



PROVISÓRIO

isec

Engenharia

MESTRADO EM INSTRUMENTAÇÃO
BIOMÉDICA

**Manutenção de Equipamentos de
Eletromedicina em Meio Hospitalar**

Autor

Lúcia Cristina Reis dos Santos

Orientadores

Doutora Verónica Vasconcelos

Mestre Helena Marto

Coimbra, janeiro, 2021

INSTITUTO POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE FÍSICA E MATEMÁTICA

Manutenção de Equipamentos de Eletromedicina em Meio Hospitalar

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

Autor

Lúcia Cristina Reis dos Santos

Orientadores

Doutora Verónica Vasconcelos

Mestre Helena Marto

Supervisor na empresa

ATM – Manutenção Total

Engenheiro Pedro Serra

Coimbra, janeiro 2021

Agradecimentos

Num percurso académico que conta com cinco anos são muitas as pessoas que se cruzam no nosso caminho e que de uma certa forma vão influenciar o nosso crescimento a nível educativo e formativo.

Com o término deste estágio e conclusão do mestrado quero a agradecer de forma geral aos meus amigos e ao meu namorado que estiveram sempre disponíveis para me apoiar nas vitórias, mas essencialmente nas derrotas.

Gostaria de agradecer aos orientadores responsáveis por este estágio, Professora Verónica Vasconcelos, Professora Helena Marto e ao supervisor Engenheiro Pedro Serra, que se preocuparam e tiveram o cuidado de me acompanhar ao longo destes meses.

Quero deixar um grande e sentido agradecimento aos colaboradores da empresa ATM, nomeadamente ao Senhor Armando Bré e Alexandre Teixeira, que me acompanharam nestes meses dedicando o seu tempo laboral para transmitir vários conhecimentos técnicos sobre os equipamentos de eletromedicina e que, para além disso, me deram apoio e não me deixaram desistir.

Por fim, e o mais importante, agradeço todo o esforço feito pelos meus pais para me proporcionarem um curso superior, espero que sintam orgulho no meu percurso, a eles um grande e sentido obrigada.

Resumo

O presente relatório expõe o trabalho desenvolvido no decorrer do estágio curricular, realizado na empresa de manutenção de equipamentos médicos, ATM – Manutenção Total entre janeiro e junho de 2019. O estágio enquadra-se no âmbito da unidade curricular de Projeto/Estágio do Mestrado em Instrumentação Biomédica (MIB), tendo sido orientado pela Professora Verónica Vasconcelos e pela Professora Helena Marto, docentes no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), e supervisionado pelo Engenheiro Pedro Serra.

A empresa ATM – Manutenção Total é responsável por realizar a manutenção em diversas áreas desde as infraestruturas à eletromedicina, intervindo em diversas empresas e hospitais.

Este estágio teve como principal objetivo acompanhar e realizar, de forma autónoma, manutenções de cariz preventivo e corretivo de equipamentos integrados em meio hospitalar, permitindo consolidar os conhecimentos obtidos, durante a licenciatura em Engenharia Biomédica – Bioeletrónica e no Mestrado em Instrumentação Biomédica. Permitiu estudar as características dos equipamentos, as normas, o funcionamento deste setor e os testes aplicados aos equipamentos, de forma a verificar o estado de atividade dos mesmos.

Palavras-chave: ATM; Eletromedicina; Manutenção; Testes de segurança elétrica.

Abstract

This report sets out the work developed during the curricular internship carried out in the company of maintenance of medical equipment ATM- Manutenção Total between January and June 2019.

The internship is part of the curricular unit project/internship of Master Degree in Biomedical Instrumentation (MIB) having been guided by Verónica Vasconcelos and Helena Marto teachers at the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) and supervised by the Engineer Pedro Serra.

The company ATM – Manutenção Total is responsible for providing service in several areas from electromedicine to infrastructures intervening in several companies and hospitals.

The objective of this internship was to independently carry out, preventive and corrective maintenance of equipment integrated in the hospital allowing to consolidate the knowledge obtained during the Degree in Biomedical Engineering and Master Degree in Biomedical Instrumentation about equipment and electronic components.

It made possible to study the characteristics of the equipment, the standards, the function of the maintenance sector and the tests applied to the equipment, in order to verify their activity status.

Keywords: ATM; Electromedicine; Maintenance; Electrical safety tests.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice	iv
Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Siglas	x
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Apresentação do Estágio.....	1
1.2.1. ATM – Manutenção Total	2
1.3. Objetivos e Tarefas Realizadas.....	3
1.4. Estrutura do Relatório	4
Capítulo 2 - Manutenção em Meio Hospitalar	5
2.1. Manutenção.....	5
2.2. Normas Aplicadas à Manutenção de Equipamentos Médicos.....	6
2.2.1. Norma IEC 60601.....	7
2.2.2. Norma IEC 60601-2-25	8
2.2.3. Norma ISO 80601-2-13	8
2.2.4. Norma IEC 60601-2-4	8
2.2.5. Norma IEC 60601-2-24.....	9
2.3. Equipamentos de Teste	9
2.3.1. Equipamento de Teste de Segurança Elétrica.....	10
2.3.2. Equipamento de Teste Multiparamétrico (Rigel UNI-SIM).....	11
2.3.3. Analisador de Fluxo	12
2.3.4. Equipamento de Teste de Desfibrilhação	13
2.3.5. Medidor de Temperatura	13
2.3.6. Equipamento de Infusão	14
2.4. Considerações Finais	15
Capítulo 3 – Equipamentos de Eletromedicina	17
3.1. Monitor de Sinais Vitais	17
3.2. Ventiladores Anestésicos	21
3.2.1. Estrutura	21
3.2.2. Modo de Controlo por Volume	22
3.2.3. Modo de Controlo por Pressão	23

3.3.	Balanças Digitais	25
3.4.	Desfibrilhador e DAE	26
3.5.	Esfigmomanómetro.....	28
3.6.	Aparelho de Ultrassons	29
3.7.	Bombas Perfusão	30
3.7.1.	Seringas	30
3.7.2.	Bomba de Perfusão Volumétrica.....	31
3.8.	Eletrocardiógrafo	32
3.9.	Esterilização de endoscópios	33
3.10.	Considerações Finais.....	44
Capítulo 4 – Ações de Manutenção realizadas		45
4.1.	Manutenção Preventiva.....	45
4.1.1.	Balanças.....	45
4.1.2.	Ventilador Anestésico.....	47
4.1.3.	Monitores de Sinais Vitais.....	55
4.1.4.	DAE	57
4.1.5.	Desfibrilhador.....	58
4.1.6.	Instalação de uma Máquina de Lavar/Desinfetar Endoscópios.....	60
4.1.7.	Bombas de Perfusão	64
4.1.8.	Eletrocardiógrafo	65
4.2.	Manutenção Corretiva.....	66
4.2.1.	Aparelho de Ultrassons.....	66
4.2.2.	Esfigmomanómetros	67
4.2.3.	Máquina de Lavar/Desinfetar Endoscópios.....	68
4.3.	Considerações Finais	72
Capítulo 5 - Conclusão		73
Referências		75

Índice de Figuras

Figura 1 - Oficina da equipa residente do Hospital CUF Porto.....	2
Figura 2 – Locais onde o estágio decorreu: Hospitais CUF, Hospital de Braga, Hospital da Misericórdia Vila Verde e Hospitais da Luz	3
Figura 3 - Fluxograma sobre os tipos de manutenção	6
Figura 4 - Classificação do equipamento segundo a norma 60601	7
Figura 5 – Exemplo de etiquetas aplicadas aos equipamentos médicos [12].....	7
Figura 6 - Esquemático de ligação de um dispositivo biomédico ao equipamento de teste [17]	10
Figura 7 - Equipamento de teste de segurança elétrica [19].....	11
Figura 8 - Simulador de sinais vitais	12
Figura 9 - Analisador de fluxo.....	12
Figura 10 – Realização da manutenção preventiva do DAE, simulação de uma paragem cardiorrespiratória através do equipamento de testes de desfibrilhação.....	13
Figura 11 - Medidor de temperatura.....	13
Figura 12 - Analisador de Infusão da marca Fluke	14
Figura 13 - Monitor de sinais vitais.....	17
Figura 14 – Esquemático da radiação emitida pelo sensor de SpO ₂ [27].....	18
Figura 15 - Onda representativa de um batimento cardíaco [28]	19
Figura 16 – Valores de referência da pressão arterial mínima e máxima.....	20
Figura 17 – Medição da pressão arterial não invasiva a) e invasiva b) [29] [30].....	20
Figura 18 - Vista frontal do ventilador anestésico [31]	21
Figura 19 - Vista posterior do ventilador anestésico [31]	22
Figura 20 - Curva do modo de controlo por volume	23
Figura 21 - Curva do modo de controlo por pressão	24
Figura 22 – Estrutura da balança digital da SECA [33]	25
Figura 23 - Colocação dos elétrodos [35].....	26
Figura 24 – Desfibrilhador - Hospital de Braga	26
Figura 25 - DAE	27
Figura 26 - Esfigmomanómetro analógico (esquerda) e o digital (direita)	28
Figura 27 - Aparelho de ultrassons instalado no Instituto CUF	29
Figura 28 - Bomba com seringa e respetiva linha de transporte da infusão (imagem da esquerda) e esquemático do sistema funcional da bomba com seringa (imagem da direita) [40]	30
Figura 29 - Mecanismo peristáltico rotativo (imagem da esquerda) e mecanismo peristáltico linear (imagem da direita) [41].....	31
Figura 30 - Bomba de perfusão volumétrica	31
Figura 31 - Distribuição dos elétrodos para recolher a atividade elétrica do coração [43]	32
Figura 32 - Representação de uma simulação de um eletrocardiograma [44].....	32
Figura 33 - Exemplos de exames com auxílio a endoscópio.....	33
Figura 34 - Estrutura física a) Sala de exames, b) sala de sujios, c) sala de limpos, d) armazenamento.....	34
Figura 35 - Modelos de máquinas de lavar e desinfetar endoscópios da marca Wassenburg ..	35

Figura 36 - Painel frontal a apresentar o primeiro separador	36
Figura 37 - Modelos de armários de secagem de endoscópios da Wassenburg	36
Figura 38 - Equipamento de proteção individual	37
Figura 39 - Fluxograma do processo de esterilização de um endoscópio	38
Figura 40 - Fonte de luz e aspirador de secreções	39
Figura 41 - Imagem da esquerda - carro de transporte dos sujos com recipiente de tampa, Imagem da direita - recipiente de transporte sem tampa	39
Figura 42 - Lavagem manual do endoscópio	40
Figura 43 - Aparelho utilizado para realizar o teste de fugas	40
Figura 44 - Tina de desinfeção manual	41
Figura 45 - Máquina de desinfetar endoscópios	41
Figura 46 - Armário para armazenar endoscópios	42
Figura 47 - Carro de transporte do endoscópio desinfetado	42
Figura 48 - Válvulas do endoscópio	43
Figura 49 - Manutenção preventiva a uma balança SECA (1º ensaio)	46
Figura 50 - Pesos utilizados na manutenção (10kg e 20Kg)	46
Figura 51 - Fonte de alimentação do ventilador	47
Figura 52 - Vaporizadores anestésicos	48
Figura 53 - Módulo do circuito respiratório	48
Figura 54 - Base do circuito do sistema respiratório	48
Figura 55 - Vedante	49
Figura 56 - Módulo do Sensor de fluxo	49
Figura 57 - Válvula APL	49
Figura 58 - Substituição da válvula de libertação de pressão	50
Figura 59 - Conjunto da válvula de exalação	50
Figura 60 - Módulo de capnografia	50
Figura 61 - Recipiente de absorção de CO ₂	51
Figura 62 - Ventilador GE Engstrom Carestation e Pro a) e o esquemático da ligação do sistema respiratório b)	51
Figura 63 - a) Filtro do monitor, b) Filtro do ventilador e c) Filtros de entrada de ar	52
Figura 64 – Substituição da pilha do CPU	52
Figura 65 – Substituição de duas baterias do ventilador	52
Figura 66 - Autoteste do ventilador	53
Figura 67 - Verificação do funcionamento do ventilador com o equipamento de teste	53
Figura 68 - Ensaio 3	54
Figura 69 - Realização do ensaio da pressão não invasiva com o equipamento de teste multiparamétrico	56
Figura 70 - DAE com display e respetivo kit	57
Figura 71- Realização do teste de desfibrilhação	57
Figura 72 - Análise de funcionamento da impressora do desfibrilhador	59
Figura 73 - Esquemático do percurso da água que é utilizada durante a lavagem dos endoscópios	60
Figura 74 - Calibração da temperatura	62
Figura 75 - Desinfeção térmica	62

Figura 76 - Painel que permite introduzir o endoscópio de forma a iniciar o programa Wash-Dis.....	63
Figura 77 - Execução de um teste de infusão	64
Figura 78 - Tubos com diversos diâmetros para calibrar a medida do diâmetro da bomba (a seringa de calibração da força)	65
Figura 79 - a) Placa do circuito substituída, b) Aparelho de ultrassons reparado	66
Figura 80 - Ensaio com a nova braçadeira	67
Figura 81 - Ligação do equipamento de teste ao esfigmomanómetro a) e o gráfico obtido no equipamento após o teste ao esfigmomanómetro analógico b)	68
Figura 82- Substituição dos tubos de silicone	68
Figura 83 - Substituição do sistema rotativo	69
Figura 84 - Substituição do sistema rotativo, na imagem a) surge a porta sem o sistema rotativo e na imagem b) já se encontra o sistema rotativo colocado	69
Figura 85 – Localização do motor no interior da máquina a), motor substituído b), interior da máquina WD440 c).....	70
Figura 86 - Falhas na desinfeção	71
Figura 87 - Falha na dose de detergente	71

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Principais organizações responsáveis pela normalização	6
Tabela 2 - Colocação dos elétrodos de acordo com a norma implementada em Portugal	18
Tabela 3 - Funcionalidades dos comandos da balança representada na figura anterior	25
Tabela 4 - Limite de energia estabelecida para crianças e adultos	27
Tabela 5 - Limites de frequência, intensidade e tipo de emissão a aplicar em diversos tipos de lesões	29
Tabela 6 - Classificação do IMC	45
Tabela 7 - Ventilação controlada por Volume.....	53
Tabela 8 - Ensaios para análise da pressão arterial não invasiva.	55
Tabela 9 - Ensaios de teste ao funcionamento de ECG em monitores	56
Tabela 10 - Ensaios funcionais ao desfibrilhador.....	58
Tabela 11 - Parametrização dos testes aplicados na manutenção preventiva a Bombas perfusoras	64
Tabela 12 - Ensaios realizados com o simulador	67

Lista de Abreviaturas, Acrónimos e Siglas

ACGO	- <i>Auxiliary Common Gas Outlet</i>
APL	- <i>Adjustable Pressure Limiting</i>
AVAC	- Ar, Ventilação e Ar Condicionado
bpm	- Batimentos por minuto
BOC	- Bloco Operatório Central
CPU	- <i>Central Processing Unit</i>
DAE	- Desfibrilhador Automático Externo
ECG	- Eletrocardiograma
EEM	- Equipamento Elétrico Médico
FR	- Frequência Respiratória
FV	- Fibrilação Ventricular
GE	- <i>General Electric</i>
IBP	- <i>Invasive Blood Pressure</i>
I:E	- Razão Inspiratória – Expiração
IEC	- <i>International Electrotechnical Commission</i>
IMC	- Índice de Massa Corporal
ISEC	- Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
LED	- <i>Light Emitting Diode</i>
MIB	- Mestrado em Instrumentação Biomédica
NIBP	- <i>Non-Invasive Blood Pressure</i>
NTC	- <i>Negative Temperature Coefficient</i>
PA	- Pressão Arterial
PAA	- <i>Acetic Peroxide</i>
PaCO ₂	- <i>Arterial Carbon Dioxide Tension</i>
PCA	- <i>Patient-Controlled Analgesia</i>
PEEP	- <i>Positive End-Expiratory Pressure</i>
P _{insp}	- Pressão inspiratória definida
P _{max}	- Pressão máxima
P _{med}	- Pressão média
P _{va}	- Pressão nas vias aéreas
R _{va}	- Resistência nas vias aéreas
RFID	- <i>Radio Frequency Identification</i>
SBV	- Suporte Básico de Vida
SpO ₂	- Saturação de Oxigénio no Sangue
TI	- Tempo inspiratório
T _{pausa}	- Tempo de pausa

Vc - Volume Corrente

UCIP - Unidade de Cuidados Intensivos Polivalentes

Capítulo 1 – Introdução

Este relatório tem como finalidade apresentar o trabalho desenvolvido ao longo do estágio no âmbito da unidade curricular Projeto/Estágio do Mestrado em Instrumentação Biomédica (MIB) lecionado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC).

Neste capítulo, é exposto, em primeiro lugar, o enquadramento deste estágio curricular na empresa ATM - Manutenção Total (Secção 1.1), em seguida realiza-se uma breve apresentação do estágio (Secção 1.2), os principais objetivos e tarefas efetuadas (Secção 1.3) e por fim a estrutura do relatório (Secção 1.4).

1.1. Enquadramento

De forma a consolidar todos os conhecimentos práticos e teóricos adquiridos ao longo de cinco anos, que contemplam uma Licenciatura em Engenharia Biomédica - Bioeletrónica e Mestrado em Instrumentação Biomédica, foi de própria escolha optar por um estágio na área da manutenção de equipamentos médicos com a finalidade de poder ter contacto com o mundo empresarial e ganhar experiência profissional, na área.

Nos dias de hoje, a tecnologia no meio hospitalar é indispensável, abrangendo desde os sistemas de informação aos equipamentos de diagnóstico e de terapêutica. A tecnologia conduziu a uma grande revolução no mundo da medicina, desde os primeiros equipamentos criados, como o raio-X e o microscópio, que permitiam observar, diagnosticar e estudar uma patologia, até aos modernos analisadores de genoma humano.

Toda esta tecnologia acaba por ter desgaste devido ao número de utilizações, e por consequência existe uma maior necessidade de serem efetuadas correções aos equipamentos.

De forma a diminuir o número de manutenções corretivas, é essencial delinear um plano de manutenção preventiva, com a finalidade de analisar o funcionamento do equipamento e efetuar reparações, caso sejam detetadas anomalias.

1.2. Apresentação do Estágio

O estágio decorreu na empresa ATM – Manutenção Total. Ao longo deste percurso foi definido que este estágio seria repartido em duas fases. Nos primeiros três meses a aluna acompanhou a equipa residente do Hospital CUF Porto, e os restantes meses a aluna acompanhou os diversos técnicos da equipa móvel. Este estágio teve como objetivo acompanhar as equipas de eletromedicina e realizar manutenções corretivas e preventivas agendadas conforme os planos de manutenção que devem estar em conformidade com as informações dos manuais técnicos.

A supervisão deste estágio ficou a cargo do Engenheiro Pedro Serra da empresa ATM, com a orientação de duas docentes do Departamento de Engenharia Eletrotécnica (DEE) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), Professora Verónica Maria Marques do Carreiro Silva Vasconcelos e Professora Helena Jorge Carvalho da Silva Marto.

1.2.1. ATM – Manutenção Total

A empresa ATM – Manutenção Total resulta de um processo de fusão concretizado em 2016, entre a ATM – Assistência Total em Manutenção e a EFACEC – Serviços de Manutenção e Assistência.

A EFACEC concretizou um conjunto de operações financeiras envolvendo sociedades que integravam o Grupo José de Mello, nomeadamente a aquisição da ATM – Assistência Total em Manutenção, que fazia parte da CUF.

A ATM conta com mais de 25 anos de experiência no mercado, dispõe de equipas qualificadas e de uma grande oferta de serviços de manutenção e assistência, conta com cerca de 400 colaboradores, nos domínios da eletricidade, mecânica, serralharia, AVAC, frio industrial, automação, eletrónica médica e industrial, instrumentação, pneumática e hidráulica [1].

No Hospital CUF do Porto, existe uma sala de trabalho para a equipa de eletromedicina, localizada no piso -2 (Figura 1). Nessa sala existe uma área técnica, onde são efetuadas as manutenções e reparações, existe ainda uma zona onde é colocado o material em *stock* e uma área de trabalho, permitindo assim que o técnico consiga registar os trabalhos no *software*.

Os técnicos deste hospital trabalham com um *software* de gestão de manutenção, que facilita o trabalho, podendo ser consultados através do telemóvel da empresa.



Figura 1 - Oficina da equipa residente do Hospital CUF Porto

Como referido anteriormente, este estágio teve uma fase de integração na equipa móvel, o que possibilitou manter o contacto com diversas realidades em diferentes hospitais e centros de saúde (Figura 2), algumas das entidades de saúde onde o estágio decorreu foram: Hospital

CUF, Hospital de Braga, Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Vila Verde e Hospital da Luz [2] [3] [4] [5].

A equipa móvel, presta assistência técnica a diversos equipamentos na área da desinfeção de endoscópios de uma marca holandesa, *Wassenburg*, os técnicos da ATM que prestam assistência nestes casos, possuem um curso técnico realizado nas instalações da marca.



Figura 2 – Locais onde o estágio decorreu: Hospitais CUF, Hospital de Braga, Hospital da Misericórdia Vila Verde e Hospitais da Luz

1.3. Objetivos e Tarefas Realizadas

Um estágio curricular tem como principal objetivo familiarizar o aluno com o meio empresarial de forma a aplicar os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos ao longo do curso.

O primeiro objetivo neste estágio foi a integração da aluna nas diversas equipas de manutenção onde o estágio decorreu.

O segundo objetivo neste estágio, na área de manutenção de equipamentos médicos, consistiu em aprender a utilizar equipamentos de teste para realizar as manutenções preventivas, que são a primeira intervenção a fazer de forma a evitar desgastes e avarias.

Numa fase posterior, ganhar a capacidade de identificar as avarias e ter autonomia de proceder à sua reparação, desde que seja viável e que garanta segurança aos pacientes.

1.4. Estrutura do Relatório

Ao longo deste relatório são apresentados seis capítulos que incluem uma fase de pesquisa, sobre as normas relacionadas com manutenção em equipamentos médicos, bem como uma introdução à manutenção hospitalar (Capítulo II), apresentação de equipamentos de eletromedicina com os quais foi mantido contacto ao longo do estágio (Capítulo III).

É feita uma abordagem ao trabalho de campo na área da manutenção preventiva e corretiva (Capítulo IV), para finalizar o relatório é apresentada uma breve conclusão sobre o estágio (Capítulo V).

Capítulo 2 - Manutenção em Meio Hospitalar

Ao longo deste capítulo, serão introduzidos conceitos teóricos sobre a manutenção e os vários tipos de atuação (Secção 2.1). Serão descritas as principais normas aplicadas em equipamentos médicos de forma a estabelecer condições de segurança, quer para os profissionais de saúde quer para os pacientes (secção 2.2). Serão ainda descritos alguns dos equipamentos de teste que são utilizados para facilitar as manutenções (Secção 2.3) e as considerações finais (Secção 2.4).

2.1. Manutenção

Segundo a norma *AFNOR FD X 60-000*, a manutenção destina-se a manter ou restaurar um objeto, para que este possa executar as suas funções, envolvendo a ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida do objeto.

As ações de manutenção podem ser subdivididas em não planeadas e planeadas, organizadas com antecedência e controladas pelo uso de planos com a finalidade de evitar as constantes manutenções corretivas minimizando assim os custos associados a cada reparação [6].

A manutenção não planeada (corretiva), consiste em analisar o estado geral dos equipamentos, estudar as avarias frequentes e pontos críticos, de forma a ser planeada a melhor forma de corrigir os materiais e a colocá-los em bom funcionamento. Pode ser subdividida em:

- Curativa – Consiste na análise da causa do problema e na resolução da situação de forma definitiva;
- Paliativa – A resolução da avaria é feita de uma forma provisória para que o equipamento fique operacional até existir uma resolução total.

A manutenção planeada (preventiva), tem como finalidade, reduzir a probabilidade de um objeto entrar em desgaste total, pode ser subdividida em dois tipos de manutenção planeada:

- Sistemática – Requer visita e inspeção periódica fazendo o controlo visual do objeto, caso seja necessária a substituição de alguma peça, faz-se a reparação preventiva;
- Condicionada – Este tipo de manutenção recorre à medição de parâmetros pré-definidos que revelam o estado de funcionamento e de degradação de um determinado equipamento.

O fluxograma apresentado na Figura 3 resume a subdivisão da manutenção [6].

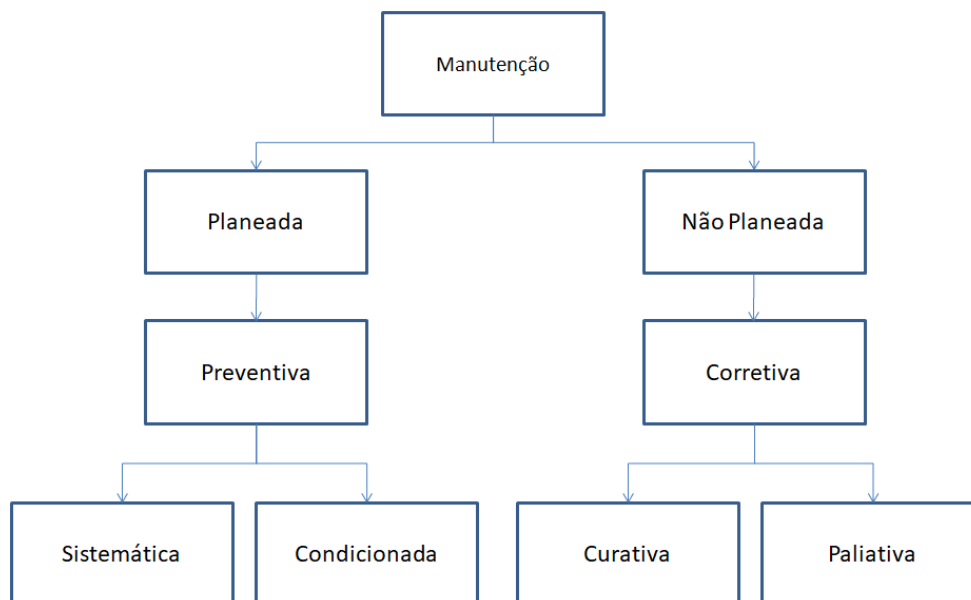






Figura 3 - Fluxograma sobre os tipos de manutenção

2.2. Normas Aplicadas à Manutenção de Equipamentos Médicos

Ao longo desta secção são abordadas quais as organizações mundiais responsáveis pela criação de normas.

Na Tabela 1 são descritas as principais organizações mundiais, responsáveis pela execução de normas, qual a função de cada uma delas.

Tabela 1 - Principais organizações responsáveis pela normalização

Organização:	Função:
	International Organization for Standardization (ISO) A ISO é uma organização não governamental que abrange toda atividade económica, com a exceção da eletrotécnica e telecomunicações [7].
	International Electrotechnical Commission (IEC) Esta organização elabora e publica normas internacionais para todos os equipamentos elétricos, eletrónicos e tecnologias relacionadas [8].
	American National Standards Institute (ANSI) Tem como objetivo credenciar as normas de forma a garantir segurança e saúde para os consumidores e para o meio ambiente [9].
	Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) Responsável pela gestão, utilização e organização de tecnologias de saúde [10].

Serão ainda referenciadas as principais normas que são aplicadas nos diversos equipamentos médicos, de forma a garantir o seu bom funcionamento e a segurança do utente.

2.2.1. Norma IEC 60601

Esta norma IEC 60601: *Medical Electrical Equipment – Part 1: General Requirements for Basic Safety and Essential Performance*, tem como função regulamentar a segurança básica e o desempenho essencial do equipamento elétrico médico (EM), definindo assim requisitos gerais para testar o equipamento. Define os tipos de proteção dos equipamentos contra diversos perigos.

De forma a complementar ou modificar requisitos desta norma (Norma Geral), para equipamentos específicos foram desenvolvidas normas colaterais (IEC 60601-1-xx) e normas particulares (IEC 60601-2-xx). As normas IEC 60601-1-xx são relativas à segurança dos equipamentos médicos e as IEC 60601-2-xx são específicas para certo EEM, fornecendo informações adicionais relativamente à garantia.

A norma 60601 classifica os equipamentos elétricos médicos em vários parâmetros consoante o tipo de classe, onde são aplicados e o tipo de operação (Figura 4) [11].

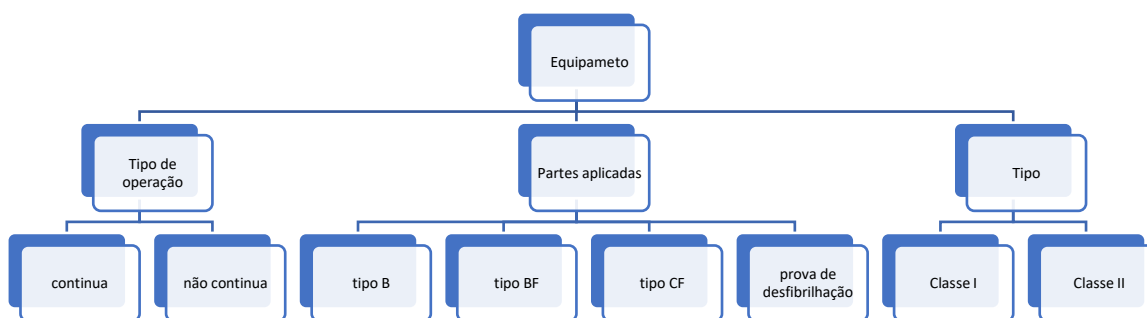


Figura 4 - Classificação do equipamento segundo a norma 60601

Após a classificação de cada equipamento elétrico médico, este deve ser etiquetado de forma a existir uma melhor identificação pela parte do utilizador. Em termos de identificação, etiquetagem e documentação dos equipamentos podemos analisar um exemplo de uma chapa de características de um equipamento elétrico médico na Figura 5 [12].

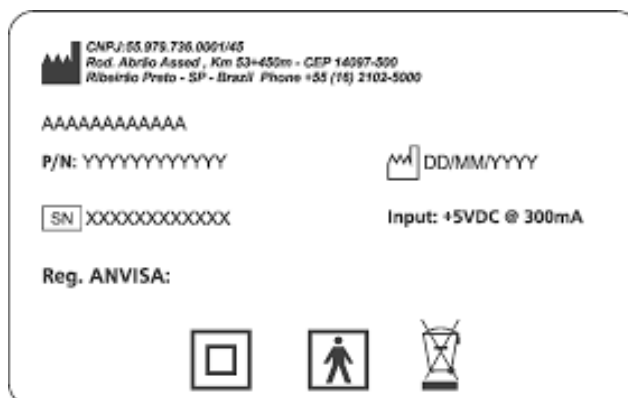


Figura 5 – Exemplo de etiquetas aplicadas aos equipamentos médicos [12]

2.2.2. Norma IEC 60601-2-25

A Norma IEC 60601-2-25: *Medical Electrical Equipment – Part 2-25: Particular Requirements for the Basic Safety and Essential Performance of Electrocardiographs*, aplica-se à segurança básica e ao funcionamento do eletrocardiógrafo [13]. Os equipamentos deste tipo, que estejam alocados a qualquer estabelecimento ou transporte médico, devem estar em conformidade com esta norma 60601-2-25 específica que aborda os seguintes temas:

- Instruções de utilização;
- Eléttodos e pás, indicando a posição, identificação e código de cores;
- Limpeza e esterilização;
- Proteção contra radiação excessiva;
- Proteção contra temperaturas excessivas e outros perigos de segurança;
- Testes de linearidade;
- Duração da forma de onda;
- Diferenças médias aceitáveis e desvio padrão para as durações globais e intervalos de ECG biológico;
- Testes de precisão de medição e reconhecimento de ondas de dados biológicos.

2.2.3. Norma ISO 80601-2-13

Norma ISO 80801-2-13: *Medical Electrical Equipment – Part 2-13: Particular Requirements for Basic Safety and Essential Performance of an Anaesthetic Workstation*, particular para os requerimentos básicos de segurança e desempenho essencial de uma estação de trabalho anestésica, os parâmetros apresentados são os seguintes:

- Classificação do equipamento;
- Sistema de distribuição de vapor anestésico;
- Sistema respiratório anestésico;
- Sistema de eliminação dos gases anestésicos;
- Proteção elétrica, mecânica, contra a temperatura e radiação;
- Ventilação anestésica;
- Monitorização;
- Alarmes;
- Desinfecção e esterilização;
- Avaliação clínica [14].

2.2.4. Norma IEC 60601-2-4

A Norma IEC 60601-2-4: *Medical Electrical Equipment – Part 2-4: Particular Requirements for the Basic Safety and Essential Performance of Cardiac Defibrillator*, estabelece um conjunto de requisitos particulares de segurança básica em desfibriladores cardíacos [15].

Ao longo da documentação podem ser consultados os seguintes parâmetros:

- Métodos de utilização de eléctrodos de desfibrilhação;
- Contactos metálicos durante o intervalo de desfibrilhação;
- Correntes aplicadas;

- Contacto com o paciente durante a desfibrilhação;
- Condições de armazenamento e limpeza do material;
- Tempos de carregamento das pás;
- Proteção elétrica;
- Sincronização;
- Alarmes;
- Monitorização.

2.2.5. Norma IEC 60601-2-24

A Norma IEC 60601-2-24: *Medical Electrical Equipment – Part 2-24: Particular Requirement for Basic Safety and Essential Performance of Infusion Pumps and Controllers*, aplica-se à segurança básica e ao funcionamento de bombas de infusão e controladores de infusão volumétricos [16].

Esta norma 60601-2-24 possui documentação relativa aos seguintes temas:

- Limpeza e esterilização;
- Equipamentos acessórios;
- Montagem e instalação;
- Oclusões;
- Sensores de gotas;
- Sensores de ar;
- Calibrações;
- Alarmes;
- Volumes de *bolus*;
- Informações relativas à administração e as consequências do incumprimento.

2.3. Equipamentos de Teste

De forma a garantir o bom funcionamento dos equipamentos em meio hospitalar, é necessário fazer uma verificação periódica, com o auxílio de equipamentos de testes. Os equipamentos de teste são aparelhos, devidamente calibrados, que analisam diversos parâmetros com a finalidade de garantir segurança e precisão na utilização do equipamento médico.

Existe uma grande variedade de equipamentos de teste, que avaliam parâmetros específicos para cada equipamento médico. Nesta secção serão apresentados os equipamentos de teste que ao longo deste estágio foram utilizados, e que permitiram a realização de uma manutenção preventiva adequada.

2.3.1. Equipamento de Teste de Segurança Elétrica

Os dispositivos médicos são alimentados pela rede elétrica. Alguns desses equipamentos possuem peças ativas inseridas no corpo do paciente, sendo um risco para o doente, na eventualidade de existirem fugas de corrente a partir do dispositivo.

O choque elétrico pode causar perturbações, durante os procedimentos dos cuidados de saúde, e resultar em lesões ou na morte, isso torna a segurança elétrica num tópico extremamente importante.

Cada equipamento de testes de segurança elétrica (Figura 6) realiza a análise do estado do dispositivo com base numa norma de segurança elétrica [17].

A Figura 6 apresenta o esquemático de ligação de um equipamento médico ao equipamento de teste de segurança elétrica (equipamento amarelo). Quando o equipamento de testes está ligado através do cabo de alimentação, este verifica qual a tensão, corrente e resistência do equipamento médico. Adicionalmente é feita uma ligação extra para realizar uma análise de correntes de fuga do *chassis* do equipamento médico.

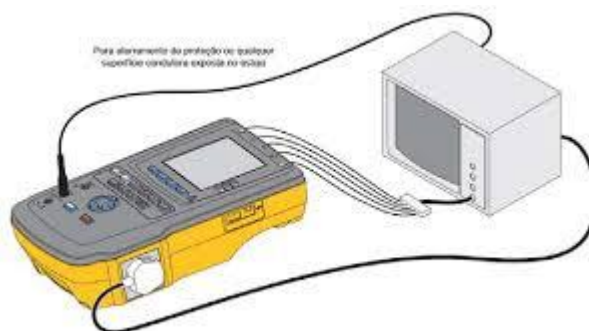


Figura 6 - Esquemático de ligação de um dispositivo biomédico ao equipamento de teste [17]

Rigel 288+

O equipamento de teste da segurança elétrica que se encontra nas instalações da oficina do Hospital CUF Porto, é da marca Rigel, modelo 288+ (Figura 7), realiza diversos testes de forma a garantir segurança ao utente e ao profissional de saúde [19].

O Rigel 288+ é capaz de realizar testes de ligação terra/terra, de toque, de ponto-a-ponto e permite realizar testes de fugas, por fim faz uma análise à resistência de isolamento [18].

Para iniciar o processo de avaliação de um dispositivo médico em termos de segurança elétrica, é necessária a introdução das seguintes informações:

- Nome da instalação (localização do equipamento sujeito à avaliação);
- Nome do equipamento;
- Classe do equipamento e norma de segurança elétrica (norma IEC 60601-1 ou IEC 62353).

Após a introdução dos dados, o equipamento de testes inicia a sua avaliação, realiza diversos testes, advertindo se aprova ou reprova em cada um. No caso de ser escolhida a norma IEC 60601-1, existem mais passos, consequentemente o teste tem uma maior duração.

Testes executados pela norma IEC 60601-1:

- Fuga de terra;
- Fuga do encapsulamento;
- Fuga do paciente;
- Auxiliar paciente;
- Paciente tipo F.

Testes executados pela norma IEC 62353:

- Fuga do equipamento (direto, diferencial e método alternativo);
- Fuga de peça aplicada (direto e método alternativo).



Figura 7 - Equipamento de teste de segurança elétrica [19]

2.3.2. Equipamento de Teste Multiparamétrico (Rigel UNI-SIM)

O equipamento de teste multiparamétrico (Figura 8), é um simulador de sinais vitais que permite de forma rápida e eficiente avaliar o funcionamento de um dispositivo médico.

O simulador de sinais vitais é alimentado por baterias, o que permite reduzir o tempo necessário para testar o desempenho de uma ampla gama de dispositivos.

Este equipamento simula as seguintes diversas curvas:

- *Non-Invasive Blood Pressure* (NIBP);
- SpO₂;
- Eletrocardiograma (ECG);
- *Invasive Blood Pressure* (IBP);

O equipamento possui uma bomba compressora, que permite conectar uma braçadeira ao equipamento e verificar se existe fuga, indicando o valor da pressão perdida.

Para fazer a simulação do SpO₂ e NIBP, o equipamento de teste recorre a tecnologia que simula as curvas específicas, reduzindo assim erros e minimizando o tempo de teste [20].

Este tipo de equipamentos de teste permite fazer o *download* dos resultados do teste, garantindo assim uma sequência de dados que permitam certificar o dispositivo médico.



Figura 8 - Simulador de sinais vitais

2.3.3. Analisador de Fluxo

O analisador de fluxo (Figura 9) é um equipamento que facilita a avaliação do dispositivo biomédico em relação ao fluxo e à pressão do gás nele existente.

Para além de medir o fluxo do gás, analisa o desempenho de diversos dispositivos e de parâmetros múltiplos do ventilador.

Este dispositivo possui, no seu interior, sensores de fluxo que recebem o gás emitido pelo dispositivo médico, por fim os dados são processados e apresentados no painel *touchscreen* do analisador.

Os resultados podem ser guardados num ficheiro ou impressos, desde que o equipamento esteja ligado, através da rede, ao computador.

Para além de todas as suas características que permitem analisar o fluxo, este equipamento é portátil, possui um ecrã e é acompanhado por um pulmão de teste.

O analisador aplica-se a equipamentos como o ventilador anestésico, medidores de fluxo do oxigénio, dispositivos de sucção endoscópica e insufladores [21].

Os parâmetros testados pelo equipamento portátil e digital são:

- O₂;
- Fluxo;
- Calibração;
- Pressão.



Figura 9 - Analisador de fluxo

2.3.4. Equipamento de Teste de Desfibrilhação

O equipamento de teste de desfibrilhação é um simulador de ECG com arritmias e formas de onda do desempenho.

Para além de simular um ECG semelhante ao de um humano, mede a saída da energia do desfibrilhador e fornece a informação sobre o pulso da desfibrilhação.

Este equipamento serve para testar qualquer tipo de desfibrilhador, desde os manuais aos desfibrilhadores automáticos externos (DAE), com saídas monofásicas ou bifásicas (Figura 10) [22].



Figura 10 – Realização da manutenção preventiva do DAE, simulação de uma paragem cardiorrespiratória através do equipamento de testes de desfibrilhação

2.3.5. Medidor de Temperatura

São diversos os equipamentos que se encontram em meio hospitalar que têm como finalidade fazer o aquecimento ou o arrefecimento de algo, para isso é necessário verificar periodicamente, através de um medidor de temperatura, se os valores de temperatura correspondem aos padronizados.

De forma a garantir que a temperatura definida não sofra alterações acentuadas, mediante a variação aceitável indicada pelo fornecedor, é necessário realizar uma calibração desses mesmos equipamentos [23].

O medidor de temperatura, possui uma entrada através da qual é possível ligar uma sonda *negative temperature coefficient* (NTC), tornando possível medir o valor de temperatura (Figura 11).

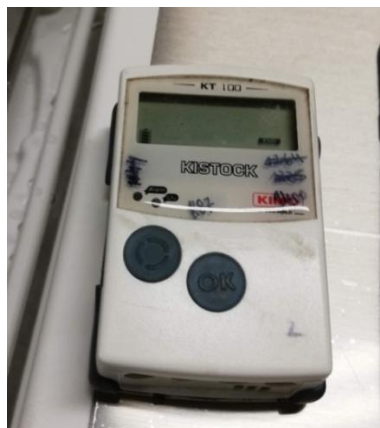


Figura 11 - Medidor de temperatura

2.3.6. Equipamento de Infusão

Atualmente, as estimativas que analisam as utilizações de dispositivos médicos indicam que cerca de 80% dos pacientes hospitalizados recebem tratamento intravenoso. Como consequência, os equipamentos que permitem efetuar tratamento intravenoso, necessitam de uma avaliação periódica às suas funcionalidades, de forma a evitar erros a nível da administração de medicação, nutrientes e outros fluidos.

Esta avaliação deve ser feita com o auxílio de um equipamento de teste, devidamente certificado e calibrado. Este tipo de equipamento de teste de infusão analisa os seguintes parâmetros:

- Taxa de fluxo;
- Volume da perfusão;
- Duração da perfusão;
- Pressão a que a perfusão está ser administrada.

Para além destes parâmetros, possibilita a observação gráfica temporal da infusão, administração de um certo volume de fluido de forma constante durante um período de tempo, e da oclusão, administração de uma dosagem de fluido num curto espaço temporal com uma determinada pressão [24].

O analisador de infusão que a ATM possui, da marca Fluke (Figura 12), permite ligar o equipamento de teste ao computador, no final de cada teste, pode ser guardado um relatório que comprove a operacionalidade do equipamento analisado.



Figura 12 - Analisador de Infusão da marca Fluke

2.4. Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os diversos conceitos teóricos que um técnico de eletromedicina necessita dominar para desempenhar as suas funções. Realçando a importância de uniformizar padrões e metodologias para a execução das manutenções seguindo normas específicas para cada tipo de equipamentos médicos.

Foram ainda abordados diversos equipamentos que auxiliam o técnico a avaliar o estado do equipamento em avaliação, sendo muito utilizados nas manutenções de carácter preventivo.

Capítulo 3 – Equipamentos de Eletromedicina

Este capítulo tem como objetivo introduzir os conceitos básicos sobre equipamentos médicos, sendo em cada secção apresentado um tipo de dispositivo. São descritas as principais funcionalidades dos equipamentos de eletromedicina, como o monitor de sinais vitais (Secção 3.1), o ventilador anestésico (Secção 3.2), a balança digital (Secção 3.3), o desfibrilhador (Secção 3.4), o esfigmomanómetro (Secção 3.5), o aparelho de ultrassons (Secção 3.6), a bomba de perfusão (Secção 3.7), o eletrocardiógrafo (Secção 3.8), as máquinas de lavar e desinfetar endoscópios (Secção 3.9). Por último, são apresentadas as considerações finais (Secção 3.10).

3.1. Monitor de Sinais Vitais

O monitor de sinais vitais, é um equipamento que faz a monitorização de parâmetros fisiológicos de pacientes em ambiente de cuidados clínicos e exibe esses dados em tempo real, incluindo formas de onda e dados numéricos.

O monitor está projetado para realizar medições multiparamétricas, incluindo ECG, NIBP, SpO₂, temperatura e respiração, com IBP opcional, CO₂ e O₂. Estes equipamentos têm alarmes, caso os parâmetros recolhidos ultrapassem o valor padronizado para cada tipo de paciente. Estas medições serão esmiuçadas ao longo deste subcapítulo.

Os monitores usam tecnologia digital, para medir a saturação de oxigénio no sangue (SpO₂) e determinar a frequência cardíaca. Calculam ainda a diferença potencial elétrica entre dois locais de eléctrodos (polaridade positiva, negativa ou terra), e apresentam esses dados em batimentos por minuto (bpm) [25].

Na Figura 13 é apresentado um monitor de sinais vitais, que se encontrava a recolher a onda de ECG e SpO₂, no entanto verificou-se um alarme, o valor recolhido de SpO₂ estava muito abaixo do limite recomendado.



Figura 13 - Monitor de sinais vitais

Saturação de Oxigénio no Sangue (SpO₂)

O oxímetro de pulso digital mede a saturação de oxigénio e a pulsação usando os métodos de espectrofotometria e pletismografia, princípio de emissão e receção de comprimentos de onda. O sensor incorporado no oxímetro de pulso, contém dois tipos de LEDs, um infravermelho com o comprimento de onda 910nm e outro no espectro visível, nomeadamente a cor vermelha com o comprimento de onda 660nm. Esta medição de saturação de oxigénio no sangue é feita apenas ao sangue com hemoglobina oxigenada.

A luz que é recebida no fotodetector é convertida num sinal elétrico que é posteriormente apresentado no monitor. Os efeitos de pigmentação da pele, o sangue venoso e outros constituintes do tecido são eliminados separando os dados de absorção pulsantes [26].

Na Figura 14, podemos analisar o comportamento do sensor de SpO₂, quando existe uma alta concentração de sangue oxigenado, este absorve grande parte da radiação emitida pelo sensor (imagem da direita), caso exista uma baixa concentração de sangue oxigenado irá consequentemente ocorrer uma baixa absorção da radiação (imagem da esquerda) [27].

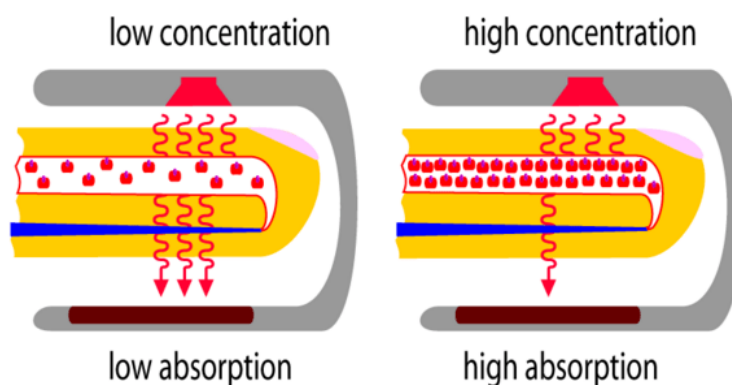


Figura 14 – Esquemático da radiação emitida pelo sensor de SpO₂ [27].

Eletrocardiograma (ECG)

O ECG é um registo em tempo real da atividade elétrica do coração, em que cada contração do músculo cardíaco corresponde a um impulso elétrico. Para proceder à recolha da atividade elétrica do músculo cardíaco são alocados três ou mais elétrodos na pele do paciente em pontos específicos. As organizações europeias, responsáveis pela criação de normas estabeleceram uma codificação de cores para a identificação da posição dos elétrodos, esta codificação pode ser analisada na Tabela 2.

Tabela 2 - Colocação dos elétrodos de acordo com a norma implementada em Portugal

Posição	Codificação Europeia	
Braço Direito	RA/R – Vermelho	
Braço Esquerdo	LA/L – Amarelo	
Perna Direita	LL/F – Verde	
Perna Esquerda	RL/N – Preto	
Tórax	C/C – Branco ou Castanho	

Num eletrocardiograma são expressos os movimentos cardíacos provocados por um estímulo elétrico. Num traçado ECG, cada batimento possui uma onda P, um complexo QRS e uma onda T. A onda P representa a contração das aurículas, enquanto o complexo QRS regista a contração dos ventrículos. A onda T surge após o complexo QRS, ocorre a repolarização dos ventrículos.

A determinação dos batimentos cardíacos por minuto (bpm) é feita através do tratamento dos dados recolhidos do ECG, através dum algoritmo que deteta o complexo QRS do paciente [28].

A Figura 15 apresenta a onda ECG, com o correspondente movimento do músculo cardíaco.

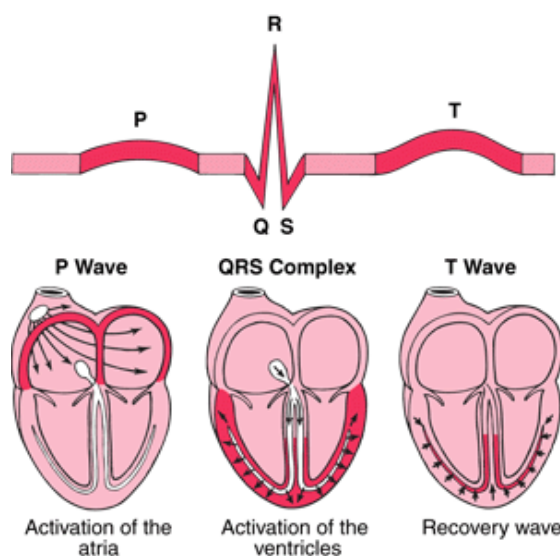


Figura 15 - Onda representativa de um batimento cardíaco [28]

Pressão Arterial

A pressão arterial (PA) é a pressão que o sangue exerce sobre as paredes das artérias. O sistema circulatório apresenta condições normais um pouco acima da pressão atmosférica, esta diferença de pressão evita que os vasos sanguíneos entrem em colapso.

A medição da pressão arterial pode ser realizada através de um sistema não-invasivo ou invasivo, o que requer a introdução de um instrumento numa zona do corpo.

A medição da pressão arterial baseia-se em dois parâmetros pressão arterial máxima, designada de sistólica, e a mínima, designada de diastólica.

A pressão arterial diastólica representa a fase de repouso, intervalo de tempo em que não existe impulso de saída de sangue [29]. No caso da pressão arterial sistólica, representa o momento em que o ventrículo encaminha o sangue, para ser distribuído para a árvore arterial.

A Figura 16, informa quais são os valores padronizados, para uma pressão arterial normal, e ainda apresenta quais os limites para se considerar que o indivíduo tem hipertensão.

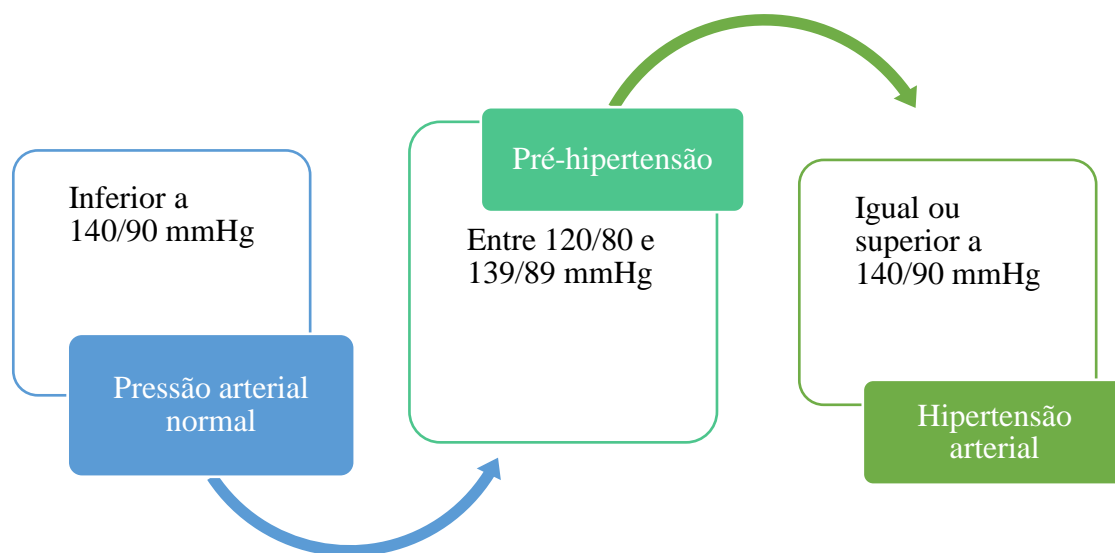


Figura 16 – Valores de referência da pressão arterial mínima e máxima

A pressão arterial não-invasiva pode ser medida com o auxílio de um monitor de sinais vitais que recorre apenas à utilização de uma braçadeira, ou então pode ser utilizado um esfigmomanómetro. No caso de se utilizar um esfigmomanómetro analógico como representa a Figura 17 a), o aparelho de medição utiliza uma braçadeira e na parte inferior da braçadeira a equipa de médica utiliza um estetoscópio para ouvir o batimento cardíaco mediante a pressão exercida na artéria do indivíduo.

A pressão intravascular pode ser medida diretamente por um sensor de pressão intravascular ou com transdutores externos ligados por uma coluna de fluido (Figura 17 b)) [29] [30].

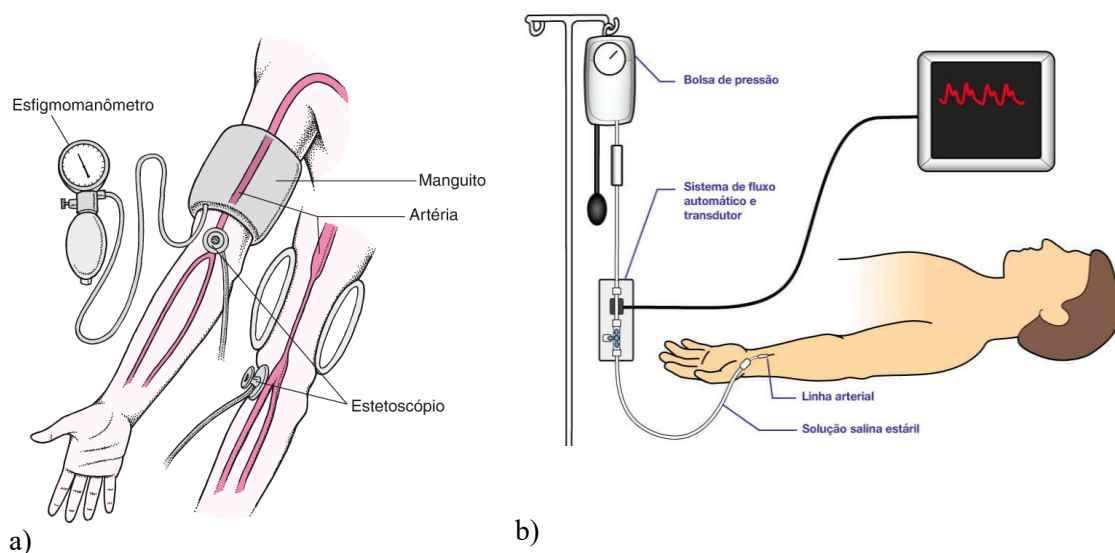


Figura 17 – Medição da pressão arterial não invasiva a) e invasiva b) [29] [30]

3.2. Ventiladores Anestésicos

O ventilador anestésico destina-se a efetuar uma ventilação controlada por volume ou por pressão, a fornecer anestesia geral por inalação e suporte ventilatório a pacientes, desde neonatais a adultos.

O dispositivo resulta da combinação do sistema de administração de anestesia, da monitorização de pacientes e da gestão de informação de cuidados prestados.

Este sistema de anestesia foi concebido para misturar e fornecer anestésicos inalatórios, ar, oxigénio (O₂) e protóxido de nitrogénio (N₂O).

3.2.1. Estrutura

O ventilador anestésico é um equipamento complexo, com vários sistemas integrados que funcionam em simultâneo, desde o monitor de sinais vitais que recebe o ECG e o SPO₂ ao controlo do sistema respiratório do paciente. Na Figura 18 e 19 pode ser observada a estrutura de um ventilador anestésico [31].

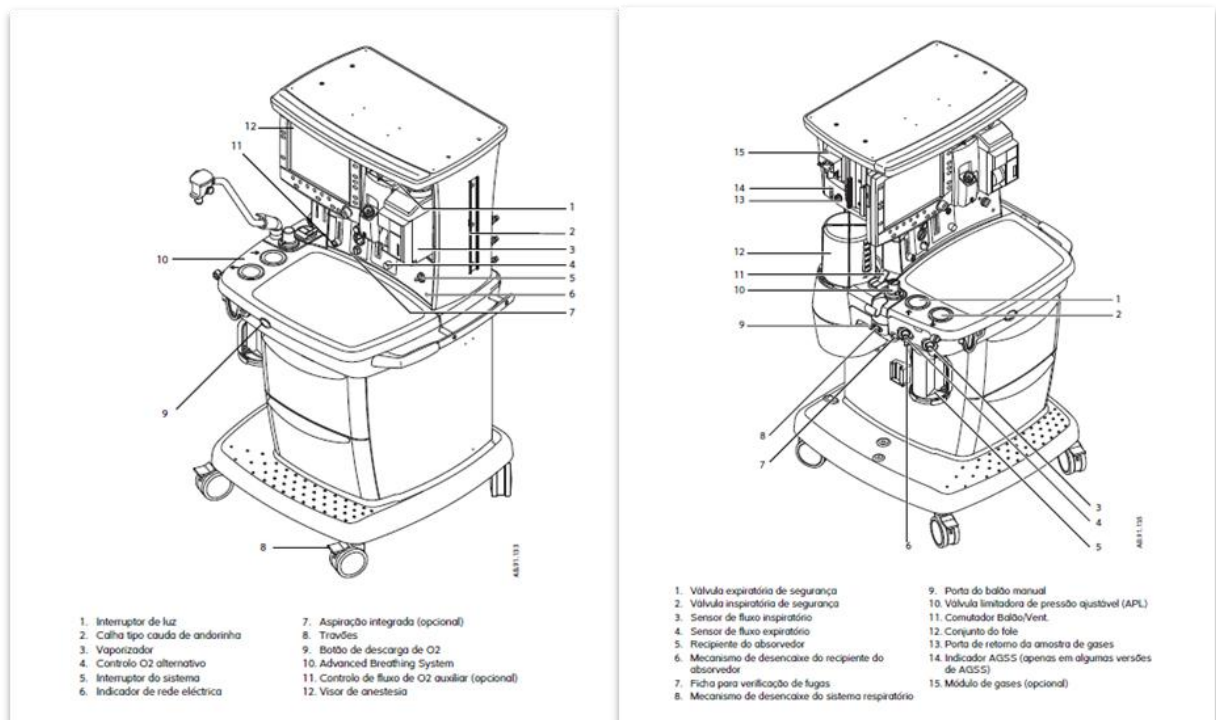


Figura 18 - Vista frontal do ventilador anestésico [31]

No ventilador anestésico da Figura 18 (lado direito) pode-se observar quais são os elementos que integram o módulo de paciente, desde o sistema pneumático até à saída do fluxo inspiratório. Os pontos 3 e 4 dizem respeito ao sensor de fluxo inspiratório e expiratório, nesses são ligadas as traqueias e os filtros bacteriano e hepa. O fluxo fornecido pelo ponto 3 advém do movimento sistema pneumático (ponto 12) regulado pelos parâmetros prescritos no *display* e pela válvula APL (ponto 10). O ventilador possui um recipiente absorvedor de dióxido de carbono (ponto 5) e um comutador que permite realizar a ventilação automática ou manual, através de um balão.

Na Figura 18 (lado esquerdo) observa-se a localização do vaporizador anestésico (ponto 3).

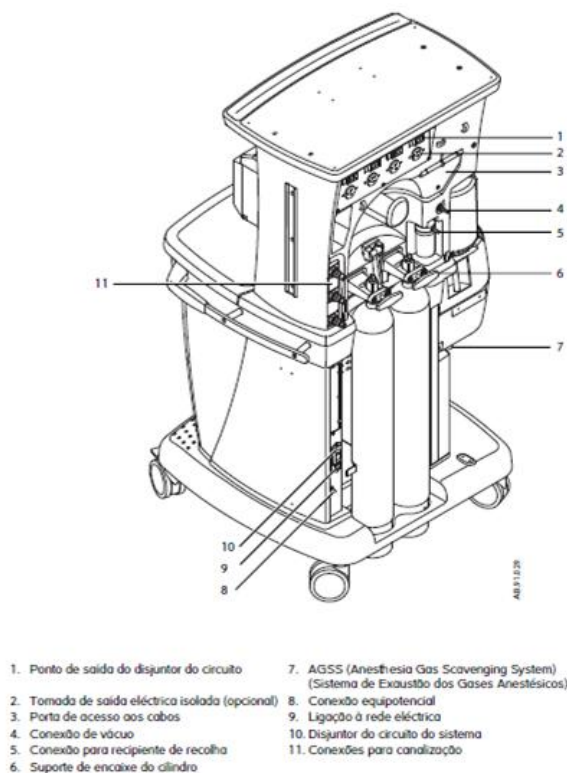


Figura 19 - Vista posterior do ventilador anestésico [31]

As peças pneumáticas, do ventilador situam-se na parte posterior do sistema respiratório. O fluxo dos gases para o paciente é controlado por uma válvula de precisão. Durante a inspiração, este fluxo de gás fecha a válvula de exalação e pressiona o fole para baixo. Durante a expiração, um pequeno fluxo comprime o diafragma de exalação para alimentar a *Positive End-Expiratory Pressure* (PEEP).

As medições do volume e do fluxo provêm dos sensores de fluxo no módulo. O ventilador, utiliza os dados dos sensores de fluxo para obter informações numéricas e alarmes, relacionados com o volume [32].

3.2.2. Modo de Controlo por Volume

No modo de controlo por volume o ventilador calcula o fluxo baseado no volume corrente definido e na duração do tempo inspiratório (TI). Seguidamente, mede os volumes distribuídos para os sensores de fluxo para ajustar a produção. Dado que o ventilador ajusta a produção, pode compensar a *compliance*, razão entre o volume e a pressão do sistema respiratório, o fluxo de gás fresco e as fugas do sistema respiratório moderadas. A curva da pressão típica controlada pelo volume aumenta durante todo período inspiratório e diminui rapidamente no início da expiração. Existe a opção de uma pausa inspiratória disponível para melhorar a distribuição do gás.

Este modo possui a vantagem de controlar o volume corrente, por exemplo, em casos de hipertensão intracraniana, controle da pressão arterial de dióxido de carbono no sangue PaCO₂.

Existem algumas limitações associadas a este modo tais como:

- Sincronismo em pacientes com ventilação ativa;
- Ausência de controlo sobre as pressões inspiratórias.

Parâmetros do modo de controlo por volume: V_c , T_{exp} , T_{insp} , PEEP, Pausa Insp. O gráfico da Figura 20 apresenta a curva de controlo por volume.

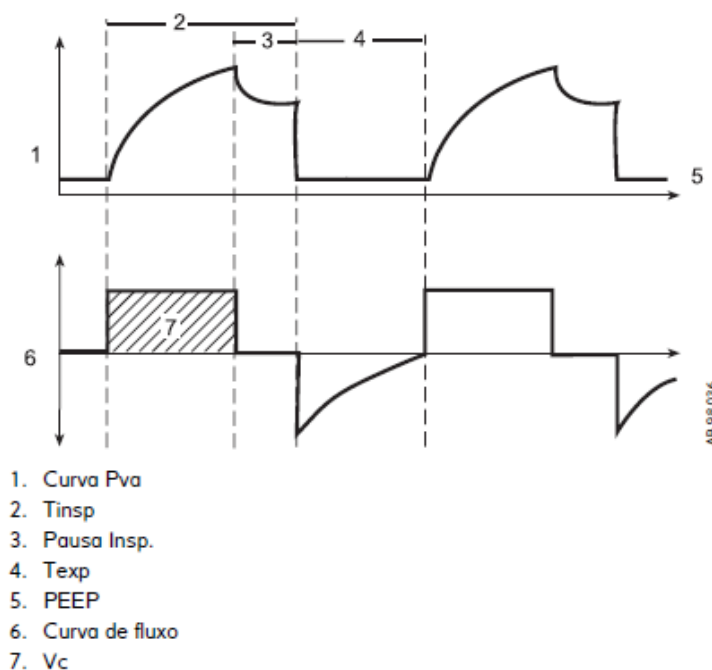


Figura 20 - Curva do modo de controlo por volume

Analisando a Figura 20 verifica-se que estão representadas duas curvas, sendo a primeira referente à curva Pva e a outra corresponde ao fluxo. No modo de controlo por volume verifica-se que existem quatro fases distintas.

A primeira fase, inicia quando os valores de volume, fluxo e pressão se encontram a zero, o ventilador faz essa leitura e inicia o modo ventilatório.

Na segunda fase, o ventilador fornece um determinado volume máximo durante a inspiração do paciente.

A terceira fase, diz respeito à transição da inspiração para a expiração, o ventilador termina a emissão de ar.

A quarta e última fase, dá-se a expiração, no ventilador ocorre a abertura da válvula de exalação.

3.2.3. Modo de Controlo por Pressão

O controlo por pressão fornece um fluxo constante durante o tempo inspiratório. O ventilador calcula o tempo inspiratório, a partir das definições da frequência e da razão I:E. O alto fluxo inicial aplica pressão no circuito à pressão inspiratória definida. De seguida, o fluxo diminui para manter a pressão definida ($P_{inspirada}$).

Os sensores de pressão, no ventilador medem a pressão das vias aéreas do paciente. Automaticamente, o ventilador ajusta o fluxo para manter a pressão inspiratória definida.

Parâmetros do modo de controlo por pressão:

- P_{insp} ;
- T_{exp} ;
- T_{insp} ;
- PEEP.

Graficamente obtemos uma curva idêntica à representada na Figura 21.

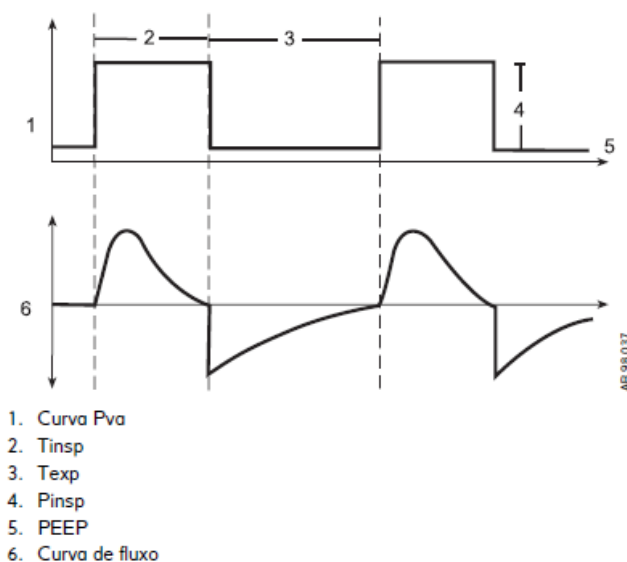


Figura 21 - Curva do modo de controlo por pressão

A Figura 21, representa a curva de Pva e de fluxo, em ambas verifica-se que existem três fases em cada ciclo respiratório. Numa primeira fase, o valor de fluxo encontra-se a zero, a inspiração pode ser iniciada pelo ventilador ou pelo paciente, neste caso, o disparo pode ser por fluxo ou pela pressão. Ao ser iniciada a inspiração, passamos para a segunda fase, onde a pressão mantém-se com um valor constante e máximo, consoante a capacidade de inspiração do paciente. Nesta fase, o fluxo atinge o valor máximo decai em função do tempo inspiratório. A última fase, corresponde à expiração, o valor de pressão e de fluxo decai, terminando assim o ciclo respiratório.

O modo de controlo por pressão apresenta algumas vantagens a nível alveolar, devido à existência de um limite de pressão, diminui assim risco de lesões pulmonares e há uma maior distribuição alveolar.

Por outro lado, existe algum risco do paciente entrar em hipoventilação devido ao volume corrente não estar garantido.

3.3. Balanças Digitais

As balanças digitais são os equipamentos mais comuns existentes nas unidades de cuidados primários, consultórios médicos e em hospitais. Tem como função medir o peso, de forma convencional, sendo assim possível determinar o valor do índice de massa corporal do paciente com a finalidade de auxiliar o médico a elaborar um diagnóstico e/ou uma decisão terapêutica.

Na Figura 22 é apresentada a estrutura física da balança e na Tabela 3 são apresentados os diversos comandos e as suas funcionalidades, que se encontram no painel frontal [33].

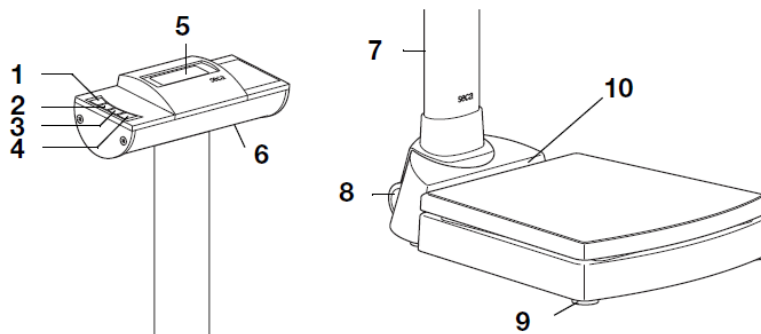


Figura 22 – Estrutura da balança digital da SECA [33]

Tabela 3 - Funcionalidades dos comandos da balança representada na figura anterior

Nº da figura	Comandos	Função
1		Ligar/Desligar a balança
2		Tecla Hold, se for ativada o peso medido fica no display mesmo se a balança se encontre vazia
3		Tecla BMI, se for ativada apresenta o cálculo do índice da massa corporal
4		Tecla Enter
5	Display	Elemento que apresenta os valores medidos e as configurações do aparelho
6	Compartimento das pilhas	Alojamento para 6 pilhas, tipo AA de 1,5volts
7	Ligaçao elétrica	Ligar a alimentação
8	Rolos de transporte	Pode ser deslocada sobre rolos
9	Pé roscado	4 Unidades para o alinhamento exacto
10	Bolha de nível	Indica se o aparelho está nivelado

3.4. Desfibrilhador e DAE

A desfibrilhação consiste na aplicação de uma corrente elétrica, num paciente através de um desfibrilhador, cuja sua função é reverter um quadro de fibrilação auricular ou ventricular. Por cada minuto que passa sem manobra de suporte básico de vida (SBV) e desfibrilhação, a hipótese de o paciente sobreviver diminui 7% a 10%. Os choques elétricos são aplicados diretamente na parede torácica do doente ou através de eletrodos que são alocados em pontos específicos (Figura 23) [34] [35].

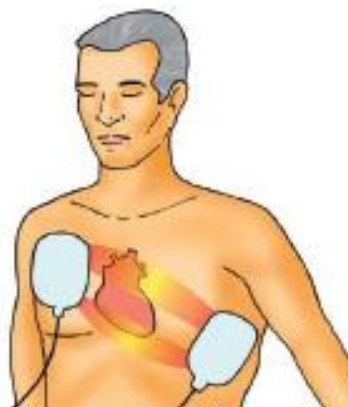


Figura 23 - Colocação dos eletrodos [35]

O desfibrilhador é utilizado para aplicar um choque elétrico forte no músculo cardíaco, no qual está a ocorrer uma arritmia que pode ser fatal. O choque elétrico é fornecido através de pás condutoras que são colocadas no peito do paciente.

Quando é aplicado um choque num paciente, com auxílio de um desfibrilhador manual (Figura 24), a energia definida, pode variar entre 50 a 360J, depende de algumas características do indivíduo nomeadamente: doenças, idade, tipo de arritmia e a sua duração.

Para além da aplicação do choque, este dispositivo possui um sistema que analisa o ECG do paciente, adquirido através de eletrodos e através das pás condutoras.



Figura 24 – Desfibrilhador - Hospital de Braga

O Desfibrilhador Automático Externo (DAE) (Figura 25) é um equipamento utilizado em paragens cardiorrespiratórias, tem como funcionalidade identificar o ritmo cardíaco ou fibrilação ventricular (FV), presente na maioria das paragens cardíacas. Tem também a capacidade de efetuar a leitura automática, do ritmo cardíaco e das condições cardíacas através das pás adesivas em contacto com o tórax do paciente [36].



Figura 25 - DAE

O DAE foi concebido para que seja possível a pessoas com formação em SBV auxiliar uma pessoa que se encontra em paragem cardiorrespiratória. A aplicação do primeiro choque, nos primeiros 3 minutos após uma paragem cardiorrespiratória, corresponde a uma taxa de sobrevivência superior a 74%, para uma fibrilação ventricular.

Existem dois tipos de desfibriladores, os mais antigos que funcionam apenas com o modo monofásico, ou seja, o utilizador tem de selecionar a energia que acha apropriada para o paciente que está em paragem. Os mais recentes são bifásicos, têm a capacidade de calcular a resistência do paciente e aplicam apenas a energia adequada ao mesmo. A Tabela 4 apresenta os limites máximos de energia aplicada em cada tipo de desfibrilhador.

Tabela 4 - Limite de energia estabelecida para crianças e adultos

	Monofásico	Bifásico	Redutor
Adulto	360J	200J	
Criança (> 8anos)			100J

3.5. Esfigmomanómetro

O esfigmomanómetro mede a pressão arterial através da compressão de uma artéria, sendo utilizado frequentemente no serviço de consultas externas e em cardiologia.

No esfigmomanómetro analógico a pressão arterial é medida através do método auscultatório, realiza-se com o auxílio de um estetoscópio. O estetoscópio é utilizado para auscultar o som do sangue a passar na artéria braquial.

No caso de ser um esfigmomanómetro digital, o processo de insuflação da braçadeira e aquisição da leitura da pressão arterial deixa de ser manual, o aparelho de medição possui no seu interior uma bomba de ar e um sistema eletrónico que processa os dados adquiridos.

O esfigmomanómetro analógico é constituído por uma bomba de ar, um manómetro que funciona como medidor de pressão, e uma braçadeira que insufla de forma a pressionar a artéria (Figura 26) [37].



Figura 26 - Esfigmomanómetro analógico (esquerda) e o digital (direita)

3.6. Aparelho de Ultrassons

Em fisioterapia, o aparelho de ultrassons é usado para tratar inflamações nas articulações e dores lombares, tem capacidade de estimular a cascata inflamatória e diminuir as dores sem provocar qualquer tipo de dor (Figura 27).

O ultrassom contínuo baseia-se na emissão de ondas sem interrupções e produz efeitos térmicos de forma a alterar o metabolismo e a permeabilidade das células, para o caso do ultrassom pulsátil as ondas são emitidas com interrupções o que permite tratar lesões agudas, tal como indica na Tabela 5 [38].

Tabela 5 - Limites de frequência, intensidade e tipo de emissão a aplicar em diversos tipos de lesões

Frequência da onda	1MHz	Lesões profundas
	3 MHz	Indicado para disfunções a nível cutâneo
Intensidade	0,5 a 1,6 W/cm ²	Maior intensidade trata lesões ósseas
		Menor intensidade trata lesões cutâneas
Tipo de emissão	Contínuo	Lesões crónicas
	Pulsátil	Lesões agudas



Figura 27 - Aparelho de ultrassons instalado no Instituto CUF

3.7. Bombas Perfusão

Este dispositivo médico tem como finalidade administrar uma quantidade de fluido de forma contínua ou intermitente, no sistema circulatório do paciente.

Uma bomba de perfusão é composta por um dispositivo que regula o caudal do fluido, um reservatório onde consta o fluido, que será posteriormente administrado, e um conjunto de acessórios que permitem o transporte do fluido.

Um dos principais parâmetros de uma bomba de perfusão é o caudal que representa o volume administrado por um período de tempo (ml/h). O controlo deste parâmetro pode ser feito através da medição do volume e/ou pela contagem de gotas.

A administração de um determinado fármaco pode ser programada num intervalo de tempo, no entanto, o volume não pode ser programado.

Uma das funcionalidades destes equipamentos, designa-se por *bolus* e consiste na administração de uma determinada quantidade de fluido, num curto espaço de tempo.

A administração de fármacos pode ser feita pelo método tradicional, baseado numa estimativa de conta gotas (administração do soro), ou através de um dispositivo médico por um de dois métodos:

- Bombas de perfusão volumétricas – são utilizadas essencialmente para administrar fármacos e alimentação;
- Bombas com seringas – são o método mais utilizado para administrar fármacos em geral, de autocontrolo da dor, de insulina e servem também como via de alimentação para o paciente [39]

3.7.1. Seringas

A seringa é um sistema mecânico, que permite o movimento do êmbolo, para que o fluido existente na seringa seja introduzido na corrente sanguínea do paciente.

A seringa que é colocada na bomba deve ser a indicada pelos fabricantes, de forma a diminuir o erro de medição, para além de que a escolha deve ser feita de acordo com o volume que se pretende administrar.

Quando a bomba com seringa é utilizada para realizar a administração *patient-controlled analgesia* (PCA), tem de ser programada, considerando um determinado intervalo de tempo de bloqueio de forma a evitar a sobredosagem. Esse período de tempo designa-se por *lockout*, e garante que o paciente recebe apenas a dosagem prescrita.

Na Figura 28, é apresentada a estrutura interna da bomba, relativamente ao motor e ao movimento do êmbolo, e ainda se apresenta a estrutura externa deste tipo de bomba [40].

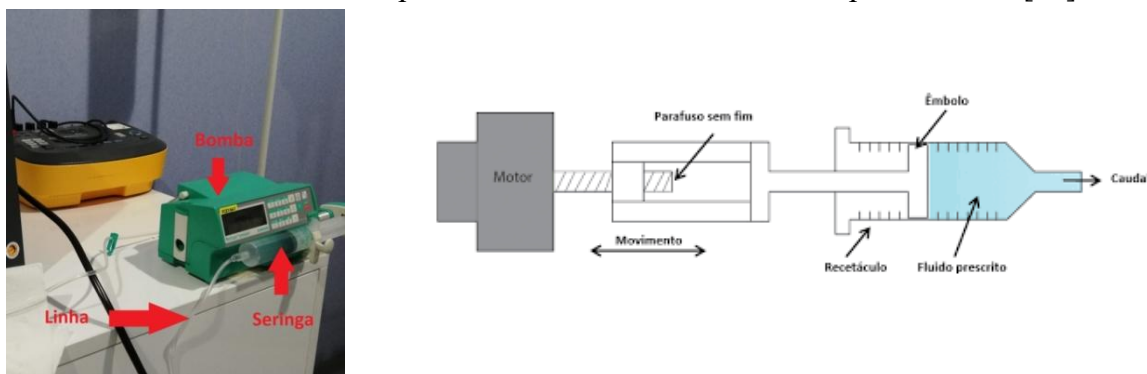


Figura 28 - Bomba com seringa e respetiva linha de transporte da infusão (imagem da esquerda) e esquemático do sistema funcional da bomba com seringa (imagem da direita) [40]

3.7.2. Bomba de Perfusão Volumétrica

Este dispositivo médico possui um sistema mecânico que permite uma deslocação do fluido que se encontra no interior do tubo por ação dos movimentos peristálticos, este mecanismo pode ser linear ou rotativo (Figura 29). Este mecanismo é ativado através de um motor passo-a-passo, comandado por um circuito eletrónico, indicando no ecrã o caudal e o volume de fluido a ser administrado.

O mecanismo mais utilizado nestes equipamentos é o linear, no seu interior é composto por diversos “*fingers*” independentes, que pressionam o tubo sinusoidalmente, realizando assim um movimento peristáltico [41].

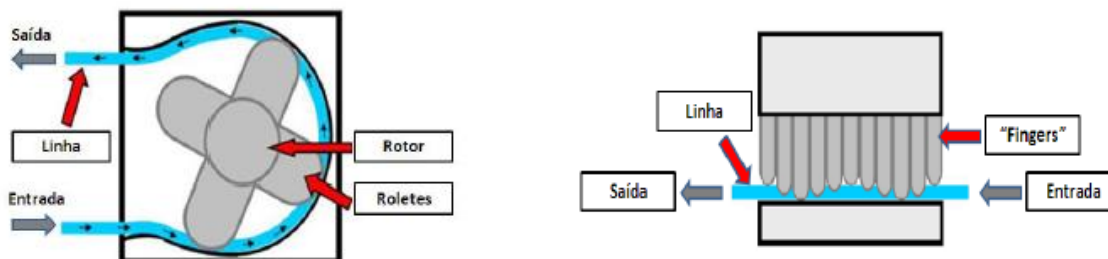


Figura 29 - Mecanismo peristáltico rotativo (imagem da esquerda) e mecanismo peristáltico linear (imagem da direita) [41]

Este tipo de bombas possui diversos sensores, de forma a detetar bolhas de ar e oclusão da linha. Para além destes, possui um sensor de gotas (Figura 30).

No caso de serem bombas de perfusão com a finalidade de administrar alimentos, possui um sistema idêntico às anteriores com a exceção da inexistência de sensores de gotas e de pressão máxima.



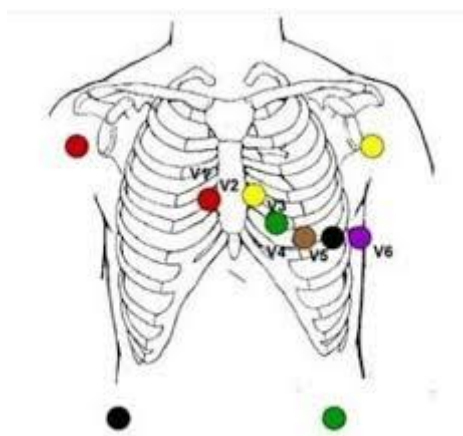
Figura 30 - Bomba de perfusão volumétrica

3.8. Eletrocardiógrafo

O coração tem como principal função bombear o sangue para que este chegue a todas as partes do corpo humano. O funcionamento deste órgão é essencialmente mecânico, divide-se em quatro câmaras, duas superiores designadas aurículas e duas inferiores, denominadas por ventrículos.

O ciclo cardíaco consiste, no sistema mecânico do coração e na atividade elétrica que decorre durante um batimento completo. Durante este ciclo, ocorrem quatro eventos: contração auricular, relaxamento auricular, contração ventricular, relaxamento ventricular. Este comportamento, é observado com o auxílio de um eletrocardiógrafo, que regista graficamente a atividade elétrica do coração [42].

Existe uma codificação de cores, para os eléctrodos utilizados por este equipamento, na Figura 31 é apresentado o esquema do corpo humano e o local onde devem ser colocados os eléctrodos [43].



Extremidades:

- **Vermelho** – Braço direito
- **Amarelo** – Braço esquerdo
- **Verde** – Perna esquerda
- **Preto** – Perna direita

Tórax:

- **Vermelho** – V1
- **Amarelo** – V2
- **Verde** – V3
- **Castanho** – V4
- **Preto** – V5
- **Roxo** – V6

Figura 31 - Distribuição dos eléctrodos para recolher a actividade eléctrica do coração [43]

Para realizar um eletrocardiograma é necessário um eletrocardiógrafo, gel condutor e 10 eléctrodos, 4 desses eléctrodos são colocados nos braços e pernas, designados por pás, os restantes são colocados na caixa torácica (Figura 32) [44].

O sinal após ser recebido pelos eléctrodos, é amplificado, filtrado, digitalizado e por fim o sinal é enviado para o *software*, onde os dados são tratados e apresentados ao utilizador.



Figura 32 - Representação de uma simulação de um eletrocardiograma [44]

3.9. Esterilização de endoscópios

A endoscopia é uma técnica de diagnóstico e/ou terapêutica que tem por base a observação de um órgão ou estrutura com o recurso a um endoscópio. Esta observação é feita com o auxílio de um tubo flexível, que se encontra acoplado a uma câmara, designando-se assim por endoscópio.

Esta técnica é utilizada em várias especialidades como a Gastreenterologia, Pneumologia, Ginecologia, Urologia e Cirurgia geral, dependendo da especialidade e do tipo de órgão a ser observado, são usados diferentes tipos de endoscópios.

Endoscópio

O endoscópio possui de um tubo flexível, um comando que permite realizar as manobras do aparelho e um tubo que liga a uma fonte de luz e a um processador de imagem.

O comando do endoscópio permite selecionar quatro posições (cima, baixo, esquerda e direita) de forma a movimentar o tubo flexível. Este possui diversos canais de entrada com as seguintes funcionalidades:

- Aspirador - ligado a uma bomba de vácuo;
- Água - para limpar as lentes e até mesmo algumas secreções;
- Canais de trabalho - para a introdução de equipamento de auxílio à cirurgia, bem como introdução de alguns desinfetantes.

Para além disso, na terminação do endoscópio encontra-se um foco de luz e a ótica da câmara, este sistema faz um movimento de 180°.

Este tipo de equipamentos, estão constantemente em contacto com mucosas, são caracterizados como semicríticos, porque têm de ser submetidos a uma desinfeção de alto nível, a cada utilização.

Cada endoscópio deve estar devidamente identificado de forma a ser possível realizar um histórico sobre como foi desinfectado e quais exames onde foi utilizado [45].

Cada aparelho tem uma dimensão diferente, consoante o tipo de órgão a ser visualizado, no caso do intestino o equipamento tem cerca de 1,60m.

Na Figura 33 podem ser observados três órgãos diferentes, intestinos, estômago e pulmões, onde é possível realizar um exame com auxílio de um endoscópio.

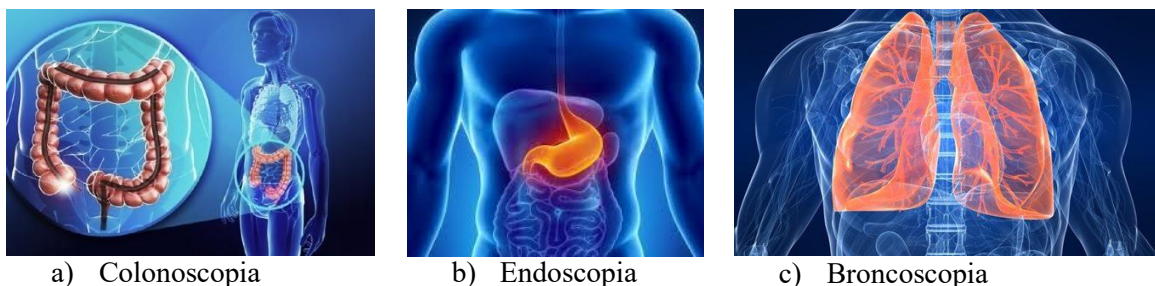


Figura 33 - Exemplos de exames com auxílio a endoscópio

Estrutura Física da Desinfecção

Uma unidade de saúde, que disponibiliza o serviço de gastroenterologia, deve possuir uma sala onde serão realizados os respectivos exames (Figura 34 – a) e uma sala de desinfecção com zonas devidamente identificadas e especializadas, nomeadamente os sujos, limpos e armazenamento, desta forma o endoscópio circula apenas e unicamente num sentido.

A área de desinfecção tem de ter um conjunto de características, particularmente um sistema de ventilação e extração de ar, controlo de temperatura e humidade, deve conter uma bancada com 2 cubas para a lavagem manual e uma máquina de desinfecção automática.

As cubas devem ser fundas e largas, para permitir a correta lavagem manual do endoscópio, a localização da bancada deve salvaguardar os profissionais de saúde da exposição a químicos.

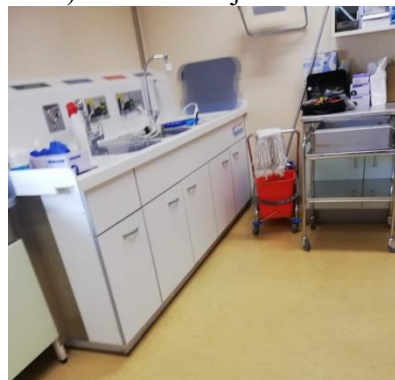
Para além da zona de lavagem, é obrigatório existir um armário que permita reservar os endoscópios, depois de estarem devidamente lavados e desinfetados.

Na figura 34 são apresentadas algumas imagens que fazem parte do percurso único do endoscópio, sendo que a imagem a) corresponde a uma sala onde é realizado o exame, no caso da imagem b) e c) diz respeito ao local onde é realizada a lavagem e desinfecção do aparelho, e por fim a imagem d) consiste num armário com sistema de ventilação para armazenar os equipamentos.

a) Sala de exames



b) Sala dos sujos



c) Sala dos limpos



d) Armazenamento



Figura 34 - Estrutura física a) Sala de exames, b) sala de sujos, c) sala de limpos, d) armazenamento.

Máquina de lavar/ desinfetar endoscópios

Qualquer equipamento ou instrumento médico que esteja em contacto com pacientes tem obrigatoriamente de ser desinfetado. A empresa ATM em colaboração com a empresa SIMMEDICA, intervêm neste ramo da desinfeção de endoscópios, instalando mecanismos que facilitem o processo de lavagem e desinfeção que consigam garantir que não existe uma posterior contaminação.

A empresa ATM atua em três modelos de máquinas, que permitem fazer a lavagem e desinfeção dos endoscópios de forma segura (Figura 35).

Qualquer modelo das máquinas de lavar e desinfetar endoscópios possui duas cubas, em que cada uma tem uma bacia única acoplada a um sistema de tubos helicoidais, de forma a permitir uma lavagem em todas as extremidades do endoscópio. Este tipo de máquinas possui um sistema de *radio-frequency identification* (RFID), que identifica, antes do processo, se a posição dos garrafões (detergente e desinfetante) e do filtro está correta e faz uma leitura do rótulo de forma a evitar erros cometidos pelos utilizadores. Possui, um sistema de codificação por cores, para facilitar a ligação do endoscópio sem falhas [46].



Figura 35 - Modelos de máquinas de lavar e desinfetar endoscópios da marca Wassenburg

As máquinas da *Wassenburg*, são projetadas para uma operação intuitiva, com *touchscreen* que apoia o utilizador em todas as etapas necessárias, com um sistema de abertura de mão livres da tampa e utilizam sensores de pé para facilitar a abertura, minimizando assim a contaminação.

O painel frontal apresenta no primeiro separador as indicações dos processos que estão a decorrer, o ícone da informação geral da máquina e o ícone de menu de serviço (Figura 36).

No primeiro separador (Figura 36) é apresentada a indicação para realizar a lavagem do endoscópio, basta pressionar o ícone de “carregar” e ele irá pedir para fechar a tampa, se for esse o caso, pede ainda o número do utilizador e para além disso pede o código que corresponde ao endoscópio.

Para fazer o processo de lavagem e desinfeção, num ciclo de curta duração (22 minutos), o desinfetante que é utilizado tem uma base de ácido peracético. No terceiro separador é onde são apresentadas as ocorrências que vão acontecendo ao longo dos ciclos. No segundo separador são apresentadas várias funcionalidades que a máquina permite realizar individualmente, sendo:

- Encher;
- Drenar;
- Circular;
- Desinfecção – que pode ser feita através de dois métodos (térmica e/ou química).

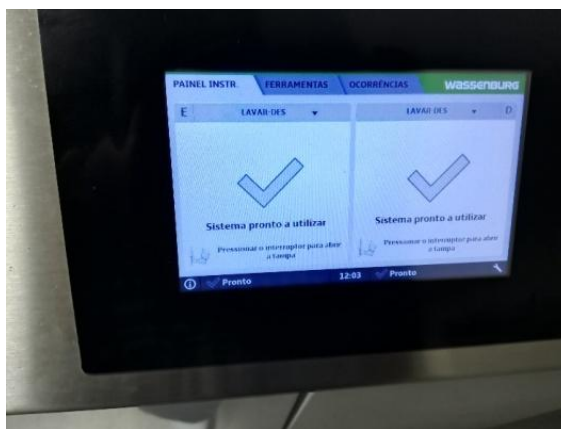


Figura 36 - Painel frontal a apresentar o primeiro separador

Armários de Armazenamento de Endoscópios

Para além da lavagem e desinfecção dos aparelhos, a empresa *Wassenburg* investiu na criação de armários que possibilitam uma elevada proteção e higiene dos endoscópios.

Concebeu armários de secagem, onde os endoscópios ficam armazenados em suspensão vertical para que o efeito da gravidade facilite o processo de secagem.

Os endoscópios são armazenados num ambiente controlado, garantindo assim que não existe uma formação microbológica, preservando o estado lavado e desinfetado do endoscópio. Os armários possuem um sistema de fluxo de ar regular ao redor dos endoscópios durante o seu armazenamento. Cada endoscópio tem uma ligação individual, para garantir o melhor fluxo de ar através dos canais do endoscópio, usando ar comprimido filtrado [47].

Todas as etapas de secagem e armazenamento são geridas através de *software*. Os dados são processados, sendo apenas impressa a informação relevante. Existem, neste momento, dois modelos de armários (DRY300 e DRY320), em cada um é possível armazenar 10 endoscópios flexíveis (Figura 37) [47].



DRY300

DRY320

Figura 37 - Modelos de armários de secagem de endoscópios da Wassenburg

Equipamento de Proteção Individual

Os profissionais de saúde que trabalham na área de desinfeção de endoscópios, lidam diariamente com instrumentos que estão com um elevado nível de contaminação, por essa razão, os profissionais de saúde devem realizar exames periódicos, para analisar o seu estado de saúde.

De forma a proteger os profissionais de saúde enquanto executam este tipo de processos de desinfeção, foi estipulado que devem utilizar equipamentos de proteção individual (EPI), evitando assim que as contaminações existentes no endoscópio passem para o profissional. Para além dessa razão, o profissional trabalha com detergentes e desinfetantes altamente corrosivos que podem danificar a pele e o sistema respiratório.

O equipamento de proteção individual adequado para a realização desta atividade deve ser disponibilizado pela unidade de saúde, numa quantidade e qualidade devidamente adequada. Tal como está representado na Figura 38 o EPI que o auxiliar de saúde deve utilizar quando exerce estas funções são uma bata ou avental de manga comprida, luvas, máscara e óculos ou viseira de proteção.

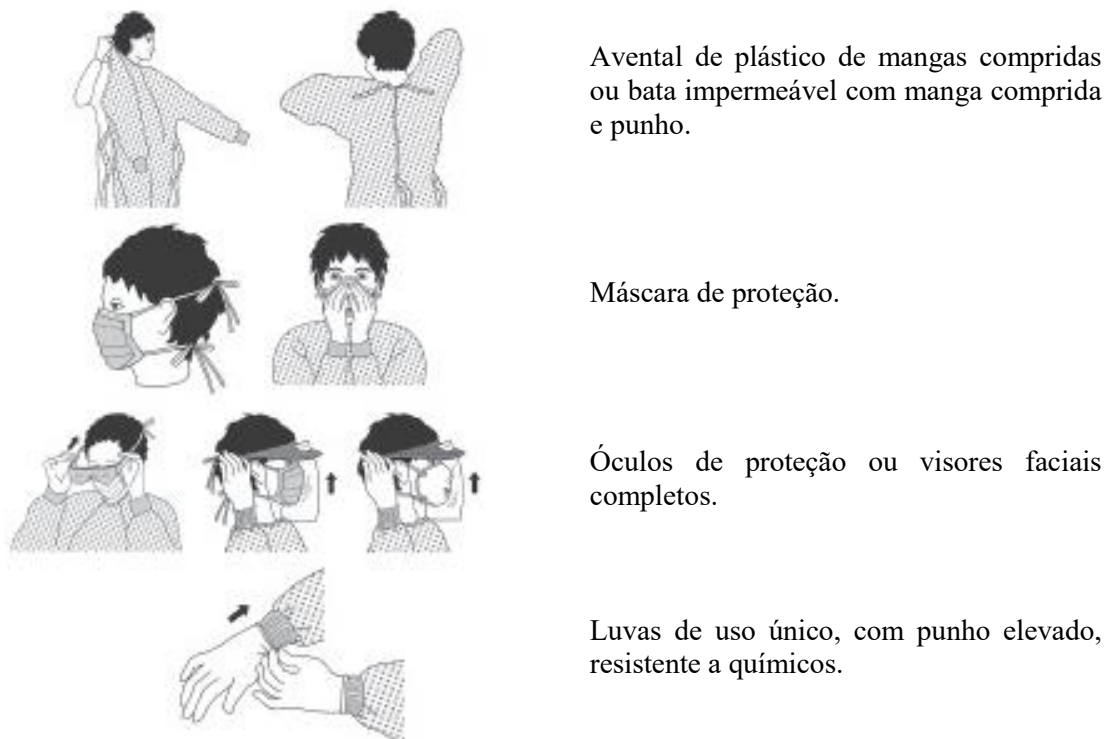


Figura 38 - Equipamento de proteção individual

Os profissionais, que utilizam químicos, devem estar devidamente informados sobre os riscos a que podem estar sujeitos.

Deve existir um procedimento escrito nas unidades de saúde, que informe como se deve agir nas seguintes situações:

- Eliminação de resíduos líquidos com risco biológico ou químico;
- Derrame de químicos;
- Derrame de líquidos orgânicos.

Todos os profissionais que realizam a desinfeção de endoscópios devem ser qualificados, ter formação e treinos a fim de manusear o endoscópio corretamente.

Processamento de Esterilização de Endoscópios

A esterilização de endoscópios tem algumas particularidades, que de certa forma dificultam o processo, principalmente pelo facto de existirem superfícies inacessíveis.

O desenvolvimento de equipamentos que facilitam o processo de descontaminação tem vindo a evoluir, possibilitam a utilização de outro tipo de detergentes e desinfetantes que se tornam mais eficazes, no entanto, a descontaminação manual tem de ser realizado em parte.

O processo de limpeza e desinfeção de endoscópio passa por seis fases, em que a primeira se inicia assim que o exame ao paciente termina e acaba quando o endoscópio entra na sala para realizar um próximo exame [49].

No fluxograma (Figura 39) são apresentadas as diversas fases de desinfeção desde a pré-limpeza ao armazenamento.

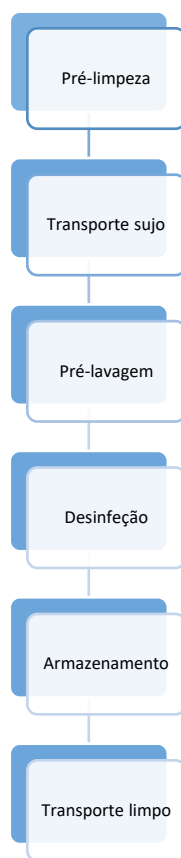


Figura 39 - Fluxograma do processo de esterilização de um endoscópio

1ª Fase - Pré-limpeza

O processo de pré-limpeza inicia-se logo após a remoção do tubo do endoscópio, que se encontra no interior do paciente, e antes de se remover o endoscópio da fonte, de forma a evitar que a carga biológica fique ressequida e que ocorra contaminação.

A limpeza é feita com o auxílio de uma compressa macia e um detergente enzimático, o canal ar/água deve ser irrigado e, em seguida, a solução deve ser aspirada.

Na figura 40 encontra-se um *trolley* com uma fonte de luz, um eletrobisturi e um aspirador de secreções rodado.



Figura 40 - Fonte de luz e aspirador de secreções

2ª Fase – Transporte de sujos

Após a fase de pré-limpeza dentro da sala de exames, o endoscópio é colocado dentro de um recipiente fechado devidamente identificado e posteriormente transportado para a zona de esterilização.

Pode ser usado um recipiente aberto caso o trajeto do endoscópio contaminado não passe por áreas de utilização comum. Na Figura 41 é representado um carro de transporte e um recipiente aberto de sujos.



Figura 41 - Imagem da esquerda - carro de transporte dos sujos com recipiente de tampa, Imagem da direita - recipiente de transporte sem tampa

3ª Fase - Pré-lavagem

Quando o endoscópio dá entrada na sala de desinfeção, é feito um teste de fugas recorrendo ao equipamento da Figura 43, mediante a leitura passa-se para a fase de pré-lavagem [50].

Em caso de se detetar uma fuga, o processo de esterilização do endoscópio é interrompido, deve ser feito o pedido de reparação do endoscópio de imediato. O profissional de saúde nesta situação deve colocar o endoscópio num recipiente e sinalizar que não se encontra desinfetado.

Na pré-lavagem, o endoscópio deve ficar imerso em água com detergente, todas as válvulas e outros componentes removíveis devem ser retirados, após isso é utilizado um escovilhão para remover possíveis detritos, que se encontrem dentro dos canais. Os escovilhões podem ser

descartáveis de utilização única ou reutilizáveis, nesse caso devem ser devidamente desinfetados.

Os canais devem ser preenchidos por uma solução de limpeza, de forma a remover todo o material orgânico.

Por fim, o endoscópio deve ser mudado de cuba para ser enxaguado de forma a remover o detergente do interior dos canais e do exterior do aparelho, como apresentado na Figura 42 [50].



Figura 42 - Lavagem manual do endoscópio



Figura 43 - Aparelho utilizado para realizar o teste de fugas

4ª Fase - Desinfecção

Para qualquer endoscópio estar operacional, é necessária uma lavagem e desinfecção rigorosa. A desinfecção pode ser feita por dois métodos o automático ou manual, ambos são fiáveis se forem realizados todos os passos rigorosamente.

No método manual, o endoscópio é mergulhado numa tina com uma solução desinfetante, os canais devem ser preenchidos com desinfetante evitando assim espaços mortos. As válvulas e tampas devem ser colocadas na mesma solução junto do endoscópio. A solução pode ser conservada por mais de um dia, mas é necessário realizar uma avaliação ao teor do elemento ativo, se o nível for inferior ao limite imposto pelo fabricante então a solução deve ser eliminada. Quando o endoscópio estiver desinfetado, este deve ser enxaguado em água filtrada e conjunto com as válvulas e tampas. Por fim, o endoscópio sofre uma secagem com o auxílio de ar comprimido medicinal, os canais nesta fase devem ser irrigados com álcool etílico ou isopropílico de 70% a 90%.

Na Figura 44 podemos analisar uma estação de desinfeção com um conjunto de tinas, um lavatório e uma pistola de ar comprimido para ser feita a secagem do endoscópio.

Este método tem a vantagem temporal, ou seja, o tempo de desinfeção diminui drasticamente em relação ao método automático, por outro lado os profissionais ficam expostos a químicos e a material infeccioso. Pela vantagem temporal muitos dos hospitais em Portugal preferem este método, desta forma conseguem realizar mais exames por dia com uma quantidade de endoscópios pequena.



Figura 44 - Tina de desinfeção manual

O método automático é o mais utilizado e permite realizar um registo de todos os passos do processo de desinfeção. O endoscópio é colocado dentro do equipamento ligando-se todas as ligações aos respetivos canais e é iniciado o ciclo de desinfeção que está padronizado para cada endoscópio. No final, o enxaguamento, que é feito pela máquina, deve ser com água livre de bactérias. Quando o ciclo terminar o endoscópio deve ser armazenado, caso seja necessário utilizar no exame seguinte deve ser transportado completamente tapado para evitar contaminações.

Na Figura 45 pode verificar-se a existência de tubos que são ligados aos canais do endoscópio, a cuba onde o endoscópio irá permanecer durante o ciclo de desinfeção e ainda um guarda válvulas para ser feita a desinfeção em conjunto com o aparelho.



Figura 45 - Máquina de desinfetar endoscópios

5ª Fase - Armazenamento

Quando o endoscópio é sujeito a um ciclo de lavagem, com detergente e desinfetante deve ser feita a secagem do mesmo e este deve ser armazenado, caso não seja utilizado no momento a seguir. Nessa situação, o endoscópio deve ser colocado num recipiente, devidamente desinfetado e sinalizado em como no seu interior o aparelho está esterilizado.

Quando o endoscópio é armazenado deve ser colocado numa posição vertical, com a finalidade de evitar retenção de líquidos e prevenir a contaminação. As partes desmontáveis, válvulas e outros componentes são colocados perto do endoscópio.

O armazenamento em armários, com sistema de ventilação e barreira sanitária (Figura 46) pode ter uma duração máxima de 72 horas, caso os armários não possuam barreira sanitária o período decresce para 12 horas de conservação, após cada limite imposto deve ser feita uma nova desinfecção antes de ser utilizado.



Figura 46 - Armário para armazenar endoscópios

6ª Fase – Transporte de Limpos

Quando é necessário um endoscópio para realizar um exame a um determinado paciente, recorre-se ao armário de armazenamento, coloca-se o mesmo num recipiente devidamente identificado e pode ser deslocado até à sala de exames.

Esta deslocação é feita através de um carro de transporte (Figura 47) ou apenas por um recipiente fechado.



Figura 47 - Carro de transporte do endoscópio desinfetado

Válvulas e Componentes Desmontáveis

As válvulas de sucção, ar/água, do canal de trabalho e outros acessórios devem ser removidos do endoscópio, de forma a serem completamente limpas e escovilhadas, com um detergente enzimático, posteriormente devem ser enxaguadas em água limpa, para se proceder uma desinfeção.

Deve existir sempre uma inspeção visual, a fim de garantir que as válvulas se encontram em bom estado e limpas.

A desinfeção das válvulas pode ser feita em simultâneo, pelo mesmo método em que o respetivo endoscópio é desinfetado. Aquando desinfetadas devem ser limpas e armazenadas junto do endoscópio. Na Figura 48 são apresentadas as válvulas do endoscópio [51].



Figura 48 - Válvulas do endoscópio

Rastreabilidade

Um endoscópio alocado a uma unidade de saúde deve ser identificado com um código único. Devem também existir códigos para aparelhos de empréstimo, por vezes os hospitais têm necessidade de solicitar equipamentos de empréstimo aos fornecedores e por essa mesma razão tem de existir códigos para identificar os endoscópios nas lavagens.

Anexo à identificação deve existir um método de registo manual ou informático, onde sejam colocadas as informações importantes, sobre todo o processo ao qual o endoscópio está sujeito, para garantir a total desinfeção.

O registo deve conter o código do endoscópio, o profissional que efetuou a desinfeção e/ou a lavagem, a fase em que se encontra, código do paciente associado ao processo/utilização, data e hora do armazenamento.

3.10. Considerações Finais

Durante o estágio curricular a aluna teve a possibilidade de contactar com diversos serviços da unidade hospitalar, o que ofereceu a possibilidade de aprofundar alguns conhecimentos sobre o parque de equipamentos que cada serviço necessita.

Por essa razão a aluna teve contacto com diversos equipamentos médicos de modelos bastante distintos, sendo cada modelo utilizado em serviços específicos, satisfazendo as necessidades de cada um.

Esterilização de endoscópio é abordada todo o percurso deste equipamento, desde que entra na sala de exames até ao momento em que é armazenado devidamente lavado e esterilizado, garantindo toda a fiabilidade e segurança para a próxima utilização. São apresentados os equipamentos que realizam a lavagem/desinfecção e os armários de secagem de endoscópios. Para além disso, foram descritas as características das diferentes salas por onde o endoscópio realiza o seu percurso.

Capítulo 4 – Ações de Manutenção realizadas

Neste capítulo é apresentado o trabalho realizado no âmbito deste estágio curricular ao efetuar a manutenção preventiva (Secção 4.1) e manutenção corretiva (Secção 4.2) em diversos equipamentos. Por fim são apresentadas as considerações finais (Secção 4.3).

4.1. Manutenção Preventiva

Numa primeira fase, é descrita a manutenção planeada a balanças (Secção 4.1.1), ventiladores (Secção 4.1.2), monitores de sinais vitais (Secção 4.1.3), DAE (Secção 4.1.4), desfibrilhadores (Secção 4.1.5), máquinas de lavar/desinfetar (Secção 4.1.6), bombas de perfusão (Secção 4.1.7) e o eletrocardiógrafo (Secção 4.1.8).

4.1.1. Balanças

A primeira manutenção preventiva realizada de forma autónoma, no âmbito deste estágio curricular nas instalações do Hospital CUF Porto foi às balanças da marca SECA. Estas balanças pertencem aos consultórios de pediatria e possibilitam a pesagem convencional. Para além disso, permitem calcular o IMC (Índice de Massa Corporal) dos utentes com base no peso e altura.

O índice de massa corporal é dado por:

$$IMC = \frac{peso}{(altura)^2}, \text{ sendo o peso dado em kg e a altura em metros.}$$

A Tabela 6 resume os valores do IMC e classifica quanto ao estado de peso do utente.

Tabela 6 - Classificação do IMC

IMC	Classificação
<18,5	Baixo peso
18,5 – 24,9	Peso normal
25 – 29,9	Excesso de peso
30 – 34,9	Obesidade de classe 1
35 – 39,9	Obesidade de classe 2
>= 40	Obesidade de classe 3

A manutenção preventiva de balanças consiste em analisar a leitura que os sensores recolhem, quando são sujeitos a uma determinada força. Para isso, são realizados diversos ensaios, nos quais são utilizados pesos, com um valor conhecido, são colocados na balança e faz-se a leitura da pesagem (Figura 49). Caso a balança não apresente o valor correto, terá de se proceder à calibração da mesma.

Para além desta avaliação dos resultados obtidos, é essencial verificar o estado da balança, o funcionamento dos botões e do *display* e analisar se o cabo de alimentação está em boas condições.



Figura 49 - Manutenção preventiva a uma balança SECA (1º ensaio)

Na manutenção preventiva são realizados no mínimo três ensaios, avaliando assim se o equipamento se encontra calibrado (Figura 50).

1º Ensaio

Coloca-se na balança um peso de 20kg, faz-se a leitura do *display*, regista-se o valor do ensaio e o resultado na ficha de manutenção.

2º Ensaio

Coloca-se na balança um peso de 40kg, faz-se a leitura do *display*, regista-se o valor do ensaio e o resultado na ficha de manutenção.

3º Ensaio

Coloca-se na balança um peso de 80kg, faz-se a leitura do *display*, regista-se o valor do ensaio e o resultado na ficha de manutenção.



Figura 50 - Pesos utilizados na manutenção (10kg e 20Kg)

4.1.2. Ventilador Anestésico

Nas instalações do Hospital CUF Porto existe uma vasta variedade de ventiladores, distribuídos por diversas unidades, desde o Bloco Operatório Central (BOC) à Unidade de Cuidados Intensivos Polivalentes (UCIP).

A manutenção preventiva altera consoante o modelo do ventilador, visto que estruturalmente não utilizam o mesmo mecanismo. Consequentemente, os *kits* de substituição de peças são diferentes para cada máquina. Nesta secção, são apresentados os modelos utilizados, bem como as diferentes trocas de material.

Ventilador Anestésico GE Datex-Ohmeda S/5 Avance e CS2

Estes dois modelos de ventiladores anestésicos são utilizados no bloco operatório central. Devido à sua capacidade de controlo da respiração do paciente e possibilitam a indução anestésica. Para além disso, existe um monitor de sinais vitais associado ao ventilador, que permite a monitorização do paciente em tempo real.

Nesta secção, são apresentadas as peças do *kit* de substituição anual para este tipo de ventilador, bem como todos os testes de verificação do funcionamento do ventilador e respetivas calibrações.

1ª Fase – Substituição das baterias

Na parte posterior do ventilador existem duas baterias, que têm uma durabilidade de dois anos (Figura 51).



Figura 51 - Fonte de alimentação do ventilador

2ª Fase – Troca de *O'rings* onde são alocados os vaporizadores anestésicos

No suporte dos vaporizadores existem vedantes, que reduzem ao máximo a existência de fuga, sendo necessária a sua substituição anualmente devido ao seu desgaste (Figura 52).



Figura 52 - Vaporizadores anestésicos

3ª Fase – Substituição dos *O*'rings e das válvulas de segurança do módulo do circuito respiratório

As válvulas de segurança do módulo do circuito respiratório, têm de manter as suas características de fábrica, com o desgaste ganham curvaturas, o que impede o bom funcionamento do circuito respiratório (Figura 53). Por essa razão, são substituídas anualmente bem como os vedantes do módulo.



Figura 53 - Módulo do circuito respiratório

4ª Fase – Limpeza do sistema do circuito do sistema respiratório

Este reservatório do circuito do sistema respiratório acumula diversas impurezas, sendo necessário fazer uma limpeza (Figura 54).



Figura 54 - Base do circuito do sistema respiratório

5ª Fase – Substituição do vedante

Os vedantes do interior do circuito do sistema respiratório devem ser todos substituídos na manutenção preventiva (Figura 55).

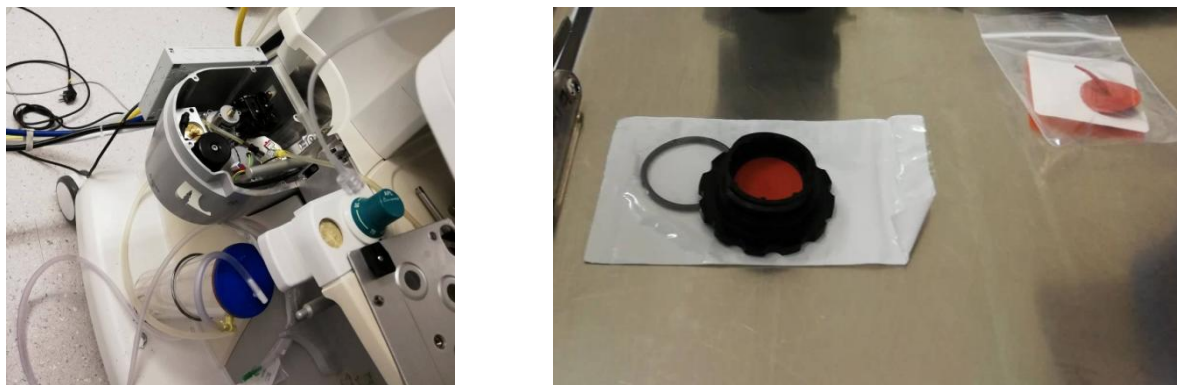


Figura 55 - Vedante

6ª Fase – Substituição dos sensores do módulo do sensor de fluxo

Os sensores de fluxo têm um prazo de validade, com a utilização dos mesmos, estes vão perdendo as capacidades de captação do fluxo, são substituídos anualmente (Figura 56).



Figura 56 - Módulo do Sensor de fluxo

7ª Fase – Substituição da Válvula *Adjustable Pressure Limiting* (APL)

O bom funcionamento da válvula APL é essencial, permite a limitação dos valores de pressão, com o desgaste de utilização é necessário fazer a substituição da mesma todos os anos (Figura 57).

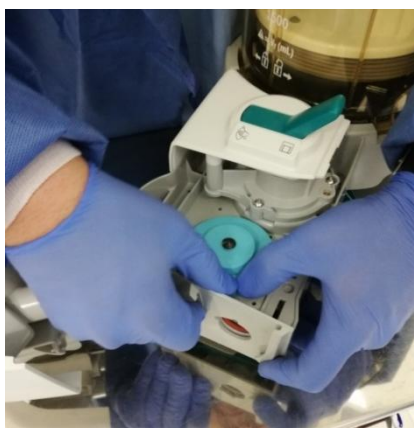


Figura 57 - Válvula APL

8ª Fase – Substituição da válvula de libertação de pressão, do vedante da base e do fole

Nesta fase é substituída a válvula de libertação de pressão, o fole e o vedante, sendo estes os elementos de maior desgaste, devido à esterilização e ao movimento mecânico (Figura 58). Esta substituição é anual, contudo verifica-se que ao longo do ano devido ao desgaste é necessário substituir o fole.

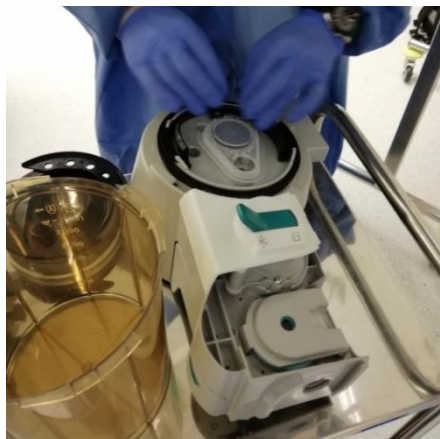


Figura 58 - Substituição da válvula de libertação de pressão

9ª Fase – Substituição da válvula de exalação

Na manutenção preventiva deve ser feita a substituição da válvula de exalação (Figura 59), com a utilização perde as suas características.



Figura 59 - Conjunto da válvula de exalação

10ª Fase - Substituição dos tubos internos do módulo de capnografia

O capnógrafo faz a leitura do CO₂, com a utilização os tubos internos perdem a qualidade devido ao contacto com o ar (Figura 60).



Figura 60 - Módulo de capnografia

11ª Fase – Analisar o estado do recipiente de absorção de CO₂

Por fim, deve ser feita a análise do estado dos elementos de absorção de CO₂ (Figura 61). Caso se encontrem com uma cor roxa deve ser feito o pedido de assistência ao fabricante para substituição do mesmo.



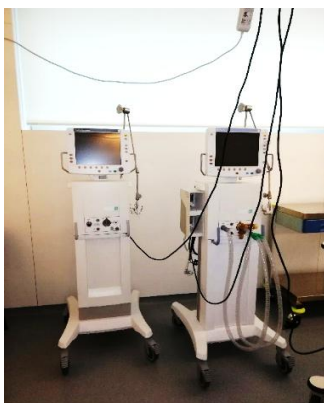
Figura 61 - Recipiente de absorção de CO₂

Ventiladores da UCIP

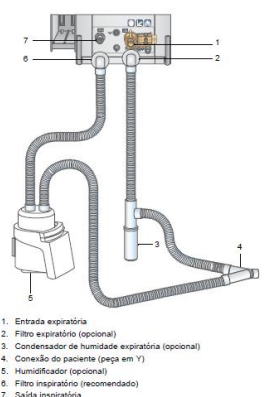
Numa 2ª Fase do estágio, continuou-se a fazer a manutenção preventiva aos ventiladores da UCIP.

Os ventiladores desta unidade são bastante diferentes dos ventiladores que se encontram noutros serviços deste hospital, nomeadamente os do BOC, Bloco de Partos e Exames Especiais. A principal diferença encontra-se na estrutura, ou seja, os ventiladores da UCIP tem uma dimensão bastante reduzida, não apresentam uma mesa nem espaço de arrumações. Estes ventiladores, não apresentam a funcionalidade de indução anestésica, são utilizados para realizar o suporte respiratório do paciente, através de um sistema eletrónico e mecânico que permitem fazer o bombeamento de ar.

Estruturalmente, este ventilador possui um *display*, onde é feita a monitorização da ventilação, uma entrada expiratória, uma saída inspiratória (Figura 62 b)) e o sistema de alimentação a baterias de 12Vcc.



a)



b)

Figura 62 - Ventilador GE Engstrom Carestation e Pro a) e o esquemático da ligação do sistema respiratório b)

A manutenção preventiva consiste em fazer algumas substituições de material dos ventiladores, que devido ao número de utilizações entram em desgaste. Esta substituição foi subdividida em três fases:

1ª Fase – Substituição de filtros

Numa primeira fase, são substituídos os filtros que se encontram em diversos pontos do ventilador (Figura 63).



Figura 63 - a) Filtro do monitor, b) Filtro do ventilador e c) Filtros de entrada de ar

2ª Fase – Substituição da pilha do CPU

A pilha do CPU do monitor tem como funcionalidade garantir que a memória interna não é perdida. Sendo necessária a substituição da pilha evitando assim perdas de informação (Figura 64).



Figura 64 – Substituição da pilha do CPU

3ª Fase – Substituição das baterias

Por fim, realiza-se a substituição das baterias do ventilador que se encontram na parte posterior do equipamento (Figura 65).



Figura 65 – Substituição de duas baterias do ventilador

Testes

Após a realização da manutenção anual, é essencial verificar o estado de funcionamento do equipamento. Para isso, é realizado um autoteste ao ventilador onde são analisados diversos parâmetros internos (Figura 66).

Por fim, fazem-se simulações e verifica-se se a ventilação está a ser realizada em concordância com os valores programados, com o auxílio do analisador de fluxo.



Figura 66 - Autoteste do ventilador

Para a realização do teste de verificação da ventilação, é necessário efetuar diversos ensaios com diferentes parâmetros de entrada, desde o tipo de gases utilizados, quantidades e frequência (Figura 67).



Figura 67 - Verificação do funcionamento do ventilador com o equipamento de teste

Na Tabela 7 são apresentados alguns dos ensaios realizados para a analisar as funcionalidades do ventilador, na Figura 68 faz-se uma análise das curvas do ensaio 3.

Tabela 7 - Ventilação controlada por Volume

	O2 (%)	N2O (%)	V _c (ml)	Freq. (/min)	I: E	PEEP (cmh2o)	Pmax (cmh2o)	Sevoflurano
Ensaio 1	100	0	500	10	1:2.5	OFF	30	NA
Ensaio 2	100	0	500	20	1:2.5	OFF	30	NA
Ensaio 3	50	50	500	10	1:2.5	OFF	30	NA

Na Figura 68 encontra-se a simulação do modo de controlo por volume, em que a primeira curva diz respeito à pressão nas vias aéreas Pva a outra curva representa o fluxo. Nesta ventilação foram simulados a administração de dois gases O₂ e N₂O numa porção de 50% para cada um deles, sendo administrado um volume corrente (Vc) de 500ml.

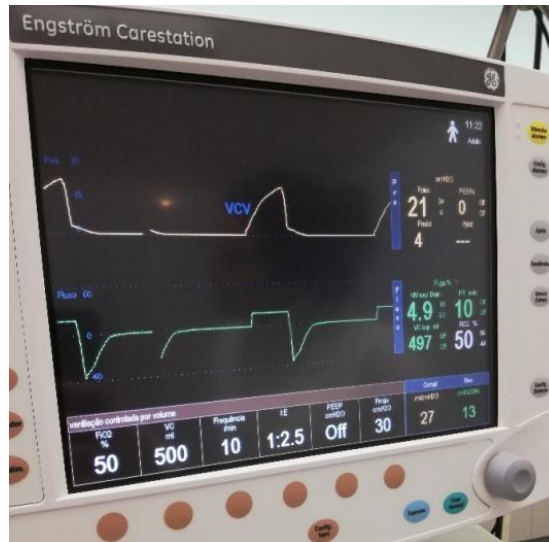


Figura 68 - Ensaio 3

4.1.3. Monitores de Sinais Vitais

Ao longo do estágio, foi proposto o acompanhamento da equipa móvel na realização da manutenção preventiva, a monitores de sinais vitais, que se encontram nos diversos centros de saúde da cidade do Porto.

A manutenção preventiva tem por base a verificação do estado visual do equipamento tal como cabos, limpeza, fixação, alarmes, controles e *display*. Após essa análise, são realizados testes ao equipamento, através do equipamento de testes multiparamétrico e o de teste de segurança elétrica.

Com o equipamento de testes multiparamétrico, são realizados diversos ensaios de medição à pressão arterial não invasiva, ECG, SpO2 e respiração.

Pressão arterial não invasiva

No caso da pressão arterial não invasiva, é necessário verificar se existe fuga na braçadeira e se indica o batimento cardíaco, posteriormente realizar ensaios indicados na Tabela 8 (Figura 69).

Tabela 8 - Ensaios para análise da pressão arterial não invasiva.

		Programado (mmHg)	Medido (mmHg)
1º Ensaio	Pressão diastólica	40	(±10)
	Pressão sistólica	80	
2º Ensaio	Pressão diastólica	80	
	Pressão sistólica	120	
3º Ensaio	Pressão diastólica	100	
	Pressão sistólica	140	
4º Ensaio	Pressão diastólica	180	
	Pressão sistólica	220	

Em cada ensaio é essencial verificar se os valores obtidos se encontram dentro do valor de incerteza, caso os valores ultrapassem a incerteza é necessário realizar uma reparação ao sistema de interno da avaliação da PNI.

SPO2

No caso da saturação de oxigénio no sangue, verifica-se as definições dos alarmes, quais serão os limites superiores e inferiores que fazem activar o alarme do SPO2 e, posteriormente, realizar a simulação com o equipamento de testes multiparamétrico, dois ensaios 90% e 98% de saturação de oxigénio no sangue.

ECG

Para a análise do ECG, são verificadas as definições dos alarmes, quais serão os limites superiores e inferiores que fazem ativar o alarme do ECG e, posteriormente, é realizada uma simulação com o equipamento de testes multiparamétrico com alguns ensaios definidos na Tabela 9 (Figura 56).

Tabela 9 - Ensaios de teste ao funcionamento de ECG em monitores

		Programado	Medido
1º Ensaio	Derivada I	30bpm	(±5)
2º Ensaio	Derivada II	60bpm	
3º Ensaio	Derivada II	90bpm	
4º Ensaio	Derivada II	120bpm	
5º Ensaio	Derivada III	180bpm	



Figura 69 - Realização do ensaio da pressão não invasiva com o equipamento de teste multiparamétrico

4.1.4. DAE

Durante o estágio, foi realizada a manutenção preventiva dos DAE alocados nos diversos centros de saúde da cidade do Porto. A manutenção segue uma *check-list* para verificar o estado do DAE (Figura 70), essas verificações resumem-se nos seguintes parâmetros:

- Localizar o DAE;
- Analisar as datas de validade das pás e da bateria do DAE;
- Verificar o estado do indicador de serviço (luz);
- Confirmar se os suplementos, tais como a lâmina, toalhete, tesoura e luvas descartáveis se encontram conformes;
- Realizar a limpeza do equipamento.

Após essas verificações, é necessário testar a descarga elétrica, para isso utiliza-se o equipamento de teste que simula uma paragem cardiorrespiratória, o DAE faz a leitura desses valores e em caso de segurança faz-se a injeção de corrente para o equipamento de teste, este faz a leitura da energia absorvida (Figura 71).



Figura 71- Realização do teste de desfibrilhação



Figura 70 - DAE com display e respetivo kit

4.1.5. Desfibrilhador

Ao longo do estágio, realizou-se a manutenção preventiva a desfibrilhadores, que se encontravam alocados ao Hospital CUF Porto e ao Hospital de Braga.

A manutenção preventiva tem por base inicial a verificação do estado visual do equipamento tal como cabos, limpeza, fixação, alarmes, controles, *display*, impressora e bateria. Após essa análise, são realizados testes ao equipamento, através de equipamento de testes de desfibrilhação e o de segurança elétrica, com diversos ensaios, de forma a verificar o funcionamento da descarga elétrica e a respetiva avaliação dos sinais vitais recolhidos (Figura 72).

De forma a ser mais perceptível o que é feito ao longo da manutenção planeada, serão apresentadas três fases, onde são mencionados os passos realizados.

1ª Fase - Análise da monitorização

O desfibrilhador permite avaliar os sinais vitais do paciente. Desta forma, indica ao utilizador se o paciente necessita de receber uma carga elétrica.

Para realizar a análise do ECG, são feitos ensaios através de dois meios de recolha de dados: cabos ECG e pás.

Estes ensaios são feitos com o auxílio do equipamento de teste de desfibrilhação que permite simular um sinal idêntico ao batimento cardíaco.

2ª Fase – Realização de descargas

Nesta fase, são realizados no mínimo 5 ensaios de descargas elétricas, com energias diferentes de forma a verificar, se as descargas estão dentro dos valores indicados pelo fabricante.

Os primeiros quatro ensaios são feitos em bateria, com o objetivo de analisar o comportamento do dispositivo médico em bateria (Tabela 10). O valor simulado varia de modelo para modelo visto que nem todos atingem um valor máximo de 360J.

Tabela 10 - Ensaios funcionais ao desfibrilhador

	Simulado
1º Ensaio	5J
2º Ensaio	150J
3º Ensaio	360J

No 4º Ensaio é analisada a descarga com o valor máximo, mas controlado por um *timer* de 60 segundos.

O 5º Ensaio é realizado com o dispositivo médico ligado à corrente com uma energia de 50J, de forma a analisar se faz uma descarga interna.

3ª Fase – Realização do teste de segurança elétrica

Nesta última fase, é realizado o teste de segurança elétrica de acordo com a norma IEC 60601 onde são avaliados os valores de tensão, resistência e corrente de fuga do equipamento.



Figura 72 - Análise de funcionamento da impressora do desfibrilhador

4.1.6. Instalação de uma Máquina de Lavar/Desinfetar Endoscópios

Nos dias 26 e 27 de fevereiro a aluna acompanhou a instalação de máquinas de lavar endoscópios da marca *Wassenburg*, do modelo WD415, no Hospital da Arrifana em Penafiel e no Hospital Militar D. Pedro V.

Para além da máquina de lavar endoscópios, foi instalado um *boiler*, que consiste num reservatório térmico de água.

Numa fase inicial, é necessário verificar se os acessórios, que vêm à parte, correspondem ao que é pretendido. Após isso, é necessário alocar esses mesmos acessórios aos locais corretos.

Durante este processo são instalados diversos acessórios na máquina e no sistema de filtragem de água. No total, os materiais utilizados foram os seguintes:

- Filtros de água de 1µm e de 2µm;
- Tubos conectores (7 canais e teste de fugas);
- Filtros;
- Detergente EndoHigh Detergent;
- Desinfetante EndoHigh PAA;
- Tubo de Exaustão de gases;
- Tubo de água quente e fria;
- Tubo de esgoto para ambas as cubas.

No sistema de água, que vai abastecer a máquina, é necessário aplicar filtros de forma a retirar o máximo de impurezas, caso exista um *boiler* para fazer o aquecimento da água, faz-se o mesmo procedimento de filtragem da água, entra no *boiler* e posteriormente é dispensada para a máquina (Figura 73).

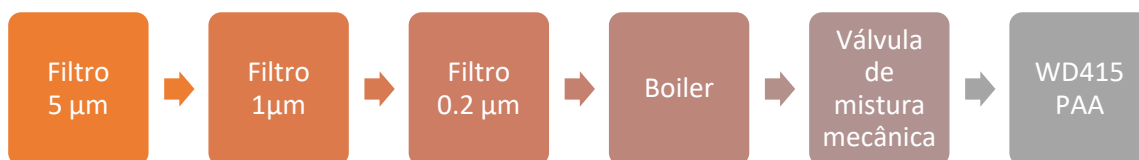


Figura 73 - Esquemático do percurso da água que é utilizada durante a lavagem dos endoscópios

Antes de fazer a ligação da máquina ao sistema de água, é necessário verificar se existe alguma fuga no sistema e qual a pressão da água. Após isso, é necessário fazer a ligação, verificar se o tubo da exaustão de gases está bem ligado e ligar a máquina para se proceder às configurações.

Configurações

Numa fase de instalação de uma máquina de lavar endoscópios, é necessário que alguns requisitos sejam regulados mediante a necessidade. A primeira coisa que é necessária, é verificar a versão do *software* que se encontra na máquina e, caso seja necessário, deve-se atualizar o *software* para o mais recente lançado no mercado pelo fabricante.

Para realizar qualquer tipo de configuração, é obrigatório pedir no próprio dia uma *password* à fábrica, para permitir realizar alterações. Esta *password* só pode ser utilizada durante 24 horas, após esse limite deixa de ser possível fazer alterações a nível de configurações.

Após ser rececionada a *day code* (*password* com 24h de utilização) é necessário aceder ao menu de serviço, através do ícone da chave-inglesa, nesse menu deve-se selecionar a opção “*Parameter Menu*” introduz-se a *day code*, de forma a aceder a este novo menu onde se pode aceder às seguintes opções:

- *Program Parameters*;
- *Temperature*;
- *Pressure Parameters*;
- *Backup*;
- *Machine Settings*;
- *Language*;
- *Leakage Test Parameters*;
- *System Environment*.

Para configurar a linguagem, é necessário aceder através do “*Program Parameters*” e nesse menu selecionar “*Program Names*” para fazer a escolha.

Numa segunda fase, no menu “*Program Parameters*” encontram-se os três programas “*Wash-Dis*”, “*Wash-Wash-Dis*” e “*Chem Des*” conforme é indicado no manual de instalação, realizam-se os ajustes correspondente a cada programa.

Alguns parâmetros têm de ser configurados de acordo com o indicado pelo fabricante, tais como: temperatura, valores de pressão e configurações gerais.

Calibrações

Após algumas configurações iniciais, é necessário fazer a calibração da dosagem do desinfetante e do detergente. Para isso, foram feitos alguns ensaios com o auxílio de um copo de medição, de forma a ajustar a dosagem do desinfetante que tem de estar dentro de um limite de 87 a 89ml. No caso do detergente, a dose pretendida terá de se encontrar dentro do limite de 31 a 33ml.

Ao longo do processo de calibrações, é necessário fazer a regulação do nível de água que entra na cuba durante a lavagem, pelo que a fábrica aconselha a que se encontre a meio do orifício do teste de fugas.

Esta máquina possui dois computadores, num deles ficam a decorrer todos os processos e o outro faz a verificação, ou seja, analisa o processo e caso detete algum erro faz a paragem do processo a decorrer.

Um dos parâmetros que o segundo computador controla é a temperatura através de sondas de temperatura alocadas no tubo helicoidal da máquina, que numa fase de instalação da máquina tem de ser calibradas manualmente. Esta calibração faz-se com o auxílio de um equipamento que avalia a temperatura, através de sondas (consiste num sensor de temperatura, que reduz o seu valor resistivo à medida que a temperatura ao seu redor aumenta) que são introduzidas nos tubos helicoidais, posteriormente é feita a comparação do valor medido através do equipamento de teste e pela máquina (Figura 74). Caso seja necessário realizar o ajuste este é feito através do *test and adjustment menu*.

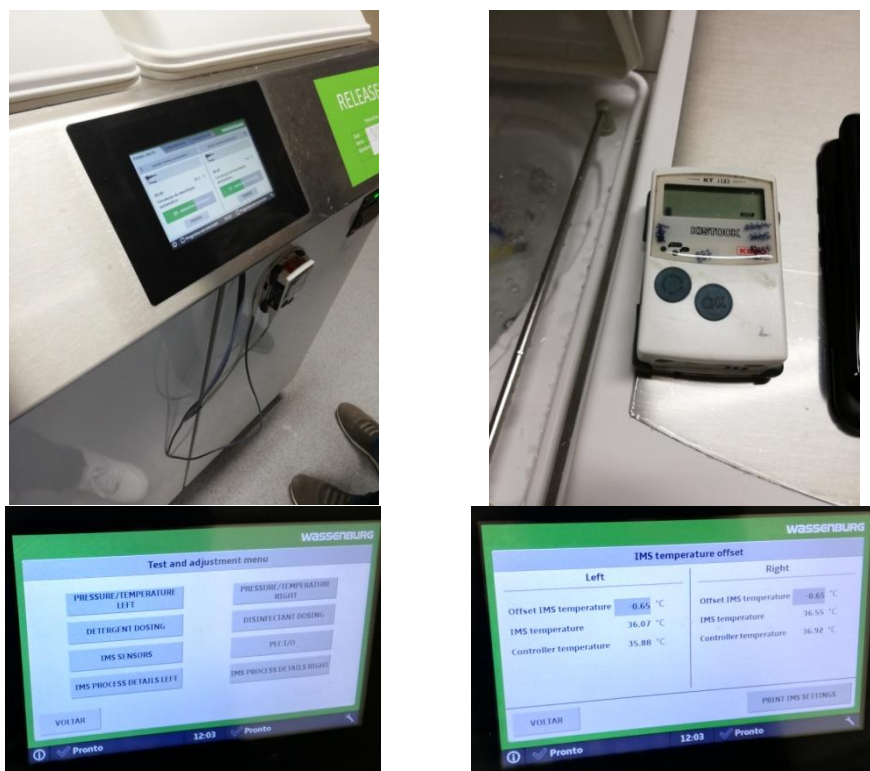


Figura 74 - Calibração da temperatura

Desinfecção

A desinfecção consiste num processo de eliminação de microrganismos, presentes em utensílios utilizados em meio hospitalar. Este processo pode ser efetuado pelo método físico, que ocorre por ação térmica, ou pelo método químico, recorrendo a desinfetantes químicos, como por exemplo ácido peracético e álcool.

As máquinas de desinfecção da marca *Wassenburg* possuem duas opções de desinfecção, a térmica e a química, sendo que a mais indicada é a desinfecção térmica, visto que todas as semanas é obrigatório realizar uma desinfecção à máquina. Neste tipo de equipamentos, o processo de desinfecção térmica faz um processo de lavagem com elevadas temperaturas atingindo os 82°C, com uma duração de 60 minutos (Figura 75). No caso da desinfecção química, o ciclo é mais rápido, utiliza como desinfetante o ácido peracético.

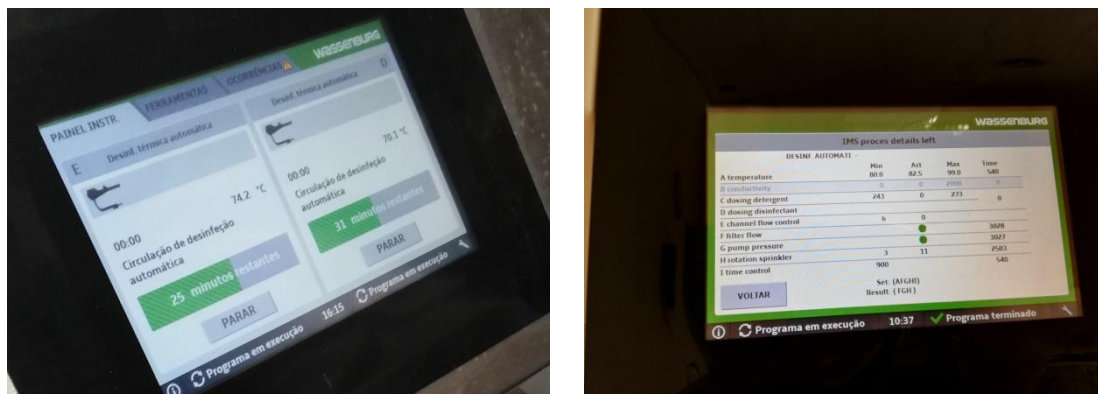


Figura 75 - Desinfecção térmica

Fase de Testes

Depois de ser realizada a desinfeção térmica, é necessário fazer o arrefecimento da máquina, enchendo várias vezes as cubas e colocar a água a circular. Quando se encontra a uma temperatura razoável (ronda uma temperatura de 35/36°C), deve-se iniciar o processo de lavagem e desinfeção (*Wash-Dis*). Para iniciar esse processo, é necessário clicar no botão de “carregar”, que se encontra no Painel de Controlo, após isso a máquina pede o número do utilizador, do endoscópio e manda fechar a tampa para iniciar o programa (Figura 76).

O ciclo de *Wash-Dis*, do endoscópio poderá decorrer durante 22 a 38 minutos. Este processo contém diversas fases, que permitem lavar e desinfetar o endoscópio de forma segura, evitando assim que exista contaminação entre pacientes. Para isso, esta máquina realiza as seguintes tarefas:

- Teste de Fugas;
- Lavagem;
- Desinfeção;
- Enxaguamento final.

Durante este ciclo de lavagem e desinfeção, é necessário fazer um controlo da temperatura (medida pelo *process* e o valor do equipamento de teste).

Por fim, é necessário verificar qual a duração deste processo de lavagem.

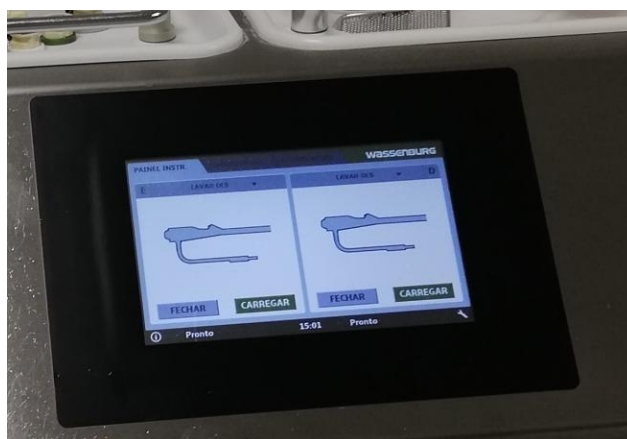


Figura 76 - Painel que permite introduzir o endoscópio de forma a iniciar o programa *Wash-Dis*

4.1.7. Bombas de Perfusão

Ao longo do estágio, foi proposto acompanhar a equipa móvel na realização da manutenção preventiva a bombas de perfusão do Hospital da Santa Casa da Misericórdia de Vila Verde.

A manutenção preventiva, deste equipamento, tem por base inicial a verificação do estado visual do equipamento tal como tomada de alimentação, limpeza, bateria, carregador, alarmes, controles e *display*. Este tipo de equipamento passa horas ligado à corrente, por esse motivo as baterias devem ser substituídas de 2 em 2 anos.

Após essa análise qualitativa, são realizados testes ao equipamento, através de equipamento de testes de infusão e segurança elétrica, com diversos ensaios de forma a verificar se o equipamento funciona corretamente.

De modo a simplificar a realização das manutenções, a equipa técnica do Hospital de Braga possui a Tabela 11 com os valores padrão, estabelecidos de acordo com o manual do fabricante.

Tabela 11 - Parametrização dos testes aplicados na manutenção preventiva a Bombas perfusoras

Marca	Modelo	Rate (ml/h)	Volume (ml)	Flow (5%)		Stage (occlusion kPa)	Low limit	High limit
B-Braun	Infusomat Space	250	25	237.5	262.5	1	10	60
						5	40	100
						9	80	140
B-Braun	Perfusor Space	50	20	47.5	52.5	1	17.8	25.9
						3	43.8	53.5
						8	110.4	123.4
B-Braun	Infusomat Fms	250	25	237.5	262.5	Low	25	65
						Middle	55	95
						High	90	130
B-Braun	Perfusor Compact	99.9	15	95	105	1		60
						2		90
						3		120

A avaliação quantitativa neste tipo de equipamentos, consiste em determinar se existe segurança elétrica para o utilizador e paciente. Por outro lado, é necessário verificar se o volume de fármaco administrado está correto.



Figura 77 - Execução de um teste de infusão

São realizados dois ensaios ao fluxo, programa-se na bomba o valor indicado na tabela e aguardam-se entre 10 min a 15 min, analisa-se qual foi o valor médio obtido pelo equipamento de testes, bem como o gráfico que a máquina apresenta (Figura 77).

Posteriormente, são realizados 3 ensaios à oclusão da linha e verifica-se qual o valor de pressão obtido. Caso os valores estejam fora dos limites padronizados, é necessário realizar uma calibração ao equipamento, no caso de bombas perfusoras volumétricas a calibração é feita através de um *software*.

Nas bombas com seringa, é possível realizar a calibração manualmente ajustando a força aplicada no êmbolo de uma seringa metálica (Figura 78).

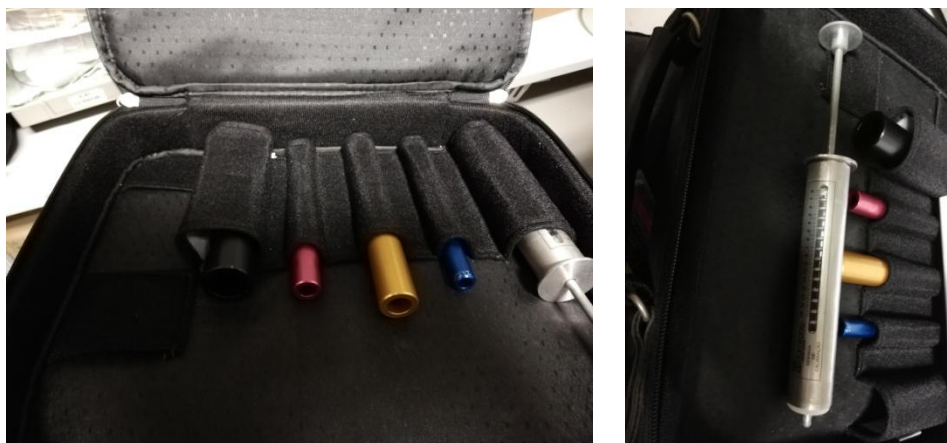


Figura 78 - Tubos com diversos diâmetros para calibrar a medida do diâmetro da bomba (a seringa de calibração da força)

4.1.8. Eletrocardiógrafo

Numa intervenção preventiva a um eletrocardiógrafo, é necessário realizar uma inspeção visual, verificar o estado dos conectores, cabos, tomada de alimentação, fixação, carro de transporte, elétrodos, bateria, indicadores/*display*, alarmes e sinais acústicos.

A nível quantitativo, realiza-se o teste de segurança elétrico de forma a verificar se existe alguma fuga que coloque em risco a segurança do paciente e do utilizador, faz-se uma simulação do ECG através do equipamento de teste multiparamétrico de forma a analisar as curvas obtidas. Nessa simulação, é feita a análise da posição da linha da base, verifica-se se todas as derivadas estão a obter o valor correto.

Por fim, é necessário analisar a velocidade a que a máquina faz a impressão dos sinais vitais recolhidos através dos elétrodos.

4.2. Manutenção Corretiva

Nesta secção é apresentado todo o trabalho realizado no âmbito deste estágio curricular ao elaborar manutenções corretivas a aparelhos de ultrassons (Secção 4.2.1), esfigmomanómetros (Secção 4.2.2) e a máquinas de lavar/desinfetar endoscópios (Secção 4.2.3).

4.2.1. Aparelho de Ultrassons

No dia 25 de fevereiro nas instalações do Instituto CUF Porto, procedeu-se à reparação dos aparelhos de ultrassons, em que o problema detetado consistia na falha de ligação da cabeça ergonómica.

Foi necessário abrir o equipamento, verificando-se que os condensadores da placa já não faziam acumulação da energia.

Na oficina existia um equipamento igual que estava abatido, servia apenas para peças, removeu-se a placa desse equipamento e fez-se a substituição no aparelho (Figura 79).

Após a montagem, realizou-se o teste funcional, colocando a cabeça ergonómica debaixo de água para ver se a luz ficava desligada permanentemente enquanto submersa e se ligava quando era retirada da água.

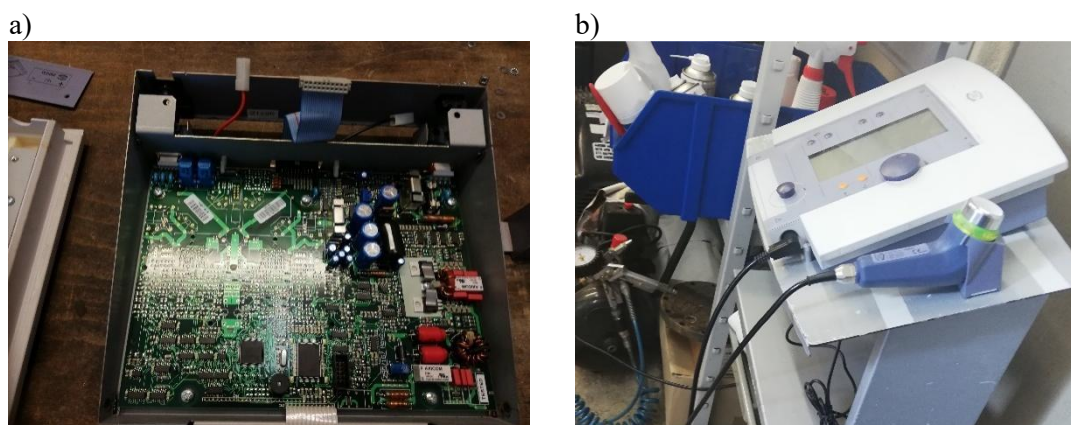


Figura 79 - a) Placa do circuito substituída, b) Aparelho de ultrassons reparado

Após essa reparação, foi feita a substituição de baterias em três aparelhos de ultrassons que pertenciam ao serviço de Fisiatria do Instituto CUF.

4.2.2. Esfigmomanómetros

No dia 12 de março, foram recebidos na oficina do Instituto CUF dois esfigmomanómetros, bastante distintos um do outro, um digital e um analógico utilizado no serviço de cardiologia em que o enchimento da braçadeira é feito manualmente.

Esfigmomanómetro digital

O esfigmomanómetro digital é um dispositivo que mede a pressão arterial, apresenta o valor da pressão sistólica e diastólica, do batimento cardíaco e faz a insuflação autonomamente.

O aparelho foi ligado ao equipamento de testes multiparamétrico, desta forma seria possível simular um sinal de NIBP, podendo assim analisar qual seria a anomalia.

Após a primeira insuflação, o dispositivo não apresentava leitura, posteriormente realizou-se um teste de fugas à braçadeira e concluiu-se que esta estava com fuga.

Fez-se a substituição da braçadeira, realizaram-se testes funcionais com o simulador, a Tabela 12 apresenta os valores obtidos em cada ensaio feito e na Figura 80 pode ser observada a execução do teste.

Tabela 12 - Ensaio realizados com o simulador

	Simulador		Esfigmomanómetro	
	Pressão sistólica (mmHg)	Pressão diastólica (mmHg)	Pressão sistólica (mmHg)	Pressão diastólica (mmHg)
Ensaio 1	140	100	136	103
Ensaio 2	100	60	99	68

Depois de o dispositivo estar operacional foi realizado o acerto da data e hora, posteriormente foi entregue ao serviço da fisioterapia.



Figura 80 - Ensaio com a nova braçadeira

Esfigmomanómetro analógico

Este dispositivo estava completamente partido, procedeu-se à montagem do equipamento e realizaram-se diversos testes com o simulador em modo analógico (Figura 81 – a)).

Após alguns ensaios, verificou-se que tinha um desfasamento de 2mmHg do simulado (Figura 68 – b)). Antes de ser entregue ao serviço foi necessário ajustar as rodas do suporte móvel, que se encontrava desaparafusado.

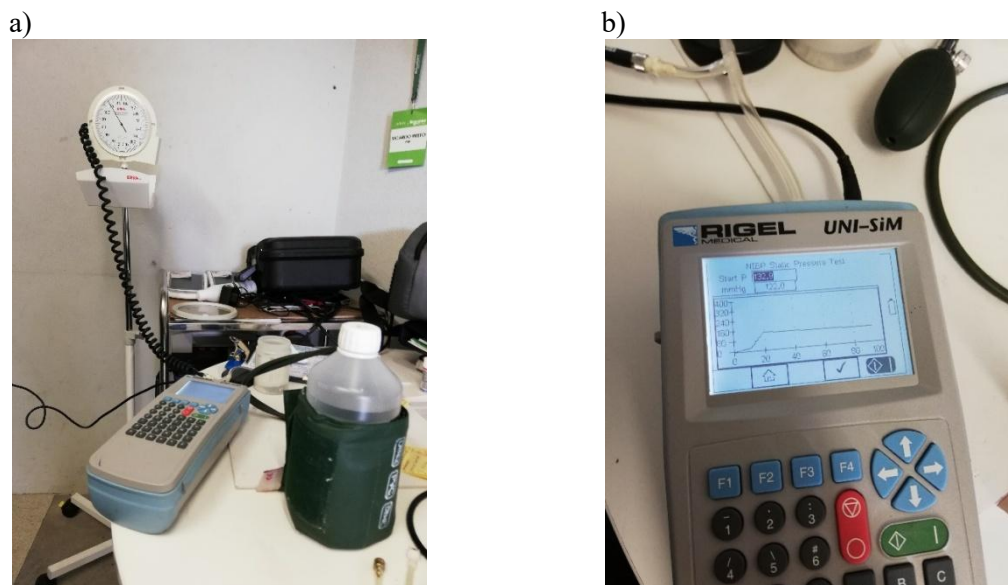


Figura 81 - Ligação do equipamento de teste ao esfigmomanómetro a) e o gráfico obtido no equipamento após o teste ao esfigmomanómetro analógico b)

4.2.3. Máquina de Lavar/Desinfetar Endoscópios

Hospital da Luz Aveiro

Fuga de água

No dia 8 de março de 2019, a equipa móvel da ATM deslocou-se até ao Hospital da Luz Aveiro devido a uma fuga de água na máquina de lavar endoscópios do modelo WD415.

De forma a localizar a fuga, foi necessário proceder ao enchimento da cuba e analisar a localização do nível da água. Verificou-se que a fuga era proveniente de uns tubos de silicone, que estão ligados aos motores, que devido ao seu movimento vão trilhando os tubos (Figura 82). Fez-se a substituição do tubo que deu origem à fuga. Para além disso, fez-se a substituição dos outros, de forma a prevenir futura fuga, devido ao desgaste do tubo.

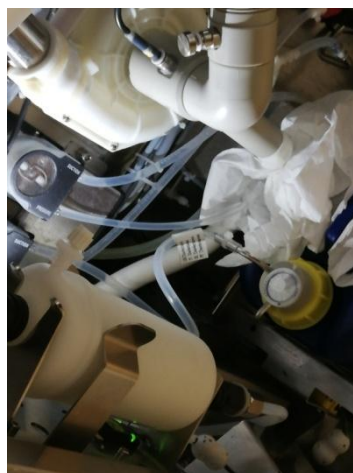


Figura 82- Substituição dos tubos de silicone

Hospital da Luz Porto

Falha na desinfeção térmica

O serviço de manutenção foi contactado no dia 11 de março para reparar uma máquina de lavar endoscópios estava com problemas ao realizar a desinfeção térmica, chegou-se à conclusão que ao longo das lavagens e desinfeções a elevadas temperaturas, faz com que o sistema de circulação de água perca as funcionalidades.

Fez-se a substituição do sistema rotativo em ambas as cubas, colocou-se a WD415 a fazer desinfeção térmica (Figura 83). Para além disso, os tubos de silicone já se encontravam muito danificados, fez-se a substituição dos mesmos.



Figura 83 - Substituição do sistema rotativo

Centro Hospitalar Universitário de Coimbra

Falha na desinfeção térmica

No dia 6 de março a equipa móvel, teve de se deslocar ao Centro Hospitalar Universitário de Coimbra, devido a uma máquina de lavar endoscópios estava com problemas ao realizar a desinfeção térmica, chegou-se à conclusão que ao longo das lavagens e desinfeções a elevadas temperaturas, faz com que o sistema de circulação de água perca as funcionalidades.

Fez-se a substituição do sistema rotativo em ambas as cubas, colocou-se a WD440 a fazer desinfeção térmica (Figura 84).



a)



b)

Figura 84 - Substituição do sistema rotativo, na imagem a) surge a porta sem o sistema rotativo e na imagem b) já se encontra o sistema rotativo colocado

Hospital dos Lusíadas Porto

Fuga de água

No dia 28 de fevereiro foi efetuado um pedido de reparação a uma máquina de lavar endoscópios da Wassenburg do modelo WD440, no Hospital Lusíadas Porto.

A máquina apresentava uma fuga de água em uma das cubas, procedeu-se ao enchimento da cuba, colocou-se a fazer circulação de água, de forma a ser possível encontrar o local da fuga. Verificou-se que a fuga se encontrava no motor, que se encontra na base da máquina, apresentava ainda a caixilharia partida. Como existia no serviço uma máquina idêntica que não se encontrava em funcionamento, aproveitou-se a caixilharia dessa e fez-se a troca da mesma (Figura 85).

Para além disso, foi necessário substituir a peça que faz a regulação do peso que a água faz na cuba.

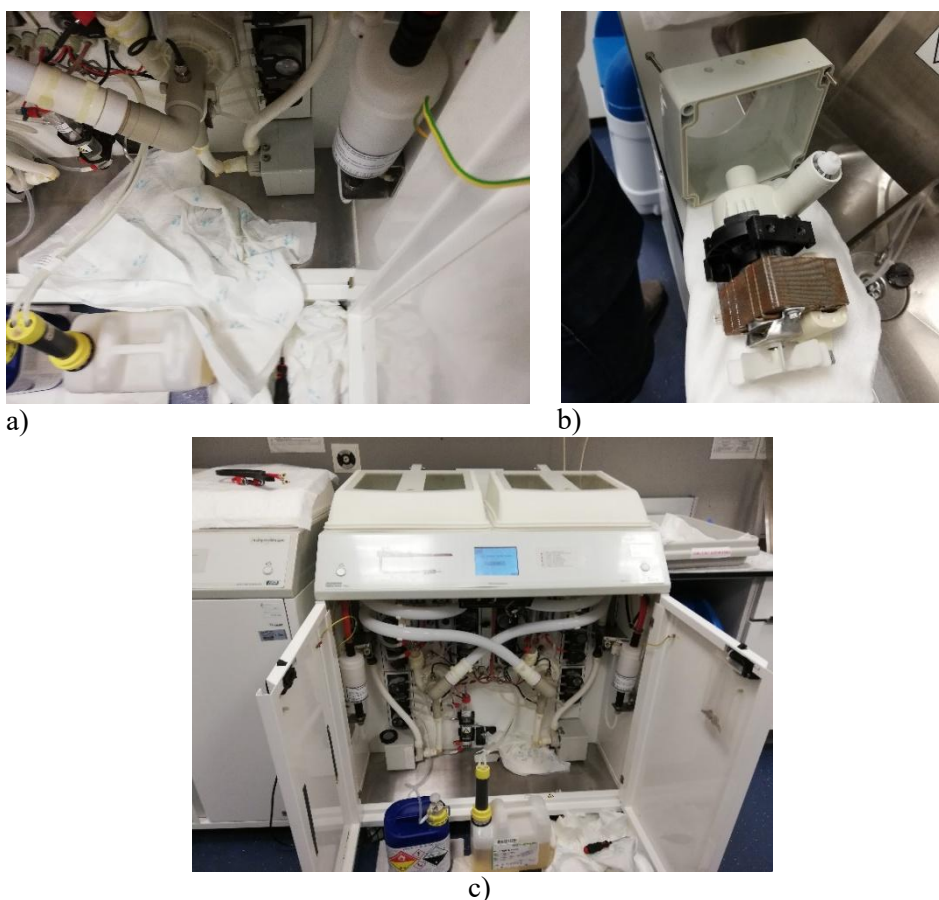


Figura 85 – Localização do motor no interior da máquina a), motor substituído b), interior da máquina WD440 c)

Hospital S. Teotónio Viseu

Falha na desinfeção térmica

No dia 14 de março, uma máquina de lavar endoscópios estava com problemas ao realizar a desinfeção térmica. Neste hospital existem duas máquinas do modelo WD440PT (Figura 86).

Ao fazer uma análise do funcionamento da máquina, verificou-se que não se tratava de uma falha no *sprinkler*, sistema rotacional localizado na tampa da máquina, ao contrário do que se verificava em outros casos.

Realizou-se o processo de desinfeção térmica e não apresentou qualquer tipo de erro. Ao analisar as ocorrências que ficam guardadas no histórico da máquina, chegou-se à conclusão que no dia da semana em que as enfermeiras fazem a desinfeção, segunda-feira neste caso, existe uma falha de água proveniente da rede do hospital.

Fez-se o pedido à enfermeira, para alterar o dia da semana para fazer a desinfeção, de forma a confirmar se realmente será essa a justificação da falha.



Figura 86 - Falhas na desinfeção

Clínica Radelfe Paços de Ferreira

Fuga de água

No dia 21 de março, uma máquina de lavar endoscópios estava com problemas ao realizar a desinfeção química, na cuba do lado esquerdo, já na cuba do lado direito apresentava fuga. Relativamente à fuga, chegou-se à conclusão que era proveniente de um dos tubos de silicone. Fez-se a substituição dos tubos que estavam furados e dos que poderiam, devido ao uso, acabar por furar.

No caso da cuba do lado esquerdo, que não realizava desinfeção química, a causa estava na falha de dosagem de detergente (Figura 87), os tubos que fazem a sucção do detergente, devido à acumulação de resíduos, já não conseguiam puxar o líquido nas devidas condições. Fez-se a substituição do tubo e colocou-se a máquina a realizar a desinfeção química.



Figura 87 - Falha na dose de detergente

4.3. Considerações Finais

As ações de manutenção preventiva pressupõem um aumento do tempo de vida útil de um equipamento médico, tem como principal função garantir a conservação e a fiabilidade dos diagnósticos/terapêuticas realizados aos utentes.

Todos os procedimentos envolvidos numa manutenção preventiva devem ter em consideração quais as normas que abrangem o equipamento médico, os padrões estabelecidos pelo fabricante, bem como um plano de manutenção recomendado pelo fornecedor.

Em termos de manutenções preventivas, as realizadas pela aluna foram essencialmente a ventiladores, monitores de sinais vitais, desfibrilhadores e bombas perfusoras.

A manutenção corretiva tem um carácter de maior relevância devido também à urgência de reparação do mesmo. No entanto uma manutenção corretiva não significa que o equipamento está inoperacional, por vezes encontra-se funcional mas com algumas limitações. Esta situação é verificada diversas vezes ao longo deste capítulo, no caso das máquinas de lavar/desinfetar endoscópio, quando a avaria descrita dizia respeito à falha de desinfeção térmica. A máquina estava funcional para proceder as suas funções mas não realizava um dos métodos de desinfeção da máquina em vazio.

Durante o estágio o volume de manutenções corretivas foi bastante menor e focando essencialmente nas máquinas de lavar/desinfetar endoscópios.

Capítulo 5 - Conclusão

Com a evolução das novas tecnologias, que visam apoiar os profissionais de saúde na realização de diagnósticos e tratamentos mais eficazes, existe paralelamente, uma necessidade de acompanhamento preventivo, de forma a reduzir possíveis avarias, devido ao desgaste ou a má utilização do equipamento, garantindo assim que o equipamento médico se encontra funcional.

No decorrer do estágio curricular, foi perceptível a necessidade de se recorrer aos manuais de serviço de cada equipamento. Independentemente da experiência profissional de cada técnico, os manuais são o primeiro auxílio a que o técnico de eletromedicina recorre. Os manuais de cada equipamento são essenciais, uma vez que neles consta toda a informação sobre o funcionamento do dispositivo, mas também é possível consultar todas as referências das suas peças, contêm ainda uma lista dos erros que o equipamento reproduz de forma a ser mais fácil identificar a avaria.

Para além do técnico ter acesso aos manuais de serviço. É importante que a entidade empregadora tenha em sua posse as normas que abrangem os equipamentos médicos. Nelas constam grande parte das informações que se encontram na chapa de características de cada equipamento, permitindo ao técnico fazer uma leitura rápida e identificar à primeira vista as características do equipamento.

Ao longo de seis meses, o acompanhamento do estágio foi feito por diversos técnicos, especializados em diferentes áreas da eletromedicina. Desta forma, foi possível acompanhar manutenções de carácter preventivo e corretivo logo desde o início do estágio.

Foi mantido o contacto com diversas áreas, desde esterilização à eletromedicina. Para além destas áreas, foi também feito um acompanhamento na realização de auditorias.

As auditorias à infraestrutura, que abrangem os sistemas elétricos e de ventilação, são temas de enorme importância num ambiente hospitalar. Por exemplo, num ambiente de bloco operatório existem diversas características estruturais que não são aplicadas noutros serviços, tais como, chão antiestático, sistema de exaustão de gases, pontos equipotenciais, entre outros. Todas essas características devem ser inspecionadas frequentemente para garantir segurança e o bom funcionamento de todos os sistemas. Estas auditorias servem também para detetar anomalias nos sistemas, para posteriormente ser feita a reparação das mesmas. Esta área não foi muito explorada durante o estágio, por essa razão não foi desenvolvida na tese.

Este estágio ofereceu imensas ferramentas e métodos de trabalho, como por exemplo: planeamento e organização das ações de manutenção, adaptação da *check list* consoante o equipamento a ser analisado, dar resposta rápida e assertiva às chamadas de intervenção de carácter urgente. Permitiu a aprendizagem dos princípios da manutenção preventiva em diversos equipamentos biomédicos e ao desenvolvimento de capacidades que permitem a identificação de determinadas avarias.

Ao fazer um balanço deste estágio, senti que por vezes não era bem-recebida em determinadas instalações, muitas vezes era referida a falta de disponibilidade dos técnicos para despendere do tempo laboral para acompanhar a aluna. Apesar desta lacuna, tive a sorte de ter dois técnicos que fizeram questão de me acompanhar e de ensinar tudo aquilo que estava ao seu alcance.

Para além dos conhecimentos adquiridos durante o estágio, este permitiu que o acesso ao mundo empresarial fosse mais rápido, devido reconhecimento da empresa onde o estágio decorreu.

Referências

- [1] *ATM - Manutenção Total*. (s.d.). Acedido em janeiro de 2019, de www.atmttotal.com
- [2] *CUF*. (s.d.). Acedido em 2019, de <https://www.saudecuf.pt/>
- [3] *Hospital de Braga*. (s.d.). Acedido em 2019, de <https://www.hospitaldebraga.pt>
- [4] *Hospital da Misericórdia de Vila Verde*. (s.d.). Acedido em 2019, de <http://www.hospitalvilaverde.pt/>
- [5] *Hospital da luz*. (s.d.). Acedido em 2019, de <https://www.hospitaldaluz.pt/pt>
- [6] *AFNOR FD X 60-000*. (maio de 2002). Acedido em janeiro de 2019, de <https://www.afnor.org/>
- [7] *ISO*. (s.d.). Acedido em janeiro de 2019, de <https://www.iso.org/home.html>
- [8] *IEC*. (s.d.). Acedido em janeiro de 2019, de <https://www.iec.ch/>
- [9] *ANSI*. (s.d.). Acedido em janeiro de 2019, de <https://www.ansi.org/>
- [10] *AAMI*. (s.d.). Acedido em janeiro de 2019, de <https://www.aami.org/>
- [11] 60601-1:2005, I. (2005). *Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for basic safety and essential performance*. International Electrotechnical Commission.
- [12](s.d.). Acedido de <http://eagle-image.com/manuais/manual-eagle-new-ida-dabi-atlante-pt-br.pdf>
- [13] 60601-2-25, I. (2011). *Medical electrical equipment - Part 2-25: Particular requirements for the basic safety and essential performance of electrocardiographs*. International Electrotechnical Commission.
- [14] 80601-2-13, I. (2011). *Medical electrical equipment — Part 2-13: Particular requirements for basic safety and essential performance of an anaesthetic workstation*. International Organization for Standardization.
- [15] 60601-2-4, I. (2010). *Medical electrical equipment - Part 2-4: Particular requirements for the basic safety and essential performance of cardiac defibrillators*. International Electrotechnical Commission.
- [16] 60601-2-24, I. (2012). *Medical electrical equipment - Part 2-24: Particular requirements for the basic safety and essential performance of infusion pumps and controllers*. International Electrotechnical Commission.
- [17] Biomedical, F. (2014). *Introdução aos testes de segurança elétrica: Parte I*. Acedido de https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/esa615_umpor0300.pdf
- [18] Rigel. (s.d.). *Rigel 288+*. Acedido em 2019, de www.rigelmedical.com/288plus
- [19] *RIGEL MEDICAL*. (s.d.). Acedido em 2019, de <http://logitecqmedical.com/wp-content/uploads/2014/01/Rigel-288-Data-Sheet.pdf>
- [20] GROUP, S. (março de 2010). *Rigel UNI SIM*. Acedido em 2019
- [21] Biomedical, F. (2012). *Analizador do fluxo de gás VT305*. Acedido em 2019, de www.flukebiomedical.com
- [22] *Defibrillator Analyzer DA-2006P*. (s.d.). Acedido em 2019, de www.bcgrouptl.com
- [23] KIMO. (s.d.). *KT 100 KISTOCK*. Acedido em 2019, de www.kimo.fr
- [24] Biomedical, F. (2008). *IDA 4 Plus*. Acedido de www.flukebiomedical.com
- [25] Shheibia, T. A. (2003). *Um Modelo de Monitoração de Pacientes na UTI usando Micro Servidor Web*. Florianópolis.
- [26] Conselho Regional de Enfermagem de São Paulo (2009). *Oximetria de pulso arterial*.

- [27] (s.d.). Acedido de <https://easytromlabs.com/intel-edison/intel-edison-lab-02-conexao-com-um-oximetro-de-pulso-via-bluetooth-le/?print=print>
- [28] *Eletrocardiografia*. (s.d.). Acedido de <https://www.msmanuals.com/pt/casa/disturbios-do-coracao-e-dos-vasos-sanguineos/diagnostico-de-disturbios-do-coracao-e-dos-vasos-sanguineos/eletrocardiograma>
- [29] *Fundação Portuguesa Cardiologia*. (2019). Acedido em março de 2019, de <http://www.fpcardiologia.pt/saude-do-coracao/factores-de-risco/hipertensao/>
- [30] Galvão, P. D. (s.d.). *Multisaude*. Acedido em março de 2019, de <https://multisaude.com.br/artigos/pai-pressao-arterial-invasiva/>
- [31] Inc, D.-O. (2003). *S/5 Avance Technical reference Manual, English* <https://docplayer.net/21045172-S-5-avance-anesthesia-machine-technical-reference-manual.html>
- [32] Inc., D.-O. (s.d.). *Engström ProTM*. Acedido em 2019
- [33] SECA. (s.d.). *seca 704*. Acedido de www.seca.com
- [34] *Cruz vermelha portuguesa*. (s.d.). Acedido em abril de 2019, de www.cruzvermelha.pt
- [35] (s.d.). Acedido de <https://cmosdrake.com.br/dea/desfibrilador/>
- [36] Associação Portuguesa de Segurança. (s.d.). Acedido de www.apsei.org.pt/
- [37] Saúde, C. –G. (2016). *Instrumentos de Medição da Pressão Arterial*. Instituto Português da Qualidade.
- [38] Electro, E.-N. (2012). *SONOPULS 490*. Acedido de WWW.ENRAF-NONIUS.COM/ELECTROTHERAPY
- [39] Saúde, C. –G. (2017). *Bombas de Perfusão*. Instituto Português da Qualidade.
- [40] (s.d.). (page 13) Acedido de http://www1.ipq.pt/PT/IPQ/Publicacoes/PublicacoesDownload/Documents/GBP_BombasPerfusao.pdf
- [41] (s.d.). (page 11) Acedido de http://www1.ipq.pt/PT/IPQ/Publicacoes/PublicacoesDownload/Documents/GBP_BombasPerfusao.pdf
- [42] (s.d.). *Manual MSD*. Acedido em março de 2019, de <https://www.msmanuals.com/pt-casa/dist%C3%BArbios-do-cora%C3%A7%C3%A3o-e-dos-vasos-sangu%C3%ADneos/diagn%C3%B3stico-de-dist%C3%BArbios-do-cora%C3%A7%C3%A3o-e-dos-vasos-sangu%C3%ADneos/eletrocardiograma>
- [43] (s.d.). Acedido de <https://www.passeidireto.com/arquivo/56778768/pontos-exatos-dos-eletrodos-do-ecg>
- [44] (s.d.). Acedido de <https://eigierdiagnosticos.com.br/blog/sintomas-tratamentos/como-saber-tenho-problema-coracao/>
- [45] Ribeiro, M. M. (2018). *Processamentodos endoscópios flexíveis gastrointestinais*. Universidade de São Paulo, Brasil.
- [46] WASSENBURG. (s.d.). Acedido em 2019, de <https://www.wassenburgmedical.com/producttype/washer-disinfectors/>
- [47] WASSENBURG. (s.d.). Acedido em 2019, de <https://www.wassenburgmedical.com/producttype/drying-cabinets/>
- [49] Paulo, C. R. (2009). *Instituto Português da Qualidade*.

[49](s.d.). Acedido de Teste de fugas: https://www.hmbendoscopy.com/endscope-leak-testing.html?_store=portuguese&_from_store=english

[50] *Olympus*. (s.d.). Acedido em 2019, de <http://olympuseducacao.com.br/Treinamento>

[51](s.d.). Acedido de valvulas : <https://www.medicalexpo.com/pt/prod/cantel-medical/product-79216-749351.html>