

## 2.2. HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO

Em ambiente hospitalar o risco de contaminação, infeção e desenvolvimento de doenças/bactérias é extremamente elevado. De modo a evitar e prevenir qualquer lesão ou contaminação devem ser tomadas medidas de precaução para salvaguardar os profissionais de saúde e utentes do hospital.

As medidas de precaução a serem tomadas são as seguintes [11]:

- **Higienização das mãos**

A higiene das mãos é a prática mais eficaz para reduzir o número de infeções associadas aos cuidados de saúde. A transmissão de microrganismos entre os profissionais de saúde e os doentes, através do contacto com as mãos, leva ao desenvolvimento de inúmeras infeções que aceleram o enfraquecimento do sistema imunitário. Para reduzir e controlar este problema, a Organização Mundial de Saúde (OMS) lançou uma campanha em outubro de 2005 – “*Clean Care is Safer Care*”, com o objetivo de reduzir a Infeção Associada aos Cuidados de Saúde (IACS) [11].

A figura 8 ilustra uma prática correta para uma boa higienização das mãos.



Figura 8 - Higiene das mãos.

- **Desinfecção das mãos**

A desinfecção das mãos é feita recorrendo a uma solução com base alcoólica. Esta deve ser realizada após a higiene das mãos e sempre que se está em contacto direto com um equipamento, sem a utilização de luvas de proteção [11].

- **Equipamento de Proteção Individual**

Entende-se por Equipamento de Proteção Individual (EPI) todo e qualquer equipamento/acessório que tenha como finalidade a proteção do trabalhador quando exposto a riscos de segurança e saúde [11].

Num hospital os EPIs de cada serviço são de utilização obrigatória, e variam consoante as necessidades. No caso da manutenção hospitalar, os técnicos de eletromedicina devem utilizar os seguintes EPIs [11]:

- **Luvas** – as luvas devem ser utilizadas sempre que haja contacto com equipamentos ou resíduos hospitalares, de modo a prevenir contaminações;
- **Bata** – a bata deve ser utilizada nas instalações da manutenção de modo a evitar a contaminação através de salpicos de líquidos, fluidos, sangue, entre outros. Em serviços como o bloco operatório deve ser utilizado um fato descartável apropriado ao serviço;
- **Máscaras, calçado e touca** – estes EPIs são utilizadas em serviços específicos, nomeadamente bloco operatório e unidades de cuidados intensivos, e têm como principal função proteger e prevenir os trabalhadores e utentes do hospital de transmitirem bactérias.

Após a utilização de cada EPI, estes devem ser colocados em locais apropriados e devidamente identificados pelos serviços.



## CAPÍTULO 3 – LEGISLAÇÃO E REFERÊNCIAS NORMATIVAS

A saúde é uma das áreas mais exploradas atualmente e que está em constante evolução devido ao avanço tecnológico associado aos Dispositivos Médicos (DM). Segundo a Infarmed<sup>1</sup>, os DM são utilizados para fins medicinais com o objetivo de diagnosticar ou tratar uma doença, sem recorrer a ações farmacológicas, metabólicas ou imunológicas [22].

### 3.1. DEFINIÇÃO DE DISPOSITIVO MÉDICO

Segundo a alínea t) do artigo 3º do Decreto – Lei n. °145/2009, de 17 de junho entende-se por dispositivo médico [23]:

“Qualquer instrumento, aparelho, equipamento, software, material ou artigo utilizado isoladamente ou em combinação, incluindo o software destinado pelo seu fabricante a ser utilizado especificamente para fins de diagnóstico ou terapêuticos e que seja necessário para o bom funcionamento do dispositivo médico, cujo principal efeito pretendido no corpo humano não seja alcançado por meios farmacológicos, imunológicos ou metabólicos, embora a sua função possa ser apoiada por esses meios, destinado pelo fabricante a ser utilizado em seres humanos para fins de:

- i) Diagnóstico, prevenção, controlo, tratamento ou atenuação de uma doença;
- ii) Diagnóstico, controlo, tratamento, atenuação ou compensação de uma lesão ou de uma deficiência;
- iii) Estudo, substituição ou alteração da anatomia ou de um processo ou estado fisiológico;
- iv) Controlo da concepção;”.

Outra definição importante a realçar é a de acessório, uma vez que, habitualmente os DM são manuseados recorrendo à utilização de acessórios recomendados pelo próprio fabricante. Entende-se então por acessório [23]:

“O artigo que, embora não sendo um dispositivo, seja especificamente destinado pelo respectivo fabricante a ser utilizado em conjunto com um dispositivo, de forma a permitir a sua utilização de acordo com a utilização do dispositivo prevista pelo fabricante;”.

---

<sup>1</sup> Infarmed – Autoridade Nacional de Medicamento e Produtos de Saúde.

### 3.2. ENQUADRAMENTO NORMATIVO

O avanço tecnológico dos DM levou ao aprimorar de técnicas medicinais, nomeadamente no diagnóstico e tratamento de doenças. Uma vez que os equipamentos são cada vez mais sofisticados e apresentam um grau de complexidade superior, há a necessidade de se estabelecerem procedimentos padrão de manutenção que acompanhem tal evolução de modo a garantirem o correto funcionamento do equipamento. Esses procedimentos de manutenção têm por base normas suportadas pelos seguintes organismos [24][25]:

- Organização Internacional de Normalização – ISO. A ISO é uma organização não governamental, fundada no ano de 1947 em Genebra. É constituída por organismos de normalização de 164 países, tendo cada país um representante. O Instituto Português da Qualidade (IPQ) é o representante português na ISO [26][27].
- Comissão Eletrotécnica Internacional – IEC. A IEC foi fundada no ano de 1906 em Londres e é a organização responsável pela preparação e publicação das normas internacionais no âmbito elétrico, eletrónico e de tecnologias relacionadas, especificações técnicas, relatórios técnicos e guias. Esta organização prende-se com vários objetivos, nomeadamente [16][28][29]:
  - Assegurar a aplicação generalizadas das normas;
  - Melhorar a qualidade de produtos e serviços;
  - Melhorarias no setor da saúde e segurança humana;

#### 3.2.1. NORMA IEC 60601

A primeira edição da norma IEC 60601 foi realizada em 1977 com o intuito de promover regulamentação que fosse ao encontro dos riscos associados à complexidade dos equipamentos médicos. Esta norma define medidas de proteção de segurança elétrica e testes a realizar aos equipamentos médicos [16][30].

A norma geral IEC 60601-1 é denominada por “*Medical Electrical Equipment – Part 1: General requirements for basic safety and essential performance*”. Esta norma é constituída por duas partes: a IEC 60601-1-xx e a IEC 60601-2-xx, sendo que cada uma foi elaborada a partir de normas básicas e colaterais já existentes [8][23].

- A IEC 60601-1-xx é uma norma referente aos padrões colaterais relacionados com a segurança dos equipamentos elétrico médicos [16].
- A IEC 60601-2-XX é uma norma de padrões particulares para tipos de equipamentos médicos elétricos específicos [16].

### 3.2.2. NORMA IEC 62353

A norma IEC 62353 é intitulada de “*Medical electrical equipment – Recurrent test and test after repair of medical electrical equipment*” [31].

A norma IEC 62353 foi implementada em 2007 em conformidade com a norma IEC 60601-1 e aplica-se a equipamentos médicos elétricos e sistemas elétricos. A norma surgiu com a necessidade de melhorar o correto funcionamento dos DM, salvaguardando sempre a qualidade do equipamento e o bem-estar dos utilizadores. Esta norma deve ser aplicada antes de um equipamento ser colocado em serviço, durante o período de manutenção, inspeção e após uma reparação para avaliar a segurança do equipamento [31].

### 3.2.3. DEFINIÇÕES UTILIZADAS NAS NORMAS IEC

Para entender o funcionamento prático das normas IEC é necessário ter em conta algumas noções gerais de termos utilizados e especificações utilizadas na realização de ensaios, nomeadamente [16][17][24]:

- **Operador** – pessoa que manuseia o equipamento;
- **Paciente** – ser vivo (pessoa ou animal) submetidos à prática médica (cirurgia ou tratamento);
- **Utilizador** – profissional responsável pela utilização e manutenção do equipamento;
- **Equipamento ou dispositivo em teste** – equipamento que é objeto de testes;
- **Parte Aplicada** – parte do equipamento que em caso de uso normal tem de estar em contacto físico com o paciente para a sua função ser executada corretamente;
- **Parte Acessível** – Parte do equipamento em que pode haver contacto sem a utilização de uma ferramenta adicional.

### 3.3. CLASSIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÉDICOS

Segundo a Diretiva n.º93/42/CEE, a classificação dos DM tem como objetivo principal controlar os potenciais riscos associados a cada tipo de dispositivo. Esta classificação é atribuída pelo fabricante, de acordo com o risco que cada equipamento apresenta quando em contacto com um indivíduo. Tais riscos podem ser divididos em quatro classes distintas, nomeadamente [30][32]:

- **Classe I** – Baixo risco (exemplo: cadeira de rodas);
- **Classe IIa** – Médio risco (exemplo: esfigmomanómetro);
- **Classe IIb** – Médio risco (exemplo: monitor de sinais vitais);

- **Classe III** – Alto risco (exemplo: desfibrilhador).

A classificação quanto ao risco dos DM é feita tendo em conta os seguintes critérios [23][30]:

- Duração de contacto com o corpo humano (temporário, curto prazo e longo prazo);
- Invasibilidade no corpo humano (dispositivo invasivo e dispositivo não invasivo);
- Área do corpo afetada pela utilização (sistema nervoso, sistema circulatório, entre outros);
- Potenciais riscos inerentes à conceção técnica e fabrico do DM.

Outra classificação muito importante respeitante aos equipamentos médicos é a avaliação da proteção dos riscos provenientes de choques elétricos. Segundo a norma IEC 60601, os equipamentos médicos podem ser classificados [16][24]:

- **Classe I** – Equipamentos médicos de classe I (figura 9) são equipamentos nos quais a proteção contra choques elétricos não é baseada unicamente no isolamento básico. Estes equipamentos possuem uma parte adicional de proteção, garantindo que as partes acessíveis do equipamento estão ligadas à terra [33].



Figura 9 - Símbolo de equipamento de Classe I.

- **Classe II** – Os equipamentos pertencentes à classe II (figura 10) são equipamentos nos quais a proteção contra choques elétricos não depende unicamente do isolamento básico. Estes equipamentos têm proteções de segurança adicionais, como o duplo isolamento ou isolamento reforçado [34].

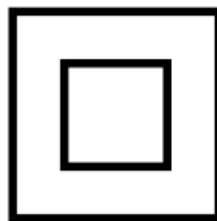


Figura 10 - Símbolo de equipamento de Classe II.

- **Classe III** – Os equipamentos inseridos na classe III (figura 11) não são abrangidos pela norma IEC 60601. Estes equipamentos são alimentados por um sistema principal de alimentação de baixa tensão de segurança (do inglês *Safety Extra-Low Voltage*

*SELV*). Geralmente este tipo de equipamentos são alimentados através de baterias ou recorrendo a transformadores de baixa tensão [35].



Figura 11 - Símbolo de equipamento de Classe III.

A norma IEC 60601-1 classifica também as partes aplicadas dos DM, tais como tipo B, tipo BF ou tipo CF, de acordo com a natureza do dispositivo e o tipo de contacto [16].

- **Tipo B** (Figura 12) – parte aplicada que cumpre os requisitos especificados pela norma IEC 60601-1 de modo a fornecer proteção contra choques elétricos, particularmente no que diz respeito à corrente de fuga do paciente<sup>2</sup> e à corrente auxiliar do paciente<sup>3</sup>. Um equipamento com uma parte aplicada do tipo B é o que confere um menor grau de proteção ao paciente. Os equipamentos deste tipo têm uma parte em contacto direto com o paciente [16][24][36].



Figura 12 - Símbolo de uma parte aplicada do tipo B.

- **Tipo BF** (Figura 13) – os equipamentos do tipo BF são muito semelhantes aos descritos anteriormente, mas com uma peça aplicada adicional do tipo F. A parte aplicada é utilizada para fazer a conexão ao paciente [11][37].

---

<sup>2</sup> Corrente de fuga do paciente - Corrente que flui através das conexões ao paciente para a terra ou corrente originada por aparecimento de uma tensão, não intencional de uma fonte externa, no paciente e flui do paciente para a terra através de conexão com o paciente feita por uma parte aplicada do tipo F.

<sup>3</sup> Corrente auxiliar do paciente – corrente que flui no paciente, em uso normal, entre qualquer conexão do paciente e todas as outras conexões do paciente, sem o objetivo de produzir um efeito fisiológico.



Figura 13 - Símbolo de uma parte aplicada do tipo BF.

- **Tipo CF** (Figura 14) – Um equipamento com uma parte aplicada do tipo CF é o que confere um grau superior de proteção contra choques elétricos, uma vez que a parte aplicada está em contacto direto com o coração [16][24][38].



Figura 14 - Símbolo de uma parte aplicada do tipo CF.

## CAPÍTULO 4 – EQUIPAMENTOS DE TESTE

A verificação dos equipamentos de eletromedicina é um fator importante nas instituições hospitalares, pois garante não só a longevidade do equipamento, mas também a qualidade e segurança de trabalho dos profissionais de saúde e utentes.

Os equipamentos de teste são indispensáveis nas intervenções de manutenção preventiva e corretiva, permitindo avaliar parâmetros específicos de cada equipamento médico, garantindo assim a operacionalidade do mesmo aquando do seu uso nos serviços.

Esta tipologia de equipamentos está sujeita a calibrações periódicas que devem ser efetuadas por entidades devidamente acreditadas para o efeito. Todos os fabricantes apresentam as suas recomendações relativamente à periodicidade da calibração, no entanto o utilizador pode retificar esta periodicidade desde que devidamente justificada.

### 4.1. ANALISADOR DE SEGURANÇA ELÉTRICA: RIGEL 288+

O analisador de segurança elétrica RIGEL 288+, representado na figura 15, é referente a um equipamento de teste que permite a realização de uma vasta gama de testes aos dispositivos médicos existentes nos hospitais.



Figura 15 - Equipamento de Segurança Elétrica, RIGEL 288+.

Este equipamento é portátil e de fácil transporte, funciona em modo bateria, permite a realização de testes de forma automática e manual, e ainda o armazenamento de dados [39].

Os testes realizados em ambiente hospitalar são: medição de correntes de fuga elétrica à terra e ao chassi dos equipamentos, e ainda medição das correntes de fuga através do paciente, tendo por base as normas IEC 60601 e IEC 62353 descritas anteriormente [39].

## 4.2. ANALISADOR DE EQUIPAMENTOS DE PERFUSÃO: FLUKE BIOMEDICAL IDA-5

O Analisador Fluke Biomedical IDA-5 é um equipamento de precisão que permite a análise do desempenho dos equipamentos médicos de perfusão (figura 16). Este equipamento é constituído por quatro canais de entrada, permitindo a realização de quatro testes de perfusão simultaneamente [40].

Através do modelo IDA-5 é possível avaliar os seguintes parâmetros [40][41]:

- Testa até quatro bombas de perfusão;
- Compatível com uma grande variedade de dispositivos de perfusão;
- Medição do fluxo instantâneo e médio até 1500ml/h;
- Medições de pressão da oclusão até 45 psi ou aproximadamente 310 kPa – realização de testes de alarme de pressão;
- Testes de *bolus*<sup>4</sup>.



Figura 16 - Analisador de Dispositivos de Perfusão: Fluke Biomedical IDA-5.

O equipamento de teste possui memória integrada que permite armazenar os resultados dos testes. Pode estar conectado a um *software*, designado por *HydroGraph*, que permite visualizar em tempo real os resultados obtidos e possibilitando uma leitura de fácil compreensão e análise [40].

---

<sup>4</sup> Bolus – Consiste na administração de um determinado volume de fluido num curto intervalo de tempo.

### 4.3. SIMULADOR MULTIPARAMÉTRICO: RIGEL UNI-SIM

O RIGEL UNI-SIM é um simulador de parâmetros de sinais vitais, capaz de simular seis padrões diferentes de sinais vitais (figura 17). É um equipamento portátil, que funciona através de uma bateria e permite avaliar parâmetros fisiológicos de pressão arterial não-invasiva (PANI), pressão arterial invasiva, eletrocardiograma (ECG), saturação de oxigénio, temperatura e respiração [42].

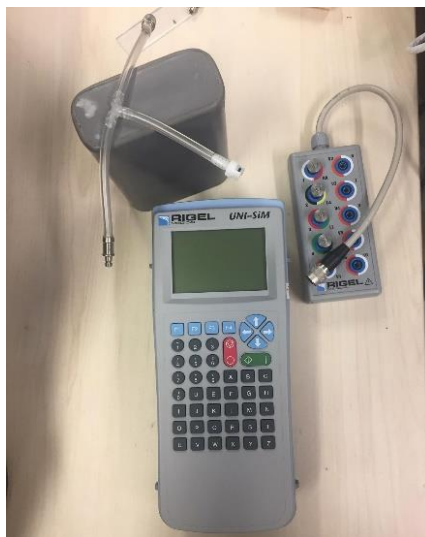


Figura 17 - Simulador Multiparamétrico: RIGEL UNI-SIM.

A utilização deste equipamento em ambiente hospitalar é uma mais-valia para os técnicos de electromedicina e para o cliente, uma vez que é um aparelho muito completo que permite a realização de seis testes diferentes com um mesmo equipamento base, permitindo a redução de custos e tempo [42].

### 4.4. ANALISADOR DE DESFIBRILHADORES: BC BIOMEDICAL DA-2006

O equipamento de teste utilizado para a verificação dos desfibrilhadores durante o período de manutenção preventiva foi o BC Biomedical, modelo DA-2006 (figura 18). Este modelo DA-2006 mede a saída de energia do desfibrilhador e facultar informações acerca do pulso de desfibrilhação. Este equipamento é portátil, de fácil transporte e pode ser utilizado para desfibrilhações manuais, semiautomáticas e automáticas com saídas monofásicas ou bifásicas [43].



Figura 18 - Analisador de Desfibriladores: BC Biomedical DA-2006.

Na realização de ações preventivas foi utilizado este equipamento de teste de modo a analisar os parâmetros definidos na ficha de verificações elaborada pela ATM, respeitando os valores base definidos pelos fabricantes. Os parâmetros avaliados foram: ensaios de ECG com diferentes valores de batimentos por minuto (bpm), ensaios de energia para distintos valores, ensaios de energia após 60 segundos e o tempo de carga e energia máxima do desfibrilhador.

#### 4.5. ANALISADOR DE FLUXO DE GÁS: FLUKE VT305

O analisador de fluxo de gás VT305, representado na figura 19, é um equipamento de teste imprescindível para realizar os testes funcionais na manutenção preventiva dos ventiladores. Este equipamento permite a medição de múltiplos parâmetros presentes no ventilador, tais como [44]:

- Concentração de oxigénio;
- Pressão;
- Volume e fluxo bidirecional.



Figura 19 - Analisador de fluxo de gás: Fluke VT305.

Este equipamento permite comparar os valores apresentados no monitor do ventilador com os valores de ventilação amostrados pelo próprio simulador.

#### 4.6.EQUIPAMENTO DE TESTE DE BALANÇAS

As massas calibradas são as ferramentas utilizadas que permitem efetuar os ensaios de medição às balanças existentes nas unidades hospitalares, sendo calibradas anualmente por uma empresa externa. Na prática clínica existem balanças distintas que se adequam às diferentes faixas etárias, ou seja, balanças pediátricas que são utilizadas para pesar recém-nascidos e balanças utilizadas na pesagem de crianças, jovens e adultos. Para testar estes equipamentos são utilizadas as massas apresentadas nas figuras 20 e 21, respetivamente para balanças pediátricas e balanças para adultos.



Figura 20 - Massas calibradas para testar balanças pediátricas.



Figura 21 - Massas calibradas para testar balanças para crianças, adolescentes e adultos.



## CAPÍTULO 5 – EQUIPAMENTOS DE ELETROMEDICINA

No presente capítulo são abordados equipamentos intervencionados ao longo do período de estágio. Neste capítulo são apresentados os conceitos teóricos referentes aos equipamentos médicos analisados e intervencionados durante o estágio.

A equipa móvel de electromedicina da empresa ATM é responsável pela realização de intervenções de manutenção de diversas unidades hospitalares distribuídas pela zona norte do país, sendo a qualidade do serviço prestado uma referência nacional.

Na tabela 3 é apresentada a listagem dos diversos equipamentos de electromedicina com os quais a estagiária teve contacto.

Tabela 3 - Equipamentos intervencionados durante o Estágio Curricular.

<b>Equipamentos médicos</b>
Balanças
Bombas de Perfusão Volumétricas
Bombas de Perfusão de Seringa
Desfibrilhadores
Esfigmomanómetros
Monitores de Sinais Vitais
Ventiladores de Anestesia
Ventiladores de Suporte
Ventiladores de Transporte

### 5.1. BALANÇAS

As balanças que estão inseridas no meio hospitalar têm como objetivo principal medir a massa corporal dos indivíduos e medir a massa de determinados objetos do foro laboratorial. Num hospital existem diversos modelos de balanças alocados a serviços específicos que servem de apoio aos profissionais de saúde para uma avaliação mais completa e rigorosa dos pacientes.

Ao longo do estágio foram observadas diversas balanças nos diferentes serviços dos hospitais, em que as especificidades e características variavam consoante o setor. As figuras 22,

23 e 24 ilustram alguns modelos intervencionados no Hospital CUF Porto e onde foram realizadas intervenções de manutenção preventiva.



Figura 22 - Balança Pediátrica Digital do Hospital CUF Porto.



Figura 23 - Balança Eletrónica de consultas do Hospital CUF Porto.

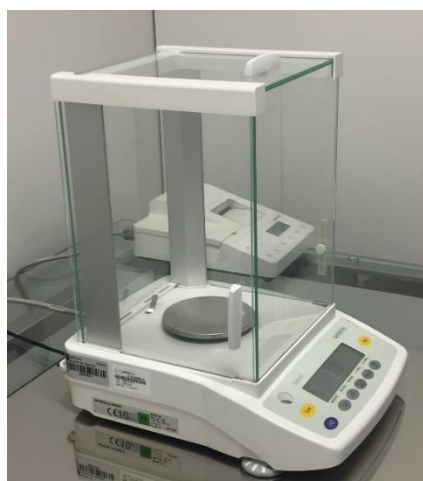


Figura 24 - Balanças de Precisão do Hospital CUF Porto.

A balança pediátrica apresentada na figura 22 é utilizada nos serviços de pediatria e serve para a medição da massa de recém-nascidos e crianças até 20 quilogramas (kg). Estas balanças são leves e portáteis, podendo ser transportadas facilmente entre as unidades e salas de partos, funcionando em modo bateria sem necessitarem de estarem ligadas à corrente [45].

A balança correspondente à figura 23 é um exemplo de uma balança utilizada nos serviços de consultas. Esta balança tem capacidade até 200 kg e tem ainda a capacidade de medir o índice de massa corporal dos indivíduos. As balanças que medem o índice de massa corporal são utilizadas frequentemente em serviços de nutrição e dietética, de modo a auxiliar na prescrição de tratamentos e avaliação de resultados [46].

A balança de precisão da figura 24 é comumente utilizada em serviços de farmácia e análises clínicas e tem uma capacidade máxima de 220 gramas (g). Estas balanças são caracterizadas pela sua elevada sensibilidade na medição e leitura de massas de sólidos e líquidos [47].

## 5.2. BOMBAS DE PERFUSÃO

O sistema circulatório é responsável pela distribuição de nutrientes para as células do corpo humano. Este facto levou ao desenvolvimento de métodos terapêuticos que permitissem a injeção e medição de fluidos no corpo, nomeadamente fármacos, componentes do sangue, nutrientes, entre outros. Segundo a norma IEC 60601-2-24 estes equipamentos designam-se por bombas de perfusão [41].

As bombas de perfusão volumétricas ou de seringa, são equipamentos médicos que permitem a administração controlada de fármacos ou nutrientes de forma contínua ou não contínua, em indivíduos de diferentes faixas etárias, desde neonatais a adultos [41].

As bombas de perfusão, independentemente da sua tipologia, são constituídas por diversos componentes, tais como [41]:

- **Reservatório de fluido** – local onde se encontra armazenado o fluido que vai ser administrado;
- **Mecanismo de perfusão** – mecanismo que gera a pressão de perfusão e é também responsável pelo caudal do fluido. O mecanismo das bombas pode ser peristáltico ou por seringa;
- **Linha de Perfusão** – acessório descartável que garante o transporte do fluido do reservatório ao paciente;
- **Sensor de gotas nas bombas peristálticas** – permite a contagem do doseamento através do controlo não volumétrico;
- **Sensor de ar nas bombas peristálticas** – indica a presença de ar no sistema;
- **Sensor de pressão de oclusão** – permite controlar a pressão de perfusão;
- **Motor** – nas bombas de perfusão são utilizados motores passo – a – passo que vão acionar os mecanismos de perfusão;
- **Circuito de controlo** – Permite controlar os dados de perfusão introduzidos pelo utilizador, através do teclado, e interpretar os sinais dos sensores e alarmes acionados;

- **Painel de controlo** – indica os dados da perfusão em curso, nomeadamente volume a administrar e volume administrado, tempo total e tempo restante de perfusão, valores de caudal em ml/h e pressão em bar;
- **Alarmes** – os alarmes são acionados para alertar o utilizador de situações adversas, tais como: ar na linha, caudal livre, bateria fraca, erros de funcionamento, entre outros.

Nas bombas de perfusão podem ser analisados vários parâmetros: o volume (a administrar e administrado), o tempo (tempo total e restante de perfusão), o caudal e a pressão.

- **Volume:** este parâmetro permite analisar os valores referentes ao volume a administrar e ao volume administrado no paciente. Os valores do volume são ajustados pelo utilizador.
- **Tempo:** intervalo de tempo (segundos, minutos ou horas) em que o fluido é administrado.
- **Caudal:** é a administração de um determinado fluido num período de tempo (unidade mililitro por hora – ml/hr).
- **Pressão:** permite alertar o utilizador aquando da ocorrência de uma oclusão na linha de administração do fluido.

Existem diferentes tipos de bombas de perfusão, que diferem nas características e formas de administração dos fluidos, tais como: bombas de perfusão volumétricas ou peristálticas e bombas de perfusão com seringa.

### 5.2.1. BOMBAS DE PERFUSÃO VOLUMÉTRICAS

As bombas de perfusão volumétricas (figura 25) permitem a administração contínua de nutrientes ou fármacos. Para a utilização deste tipo de bombas devem ser considerados os seguintes materiais: a bomba, o recipiente que contém fluido a administrar, o sensor de gotas, a câmara de gotas e a linha por onde o fluido circula [41].



Figura 25 - Exemplos de Bombas de Perfusão Volumétricas.

Este tipo de bombas funciona por ação mecânica que desencadeia o deslocamento do líquido que está no interior da linha por ação peristáltica. Este mecanismo faz com que os nutrientes e fármacos sejam administrados ao paciente, e pode ser rotativo ou linear [41].

Mecanismo rotativo – é constituído por um rotor principal que tem a ele associados roletes, que pressionam o a linha por onde circula o fluido (figura 26) [41].

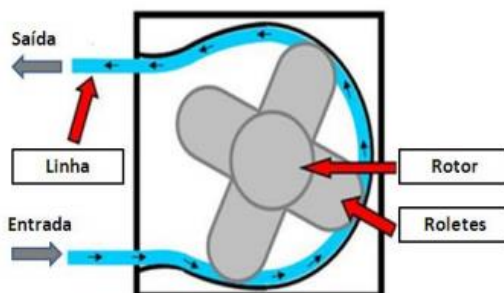


Figura 26 - Mecanismo Peristáltico Rotativo.

Mecanismo Peristáltico Linear (Figura 27) – é o mecanismo atualmente mais utilizado nas bombas de perfusão. Este mecanismo consiste no movimento peristáltico de vários “fingers” que vão fazer com que a linha de silicone de perfusão contacte com a porta interna da bomba, permitindo desta forma a passagem do caudal [41].

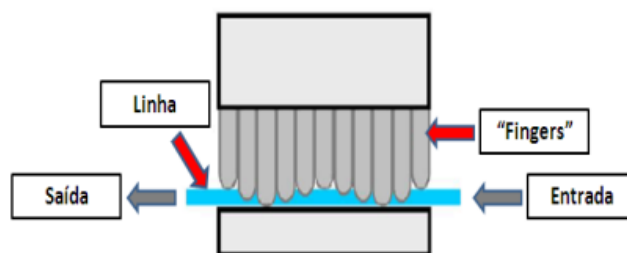


Figura 27 - Mecanismo Peristáltico Linear.

### 5.2.2. BOMBAS DE PERFUSÃO COM SERINGA

As bombas de perfusão com seringa (figura 28) são também utilizadas para a administração de fármacos e/ou nutrientes, porém o seu mecanismo de funcionamento é diferente. Para a utilização da bomba de perfusão com seringa é necessária uma linha de perfusão descartável que é ligada a uma seringa compatível com o equipamento e que é recomendada pelo fabricante [41].



Figura 28 - Exemplo de uma Bomba de Perfusão com Seringa.

A seringa, que contém o fluido a administrar é colocada dentro da bomba, e posteriormente são ajustados os parâmetros de perfusão. O motor da bomba é constituído por um parafuso sem fim que tem como função fazer pressão na seringa de modo a ser administrado o fluido. A figura 28 apresenta o mecanismo anteriormente descrito.

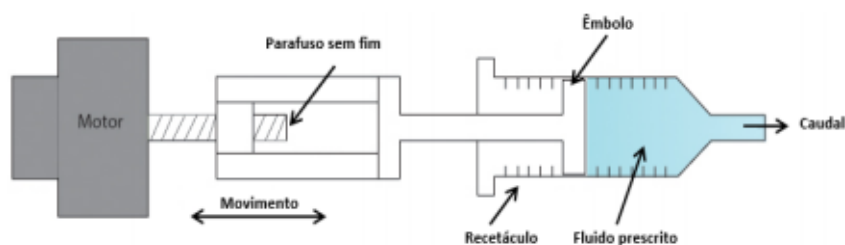


Figura 29 - Mecanismo de Perfusão com Seringa.

Estas bombas possuem um volume de infusão relativamente inferior ao volume infundido através das bombas de perfusão volumétricas, uma vez que a capacidade e dimensões da seringa é limitada pelas especificações dos fabricantes [41].

### 5.3. DESFIBRILHADORES

A paragem cardiorrespiratória (PCR) é uma das principais causas de morte na Europa e nos Estados Unidos da América. Na Europa estima-se que 700.000 adultos morrem por ano devido a doenças cardiovasculares e cerca de 40% das pessoas morrem de morte súbita cardíaca. Esta última é causada por uma arritmia denominada de fibrilhação ventricular<sup>5</sup> (FV) e atinge pessoas de diferentes faixas etárias, desde crianças a adultos, manifestando-se em indivíduos com diferentes condições físicas [48][49][50].

<sup>5</sup> Fibrilhação Ventricular – Arritmia nos ventrículos em que os batimentos cardíacos são demasiado rápidos e desorganizados.

A rápida intervenção com manobras de suporte básico de vida (SBV<sup>6</sup>) e desfibrilhação numa primeira fase são fatores cruciais para a reanimação de indivíduos com arritmias cardíacas. As manobras de SBV consistem essencialmente em duas ações: 30 compressões torácicas e 2 insuflações [48][51].

A figura 30 esquematiza a sequência de procedimentos a ter aquando da realização de SBV [52].



Figura 30 - Algoritmo de suporte básico de vida.

Numa PCR as manobras de SBV são importantes para a sobrevivência da vítima e redução das mazelas causadas por falta de oxigenação, porém a desfibrilhação precoce é um fator crucial para restabelecer o ritmo cardíaco. A desfibrilhação elétrica consiste na aplicação de choques elétricos ao coração, possibilitando deste modo que o ritmo cardíaco retome o seu estado normal. Quanto menor for o tempo entre a fibrilhação e a desfibrilhação, maior a taxa de sobrevivência da vítima [53]. Por cada minuto de atraso no processo de desfibrilhação a taxa de sobrevivência reduz cerca de 10%-12%, porém, e em casos em que se aplique SBV é essa taxa reduz para 3%-4% [54].

O desfibrilhador é um dispositivo médico utilizado para restabelecer ou reorganizar o ritmo cardíaco, aquando de paragens cardiorrespiratórias (figura 31). É através deste equipamento

<sup>6</sup> SBV – conjunto de procedimentos bem definidos e com metodologias padronizadas que tem como objetivo principal reconhecer as situações de risco de vida, saber em que situações pedir ajuda, saber iniciar prontamente manobras de oxigenação e circulação até a chegada de equipas especializadas.

que é possível realizar a desfibrilhação, isto é, a aplicação de uma descarga elétrica que permite reverter os processos de fibrilhação [49].



Figura 31 - Exemplo de um equipamento de desfibrilhação.

A intensidade dos choques elétricos pode ser ajustada consoante as diferentes necessidades e características anatómicas de cada pessoa, nomeadamente idade, peso, tempo de arritmia, patologias associadas, entre outras. Os choques elétricos podem ser administrados de forma indireta (na parede torácica são conectadas duas pás que estão ligadas ao desfibrilhador que permitem fazer a descarga elétrica de modo a regular o batimento cardíaco) ou direta (no decorrer de procedimentos cirúrgicos) [49][55].

Atualmente existem vários tipos de desfibrilhadores, tais como [56][57]:

- **Internos:** este equipamento é implantado através de intervenção cirúrgica, onde é colocado no peito ou abdómen do paciente.
- **Externos:** a aplicação de choques elétricos é feita através de pás (ou placas) que estarão em contacto com a superfície do tórax. O posicionamento das pás varia de adultos para crianças, e consoante o peso e idade (figura 32 e figura 33) [58]. Os desfibrilhadores externos podem ser classificados como: manuais, semiautomáticos e automáticos.

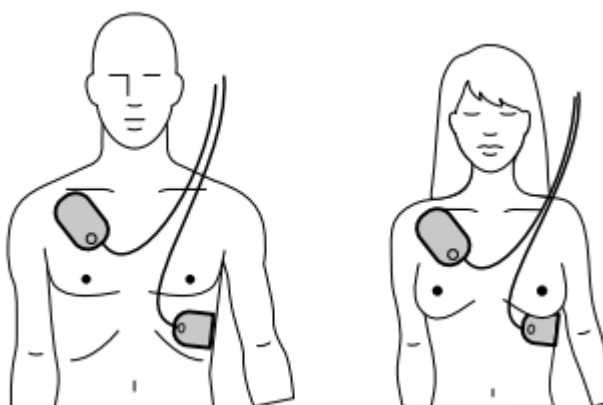


Figura 32 - Colocação das pás em adultos e crianças com mais de 25 kg de peso e idade superior a 8 anos.

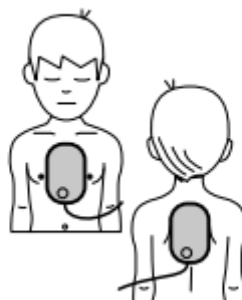


Figura 33 - Colocação das pás em crianças com menos de 25 kg de peso e idade inferior a 8 anos.

Os desfibrilhadores são alimentados por fontes de tensão externas ou internas (bateria). Essa fonte de tensão fornece energia elétrica ao condensador que vai armazenar a energia no condensador, para posteriormente ser administrada num indivíduo através de uma forma de onda de desfibrilhação [55][56]. Existem várias formas de ondas aplicadas na reversão de arritmias cardíacas, nomeadamente: ondas monofásicas e ondas bifásicas.

- **Ondas Monofásicas:** Numa onda monofásica (figura 34) a corrente que flui numa única direção, com o objetivo de estimular o músculo cardíaco de modo a retomar o batimento cardíaco normal [59] [60]. A energia máxima aplicada por desfibrilhadores caracterizados por este tipo de onda é de 360J [56].

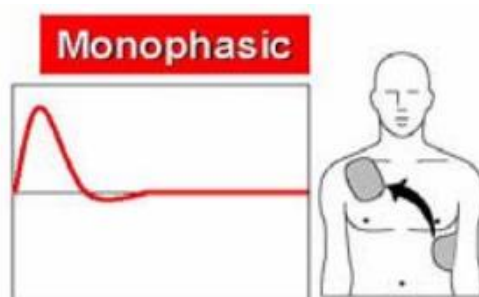


Figura 34 - Forma de Onda Monofásica e trajeto da corrente numa Onda Monofásica.

- **Ondas Bifásicas:** os desfibrilhadores caracterizados pela forma de onda bifásica foram comercializados e implementados no mercado posteriormente aos acima mencionados. Numa onda bifásica (figura 35). a corrente flui em duas direções, ocorrendo inversão do sentido ou da polaridade [57] [60]. A energia máxima aplicada dos desfibrilhadores de onda bifásica é de 200J, sendo esta umas das maiores vantagens da utilização deste tipo de equipamento em relação ao mencionado anteriormente, uma vez que a energia aplicada é menor o que diminui as lesões provocadas músculo cardíaco [56].

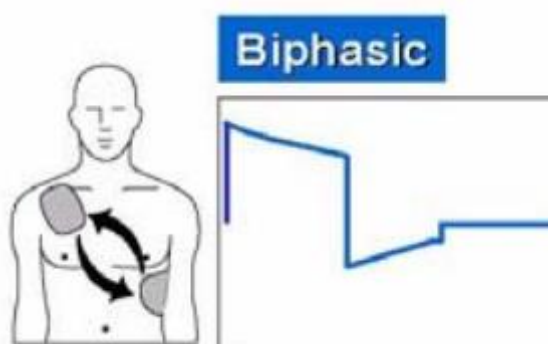


Figura 35 - Forma de Onda Bifásica e trajeto da corrente numa Onda Bifásica.

#### 5.4. ESFIGMOMANÓMETRO AUTOMÁTICO

O sangue ao circular pelas artérias exerce uma pressão sobre as paredes das mesmas. Essa pressão exercida é denominada por tensão arterial. Quando a pressão exercida pelo sangue nas paredes das artérias é superior à pressão padronizada como ‘normal’ (tabela 4), o músculo cardíaco é forçado a trabalhar mais para conseguir bombear a mesma quantidade de sangue. Este aumento em excesso da pressão sanguínea desencadeia a chamada hipertensão<sup>7</sup> [61][62].

Na tabela 4 são apresentados os valores padronizados de pressão arterial (PA), segundo a Fundação Portuguesa de Cardiologia [61].

Tabela 4 - Classificação da Pressão Arterial.

Pressão Arterial Sistólica	Pressão Arterial Diastólica	Classificação
< 120	< 80	Normal
120-13	80-89	Pré-Hipertensão
140-159	90-99	Hipertensão Arterial (1ºEstádio)
>160	>100	Hipertensão Arterial (2ºEstádio)

Em Portugal existem aproximadamente dois milhões de indivíduos que sofrem desta patologia. A hipertensão pode ser desencadeada por fatores genéticos ou do foro ambiental e se não for controlada pode levar ao aparecimento de doenças cardiovasculares [61].

O desenvolvimento de equipamentos médicos, nomeadamente do esfigmomanómetro permite atualmente controlar e monitorizar diariamente a pressão arterial (PA). O esfigmomanómetro é um DM que avalia e monitoriza os valores da PA, podendo a medição ser efetuada manualmente ou automaticamente [63].

<sup>7</sup> Hipertensão – é a elevada pressão arterial acima dos valores padrão considerados normais.

O esfigmomanómetro automático é um equipamento versátil que permite uma avaliação rápida e quase instantânea da PA (figura 36). A medição pode ser feita através do método oscilométrico ou método misto [63].



Figura 36 - Esfigmomanómetro automático.

Método oscilométrico: este método de medição é não invasivo e a insuflação e desinsuflação da braçadeira é feita automaticamente. O mecanismo de funcionamento passa pela insuflação da braçadeira, sendo que esta ao atingir o valor máximo da PA Sistólica armazena o pulso gerado correspondente à mesma. De seguida, a pressão diminui a uma taxa constante até ser encontrado um novo valor de pulso, neste caso correspondente à PA Diastólica. Estes pulsos são convertidos em valores reais de PA através de um algoritmo matemático incorporado no esfigmomanómetro [63].

Método Misto: este método é a combinação do método oscilométrico com o auscultatório. No método misto a braçadeira envolve o braço do paciente e o estetoscópio, equipamento de auxílio à medição, é colocado sob a braço. O estetoscópio permite ao profissional de saúde escutar os sons da artéria do paciente que são provocados pela pressão gerada através da braçadeira [63].

## 5.5. MONITOR DE SINAIS VITAIS

O monitor de sinais vitais (MSV) é um equipamento médico fundamental para a monitorização de pacientes, através dos seus parâmetros fisiológicos. Este equipamento permite monitorizar três parâmetros principais, nomeadamente: o ECG, a PANI e a Saturação Periférica de Oxigénio ( $SpO_2$ ).

Atualmente, no mercado existe uma enorme variedade de monitores de sinais vitais, sendo que alguns apresentam mais especificidades que outros, conseguindo deste modo avaliar

parâmetros adicionais como: temperatura corporal, pressão invasiva e dados relativos a capnografia<sup>8</sup> [64].

O MSV é utilizado para auxiliar no diagnóstico e tratamento de problemas de saúde, desde adultos, crianças a neonatos. A avaliação dos parâmetros é feita através de um conjunto de acessórios específicos (figura 37) recomendados pelos fabricantes, nomeadamente [20]:

- Cabo de oximetria, que pode conter o cabo intermédio de conexão ao monitor;
- Cabo de ECG;
- Braçadeira para avaliar o PANI e mangueira de conexão ao monitor [65].



a) Cabo de ECG

b) Cabo de oximetria e cabo intermédio de conexão ao monitor

c) Braçadeira de PANI e cabo intermédio de conexão ao monitor

Figura 37 - Exemplos de acessórios utilizados nos Monitores de Sinais Vitais.

Os acessórios variam consoante as diferentes marcas e modelos dos monitores de sinais vitais. Os profissionais de saúde devem utilizar os acessórios recomendados pelo fabricante, para evitar mau contacto e conseqüente leitura errónea dos parâmetros.

### Saturação Periférica de Oxigénio:

A oximetria de pulso é um método não invasivo e contínuo utilizado para analisar a percentagem de hemoglobina saturada com oxigénio no sangue. Este método permite ainda determinar deficiências do sistema respiratório e auxiliar na avaliação clínica de doenças causadas pela insuficiência de oxigénio [66][67][68].

A hemoglobina é responsável pelo transporte do oxigénio dos pulmões aos tecidos do corpo humano, assim como pelo transporte de nutrientes a todas as células do organismo e manifesta-se em várias formas [69][70]:

- Oxigenada (oxihemoglobina);
- Reduzida (desoxihemoglobina);
- Disemoglobinas (carboxihemoglobina e metemoglobina).

<sup>8</sup> Capnografia - representação gráfica da curva da pressão parcial de CO<sub>2</sub> na mistura gasosa expirada, em relação ao tempo.

A saturação periférica oxigénio no sangue ( $SpO_2$ ) é traduzida pelo rácio de hemoglobina oxigenada a dividir pela soma da hemoglobina oxigenada e da desoxihemoglobina, expresso na seguinte fórmula (5.5) [70]:

$$SpO_2 = \frac{\text{Oxihemoglobina}}{\text{Oxihemoglobina} + \text{Desoxihemoglobina}} \times 100 \quad (5.5)$$

O sensor do oxímetro é constituído por dois díodos emissores de luz monocromática (do inglês *Light Emitting Diode* - LED), um LED vermelho e um infravermelho (IV) com diferentes comprimentos de onda, 660 nanómetros (nm) e 910 nm, respetivamente. São utilizados estes valores de comprimento de onda porque a hemoglobina desoxigenada tem uma elevada taxa de absorção nos 660 nm e a hemoglobina oxigenada nos 910 nm. A luz transmitida é recebida por um foto-detetor localizado no lado oposto aos emissores, que mede a intensidade de cada comprimento de onda transmitido pelo local de monitorização (figura 38) [71]. Para se obter o valor de  $SpO_2$  é calculado o rácio entre a quantidade de luz vermelha e a infravermelha que chega ao foto-detetor [13][30][70].

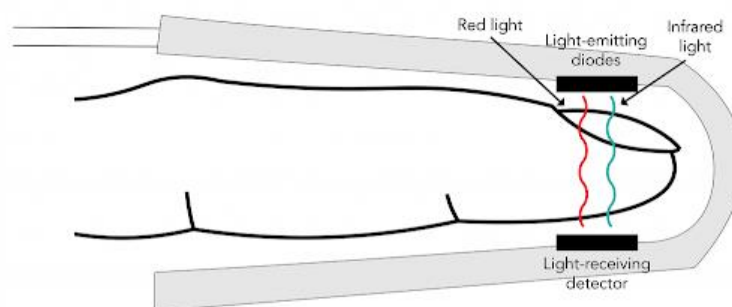


Figura 38 - Esquema do funcionamento de um sensor de oximetria.

Os valores de  $SpO_2$  podem variar de 0% a 100%, sendo possível através do registo desses valores detetar problemas clínicos, tais como [30][72]:

- **$SpO_2$  superior a 95%** - Valores considerados normais;
- **$SpO_2$  entre 90% e 85%** - Hipoxemia<sup>9</sup> leve a moderada (pode provocar taquicardia e hipertensão);
- **$SpO_2$  inferior a 85%** - Hipoxemia grave (pode provocar lesões cerebrais).

**Pressão Arterial Não-Invasiva:** a PANI é um método muito utilizado no meio hospitalar para ajudar na análise e diagnóstico de possíveis patologias. A medição deste parâmetro contempla a avaliação de valores de PA Sistólica e PA Diastólica. A PA Sistólica é caracterizada pela pressão máxima que o sangue exerce sobre as artérias, provocada pela contração ventricular. A PA Diastólica é a pressão mínima que o sangue exerce sobre as artérias, durante o período de enchimento e relaxamento ventricular [63].

<sup>9</sup> Hipoxemia – Baixos níveis de concentração de oxigénio no sangue.

Para avaliar a PANI o método de funcionamento é o mesmo que descrito na secção referente aos esfigmomanómetros.

**Eletrocardiograma:** o ECG é uma ferramenta essencial na área clínica, mais especificamente na área de medicina cardiovascular, uma vez que permite o registo do comportamento elétrico do coração, ajudando no diagnóstico de arritmias e doenças do foro cardíaco [73][74]. O ECG é o registo da propagação de potenciais elétricos pelo coração em função do tempo (figura 39) [30][59].

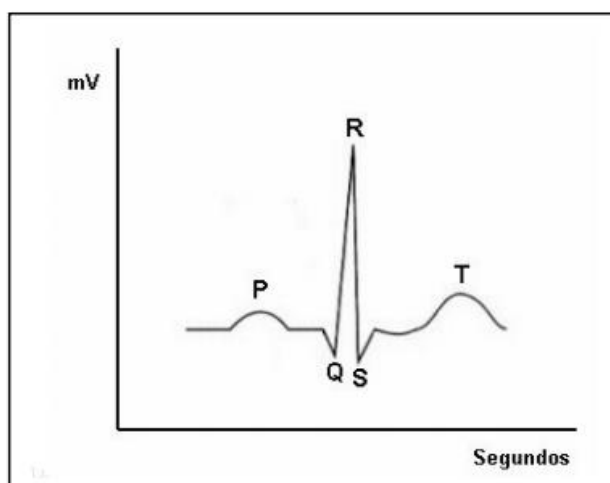


Figura 39 - Registo do Potencial Elétrico em função do tempo.

O ECG é composto pela onda P, complexo QRS e pela onda T.

- Onda P – representa a despolarização atrial (contração);
- Complexo QRS – representação a despolarização ventricular, isto é, a contração dos músculos;
- Onda T – precede o complexo QRS e representa a repolarização do músculo cardíaco (relaxamento).

A realização de um ECG pode prevenir e detetar doenças que estejam associados ao foro cardíaco, tais como [75][76][77]:

- Episódio de Ataque Cardíaco (enfarte do miocárdio – este episódio acontece quando uma ou mais artérias que irrigam o coração ficam obstruídas, não havendo passagem de sangue e oxigénio);
- Arritmia (ritmo cardíaco irregular);
- Isquemia (presença de um fluxo de sangue e oxigénio anormal).

## 5.6. VENTILADORES

Os ventiladores de anestesia têm como finalidade fornecer uma determinada quantidade de gases necessários ao paciente de modo a ser realizado o suporte respiratório temporário, completo ou parcial em situações em que o doente padece de insuficiência respiratória. A insuficiência respiratória pode ser provocada por diferentes fatores como doença, anestesia ou problemas congênitos. A ventilação do paciente pode ser feita por meio nasal, oral ou através de traqueostomia [78].

Na prática clínica os ventiladores podem ser classificados como:

- Ventilador de Anestesia;
- Ventilador de Transporte;
- Ventilador de Suporte.

Estes ventiladores são utilizados em diferentes situações, tendo em conta o tipo de paciente a que se destinam e o controlo das variáveis que disponibilizam. O ventilador de anestesia é utilizado maioritariamente em bloco operatório, sendo um equipamento com um grau de complexidade e dimensões superiores em relação aos demais. O ventilador de suporte geralmente está instalado em unidades de cuidados intensivos. O ventilador de transporte não tem um serviço definido e fixo uma vez que é utilizado em situações de emergência para transporte de doentes de modo a assegurar a funcionalidade pulmonar.

### 5.6.1. VENTILADOR DE ANESTESIA

O ventilador de anestesia é um equipamento utilizado em procedimentos cirúrgicos nos quais o paciente necessita de anestesia (figura 40). Este equipamento está destinado à administração de gases anestésicos no paciente e também à monitorização de parâmetros fisiológicos do paciente durante a intervenção cirúrgica. A monitorização do ventilador engloba todos os parâmetros fisiológicos, fluxo de gases expirados e inspirados, pressões e volumes [79].



Figura 40 - Exemplo de um ventilador de anestesia, GE S/5 Avance.

Os principais constituintes do ventilador de anestesia são: gases frescos (ar, oxigênio (O<sub>2</sub>) e protóxido de azoto (N<sub>2</sub>O)), sistema de vaporização, absorvedor de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ou cal sodada, sistema de exaustão de gases, vaporizadores (sevoflurano e desflurano) e bloco do paciente. Os gases frescos são libertados através das rampas de fornecimento de gases alocadas nos pendentés das salas cirúrgicas, e são levados até ao ventilador através de tubos.

A ventilação pode ser controlada por volume ou por pressão, em ambos os casos os parâmetros a ter em consideração são ajustados por profissionais de saúde.

- Ventilação controlada por volume: é fornecido um nível de volume de ar, determinado pelo profissional de saúde, que irá ser entregue ao paciente durante um período de tempo suficiente para atingir o volume corrente estabelecido pelo profissional de saúde [80].
- Ventilação controlada por pressão: o ventilador produz um fluxo para atingir a pressão inspiratória definida pelo profissional de saúde [80].

A tabela 5 apresenta todos os modelos de ventiladores intervencionados no percurso do estágio nas diferentes unidades hospitalares.

Tabela 5 - Lista de ventiladores de anestesia.

Ventiladores de Anestesia
Aespire 7100
Aespire View
Avance CS <sup>2</sup>
S/5 Avance
Engstrom Pro
Babylog 2000 plus

### 5.6.2. VENTILADOR DE SUPORTE

O ventilador de suporte é utilizado em serviços de unidades de cuidados intensivos e permite manter a funcionalidade pulmonar de pacientes que estão em estado crítico, assegurando deste modo o seu suporte de vida (figura 41).

Os equipamentos utilizados neste tipo de serviços só funcionam com oxigénio e ar, contrariamente ao ventilador de anestesia.



Figura 41 - Exemplos de ventiladores de Suporte, GE Engstrom Pro e Engstrom Carestation.

### 5.6.3. VENTILADOR DE TRANSPORTE

O ventilador de transporte (figura 42) é utilizado aquando da necessidade de deslocação do paciente entre unidades, para outras instalações, em casos de emergência em que a atuação dos profissionais de saúde tem de ser rápida, eficaz e no menor período de tempo possível. Contrariamente aos ventiladores de anestesia e suporte, os ventiladores de transporte só utilizam oxigénio na execução da sua função.



Figura 42 - Exemplo de um ventilador de transporte, Dräger Babylog 2000 Plus.

Usualmente este equipamento é portátil e de pequenas dimensões, facilitando o seu manuseio e transporte, principalmente em casos de deslocação de pacientes em estado crítico ou situações de emergência.

## **CAPÍTULO 6 – PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO REALIZADOS NO ESTÁGIO**

No presente capítulo são apresentadas as diferentes intervenções de manutenção preventiva e corretiva realizadas aos equipamentos descritos anteriormente, e ainda os métodos práticos implementados em cada ação de manutenção.

### **6.1. MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Os equipamentos médicos são utilizados diariamente nos hospitais durante um número alargado de horas por diferentes profissionais. A contínua utilização destes equipamentos leva ao desgaste dos mesmos, daí existir a necessidade de fazer controlo de parâmetros específicos para avaliar o estado de funcionamento do equipamento. Foram realizadas várias intervenções de manutenção preventiva a diferentes equipamentos. Os parâmetros e métodos utilizados foram adaptados a cada equipamento consoante as recomendações mencionadas pelos fabricantes.

A periodicidade das ações de manutenção preventiva apresentada foi estabelecida pela ATM de acordo com as recomendações de cada fabricante e tendo sempre em conta as necessidades e complexidade do equipamento em causa.

#### **6.1.1. BALANÇAS**

Durante a fase residente nas instalações do Hospital CUF Porto, foram analisados diversos equipamentos médicos, nomeadamente balanças pediátricas e de adultos, que se encontravam nos serviços de consultas externas, consultas de pediatria, farmácia e hospital de dia. Uma vez este equipamento tem um grau de complexidade reduzido, foi possível realizar as intervenções de manutenção preventiva autonomamente, no entanto sempre com a supervisão do técnico responsável de electromedicina.

A intervenção de manutenção preventiva de balanças é realizada anualmente. Esta consistiu numa inspeção visual e funcional, tendo em consideração os padrões de preenchimento da ficha de manutenção para o respetivo equipamento. As tabelas abaixo apresentadas são um exemplo do procedimento de manutenção preventiva a realizar para este tipo de equipamentos.

Inspeção funcional para balanças utilizadas em consultas externas e em pediatria:

- Inspeção visual/limpeza técnica;
- Fixação;

- Controlos;
- Bateria/carregador.

Aquando do início de uma intervenção de manutenção preventiva a uma balança ou a qualquer outro tipo de equipamento, é de extrema importância identificar o tipo de equipamento, a marca, o modelo, o número de série, o número de inventário e o serviço onde está localizada.

Posteriormente ao preenchimento dos parâmetros acima mencionados, é necessário proceder então à inspeção funcional do equipamento. Esta inspeção passa por um conjunto de ensaios onde são realizadas várias medições nas balanças com diferentes pesos, de modo a verificar se os valores ensaiados correspondem ao marcador do *display*.

Nas tabelas 6, 7 e 8 estão apresentados os ensaios que devem ser realizados para avaliar o estado de funcionamento dos diferentes equipamentos nomeadamente: balanças para adultos, balanças pediátricas e balanças de precisão.

Tabela 6 - Ensaios funcionais a realizar numa balança de adultos.

<b>BALANÇAS PARA ADULTOS</b>	
	<b>Programado</b>
Ensaio de peso – 1ºensaio	10.0 Kg
Ensaio de peso – 2ºensaio	40.0 Kg
Ensaio de peso – 3ºensaio	80.0 Kg

Tabela 7 - Ensaios funcionais a realizar numa balança pediátrica.

<b>BALANÇAS PEDIÁTRICAS</b>	
	<b>Programado</b>
Ensaio de peso – 1ºensaio	0.5 Kg
Ensaio de peso – 2ºensaio	2.0 Kg
Ensaio de peso – 3ºensaio	10.0 Kg

Tabela 8 - Ensaios funcionais a realizar numa balança de precisão.

<b>BALANÇAS PEDIÁTRICAS</b>	
	<b>Programado</b>
Ensaio de peso – 1ºensaio	0.5 g
Ensaio de peso – 2ºensaio	200.0 g
Ensaio de peso – 3ºensaio	2000.0 g

A verificação funcional das balanças intervencionadas no decorrer do estágio foi feita através das massas calibradas apresentadas no capítulo 4.

No anexo B apresentados os resultados de três intervenções de manutenção preventiva realizadas para diferentes modelos de balanças (adultos, pediátricas e de precisão).

### **6.1.2. DESFIBRILHADORES**

Os desfibrilhadores são equipamentos médicos de extrema importância nas unidades hospitalares, uma vez que são utilizados em situações críticas em que os pacientes estão numa situação de saúde muito crítica. A intervenção de manutenção preventiva destes dispositivos deve ser rigorosa, e feita semestralmente por técnicos qualificados, de modo a garantir a qualidade do equipamento e o correto funcionamento aquando da sua utilização. Os técnicos da ATM têm ao seu encargo diversos modelos de desfibrilhadores, desde desfibrilhadores semiautomáticos a desfibrilhadores automáticos externos (DAE). Geralmente, os desfibrilhadores automáticos encontram-se alocados a instituições hospitalares de maiores dimensões. A intervenção de manutenção preventiva de desfibrilhadores automáticos foi realizada em vários hospitais, como o Hospital CUF Porto, Hospital Pedro Hispano, Hospital de Braga e Misericórdia de Vila Verde. Os DAE são utilizados maioritariamente em centros de saúde por serem equipamentos de dimensões reduzidas e com um grau de complexidade inferior.

Na manutenção preventiva semestral são avaliados diversos parâmetros considerando a lista de verificações disponibilizada pela ATM e utilizando os equipamentos de teste descritos anteriormente BC Biomedical DA-2006 e RIGEL 288. A tabela 9 apresenta o guia de procedimentos a efetuar para a manutenção preventiva dos desfibrilhadores.

Tabela 9 - Lista de Verificações do Desfibrilhador.

<b>MANUTENÇÃO PREVENTIVA DESFIBRILHADOR</b>
<b>Equipamentos de Ensaio Utilizados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código;</li> <li>• Marca;</li> <li>• Modelo;</li> <li>• Número de série;</li> <li>• Certificação.</li> </ul>
<b>Inspeção Visual</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeção visual e limpeza técnica;</li> <li>• Fixação do equipamento;</li> <li>• Carro de transporte/travões;</li> <li>• Tomada de alimentação/ cabo de alimentação;</li> <li>• Cabos de conexão do ECG e das Pás, conectores e controles;</li> <li>• Pás/Eléttodos;</li> <li>• Bateria/carregador;</li> <li>• Indicadores/<i>display</i>;</li> <li>• Descarga interna de energia;</li> <li>• Impressora;</li> <li>• Alarmes e sinais acústicos.</li> </ul>
<b>Inspeção Funcional e Segurança Elétrica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de ECG;</li> <li>• Alarmes de ECG (Inferior e Superior);</li> <li>• Medição de energia (Mínima, Intermédia e Máxima);</li> <li>• Ensaio de Energia após 60 segundos;</li> <li>• Tempo de carga e energia máxima.</li> </ul>
<b>Resumo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpeza;</li> <li>• Calibrações;</li> <li>• Lubrificações;</li> <li>• Substituição do material;</li> <li>• Observações inerentes à manutenção.</li> </ul>

**Inspeção Visual:** numa fase inicial é realizada a inspeção visual do equipamento. É nesta fase que se verifica todo o invólucro exterior do desfibrilhador, assim como os acessórios que lhe estão associados (pás/eléttodos, cabo de alimentação, cabo de conexão do ECG). Para averiguar o estado das pás é realizado um teste que consiste na junção das duas pás onde são realizados sucessivos movimentos ao cabo de conexão das pás ao desfibrilhador. Este teste permite verificar se as pás se encontram com algum tipo de interferência ou ruído. As pás encontram-se operacionais se no *display* do desfibrilhador for possível observar uma linha horizontal retilínea.

Após a realização da inspeção visual são realizados os testes de funcionamento do equipamento, que têm por base as seguintes etapas:

**Ensaio de Eletrocardiograma:** para avaliar o correto funcionamento do eletrocardiograma são efetuadas diferentes simulações que analisam o ritmo cardíaco. Os valores de frequência cardíaca são testados com o cabo de ECG e com as pás do desfibrilhador. O procedimento a realizar para testar o cabo de ECG é semelhante ao descrito na secção 5.1.4 relativa aos monitores de sinais vitais. Por outro lado, são testadas as pás do desfibrilhador para valores de frequência cardíaca de 30 bpm, 60 bpm, 90 bpm, 120 bpm e 180 bpm. As pás são colocadas sobre os dois discos existentes no equipamento de teste e é visualizado no *display* do desfibrilhador a onda de ECG e o valor do ritmo cardíaco.

**Ensaio de Medição de Energia:** estes ensaios permitem verificar se o equipamento traduz os valores de energia programados pelo utilizador. Para a realização deste teste é utilizado o equipamento de teste dos desfibrilhadores, onde são programados diferentes valores de energia conforme a lista de verificações elaborada pela ATM. Neste ensaio, as pás são colocadas sobre os discos e são simuladas três desfibrilhações para diferentes valores de energia: mínima, média e máxima. A energia máxima varia consoante o desfibrilhador, podendo atingir os 200J ou 360J.

**Ensaio de tempo de carga e energia máxima:** este ensaio é realizado posteriormente aos três ensaios de energia, e é simulada uma descarga com o valor de energia máxima do equipamento, podendo assim analisar o tempo que demora o desfibrilhador a atingir a energia máxima para se poder administrar o choque no indivíduo.

**Ensaio em Bateria:** um dos testes realizados na verificação dos desfibrilhadores é a capacidade da bateria. Este teste tem como finalidade garantir que o equipamento funciona em modo bateria, ou seja, desligado da corrente. A manutenção preventiva dos desfibrilhadores é realizada sempre em modo de bateria, ou seja, com o cabo de alimentação desconectado do equipamento para averiguar a capacidade da bateria. Este teste é crucial para garantir que em caso de transportes de doentes entre unidades e/ou instituições o desfibrilhador tem autonomia para a realização do processo.

Para finalizar a manutenção preventiva dos desfibrilhadores é realizado o teste de segurança elétrica ao mesmo.

No anexo C são apresentados os resultados de uma intervenção de manutenção preventiva realizada para um modelo específico de desfibrilhador.

### 6.1.3. BOMBAS DE PERFUSÃO

Em ambiente hospitalar existem inúmeros dispositivos de infusão distribuídos pelos diferentes serviços. A manutenção preventiva destes equipamentos é realizada anualmente por um técnico qualificado e conforme a lista de verificações apresentada na tabela 10.

Tabela 10 - Lista de Verificações de Dispositivos de Infusão.

<b>MANUTENÇÃO PREVENTIVA BOMBAS DE PERFUSÃO</b>
<b>Equipamentos de Ensaio Utilizados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código;</li> <li>• Marca, modelo e número de série;</li> <li>• Certificação.</li> </ul>
<b>Inspeção Visual</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeção visual e limpeza técnica;</li> <li>• Fixação do equipamento;</li> <li>• Cabo de alimentação, cabos, conectores e controles;</li> <li>• Bateria/carregador;</li> <li>• Indicadores/<i>display</i>;</li> <li>• Mecanismo bloqueamento de fluxo;</li> <li>• Alarmes e sinais acústicos.</li> </ul>
<b>Inspeção Funcional e Segurança elétrica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teste de segurança elétrica;</li> <li>• Ensaio de Débito;</li> <li>• Volume de Infusão;</li> <li>• Tempo de Infusão;</li> <li>• Ensaio de Pressão de Oclusão (Mínima, Intermédia e Máxima);</li> <li>• Ensaio de <i>bolus</i>.</li> </ul>
<b>Resumo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpeza;</li> <li>• Calibrações;</li> <li>• Lubrificações;</li> <li>• Substituição do material;</li> <li>• Observações inerentes à manutenção.</li> </ul>

**Inspeção Visual:** numa primeira fase é realizada a inspeção visual ao equipamento, nomeadamente ao estado da porta e dobradiças, acessórios, sensores, êmbolo (caso se aplique) e estado exterior do equipamento.

**Inspeção Funcional:** nesta fase são realizados testes ao dispositivo onde são analisadas todas as funcionalidades intrínsecas ao aparelho, tais como: verificação do funcionamento dos controles, *display*, alarmes sonoros e conectores. Seguidamente, e de modo a analisar os parâmetros de débito de fluxo, pressão e oclusão, é utilizado o equipamento de teste Fluke – IDA 5, que permite simular valores para posteriormente serem comparados aos valores padrão definidos pelo fabricante apresentados no anexo A [81][82][83].

Ensaio de débito: este ensaio pretende analisar se o volume de fluido a administrar corresponde ao programado pelo técnico, no intervalo de tempo pré-definido que pode ser calculado pela seguinte expressão<sup>10</sup>:

$$\begin{array}{l} 250 \text{ ml} \text{ ————— } 60 \text{ min} \\ 25 \text{ ml} \text{ ————— } X \text{ min} \end{array}$$

$$X = \frac{25 \times 60}{250} = 6 \text{ min}$$

Figura 43 - Cálculo para determinar o intervalo de tempo definido para o ensaio de débito.

Na intervenção de manutenção preventiva são realizados e registados no mínimo dois ensaios. Os valores de débito variam consoante o modelo das bombas (anexo A). No caso das bombas

Ensaio de Pressão de oclusão: o teste de pressão é realizado de modo a avaliar diferentes pressões: mínima, média e máxima. Este teste tem a finalidade de verificar se os valores de pressão se encontram dentro da gama de valores definidos pelo fabricante. No ensaio de pressão o equipamento emite um alarme sonoro quando o fluxo atinge a sua pressão máxima, para os diferentes níveis de pressão (baixa, média e alta).

Ensaio de bolus: Este teste tem o objetivo de analisar a perfusão de uma quantidade específica de volume num curto espaço de tempo. Este tipo de equipamento é utilizado por norma no tratamento da dor crónica e permite ao paciente através de um comando acionar o débito de fármaco em *bolus*, ou seja, a entrada na circulação sanguínea de maior quantidade de fármaco num curto espaço de tempo. No entanto é de salientar que esta opção é programada e supervisionado pelo enfermeiro ou médico.

**Teste de Segurança Elétrica:** após a inspeção funcional, é feito o ensaio de segurança elétrica ao equipamento. Este teste é realizado recorrendo ao equipamento de teste RIGEL 288+.

No anexo D são apresentados os resultados de intervenções de manutenção preventiva realizadas para diferentes modelos de bombas perfusoras.

#### 6.1.4. ESFIGMOMANÓMETRO AUTOMÁTICO

A manutenção preventiva do esfigmomanómetro automático é feita anualmente e tem por base a avaliação dos seguintes parâmetros apresentados nas tabelas 11 e 12.

---

<sup>10</sup> Cálculo efetuado para as bombas Infusomat Fms e Infusomat Space.

Tabela 11 - Lista de Verificações Esfigmomanómetro Automático.

<b>MANUTENÇÃO PREVENTIVA ESFIGMOMANÓMETRO</b>
<b>Equipamentos de Ensaio Utilizados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código;</li> <li>• Marca;</li> <li>• Modelo;</li> <li>• Número de série;</li> <li>• Certificação.</li> </ul>
<b>Inspeção Visual</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeção visual e limpeza técnica;</li> <li>• Cabos;</li> <li>• Conectores e controles;</li> <li>• Tubos e mangueiras;</li> <li>• Frequência Cardíaca;</li> <li>• Bateria/carregador;</li> <li>• Indicadores/<i>display</i>;</li> <li>• Alarmes e sinais acústicos.</li> </ul>
<b>Inspeção Funcional</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaios de Pressão Não invasiva;</li> <li>• Batimento Cardíaco;</li> <li>• Ensaios de fuga de ar;</li> </ul>
<b>Resumo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpeza;</li> <li>• Calibrações;</li> <li>• Lubrificações;</li> <li>• Substituição do material;</li> <li>• Observações inerentes à manutenção.</li> </ul>

**Inspeção Visual:** na inspeção visual é verificado todo o exterior do equipamento, como cabos, conectores e o estado da braçadeira.

**Inspeção Funcional:** é feita a verificação dos sinais acústicos e alarmes, funcionamento do *display* e da braçadeira. Posteriormente, são realizados diferentes ensaios de pressão arterial com base nos valores da tabela 12, recorrendo ao equipamento de teste multiparamétrico RIGEL UNI-SIM. No equipamento de teste são simulados diferentes valores de pressão, que posteriormente são mostrados no *display* do esfigmomanómetro.

No anexo E são apresentados os resultados de intervenções de manutenção preventiva realizadas para um modelo de esfigmomanómetro automático.

Tabela 12 - Ensaios de Pressão Arterial.

Ensaio	Pressão Não Invasiva	Programado
1ºEnsaio*	Pressão Diastólica	40
	Pressão Sistólica	80
2ºEnsaio*	Pressão Diastólica	80
	Pressão Sistólica	120
3ºEnsaio*	Pressão Diastólica	100
	Pressão Sistólica	140
4ºEnsaio*	Pressão Diastólica	180
	Pressão Sistólica	220
*Todos os ensaios realizados têm um erro associado de $\pm 10$ mmHg		

### 6.1.5. MONITORES DE SINAIS VITAIS

O MSV é um equipamento destinado à monitorização de diversos parâmetros fisiológicos de um paciente e auxiliares no diagnóstico e tratamento de doenças. Este tipo de equipamento está presente em todos os serviços existentes num hospital, desde consultas externas, urgências, bloco operatório, bloco de partos, internamento e atendimento permanente.

No período de acompanhamento da equipa móvel, foi possível visualizar diferentes tipos de monitores de sinais vitais, uma vez que o técnico é responsável por realizar as manutenções preventivas destes equipamentos nos locais onde a empresa tem contratos.

A intervenção de manutenção realizada consistiu em três fases distintas: inspeção visual do aparelho, inspeção funcional e inspeção de segurança elétrica, tendo por base a ficha de manutenção elaborada e disponibilizada pela ATM. Antes de se iniciar qualquer processo de manutenção, devem ser registados todos os dados do equipamento, desde marca, modelo, número de série e inventário e o serviço ao qual está alocado.

A tabela 13 sintetiza os passos que devem ser seguidos e analisados para a realização da manutenção preventiva dos monitores de sinais vitais.

Tabela 13 - Lista de Verificações de Monitor de Sinais Vitais.

<b>MANUTENÇÃO PREVENTIVA MONITOR DE SINAIS VITAIS</b>
<b>Equipamentos de Ensaio Utilizados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código;</li> <li>• Marca;</li> <li>• Modelo;</li> <li>• Número de série;</li> <li>• Certificação.</li> </ul>
<b>Inspeção Visual</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeção visual e limpeza técnica;</li> <li>• Fixação do equipamento;</li> <li>• Carro de transporte/travões;</li> <li>• Tomada de alimentação/ cabo de alimentação;</li> <li>• Cabos;</li> <li>• Conectores e controles;</li> <li>• Eléttodos;</li> <li>• Tubos e manguueiras;</li> <li>• Sensores de SpO<sub>2</sub>;</li> <li>• Bateria/carregador;</li> <li>• Indicadores/<i>display</i>;</li> <li>• Alarmes e sinais acústicos.</li> </ul>
<b>Inspeção Funcional e Segurança Elétrica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de Segurança elétrica;</li> <li>• Ensaio de Pressão Não invasiva;</li> <li>• Batimento Cardíaco;</li> <li>• Ensaio de fuga de ar;</li> <li>• Ensaio de SpO<sub>2</sub>;</li> <li>• Alarmes de SpO<sub>2</sub> (Inferior e Superior);</li> <li>• Ensaio de ECG;</li> <li>• Alarmes de ECG (Inferior e Superior).</li> </ul>
<b>Resumo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpeza;</li> <li>• Calibrações;</li> <li>• Lubrificações;</li> <li>• Substituição do material;</li> <li>• Observações inerentes à manutenção.</li> </ul>

Após a inspeção visual são realizados testes funcionais com o objetivo de verificar se os parâmetros avaliados através do monitor de sinais vitais se encontram de acordo com os valores recomendados pelo fabricante. Os testes funcionais são realizados com o auxílio de dois equipamentos de teste: o multiparamétrico e o equipamento de segurança elétrica.

O multiparamétrico é o RIGEL UNI-SIM que permite analisar indicadores de pressão não invasiva, saturação de oxigénio e valores de ECG, e o equipamento de segurança elétrica é o RIGEL 288.

Para realizar a verificação da pressão não invasiva é necessário recorrer à montagem de um sistema para a realização do teste. A montagem é feita através da conexão do equipamento teste à braçadeira, através de tubos e conectores e a posterior insuflação de ar. Posteriormente, são feitos quatro ensaios com valores de referência de pressão arterial atribuídos pelo equipamento teste e que são comparados aos valores apresentados no *display* do monitor. A tabela 12, apresentada na secção 6.1.4., ilustra os ensaios realizados com o equipamento teste que são os mesmos a efetuar neste tipo de equipamento.

De seguida é efetuado o teste de medição do ritmo cardíaco. Este teste é idêntico ao realizado para medir a pressão não invasiva onde são simulados valores padrão e posteriormente comparados aos valores amostrados no *display*. Os monitores possuem um sistema de alarmes que são acionados quando ocorre alguma anomalia na leitura dos limites desejados de ECG, ou seja, quando o ritmo cardíaco está abaixo ou acima dos limites inferior e superior respetivamente. O equipamento quando atinge um valor de ritmo cardíaco que não está compreendido no intervalo discriminado na tabela 14 emite um alarme sonoro e visual no *display*. A tabela 14 apresenta os diferentes ensaios realizados no decorrer da manutenção para testar o ritmo cardíaco.

Tabela 14 - Ensaios de medição do ritmo cardíaco.

Ensaios	ECG	Programado
1ºEnsaio*	Derivada I	30bpm
2ºEnsaio*	Derivada II	60bpm
3ºEnsaio*	Derivada II	80bpm
4ºEnsaio*	Derivada II	120bpm
5ºEnsaio*	Derivada III	180bpm
Alarme de ECG	Inferior	**
Alarme de ECG	Superior	**
*Todos os ensaios realizados têm associado um erro de $\pm 5\%$		
**Os alarmes de ECG inferiores e superiores dependem do modelo do equipamento		

Outro teste a realizar após a verificação dos parâmetros acima mencionados é medição dos valores de SpO<sub>2</sub>. O multiparamétrico permite a simulação de diferentes valores que irão ser visualizados no *display* do monitor. Os alarmes de SpO<sub>2</sub> são testados simulando no equipamento teste valores de SpO<sub>2</sub> abaixo ou acima dos limites inferiores e posteriores respetivamente. Na tabela 15 estão discriminados os valores padrão dos dois ensaios a realizar.

Tabela 15 - Ensaios de medição de SpO<sub>2</sub>.

Ensaios	SpO <sub>2</sub>	Programado
1ºEnsaio*	-----	90
2ºEnsaio*	-----	98
Alarme de SpO <sub>2</sub>	Inferior	**
Alarme de SpO <sub>2</sub>	Superior	**
*Ensaios realizados segundo os valores padronizados pela empresa ATM **Os alarmes de ECG inferiores e superiores dependem do modelo do equipamento e têm um erro associado de $\pm 1\%$		

No anexo F são apresentados os resultados de intervenções de manutenção preventiva realizadas para um modelo específico de monitor de sinais vitais.

#### 6.1.6. VENTILADOR DE ANESTESIA

No Hospital CUF Porto foram realizadas intervenções de manutenção preventiva aos equipamentos de ventilação anestésica existentes nas oito salas do bloco operatório, salas do bloco de partos, sala de gastroenterologia e sala de imagiologia. Assim como nos restantes equipamentos, a manutenção dos ventiladores engloba duas etapas: a inspeção visual e a inspeção funcional. Na inspeção funcional foi substituído o kit anual composto por filtros, membranas e *o-rings*, e posteriormente foram realizadas verificações, testes e calibrações de acordo com o manual do ventilador. A tabela 16 apresenta a lista de verificações que é utilizada como base de referência para se realizar a manutenção preventiva dos ventiladores.

Tabela 16 - Lista de Verificações do Ventilador de Anestesia.

<b>MANUTENÇÃO PREVENTIVA VENTILADOR</b>
<b>Equipamentos de Ensaio Utilizados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código;</li> <li>• Marca e modelo;</li> <li>• Número de série;</li> <li>• Certificação.</li> </ul>
<b>Inspeção Visual</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeção visual e limpeza técnica;</li> <li>• Fixação do equipamento;</li> <li>• Carro de transporte/travões;</li> <li>• Tomada de alimentação/ cabo de alimentação;</li> <li>• Cabos, conectores e controles;</li> <li>• Tubos e mangueiras;</li> <li>• Sensores e filtros;</li> <li>• Circuito paciente, fole ventilador e sistema AGSS;</li> <li>• Bateria/carregador;</li> <li>• Indicadores/<i>display</i>;</li> <li>• Auto-Teste</li> <li>• Alarmes;</li> <li>• Kit Anual.</li> </ul>
<b>Componentes do Equipamento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de Série e número de Inventário;</li> <li>• Descrição do equipamento e data de calibração.</li> </ul>
<b>Ensaio de Parâmetros Ventilatórios - Adulto</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidal Volume;</li> <li>• Frequência Respiratória/min;</li> <li>• Ensaio da correta mistura de gases (%O<sub>2</sub>);</li> <li>• Ensaio de Alarme de Pressão (Máxima e Mínima);</li> </ul>
<b>Resumo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpeza;</li> <li>• Calibrações;</li> <li>• Lubrificações;</li> <li>• Substituição do material;</li> <li>• Observações inerentes à manutenção.</li> </ul>

O exemplo que se segue corresponde a um ventilador anestésico Datex-Ohmeda S/5 Avance do Hospital CUF Porto, localizado no bloco operatório e onde foi realizada este tipo de manutenção preventiva. Nesta manutenção foram realizados os seguintes passos:

Módulo do circuito ventilatório: neste módulo foram substituídos os vedantes ou *o-rings* que previnem eventuais fugas do sistema (figura 43).

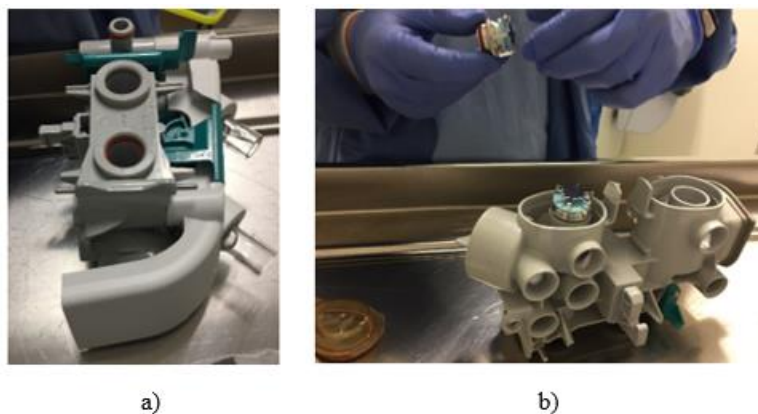


Figura 44 - a) Substituição dos vedantes (círculos apresentados a laranja); b) Substituição das válvulas de segurança (círculos apresentados a cheio a azul).

Fole: na zona de encaixe do fole do ventilador procedeu-se à troca da vedação e da válvula de libertação de pressão.

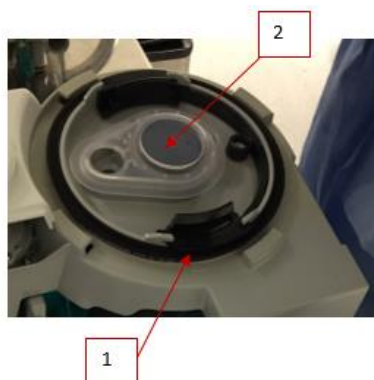


Figura 45 - 1) Vedação da base; 2) Conjunto da Válvula de libertação de pressão.

Célula de O<sub>2</sub> do circuito: Substituição da célula de oxigénio.



Figura 46 - Célula de O<sub>2</sub>.

Sistema de Baterias: Substituição das baterias do ventilador de modelo S/5 Avance



Figura 47 - Baterias do ventilador S/5 Avance.

**Filtros:** na manutenção preventiva procedeu-se também à substituição de dois filtros, um filtro geral do equipamento e o filtro da Unidade Central de Processamento (do inglês *Central Process Unit* – CPU).

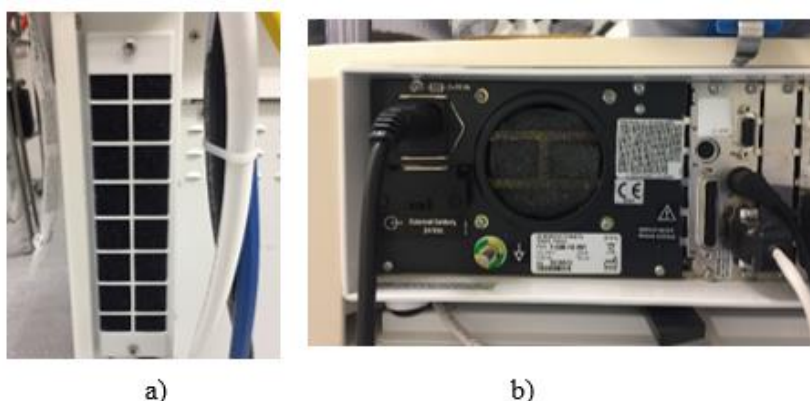


Figura 48 - a) Filtro geral do ventilador; b) Filtro do CPU.

**Módulo E-CAiO:** neste módulo de gases foram substituídos filtros internos característicos do módulo e o filtro da ventoinha de arrefecimento, ilustrado na figura 48.

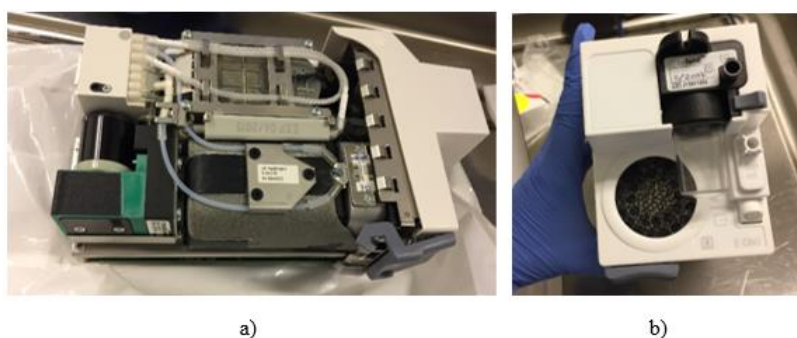


Figura 49 - a) Filtros internos do módulo E-CAiO; b) Filtro da ventoinha de arrefecimento.

O kit é ainda constituído por uma válvula que está integrada no bloco do paciente e vedantes para os encaixes dos vaporizadores (figura 50 e figura 51).



Figura 50 - Válvula pertencente ao bloco do paciente.



Figura 51 - Vedantes (círculos pretos) para os encaixes dos vaporizadores.

Após a substituição do kit de manutenção foram verificados os seguintes parâmetros:

- Funcionamento dos botões e dispositivos de comando;
- Verificação de alarmes e sinais acústicos;
- Realização do autoteste do ventilador. No anexo G estão apresentados todos os testes realizados consoante o descrito no manual do ventilador [84].

Para analisar a veracidade dos valores apresentados no *display* do ventilador é utilizado o equipamento de teste VT305, que permite comparar os valores obtidos entre o analisador de ventilação e o ventilador.

#### 6.1.7. VENTILADOR DE TRANSPORTE

No Hospital CUF Porto foram realizadas intervenções de manutenção preventiva a ventiladores de serviços distintos, nomeadamente aos ventiladores da Unidade de Cuidados Intensivos Polivalente (UCIP). Os ventiladores presentes nesta unidade diferem dos ventiladores encontrados noutros serviços, porém pertencem ao mesmo fabricante, General Electric (GE). Neste serviço, foram efetuadas trocas de kits anuais a dois ventiladores com modelos diferentes: o Engström Pro e o Engström Carestation. O kit contempla filtros para o visor, filtro geral do ventilador, filtros de entrada de ar e baterias.

Inicialmente, foi realizada uma inspeção visual ao ventilador onde foram verificados todos os cabos, nomeadamente o cabo de alimentação, tubos de ar e oxigénio e traqueias de ventilação. Na inspeção visual, verificaram-se também todos os conectores e controlos do ventilador, indicadores de *display* e alarmes sonoros.

Na inspeção funcional foi efetuada a substituição das peças constituintes do kit de manutenção, evidenciada nos seguintes passos:

Filtro do visor: Substituição do filtro da ventoinha do monitor.

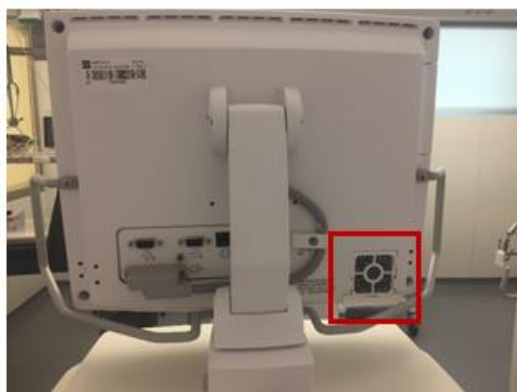


Figura 52 - Filtro do Monitor.

Filtro do ventilador: Substituição do filtro da ventoinha da unidade do ventilador

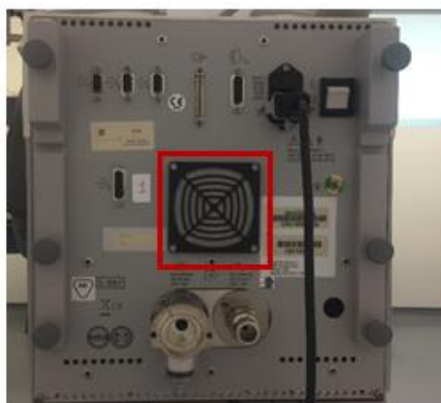


Figura 53 - Filtro geral do ventilador.

Filtros de entrada de ar: Substituição do filtro de entrada de ar

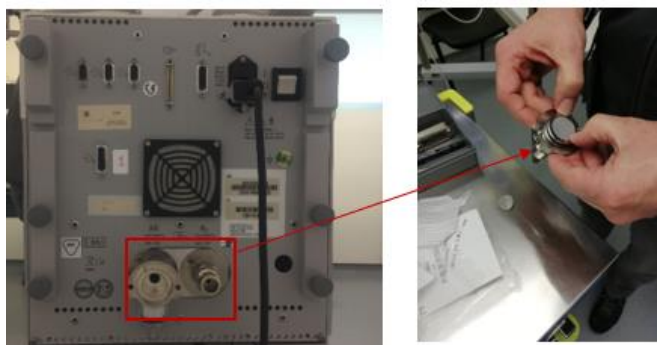


Figura 54 - Filtro de entrada de ar.

### Sistema de Baterias: Substituição de duas baterias de 12Volts.



Figura 55 - Baterias do ventilador

Após a substituição das peças foi realizada a verificação geral do equipamento. Assim como no ventilador anterior, este ventilador tem uma verificação automática: o autoteste. Os valores analisados são comparados aos valores obtidos pelo equipamento teste VT305.

No anexo H está descrito o procedimento recomendado pelo manual para a realização das verificações do ventilador Engström Carestation [85].

## **6.2. MANUTENÇÃO CORRETIVA**

No meio hospitalar os equipamentos estão em constante funcionamento, e apesar de serem sujeitos a intervenções de manutenção preventiva rigorosas e regulares, nem sempre é possível prevenir e evitar falhas nos mesmos. O uso excessivo, a má utilização e o próprio desgaste pelo uso são fatores que combinados levam à deterioração dos equipamentos médicos, sendo necessário fazer uma intervenção imediata e rigorosa.

Ao acompanhar o técnico da equipa móvel foram realizadas várias intervenções em diferentes unidades hospitalares, uma vez que estes servem de 'SOS' para casos urgentes, onde a resposta aos problemas deve ser rápida.

### 6.2.1. VENTILADOR DE ANESTESIA HOSPITAL CUF PORTO

No decorrer da intervenção de manutenção preventiva realizada aos ventiladores do Hospital CUF Porto verificaram-se algumas anomalias em determinados constituintes dos equipamentos. Os problemas encontrados foram solucionados no imediato de modo a não provocar paragens do serviço do bloco operatório e permitir o correto funcionamento do ventilador.

Um dos problemas encontrados foi no fole do ventilador, tendo sido necessário proceder à substituição do mesmo, uma vez que este se encontrava com uma fuga, consequência de um furo. Esta fuga pode ser facilmente justificável, porque os ventiladores do Hospital CUF Porto estão em constante funcionamento levando a um maior e mais rápido desgaste dos componentes que o constituem.

Posteriormente, e no mesmo ventilador da sala 8 do bloco operatório verificou-se que o monitor do ventilador tinha o botão rotativo partido. Cuidadosamente foi removido o botão e substituído por um novo do fabricante (figura 55).



Figura 56 - Substituição do botão do monitor, GE Datex-Ohmeda S/5 Avance.

### 6.2.2. VENTILADOR DE ANESTESIA CLÍNICA LUSO ESPANHOLA

A presente manutenção corretiva corresponde a um pedido realizado pela Clínica Luso Espanhola, relativamente a um ventilador Datex-Ohmeda S/5 Avance. O pedido reportava mau funcionamento do fole do ventilador. Após a análise do ventilador verificou-se que a válvula de libertação de pressão (figura 56) se encontrava mal posicionada na zona de encaixe, daí a existência de anomalias durante o funcionamento do ventilador.



Figura 57 –Recolocação da válvula de libertação de pressão.

Posteriormente à recolocação da válvula, foram testadas as funcionalidades do equipamento de modo a averiguar se todos os parâmetros se encontravam dentro dos valores pretendidos. Os testes funcionais foram verificados recorrendo ao equipamento de teste Fluke VT305. A verificação efetuada contempla os seguintes procedimentos:

- Inspeção visual ao equipamento;
- Verificações dos cabos e ligações;
- Teste de fugas;
- Verificação dos alarmes e sons acústicos;
- Ensaio de parâmetros ventilatórios;
- Ensaio da correta mistura de gases.

## Capítulo 7 – ENSAIO DE POLUIÇÃO DE GASES ANESTÉSICOS

Todos os profissionais de saúde que trabalham em ambiente operatório são constantemente expostos a fatores de risco para a saúde, nomeadamente a três principais agentes: físicos (radiações), biológicos (sangue e fluidos corporais) e químicos (desinfetantes das salas e gases anestésicos) [86].

Os blocos operatórios estão equipados com uma rampa de gases, que contém as entradas de ar medicinal, vácuo, oxigénio, protóxido de azoto e o sistema exaustão dos gases. Além deste facto, os ventiladores que são utilizados na maioria das intervenções cirúrgicas têm a eles acoplados gases halogenados, o sevoflurano e o desflurano, que são usados para a anestesia inalatória. Uma vez que, durante uma intervenção cirúrgica são normalmente utilizados gases anestésicos ou gases halogenados e que estes podem ter efeitos colaterais para a saúde quando expostos de forma incorreta, há a necessidade de controlo destes agentes periodicamente [86].

A contaminação das salas cirúrgicas por gases anestésicos pode ser provocada por fugas que ocorrem normalmente nas seguintes situações:

- Fuga nos equipamentos;
- Fuga na zona dos vaporizadores;
- Fuga nas conexões do circuito/bloco do paciente (cal sodada, válvula APL do ventilador, copo do condensador, linha de capnografia);
- Fuga nas traqueias de ventilação e balão;
- Fuga rampa de gases.

De modo a avaliar as concentrações de gases anestésicos nas salas operatórias, são realizados ensaios de poluição de gases anestésicos através do equipamento de teste Miran SapphIRe, permitindo analisar a qualidade do ar ambiente. Os valores de referência limite de exposição de gases, segundo o *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) são os seguintes [87][88][89]:

Tabela 17 - Tabela com os valores padrão de gases halogenados e gases anestésicos.

Gás	Entidade responsável	Valor de referência
N <sub>2</sub> O	NIOSH	50 ppm (8h de exposição)
Sevoflurano	NIOSH	2 ppm (1h de exposição)
Desflurano	NIOSH	2 ppm (1h de exposição)

O NIOSH é uma agência americana focada nos estudos da segurança e saúde dos trabalhadores, com o objetivo de prevenir lesões e doenças que se possam desenvolver com a atividade profissional [90].

### 7.1. EQUIPAMENTO DE TESTE ANALISADOR DE AR – MIRAN SAPPHIRE

O analisador de ar Miran SapphIRE (figura 57) é um equipamento de teste portátil, que funciona através de infravermelhos e permite analisar ambientes de trabalho em que haja a presença de gases, através da aspiração do ar [91].

Este equipamento contém um espectrofotômetro de infravermelho, que tem a capacidade de medir e comparar a quantidade de luz absorvida, transmitida e refletida pela amostra recolhida e um microcontrolador que faz o processamento do sinal. Os resultados podem ser mostrados através de várias grandezas, nomeadamente partes por bilhão (ppb), partes por milhão (ppm), percentagem (%),  $\text{mg}/\text{m}^3$  ou unidades de absorvância [92].



Figura 58 - Analisador de ar, Miran SapphIRE

### 7.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Este procedimento foi realizado em várias unidades hospitalares, nomeadamente: Hospital CUF Porto, Hospital CUF Viseu, Hospital de Braga e Hospital Misericórdia de Vila Verde, com o objetivo principal de avaliar a Exaustão de Gases Anestésicos (EGA) das salas operatórias, ou salas que utilizam o ventilador de anestesia para procedimentos.

Antes de se dar início à medição das concentrações de gases, é necessário ter em atenção todos os parâmetros que estão apresentados na tabela 18.

Tabela 18 - Lista de Verificações Adaptada dos Ensaios EGA.

<b>ENSAIOS DE GASES ANESTÉSICOS</b>	
<b>Equipamentos de Ensaio Utilizados</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código;</li> <li>• Marca;</li> <li>• Modelo;</li> <li>• Número de série;</li> <li>• Certificação.</li> </ul>	
<b>Caraterização da Sala</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de Ventilação -AVAC (Ligado/Desligado);</li> <li>• Registo de Temperatura (°C);</li> <li>• Humidade Relativa (%);</li> <li>• Pressão Atmosférica (hPa).</li> </ul>	
<b>Dados do Equipamento de Anestesia</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca;</li> <li>• Modelo;</li> <li>• Número de Série.</li> </ul>	
<b>Caraterização de Arranque do Ensaio</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimento zero-<i>filter</i>;</li> <li>• Estado de Ocupação da sala (Repouso/ Funcionamento);</li> <li>• Verificação do teste de fugas do ventilador;</li> <li>• Verificação do Sistema de Exaustão de Gases Anestésicos;</li> <li>• Observações (caso se aplique).</li> </ul>	

**Caraterização da sala:** através da caraterização da sala é possível verificar se o sistema de ventilação se encontra ligado ou desligado. Para a realização dos ensaios e conseqüente funcionamento das salas, o sistema de ventilação tem de estar sempre ligado. Foram ainda registados dados relativos à temperatura do local, humidade relativa e pressão atmosférica.

**Caraterização do Arranque do Ensaio:** para se proceder ao início do ensaio é feito sempre o zero do filtro com o objetivo calibrar o equipamento de teste. Uma vez que os testes têm de ser realizados em ambiente cirúrgico, é sempre registado o estado de ocupação da sala. Os ensaios devem ser realizados com a sala em funcionamento, caso isso não seja possível, e a sala esteja em repouso, os ensaios são realizados recorrendo à simulação de uma intervenção utilizando um pulmão de teste em substituição do paciente. De modo a iniciar os ensaios o ventilador é ligado e são ajustados os valores do fluxo de oxigénio (O<sub>2</sub>) e protóxido de azoto (N<sub>2</sub>O). Geralmente estes valores são repartidos equitativamente, ou seja, é escolhido um fluxo de 8 l/min, repartidos por 4 l/min de oxigénio e 4 l/min de protóxido de azoto. Seguidamente é escolhido o gás anestésico a utilizar no procedimento, que na maioria dos casos é o sevoflurano. Para os ensaios realizados a percentagem de sevoflurano utilizado foi de 4%.

Após serem verificadas todas as etapas mencionadas e descritas acima, o técnico encontra-se pronto para realizar os diversos ensaios que consistem na medição de fugas de protóxido de

azoto e do gás anestésico escolhido (desflurano ou sevoflurano) em diferentes pontos estratégicos da sala, nomeadamente:

- Porta de entrada;
- Mesa operatória, junto ao pavimento;
- Zona respiratória do cirurgião;
- Zona respiratória do anestesista;
- Grelha de extração mais próxima do equipamento de anestesia;
- Zona de vaporizadores;
- Zona de traqueias;
- Tomadas de Gases – Pendentes.

No decorrer dos ensaios os valores obtidos através da aspiração do ar pelo equipamento de teste, vão sendo registados numa folha elaborada pela ATM para posteriormente ser feito um relatório técnico a descrever o procedimento efetuado e os resultados obtidos. Após a finalização dos ensaios o ventilador deve continuar em funcionamento com oxigénio a 100% (fluxo 8 l/min) com o objetivo de limpar o ar presente na sala.

No anexo I são apresentados os resultados obtidos na realização de um ensaio de poluição de gases anestésicos.

## **CAPÍTULO 8 – CONCLUSÃO**

A evolução da manutenção em ambiente hospitalar está diretamente relacionada com o avanço tecnológico, uma vez que os equipamentos médicos utilizados para diagnóstico e tratamento de doenças são cada vez mais sofisticados e inovadores. A manutenção, nomeadamente no ramo da saúde, é uma área que tem vindo a crescer e a ser mais explorada por recém-licenciados em engenharia biomédica, eletromecânica e eletrónica.

O correto funcionamento dos equipamentos médicos é crucial no meio hospitalar, dado que as avaliações ao estado de saúde dos pacientes, feitas com estes equipamentos pode ser um fator determinante na resolução de problemas de saúde. Deste modo, a implementação de um planeamento de manutenção preventiva ocupa um papel fundamental no que toca à qualidade e conservação do estado dos equipamentos existentes nas instalações. A realização de boas práticas de manutenção preventiva leva à preservação dos equipamentos por um período de tempo mais duradouro e à diminuição de ações corretivas, aumentando assim o tempo de vida de um equipamento.

A realização do estágio permitiu a aquisição de conhecimentos gerais sobre o funcionamento de um hospital, todo o processo envolvente na prática de ações preventivas e corretivas e ainda noções técnicas e práticas sobre o funcionamento de dispositivos médicos. Cada equipamento tem as suas especificações, sendo as manutenções preventivas apropriadas às mesmas. Os testes realizados variam consoante os equipamentos, porém a base da verificação do equipamento é geral para todos eles.

A integração na equipa móvel teve um elevado impacto positivo no estágio, uma vez que proporcionou o contacto e vivências com diferentes realidades hospitalares, permitindo assim ter uma perceção de como lidar com os problemas em diferentes situações. Por outro lado, a integração na equipa residente proporcionou o contacto direto com inúmeros equipamentos médicos e também equipamentos de teste utilizados na verificação de parâmetros.

O estágio foi um percurso de constante aprendizagem, onde foram adquiridas valências que no futuro vão ser cruciais para permitir um bom desempenho profissional na realização de tarefas inerentes à área da manutenção hospitalar.



## REFERÊNCIAS

- [1] Rui Veloso, M. Loureiro, L. Goes, e V. Mendes. *ATM Manutenção Total, Relatório e contas \ 2018*, 2018.
- [2] ATM - Manutenção Total. *ATM - Manutenção Total*, 2018. [Online]. Disponível em: <https://atmttotal.com/>. [Acedido: 08-Jul-2019].
- [3] Abel Mateus, E. Rodrigues, e T. Moreira. *Autoridade da Concorrência, Decisão de não oposição ds autoridade da concorrência*, 2005.
- [4] ATM - Manutenção Total. *ATM - Manutenção Total*, 2018. [Online]. Disponível em: <https://atmttotal.com/areas-de-negocio/saude/>. [Acedido: 10-Jun-2019].
- [5] Direção de Comunicação da José de Mello. *Negócio da manutenção ganha autonomia e nova identidade*, 2016.
- [6] ATM - Manutenção Total. *Principais atividades*, 2018. [Online]. Disponível em: <https://atmttotal.com/sobre/#tab-principais-atividades>. [Acedido: 08-Jul-2019].
- [7] José de Mello. *Apresentação Institucional Grupo José de Mello*, 2020.
- [8] Direção de Comunicação da José de Mello. *Relatório integrado José de Mello Saúde*, 2018.
- [9] José de Mello. *Estrutura e Perfil*, 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.josedemello.pt/estrutura-e-perfil/>. [Acedido: 25-Fev-2020].
- [10] José de Mello Saúde. *Hospital*, 2017. [Online]. Disponível em: <https://www.saudecuf.pt/unidades/porto-hospital/o-hospital/apresentacao>. [Acedido: 25-Fev-2019].
- [11] Rodney Fernandes. *Procedimentos para manutenção e verificação de equipamentos médicos*. Tese de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2017.
- [12] José Manuel Torres Farinha, *Manutenção das Instalações e Equipamentos Hospitalares - Uma Abordagem Teológica*, Vol. 1. 1997.
- [13] Filipa Magueijo. *Avaliação da Conformidade Metrológica de Instrumentos Médicos*. Tese de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2018.
- [14] Metrologia na Saúde, *Metrologia na Saúde - Guia de Boas Práticas*, 2015.
- [15] Fluke Biomedical. *Introdução aos testes de segurança elétrica : Parte I Documento técnico*, 2014.
- [16] International Electrotechnical Commission. *Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance*, 3.<sup>a</sup> ed. Geneva, 2005.
- [17] Alexandre Bruno, É. Moreli, J. Oliveira, D. Marques, e G. Porto. *Manual de Utilização da Norma IEC 6060*, 2008.
- [18] Freepik Company. *Correto vetores e fotos - Recursos gráficos gratuitos*, 2019. [Online]. Disponível em: <https://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/correto>. [Acedido: 19-Out-2019].
- [19] Pedro Bispo. *Manutenção de Sistemas de Monitorização e Apoio à Vida*. Tese de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2013.

- 
- [20] Joel Pinto. *Metodologias e Ferramentas da Gestão da Manutenção e da Metrologia numa Unidade Hospitalar*. Tese de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.
- [21] Guilherme Alonço. *O que é Fluxograma de Processos?*, 2017. [Online]. Disponível em: <https://certificacaoiso.com.br/o-que-e-fluxograma-de-processos/>. [Acedido: 06-Out-2019].
- [22] Infarmed. *Dispositivos Médicos*, 2016. [Online]. Disponível em: <https://www.infarmed.pt/web/infarmed/entidades/dispositivos-medicos>. [Acedido: 22-Fev-2019].
- [23] Infarmed. *Decreto-Lei n.º 145/2009, de 17 de Junho*, 2009.
- [24] Silvana Coutinho, «Internalização da Manutenção Preventiva aos equipamentos da Medicina Física e Reabilitação», pp. 1–238, 2018.
- [25] Ilda Cancela. *Verificação Interna Periódica de Esfigmomanómetros Digitais*. Tese de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.
- [26] International Organization for Standardization. *About us*, 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.iso.org/about-us.html>. [Acedido: 22-Fev-2020].
- [27] Instituto Português da Qualidade. *O IPQ nos organismos europeus e internacionais de normalização*, 2020. [Online]. Disponível em: [http://www1.ipq.pt/pt/normalizacao/ipq\\_organismo\\_nacional\\_normalizacao/enquadramento\\_europeu\\_internacional/Pages/Organismos\\_de\\_Normalizacao.aspx](http://www1.ipq.pt/pt/normalizacao/ipq_organismo_nacional_normalizacao/enquadramento_europeu_internacional/Pages/Organismos_de_Normalizacao.aspx). [Acedido: 22-Fev-2020].
- [28] Autoridade Nacional de Comunicações. *IEC - Comissão Eletrotécnica Internacional*, 2005. [Online]. Disponível em: <https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=166402>. [Acedido: 22-Fev-2020].
- [29] International Electrotechnical Commission. *About the IEC*, 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.iec.ch/about/?ref=menu>. [Acedido: 22-Fev-2020].
- [30] Cláudia Silva. *Normalização de equipamento médico , requisitos técnicos e metrológicos*. Tese de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2012.
- [31] International Electrotechnical Commission. *Medical electrical equipment – Recurrent test and test after repair of medical electrical equipment*, vol. 1, 2007.
- [32] Infarmed. *Classificação de dispositivos médicos*, 2016. [Online]. Disponível em: <https://www.infarmed.pt/web/infarmed/entidades/dispositivos-medicos/classificacao-e-fronteiras>. [Acedido: 23-Fev-2020].
- [33] International Organization for Standardization. *Protective earth; protective ground*, 2006. [Online]. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui#iec:grs:60417:5019>. [Acedido: 23-Fev-2020].
- [34] International Organization for Standardization. *Class II equipment*, 2003. [Online]. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui#iec:grs:60417:5172>. [Acedido: 23-Fev-2020].
- [35] International Organization for Standardization. *Class III equipment*, 2002. [Online]. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui#iec:grs:60417:5180-1991>. [Acedido: 23-Fev-2020].
- [36] International Organization for Standardization. *Type B applied part*, 2002. [Online].
-

- Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui#iec:grs:60417:5840>. [Acedido: 23-Fev-2020].
- [37] International Organization for Standardization. *Type BF applied part*, 2002. [Online]. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui#iec:grs:60417:5333>. [Acedido: 23-Fev-2020].
- [38] International Organization for Standardization. *Type CF applied part*, 2002. [Online]. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui#iec:grs:60417:5335>. [Acedido: 23-Fev-2020].
- [39] Rigel Medical. *Rigel 288 Plus*, April, 2016.
- [40] Fluke Biomedical. *IDA-5: Infusion Device Analyzer - user manual*, April, 2013.
- [41] Metrologia na Saúde. *A Metrologia na Saúde - Guia de Boas Práticas, Parte II, Capítulo III*, 2017.
- [42] Rigel Medical. *Rigel Uni-Sim - vital signs simulator*, 2016.
- [43] BC Biomedical. *Defibrillator analyzers*, 2006.
- [44] Fluke Biomedical. *Analisador do fluxo de gás VT305 Dados técnicos*, 2012.
- [45] Seca. *Manual de Utilizador - seca 376*, 2007.
- [46] Seca. *Manual de Utilizador - seca 769*, 2006.
- [47] Sartorius AG. *Sartorius Extend . Model ED224S-OCE*, 2009.
- [48] INEM – Instituto Nacional de Emergência Médica DFEM – Departamento de Formação em Emergência Médica. *Manual de Suporte Básico de Vida Adulto*, 2017.
- [49] APSEI. *Segurança no Trabalho*, 2019. [Online]. Disponível em: <https://www.apsei.org.pt/areas-de-atuacao/seguranca-no-trabalho/desfibrilhacao-automatica-externa-dae/>. [Acedido: 29-Set-2019].
- [50] José de Mello Saúde. *Fibrilhação Auricular*, 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.saudecuf.pt/unidades/alvalade/areas-clinicas/cardiologia/sintomas-doencas-e-tratamentos/fibrilhacao-auricular>. [Acedido: 24-Fev-2020].
- [51] Serviço Nacional de Saúde. *Suporte Básico de Vida*, 2017. [Online]. Disponível em: <https://www.inem.pt/2017/05/29/suporte-basico-de-vida/>. [Acedido: 24-Fev-2020].
- [52] Inês Costa, L. Nunes, A. Freitas, N. Oliveira, A. Ruivo, e Andreia Ferreri Cerqueira. *Manual de Suporte Básico de Vida e Desfibrilhação Automática Externa*, 2012.
- [53] Serviço Nacional de Saúde. *Programa DAE*, 2017. [Online]. Disponível em: <https://www.inem.pt/category/entidades/programa-dae/>. [Acedido: 24-Fev-2020].
- [54] Instituto Nacional de Emergência Médica e Departamento de Formação em Emergência Médica. *Manual de Suporte Básico de Vida - Adulto*, 2017.
- [55] Lucas Souza. *Análise dos desfibriladores de um estabelecimento assistencial de saúde*. Tese de Mestrado da Universidade da Brasília, 2012.
- [56] David Silva. *Engenharia Clínica - Manutenção de Equipamentos de Eletromedicina*. Tese de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2015.
- [57] Nelson Mendes. *Manutenção de Equipamentos de Eletromedicina em Ambiente Hospitalar : Estágio na ATM*. Tese de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2018.

- [58] Philips Medical Systems. *Desfibrilador HeartStart - Manual de Instruções*, 2013.
- [59] Rodrigo Nunes. *Equipamento para ensaio de funcionalidade de desfibriladores*. Tese de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- [60] Philips Medical Systems. *SMART Biphasic*, 1988.
- [61] Fundação Portuguesa de Cardiologia. *Hipertensão*, 2019. [Online]. Disponível em: <http://www.fpcardiologia.pt/saude-do-coracao/factores-de-risco/hipertensao/>.
- [62] José de Mello Saúde. *Hipertensão arterial*, 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.saudecuf.pt/mais-saude/doencas-a-z/hipertensao-arterial>. [Acedido: 25-Fev-2020].
- [63] Metrologia na Saúde. *A Metrologia na Saúde - Guia de Boas Práticas - Parte II, Capítulo I*, 2016.
- [64] José Luiz, A. Carlos, P. Ferreira, D. Ferez, e P. Geretto. *Monitorização da Respiração: Oximetria e Capnografia\**, vol. 42, 1992.
- [65] Professional Medical Products. *NIBP CUFF for PC-3000, VITAL and UP 7000 - 21-35 cm adult*, 2018. [Online]. Disponível em: [https://www.gimaitaly.com/prodotti.asp?sku=35139&dept\\_selected=58&dept\\_id=610](https://www.gimaitaly.com/prodotti.asp?sku=35139&dept_selected=58&dept_id=610). [Acedido: 25-Fev-2020].
- [66] Vitor Oliveira, H. Martins, A. Pereira, D. Neto, K. Félix, T. Rodrigues e V. Mendonça. *Oxímetro de pulso com monitoramento remoto via bluetooth*, 2018.
- [67] Luiz Andrade. *Sistema de Medição para Oximetria de Pulso*. Tese de Mestrado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2009.
- [68] Paulo Pizarro. *MonitorIP - Monitoramento de Sinais Vitais através de uma rede IP*. Tese de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- [69] Matheus Bueno. *Desenvolvimento de um oxímetro de pulso para avaliação da oxigenação sanguínea*. Tese de Mestrado da Universidade Tecnológica do Paraná, 2018.
- [70] Criticare Systems. *Monitor de Sinais Vitais Scholar III - 507EL/507ELC*, 2002.
- [71] Tunstall Healthcare. *What is a pulse oximeter?*, 2017. [Online]. Disponível em: <http://blog.tunstallhealthcare.com.au/connected-health/what-is-a-pulse-oximeter/>. [Acedido: 24-Fev-2020].
- [72] Ricardo Minhalma. *Efeitos fisiológicos da hipóxia normobárica*. Tese de Mestrado da Faculdade de Motricidade Humana, 2017.
- [73] Severo Torres. *Eletrocardiograma passo a passo*, 2019. [Online]. Disponível em: <https://rotasaude.lusiadas.pt/prevencao-e-estilo-de-vida/saude-da-familia/eletrocardiograma-passo-passo/>. [Acedido: 24-Fev-2020].
- [74] Luiz Junqueira. *O eletrocardiograma normal*, June, 2015.
- [75] MSD Portugal. *Eletrocardiograma*, 2020. [Online]. Disponível em: [https://www.msmanuals.com/pt-pt/casa/multimedia/figure/cvs\\_ecg\\_reading\\_pt](https://www.msmanuals.com/pt-pt/casa/multimedia/figure/cvs_ecg_reading_pt). [Acedido: 25-Fev-2020].
- [76] José de Mello Saúde. *Ataque Cardíaco*, 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.saudecuf.pt/mais-saude/doencas-a-z/enfarte-do-miocardio>. [Acedido: 25-Fev-2020].

- 
- [77] José de Mello Saúde. *Isquemia*, 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.saudecuf.pt/mais-saude/doencas-a-z/isquemia>. [Acedido: 25-Fev-2020].
- [78] Ana Silva. *Manutenção hospitalar em eletromedicina - Estágio no SUCH*. Tese de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2017.
- [79] Neuber Martins. *Conceitos Fundamentais do Aparelho de Anestesia*, 2015.
- [80] Nicolle Lourenço. *Manutenção de Equipamentos de Eletromedicina - Estágio na Dräger*. Tese de Mestrado do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2017.
- [81] B-BRAUN. *Infusomat ® fmS - Service Manual*, 2008.
- [82] B-BRAUN. *Infusomat ® Space - Service Manual*, 2007.
- [83] B-BRAUN. *Perfusor ® Space - Service Manual*, 2009.
- [84] General Electric Company. *Aparelho de Anestesia Aespire, Avance S/5*, 2002.
- [85] General Electric Company, *Manual de Referência do utilizador, Ventilador para terapia intensiva Engstrom Engström Carestation*. 2004.
- [86] Pedro Rosa. *Exposição Ocupacional a Gases Anestésicos no Centro Hospitalar Universitário de Lisboa Central*, EPE, 2018.
- [87] NIOSH. *Controlling Exposures to Nitrous Oxide During Anesthetic Administration*, 1994.
- [88] National Institute for Occupational Safety and Health. *Controlling Exposures to Nitrous Oxide During Anesthetic Administration*, 2014. [Online]. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/94-100/>. [Acedido: 08-Out-2019].
- [89] Alvin Hall. *Department Of Health and Human Services*, 2006.
- [90] National Institute for Occupational Safety and Health. *About NIOSH*, 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/about/default.html>. [Acedido: 08-Out-2019].
- [91] Thermo Scientific. *Thermo Scientific MIRAN SapphIRe Portable Ambient Analyzer*, 2010.
- [92] Thermo Scientific. *MIRAN 205B Series SapphIRe - Instruction Manual*, 2015.



## ANEXOS

### ANEXO A

Nas tabelas 19, 20 e 21 são apresentados os valores padrão a ter em atenção aquando da realização da manutenção preventiva a bombas de perfusão.

Tabela 19 - Valores Padrão para análise do fluxo de Bombas de Perfusão da B-Braun

MARCA	MODELO	FLUXO		
		Taxa (ml/h)	Volume (ml)	Divergência (5%)
B-BRAUN	Infusomat Space	250	25	$\geq 237.5$ e $\leq 262.5$
B-BRAUN	Perfusor Space	200	20	$\geq 190.0$ e $\leq 210.0$
B-BRAUN	Infusomat Fms	250	25	$\geq 237.5$ e $\leq 262.5$

Tabela 20 - Valores Padrão para análise do bolus de Bombas de Perfusão da B-Braun

MARCA	MODELO	BOLUS		
		Taxa (ml/h)	Volume (ml)	Duração (s)
			<b>10ml</b>	<b>45s</b>
B-BRAUN	Infusomat Space	800	$\geq 9.5$ e $\leq 10.5$	$\geq 42$ e $\leq 45$
B-BRAUN	Perfusor Space	800	$\geq 9.5$ e $\leq 10.5$	$\geq 42$ e $\leq 45$
B-BRAUN	Infusomat Fms	800	$\geq 9.5$ e $\leq 10.5$	$\geq 42$ e $\leq 45$

Tabela 21 - Valores Padrão para análise da oclusão de Bombas de Perfusão da B-Braun

MARCA	MODELO	OCLUSÃO		
		Estado	Limite Inferior (kPa)	Limite Superior (kPa)
B-BRAUN	Infusomat Space	1 (Baixa)	10	60
		5 (Média)	40	100
		9 (Alta)	80	140
B-BRAUN	Perfusor Space	1 (Baixa)	17.8	25.9
		3 (Média)	43.8	53.5
		8 (Alta)	110.4	123.4
B-BRAUN	Infusomat Fms	Baixa	25	65
		Média	55	95
		Alta	90	130

## ANEXO B

As tabelas 22, 23 e 24 são referentes a três ensaios realizados no decorrer da manutenção preventiva de diferentes modelos de balanças, nomeadamente: balança de adultos, balança pediátrica e balança de precisão, respetivamente.

Tabela 22 - Exemplo de Ensaios realizados a uma balança de adultos.

Equipamento		Balança		
Marca:		Seca		
Modelo:		769		
	Programado	Medido	Conforme	Não Conforme
Ensaio de peso – 1ºensaio	10 Kg	10.0 Kg	x	
Ensaio de peso – 2ºensaio	40 Kg	40.0 Kg	x	
Ensaio de peso – 3ºensaio	80 Kg	80.0 Kg	x	

Tabela 23 - Exemplo de Ensaios realizados a uma balança Pediátrica.

Equipamento:		Balança Pediátrica		
Marca:		Seca		
Modelo:		376		
	Programado	Medido	Conforme	Não Conforme
Ensaio de peso – 1ºensaio	0.5 Kg	0.5 Kg	x	
Ensaio de peso – 2ºensaio	2.0 Kg	2.0 Kg	x	
Ensaio de peso – 3ºensaio	10.0 Kg	9.99 Kg	x	

Tabela 24 - Exemplo de Ensaios realizados a uma balança de precisão do serviço de Farmácia.

Equipamento:		Balança de Precisão		
Marca:		Sartorius		
Modelo:		Extend		
	Programado	Medido	Conforme	Não Conforme
Ensaio de Peso - 1º Ensaio	0.5 g	0.47 g	x	
Ensaio de Peso - 2º Ensaio	200.0 g	199.99 g	x	
Ensaio de Peso - 3º Ensaio	2000.0 g	1999.87 g	x	

## ANEXO C

O anexo C apresenta o resultado de um ensaio de uma intervenção de manutenção preventiva a um desfibrilhador. Nas tabelas 25, 26 e 27 estão apresentados os testes que são realizados para averiguar o funcionamento do equipamento.

Tabela 25 - Dados do desfibrilhador ao qual foi realizada a intervenção de manutenção preventiva.

Equipamento	Desfibrilhador
Marca	Philips
Modelo	HeartStart XL
Equipamentos de Teste	BC BIOMEDICAL DA-2006 RIGEL 288

Tabela 26 - Ensaio realizado na intervenção de manutenção preventiva do desfibrilhador mencionado na tabela 25.

Ensaio	Programado	Medido	Validação
1ºEnsaio*	30 bpm	30	Conforme
2ºEnsaio*	60 bpm	60	Conforme
3ºEnsaio*	90 bpm	90	Conforme
4ºEnsaio*	120 bpm	120	Conforme
5ºEnsaio*	180 bpm	179	Conforme
Alarmes de ECG - Inferior	60bpm	58bpm	Conforme
Alarmes de ECG - Superior	140bpm	143bpm	Conforme
*Todos os ensaios realizados têm associado um erro de $\pm 5\%$ **Os alarmes de ECG inferiores e superiores dependem do modelo do equipamento			

Tabela 27 - Ensaios realizados na intervenção de manutenção preventiva do desfibrilhador mencionado na tabela 25.

Ensaios de Energia	Programado	Medido	Validação
1ºEnsaio*	4 J	4.3 J	Conforme
2ºEnsaio*	100 J	96.2 J	Conforme
3ºEnsaio*	200 J	193.3 J	Conforme
Tempo de Carga e Energia Máxima**	200 J	196.8 J 3.3segundos	Conforme
*Ensaios realizados segundo os valores padronizados pela empresa ATM, com um erro de $\pm 15\%$			
** Ensaio realizado com valores inferiores a 15 segundos e erro de $\pm 15\%$			

## ANEXO D

Nas tabelas 28, 29 e 30 são apresentados três ensaios realizados na intervenção de manutenção preventiva aos diferentes modelos de Bombas de Perfusão. A tabela 28 apresenta os ensaios de débito realizados, a tabela 29 os ensaios de oclusão e a tabela 30 os ensaios de *bolus* realizados.

Tabela 28 - Ensaios realizados para os diferentes modelos de Bombas de Perfusão.

MARCA	MODELO	FLUXO		
		Taxa (ml/h)	Volume (ml)	Validação
B-BRAUN	Infusomat Space	257.34	25.7	✓
B-BRAUN	Perfusor Space	199.3	19,84	✓
B-BRAUN	Infusomat Fês	250.02	24.91	✓

Tabela 29 - Ensaio de Oclusão realizados para os diferentes modelos de Bombas de Perfusão.

MARCA	MODELO	OCLUSÃO		
		Programado	Medido (kPa)	Validação
B-BRAUN	Infusomat Space	1 (Baixa)	18.0	✓
		5 (Média)	54.0	✓
		9 (Alta)	98.0	✓
B-BRAUN	Perfusor Space	1 (Baixa)	14.0	✓
		3 (Média)	39.0	✓
		8 (Alta)	106.0	✓
B-BRAUN	Infusomat Fms	Baixa	60.0	✓
		Média	87.0	✓
		Alta	105.0	✓

Tabela 30 - Ensaio de Bolus realizados para os diferentes modelos de Bombas de Perfusão.

MARCA	MODELO	BOLUS			Validação
		Programado (ml/hr)	Volume (ml)	Duração (s)	
			10ml	45s	
B-BRAUN	Infusomat Space	800	✓	✓	✓
B-BRAUN	Perfusor Space	800	✓	✓	✓
B-BRAUN	Infusomat Fms	800	✓	✓	✓

## ANEXO E

As seguintes tabelas apresentam os resultados obtidos numa intervenção de manutenção preventiva a um esfigmomanómetro automático.

Tabela 31 - Dados do Esfigmomanómetro ao qual foi realizada uma intervenção de manutenção preventiva.

Equipamento	Esfigmomanómetro
Marca	Logiko
Equipamentos de Teste	RIGEL UNI-SIM

Tabela 32 -Ensaio de Pressão Arterial Não Invasiva realizados para testar o funcionamento de um esfigmomanómetro da tabela 31.

Ensaio	Programado (mmHg)	Medido (mmHg)	Validação
1ºEnsaio*	PD - 40	40	✓
	PS - 80	79	✓
2ºEnsaio*	PD - 80	80	✓
	PS - 120	115	✓
3ºEnsaio*	PD - 100	99	✓
	PS - 140	140	✓
4ºEnsaio*	PD - 180	179	✓
	PS - 220	218	✓
*Todos os ensaios realizados têm um erro associado de $\pm 10$ mmHg			

## ANEXO F

As seguintes tabelas abaixo mencionadas apresentam os resultados obtidos na realização da manutenção preventiva a um monitor de sinais vitais. A tabela 33 apresenta os dados gerais do equipamento, assim como os equipamentos de teste utilizados. As tabelas 34, 35 e 36 apresentam os resultados dos ensaios obtidos.

Tabela 33 - Dados do Monitor de Sinais Vitais ao qual foi realizada a intervenção de manutenção preventiva.

Equipamento	Monitor de Sinais Vitais
Marca	Philips
Modelo	VM6
Equipamentos de Teste	RIGEL UNI-SIM RIGEL 288

Tabela 34 - Ensaio de ECG realizados ao Monitor de Sinais Vitais apresentado na tabela 33.

Ensaio	Programado (bpm)	Medido (bpm)	Validação
1ºEnsaio*	30	30	✓
2ºEnsaio*	60	60	✓
3ºEnsaio*	90	89	✓
4ºEnsaio*	120	120	✓
5ºEnsaio*	180	179	✓
Alarmes de ECG	Inferior	50	✓
Alarmes de ECG	Superior	120	✓
<p>*Todos os ensaios realizados têm associado um erro de <math>\pm 5\%</math></p> <p>**Os alarmes de ECG inferiores e superiores dependem do modelo do equipamento</p>			

Tabela 35 - Ensaio de SpO2 realizados no Monitor de Sinais Vitais apresentado na tabela 33.

Ensaio	Programado	Medido	Validação
1ºEnsaio*	90%	91%	✓
2ºEnsaio*	98%	99%	✓
Alarme de SpO <sub>2</sub>	Inferior	90%	✓
Alarme de SpO <sub>2</sub>	Superior	100%	✓
<p>*Ensaio realizado segundo os valores padronizados pela empresa ATM</p> <p>**Os alarmes de ECG inferiores e superiores dependem do modelo do equipamento e têm um erro associado de <math>\pm 1\%</math></p>			

Tabela 36 - Ensaio de Pressão Não Invasiva realizados ao Monitor de Sinais Vitais apresentado na tabela 33.

Ensaio	Programado (mmHg)	Medido (mmHg)	Validação
1ºEnsaio*	PD - 40	38	✓
	PS - 80	78	✓
2ºEnsaio*	PD - 80	79	✓
	PS - 120	117	✓
3ºEnsaio*	PD - 100	97	✓
	PS - 140	135	✓
4ºEnsaio*	PD - 180	178	✓
	PS - 220	217	✓
*Todos os ensaios realizados têm um erro associado de $\pm 10$ mmHg			

## ANEXO G

As tabelas 37, 38, 39 e 40 apresentam a lista de verificações realizadas ao ventilador S/5 Avance.

Tabela 37 - Verificação do Aparelho - Sistema do ventilador S/5 Avance

<b>VENTILADOR DE ANESTESIA S/5 AVANCE</b>
<b>Verificação do Aparelho – Sistema</b>
<p>A <b>Verificação do Aparelho - Sistema</b> verifica o comutador Balão/Ventilação, as pressões adequadas de alimentação de gás, o funcionamento do ventilador e respetivas fugas, bateria e energia elétrica, compliance do circuito e funcionamento do controlo de fluxo. Trata-se de uma verificação de duas etapas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar o comutador Balão/Ventilação em Ventilação.</li> <li>2. Abrir o "Y" do paciente.</li> <li>3. (Apenas opção ACGO). Definir o interruptor ACGO para Circular.</li> <li>4. Calibrar os sensores de fluxo. Certifique-se de que os sensores de fluxo estão bem encaixados quando forem reinseridos.</li> <li>5. Selecionar <b>Iniciar</b>. O visor mostra as verificações que estão a efetuar-se. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quando esta fase da verificação estiver concluída, o sistema emitirá um aviso sonoro.</li> <li>• Os resultados são apresentados no visor.</li> </ul> </li> <li>6. Assegurar que o fole está totalmente esvaziado.</li> <li>7. Obstruir o "Y" do paciente.</li> <li>8. Selecionar <b>Continuar</b>. O visor mostra as verificações que estão a efetuar-se.</li> <li>9. Se a verificação passar, inicia-se a verificação seguinte.</li> </ol>

Tabela 38 - Verificação do Aparelho - Circuito do ventilador S/5 Avance

<b>VENTILADOR DE ANESTESIA S/5 AVANCE</b>
<b>Verificação do Aparelho – Circuito</b>
<p>A <b>Verificação do Aparelho - Circuito</b> verifica o comutador Balão/Ventilação, as pressões adequadas de alimentação de gás, transdutor de medição da pressão das vias aéreas, válvula APL e fuga no circuito manual.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obstruir o "Y" do paciente.</li> <li>2. Colocar comutador Balão/Ventilação em Balão.</li> <li>3. Colocar válvula APL a meio de 30 e 70.</li> <li>4. (Apenas opção ACGO). Definir o interruptor ACGO para Circular.</li> <li>5. Selecionar <b>Iniciar</b>. O visor mostra as verificações que estão a efetuar-se. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quando esta verificação estiver concluída, o sistema emitirá um aviso sonoro.</li> <li>• Os resultados são apresentados no visor.</li> </ul> </li> <li>6. Se a verificação passar, inicia-se a verificação seguinte.</li> </ol>

Tabela 39 - Verificação do Aparelho - Circuito O2 do ventilador S/5 Avance

<b>VENTILADOR DE ANESTESIA S/5 AVANCE</b>
<b>Verificação do Aparelho – Circuito O2</b>
<p>A <b>Verificação do Aparelho - Circuito O<sub>2</sub></b> mede a % de O<sub>2</sub>.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abrir o "Y" do paciente.</li> <li>2. Colocar o comutador Balão/Ventilação em Ventilação.</li> <li>3. (Apenas opção ACGO). Definir o interruptor ACGO para Circular.</li> <li>4. O visor mostrará a % de O<sub>2</sub>. Não selecionar <b>Pronto</b> quando for exibido 21. Permitir que a leitura estabilize e, em seguida, selecionar Pronto. Calibrar a célula de O<sub>2</sub>, se necessário.</li> </ol>

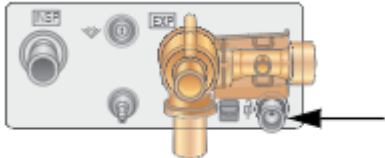
Tabela 40 - Calibração de gases do ventilador S/5 Avance

<b>VENTILADOR DE ANESTESIA S/5 AVANCE</b>
<b>Calibração de gases</b>
<p>Durante a calibração de gás, são utilizadas unidades % para o CO<sub>2</sub> independentemente das unidades de medição selecionadas.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ligar o aparelho. Antes de se iniciar a calibração, aguardar cerca de 30 minutos, de forma a permitir o aquecimento do módulo.</li><li>2. Introduzir o regulador no cilindro de gás de calibração.</li><li>3. Ligar um tubo de amostra novo ao condensador. Ligar a ponta solta do tubo de amostra ao regulador no cilindro de gases de calibração.</li><li>4. Pressionar a tecla <b>Menu Principal</b>.</li><li>5. Selecionar <b>Calibração</b>.</li><li>6. Selecionar <b>Gás Vias Aéreas</b>.</li><li>7. Esperar até que Introd. Gás surja a seguir ao nome de cada gás:<ul style="list-style-type: none"><li>• ‘Alim. gás CO<sub>2</sub>.’</li><li>• ‘Alim. gás O<sub>2</sub>.’</li><li>• ‘Introd. gás N<sub>2</sub>O.’</li><li>• ‘Introd. Gás Agente.’</li></ul></li></ol>

## ANEXO H

Lista de verificações gerais referentes aos ventiladores Engstrom.

Tabela 41 - Procedimento de Verificação do Ventilador de Suporte Engstrom Carestation.

<b>VENTILADOR DE SUPORTE ENGSTROM</b>
<b>Procedimento de Verificação</b>
<p>No modo de espera, o menu <i>Configuração Paciente</i> será apresentado no visor normal.</p> <p><b>Para iniciar o procedimento de verificação:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selecionar <i>Verificação</i>.</li> <li>2. Ligar o circuito respiratório que será utilizado para ventilar o paciente atual;</li> <li>3. Obstruir a conexão em “Y” do paciente utilizando a porta de oclusão.</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Selecionar <i>Iniciar Verificação</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os resultados aparecem junto a cada verificação à medida que estas vão sendo concluídas.</li> <li>• Durante o processo de verificação, é apresentado o menu <i>Verificação da Resistência</i> no visor juntamente com um som. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Remover a oclusão da peça em “Y” do paciente. O sistema irá detetar a remoção da oclusão e continuar automaticamente a verificação.</li> </ul> </li> <li>• Quando a verificação tiver terminado na íntegra, a mensagem “Verificação concluída” aparecerá e o realce irá mudar <i>Apagar Tendências</i>.</li> </ul> </li> <li>5. Selecionar <i>Sim</i> para apagar tendências ou <i>Não</i> para guardar as tendências gravadas.</li> <li>6. Se uma ou mais verificações falharem, selecionar <i>Ajuda da Verificação</i>. para obter sugestões sobre a resolução do problema. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efetuar calibrações Utilizador Técnico se Ajuda da Verificação não for bem-sucedida. Consultar “<i>Modo de Instalação</i>” na Secção 10.</li> </ul> </li> <li>7. Se todos os testes passarem, selecionar <i>Configuração do Paciente</i>.</li> </ol>

## ANEXO I

Resultados obtidos na realização de um ensaio de Exaustão de Gases Anestésicos.

Tabela 42 - Ensaio realizado para a Medição de Gases Anestésicos.

Local	Bloco Operatório					
Estado Ocupação da Sala	Ensaio realizado em Simulado					
Sistema de Exaustão de Gases	Sim					
O <sub>2</sub> (L/min) : 4      N <sub>2</sub> O (L/min): 4      Sevoflurano (%): 4						
Pontos de Medição	Protóxido de Azoto (ppm)			Anestésico – Sevoflurano (ppm)		
Porta de Entrada	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
Mesa Operatória	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Zona Respiratório do Cirurgião	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2
Zona Respiratório do Anestesista	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1
Grelha de extração	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Zona de Vaporizadores	0.4	0.6	0.7	0.2	0.4	0.2
Zona das Traqueias	0.3	0.8	0.7	0.2	0.2	0.1
Tomada de Gases - Pendentes	0.9	0.9	1.1	0.1	0.1	0.1