



isec
Engenharia

MESTRADO EM INSTRUMENTAÇÃO
BIOMÉDICA

**Manutenção de Dispositivos Médicos em
Unidades de Saúde**

DEFINITIVO

Autor

David dos Santos Pinho

Orientadores

Professora Doutora Fernanda de Madureira Coutinho

**Professor Doutor Inácio de Sousa Adelino da
Fonseca**

Coimbra, março, 2020

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE FÍSICA E MATEMÁTICA
ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

Manutenção de Dispositivos Médicos em Unidades de Saúde

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

Autor

David dos Santos Pinho

Orientadores

Professora Doutora Fernanda de Madureira Coutinho

Professor Doutor Inácio de Sousa Adelino da Fonseca

Supervisor na empresa SUCH

Engenheiro Tiago Manuel Domingues de Oliveira

Supervisor na empresa Althea

Engenheiro Vitor Filipe

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, março, 2020

AGRADECIMENTOS

Tenho a agradecer a todos os que tornaram o meu percurso académico possível e aos que para ele contribuíram.

Em primeiro lugar, agradecer aos meus pais que tudo fizeram para que eu prosseguisse os meus estudos e em tudo apoiaram no caminho que escolhi percorrer. A par com a importância que os meus pais tiveram e têm em todo o meu percurso coloco toda a minha família mais direta. A minha irmã que sempre me apoiou de todas as maneiras magináveis, o meu cunhado e os meus sobrinhos, Samuel e Joana, que são uma grande base de apoio psicológico e ajuda. E um agradecimento especial à minha namorada que sempre me apoiou, aconselhou e foi o meu porto seguro em todo este processo, nem sempre fácil.

Não posso deixar de fora a minha tia, avó e avô maternos que pela proximidade sempre me deram forças para prosseguir. De destacar um agradecimento especial ao meu avô que infelizmente já não se encontra vivo para assistir à concretização de mais uma etapa importante da minha vida, mas que sempre me serviu de exemplo. Sempre aconselhou a dar o meu melhor, com respeito e dedicação, espero que estejas em paz e muito feliz.

Agradeço a todo o pessoal docente e não docente do ISEC, nomeadamente os meus orientadores Professora Doutora Fernanda Coutinho e Professor Doutor Inácio Fonseca. Um agradecimento especial aos meus supervisores e colegas, Engenheiro Tiago Silva e Engenheiro Steven Coelho do SUCH, Engenheiro Vítor Filipe e Mykola Rusnak da Althea, que muito me ensinaram. Sem vocês nada disto teria sido possível.

RESUMO

O relatório documenta um estágio de eletromedicina inserido na UC de Projeto/ Estágio do Mestrado em Instrumentação Biomédica do ISEC. Esta unidade curricular implica a aplicação de todos os conhecimentos adquiridos em contexto real do mercado de trabalho.

As atividades de saúde dependem cada vez mais dos dispositivos médicos aliados ao conhecimento dos profissionais de saúde. Como tal, é imperativo que estes sejam seguros e confiáveis, responsabilidade dos técnicos de eletromedicina.

Os técnicos de eletromedicina são profissionais altamente formados em eletrónica e eletromecânica aplicadas à medicina. O relatório espelha os conhecimentos teóricos e técnicos essenciais nesta área. Aborda algumas normas de qualidade e segurança aplicáveis aos dispositivos e à sua manutenção bem como o funcionamento de equipamentos comuns em unidades de saúde (desde hospitais a clínicas).

Num contexto prático, são descritas situações reais que variam desde a aplicação de manutenção preventiva até ao diagnóstico de avarias e aplicação de manutenção corretiva. Aborda procedimentos de diferentes graus de complexidade e equipamentos de teste usados para garantir a segurança e a qualidade do funcionamento dos dispositivos médicos. Estes procedimentos pretendem garantir a segurança dos utilizadores e utentes e a qualidade dos serviços de saúde.

Palavras-Chave: Eletromedicina, Manutenção, Dispositivos Médicos, Instrumentação Biomédica,

ABSTRACT

The report documents an electromedicine internship inserted in a Biomedical Instrumentation Master's curricular unit, Project/ Internship, at ISEC. This specific unit implies the application of all theoretical knowledge acquired in a work context.

Health activities increasingly depend on medical devices combined with the knowledge of health professionals. So, it is crucial that these devices are safe and reliable, which is insured by electromedicine technicians.

Electromedicine technicians are highly trained professionals with electronics and electromechanics knowledge applied to medicine. The report shows the essential theoretical and technical knowledge required. It addresses some quality and safety standards applicable to common medical devices, as well as the maintenance process applicable and their operation principles.

Real situations are described in the practical part of the report. Vary from the application of preventive maintenance to the diagnosis process of malfunctions and the application of corrective maintenance. It addresses procedures of several degrees of complexity as well as the test equipment used to ensure the safety and quality of the operation of the medical devices. These procedures aim to ensure the safety of users and the quality of health services.

Palavras-Chave: Electromedicine, Maintenance, Medical Devices, Biomedical Instrumentation.

Nota de redação

As descrições, análises e ações de manutenção de equipamentos de eletromedicina apresentados neste relatório documentam a experiência de estágio da aluna numa perspetiva académica e de aprendizagem, não devendo a informação incluída neste documento ser utilizada como referência para ações concretas em ambiente médico. Ações concretas em ambiente médico devem ser sempre efetuadas por entidades e profissionais qualificados, respeitando os standards aplicáveis e as recomendações específicas dos fabricantes para cada tipo de equipamento.

Disclaimer

The descriptions, analyses and maintenance actions for electromedical equipment presented in this report document the student's internship experience from an academic and learning perspective, and the information contained in this document should not be used as a reference for concrete actions in the medical environment. Concrete actions in the medical environment must always be carried out by qualified entities and professionals in compliance with applicable standards and manufacturers' specific recommendations for each type of equipment.

ÍNDICE

Nota de redação.....	vii
Disclaimer.....	vii
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.2 – Instituições de acolhimento	1
1.2.1 – Empresa SUCH.....	2
1.2.2 – Empresa Althea	3
1.3 – Locais de estágio	4
1.3.1 – Empresa SUCH.....	4
1.3.2 – Empresa Althea	4
1.4 – Objetivos e cronograma	5
1.5 – Estrutura do relatório.....	6
CAPÍTULO 2 – TEORIA E INFORMAÇÕES NORMATIVAS APLICADAS À PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO	9
2.1 – Normas gerais relevantes para a prestação de serviços de manutenção.....	10
2.2 – Normas particulares de equipamentos intervencionados.....	15
2.3 – Classificação de dispositivos médicos	18
Capítulo 3 – EQUIPAMENTOS INTERVENCIONADOS NO DECORRER DO ESTÁGIO: PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	19
3.1 – Equipamentos Biomédicos.....	19
3.1.1 – Bombas de infusão	21
3.1.2 – Monitores de sinais vitais.....	26
3.1.3 – Eletrocardiógrafos	30
3.1.4 – Ventiladores	31
3.1.5 – Cardiotocógrafos	36
3.1.6 – Monitores desfibrilhadores	37
3.2 Equipamentos de eletromecânica médica.....	38
3.2.1 – Máquinas de lavar material cirúrgico.....	40
3.2.2 – Esterilizadores	41
3.2.3 – Purificadores de água.....	46
3.2.4 – Mesas cirúrgicas	48
3.2.5 – Cadeiras dentárias	50
3.2.6 – Outros equipamentos de eletromecânica médica	53
3.3 – Equipamentos de apoio ao diagnóstico	56
3.3.1 – Bancada de trabalho de anatomia patológica.....	56
3.3.2 – Centrífugas	56

3.3.3	– Raios X odontológicos	57
3.3.4	– Geradores eletrocirúrgicos.....	58
CAPÍTULO 4 – PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO REALIZADOS NO DECORRER DO ESTÁGIO.....		59
4.1	– Procedimentos de manutenção corretiva.....	59
4.1.1	– Bombas de infusão	59
4.1.2	– Monitores de sinais vitais.....	64
4.1.3	– Eletrocardiógrafos	70
4.1.4	– Ventiladores	71
4.1.5	– Cardiotocógrafos	75
4.1.6	– Máquinas de lavar material cirúrgico.....	75
4.1.7	– Esterilizadores	76
4.1.8	– Purificador de água	79
4.1.9	– Mesas cirúrgicas	81
4.1.10	– Cadeiras dentárias	83
4.1.11	– Outros equipamentos de EMM.....	85
4.1.12	– Equipamentos de Apoio ao Diagnóstico	86
4.2	– Equipamentos de teste usados	88
4.3	– Procedimentos de manutenção preventiva.....	90
4.3.1	– Bombas de infusão	91
4.3.2	– Monitores de sinais vitais.....	92
4.3.3	– Monitores desfibrilhadores	95
4.3.4	– Esterilizadores	97
4.3.5	– Eletrobisturis	100
4.4	– Dados, estudo e estimativas de avarias – resoluções frequentes	101
CONCLUSÃO		105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		107
ANEXOS		111
Anexo 1: Apresentação gráfica de regras classificativas de dispositivos médicos baseada no documento “ <i>Classification of medical devices</i> ” da <i>European Commission e DG Health and Consumer</i>		111
Anexo 2: Volumes e capacidade associados à ventilação pulmonar		115
Anexo 3: Lista e identificação de componentes de um ventilador anestésico.....		116
Anexo 4: Fluxo de gases num ventilador anestésico. Adaptado do manual de instruções para uso do Dräger Primus Infinity (Dräger, 2015).....		117
Anexo 5: Teste de pré-utilização. Retirado e adaptado do manual de utilizador do servo-i da Maquet (MAQUET).....		118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Percentagem relativa ao tempo de estágio em cada instituição.....	2
Figura 2. Logotipo do SUCH.....	2
Figura 3. Logotipo da Althea.....	3
Figura 4. Cronograma do estágio.....	5
Figura 5. Manutenção - Visão Geral.....	13
Figura 6. Parâmetros apresentados no decorrer da terapia.....	21
Figura 7. Instalação da linha de infusão. Adaptado do manual de utilização da Volumat Agilia (Fresenius Kabi, 2013).....	22
Figura 8. Bomba peristáltica de bombas de infusão volumétrica. a) Infusomat fms. b) Infusomat Space.....	23
Figura 9. Sensor de ar na linha de bombas de infusão volumétricas. a) Infusomat fms. b) Infusomat Space.....	23
Figura 10. Sensor de pressão.....	23
Figura 11. Sensor de gotas colocado no conta-gotas.....	24
Figura 12. Sistema de oclusão da linha. a) Infusomat fms. b) Infusomat Space.....	24
Figura 13. Zona de fixação de seringa das bombas de infusão de seringa. a) Perfusor fm. b) Perfusor Space.....	25
Figura 14. Bomba Perfusor fm. a) Sistema móvel, garras e sensor. b) Equipamento pronto para iniciar terapia.....	26
Figura 15. ECG. a) Coração, nós e fibras condutoras. b) Características típicas de um ECG ideal.....	27
Figura 16. Sensor de SpO2 de monitor de sinais vitais.....	28
Figura 17. Manga para medição da pressão arterial de forma não invasiva.....	29
Figura 18. Sensor de temperatura de monitor de sinais vitais.....	30
Figura 19. Eletrocardiógrafo intervencionado.....	30
Figura 20. Curvas de ventilação. a) Ventilação controlada por volume. b) Ventilação controlada por pressão (Holanda, 2015).....	33
Figura 21. Curvas de pressão associadas à ventilação assistida. a) Identificação da iniciativa do paciente. b) Fim de tempo útil e ventilação iniciada pelo ventilador (Holanda, 2015).....	34
Figura 22. Componentes e diagrama de funcionamento de um ventilador (Natha, 2013).....	35
Figura 23. Esquemático exterior do ventilador pulmonar servo-i da Maquet. Adaptado (MAQUET).....	36
Figura 24. Cardiotocógrafo.....	37
Figura 25. Sondas toco e parâmetros medidos. a) Sonda US. b) Sonda TOCO.....	37
Figura 26. Monitor desfibrillator.....	38
Figura 27. Processo de esterilização simplificado.....	40
Figura 28. Máquinas de lavar material cirúrgico.....	40
Figura 29. Componentes de máquina de lavar material cirúrgico. a) Tabuleiro no interior da máquina. b) Sensor de nível de detergente.....	41
Figura 30. Autoclaves intervencionados. a) Conjunto de autoclaves intervencionados. b) Painel de comando.....	42
Figura 31. Variação da pressão ao longo do tempo de esterilização (Matachana, 2015).....	43
Figura 32. Esterilizador de bancada. a) Visão frontal, destacando o painel de acompanhamento da esterilização. b) Porta aberta. c) Filtro de água do esterilizador.....	44
Figura 33. Placa de controlo da esterilização.....	44
Figura 34. Bomba de vácuo de esterilizador.....	44
Figura 35. Caldeira de esterilizador.....	45
Figura 36. Termostato que se encontra ligado à caldeira.....	45
Figura 37. Esterilizador Sterrad NX.....	45
Figura 38. Descalcificador e seus componentes. a) Resina. b) Sal.....	46

Figura 39. Filtros de sedimentos e de carvão ativo. a) Visão exterior dos filtros. b) Filtro de carvão ativo. c) Filtro de partículas. d) Botija que auxilia na remoção de cloro.....	47
Figura 40. Purificador de água. a) Visão externa. b) Composição interna de filtros e tubagens.....	47
Figura 41. Painel de controlo do purificador de água.....	48
Figura 42. Mesa operatória fixa sobre o trólei e colocada por forma a efetuar a passagem do trólei para o tronco.....	48
Figura 43. Sistemas de travagem e de acoplamento do trólei com o tronco. a) Travões do trólei e pedal para fazer subir e descer o tronco. b) Barras que encostam aos sensores do tronco para o fazer subir e descer.	49
Figura 44. Tronco de sala de operações. a) Controlos de tronco e mesa operatória e sensor lateral para detetar colocação do trólei. b) Sensores frontais para fazer o tronco subir e descer.....	49
Figura 45. Conectores da mesa operatória com o tronco e motores da mesa operatória. a) Conectores da mesa operatória. b) Motores da mesa operatória.	50
Figura 46. Cadeira dentária.....	50
Figura 47. Reguladores de pressão de cadeira dentária.....	51
Figura 48. Sistema de acionamento dos instrumentos de mão de cadeiras dentárias.	52
Figura 49. Sistema de válvulas que permitem a passagem de ar e/ou água para cada instrumento de mão.	52
Figura 50. Pia e vista lateral interna da cadeira dentária.....	53
Figura 51. Sistema de sucção da cadeira dentária.....	53
Figura 52. Vista lateral externa da cadeira dentária. Porta do separador e recipiente de amálgama.	53
Figura 53. Separador e recipiente de amálgama.	53
Figura 54. Relés de controlo do sistema de enchimento do copo e torneira da cadeira dentária.....	53
Figura 55. Motores de sucção das cadeiras dentárias.	53
Figura 56. Candeeiro cirúrgico de teto.....	54
Figura 57. Candeeiro cirúrgico Mindray HyLED 9 (Mindray, s.d.).....	54
Figura 58. Pendente hidráulico de um bloco operatório.....	55
Figura 59. Parte inferior do pendente aberta. Destacando um dos punhos e botão para libertação do pendente, onde se veem as válvulas e tubos de ar correspondentes.	55
Figura 60. Motor para auxílio de movimento vertical do pendente sobre a junta de rotação.	55
Figura 61. Bancada de trabalho de anatomia patológica.	56
Figura 62. Centrífuga. a) parte externa de uma centrífuga. b) parte interna da centrífuga, onde se colocam os tubos de ensaio.	57
Figura 63. Raio X odontológico móvel.....	58
Figura 64. Raio X odontológico de parede.	58
Figura 65. Gerador eletrocirúrgico.....	58
Figura 66. Manutenção efetuada nos candeeiros cirúrgicos. a) Acesso às lâmpadas. b) Lâmpada do candeeiro. c) Candeeiro em funcionamento.	85
Figura 67. Teste de Fluxo. a) Ecrã de equipamento de teste. b) Ecrã de bomba de infusão volumétrica.	92
Figura 68. Teste de oclusão. a) Ecrã do equipamento de teste em modo de oclusão. b) Ecrã da bomba com o alarme de elevada pressão acionado.....	92
Figura 69. Teste de ECG. a) Ecrã do equipamento simulador de ECG. b) ECG no monitor de sinais vitais. c) Conexão dos cabos ECG (3 derivações) ao equipamento ProSim 8.....	93
Figura 70. Teste de SpO2. a) Ecrã do ProSim 8, menu de teste SpO2. b) SpO2 medido no monitor de sinais vitais. c) Conexão do sensor no equipamento de teste.	93
Figura 71. Teste de NIBP. a) Ecrã do ProSim 8 no menu de teste de NIBP. b) Medição do NIBP no Monitor de sinais vitais. c) Braçadeira de medição de NIBP colocada para medição de teste.	94
Figura 72. Teste de resistência de terra.....	94

Figura 73. Teste de corrente de fuga.	94
Figura 74. Teste de Bowie & Dick.	99
Figura 75. Montagem para medição de fuga neutro/terra (FLUKE, 2015).	100
Figura 76. Montagem para medição de fuga elétrodo/terra (FLUKE, 2015).	100
Figura 77. Montagem para medição de fuga bipolar isolado (FLUKE, 2015).	100
Figura 78. Montagem para medição CQM (FLUKE, 2015).	100
Figura 79. Montagens para testes de potência. a) Teste de potência monopolar. b) Teste de potência bipolar (FLUKE, 2015).	101
Figura 80. Distribuição do tempo pelas diferentes tarefas realizadas ao longo do estágio.	102
Figura 81. Percentagem de intervenções por área.	102
Figura 82. Percentagem de intervenções por equipamentos.	103
Figura 83. Regras 1, 2, 3 e 4 para classificação de dispositivos não invasivos.	111
Figura 84. Regra 5 para classificação de dispositivos invasivos.	112
Figura 85. Regra 6 para classificação de dispositivos invasivos.	112
Figura 86. Regra 7 para classificação de dispositivos invasivos.	113
Figura 87. Regra 8 para classificação de dispositivos invasivos.	113
Figura 88. Regras para classificação de dispositivos ativos.	114
Figura 89. Regras especiais de classificação.	114
Figura 90. Volumes respiratórios.	115
Figura 91. Componentes de um ventilador anestésico. Adaptado (Datex-Ohmeda, Inc.).	116
Figura 92. Fluxo de gases num ventilador anestésico. Adaptado (Dräger, 2015).	117

ÍNDICE DE QUADROS

Tabela 1. Informações relevantes de Equipamentos Biomédicos intervencionados.	19
Tabela 2. Informações relativas às bombas de infusão volumétrica intervencionadas.	21
Tabela 3. Informações relativas às bombas de infusão de seringa intervencionadas.	25
Tabela 4. Informações relativas a monitores de sinais vitais.	26
Tabela 5. Informações relativas a ventiladores intervencionados.	31
Tabela 6. Descrição das curvas de ventilação controlada. Ventilação controlada por volume e ventilação controlada por pressão (Holanda, 2015).	34
Tabela 7. Informações relativas a monitores desfibrilhadores.	38
Tabela 8. Informações relevantes sobre equipamentos de eletromecânica médica intervencionados.	39
Tabela 9. Resolução de erros associados à <i>motherboard</i>	59
Tabela 10. Substituição de peças visivelmente danificadas.	60
Tabela 11. Substituição de outros componentes avariados.	62
Tabela 12. Avarias ocorridas em bombas de infusão de seringa e suas resoluções.	63
Tabela 13. Avarias resolvidas em monitores de sinais vitais.	64
Tabela 14. Intervenção em cassete Philips.	68
Tabela 15. Recuperação de monitores descontinuados.	69
Tabela 16. Manutenções efetuadas sobre os eletrocardiógrafos.	70
Tabela 17. Intervenções realizadas em ventiladores pulmonares.	72
Tabela 18. Intervenções efetuadas em ventiladores anestésicos.	73
Tabela 19. Avarias e manutenções nos transdutores de cardiocografia.	75
Tabela 20. Manutenção de máquinas de lavar material cirúrgico.	75
Tabela 21. Avarias e manutenções efetuadas sobre os esterilizadores.	77
Tabela 22. Avarias e manutenções corretivas realizadas sobre esterilizadores de bancada.	78
Tabela 23. Avarias e manutenção do esterilizador de gás plasma.	79
Tabela 24. Manutenção preventiva realizada sobre o sistema purificador de água.	80
Tabela 25. Avarias e manutenções corretivas realizadas sobre mesas cirúrgicas, troncos e troleis. ...	81
Tabela 26. Avarias e manutenções corretivas realizadas a cadeiras dentárias.	83
Tabela 27. Avarias e manutenções corretivas a pendentos hidráulicos.	86
Tabela 28. Manutenções realizadas a equipamentos de apoio ao diagnóstico.	87
Tabela 29. Principais informações relativas aos equipamentos de teste usados.	89
Tabela 30. Procedimentos de manutenção preventiva realizados sobre monitores desfibrilhadores.	96
Tabela 31. Lubrificação/ substituição, se necessário, da junta do autoclave, componente de desgaste que ajuda a manter o vácuo, impedindo fugas pela porta do autoclave.	98
Tabela 32. Verificação/ Substituição da junta da porta.	99
Tabela 33. Execução do teste de pré-utilização.	118

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

BIAS	Monitor de Índice Visceral
CHL	Centro Hospitalar de Leiria
CHUC	Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra
EAD	Equipamentos de Apoio ao Diagnóstico
EBM	Equipamentos Biomédicos
EEG	Eletroencefalograma
EEM	Equipamentos de Eletromecânica Médica
FiO ₂	Concentração de O ₂
FRC	Capacidade Respiratória Residual
HSA	Hospital de Santo André
KPI	Indicadores de desempenho de manutenção
MAN	Manutenção de Instalações e Equipamentos Hospitalares
N.A.	Não Aplicável
ONS/ APMI	Organização de Normalização Setorial/ Associação Portuguesa de Manutenção Industrial
PEEP	Pressão Positiva no Fim de Expiração
Pinsp	Pressão Inspiratória
RR	Ritmo Respiratório
SIE	Serviço de Instalações e Equipamentos
SUCH	Serviço de Utilização Comum dos Hospitais
Ti	Tempo de Inspiração
TOCO	Tocodinómetro
UC	Unidade Curricular
US	Ultrassons
Vt	Volume Tidal

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O relatório tem como objetivo espelhar e fundamentar os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos e desenvolvidos pelo aluno no decorrer do seu estágio. No Capítulo introdutório são abordados temas como o enquadramento do estágio (Secção 1.1), apresentação das instituições de acolhimento (Secção 1.2), bem como os locais físicos onde o aluno estagiou (Secção 1.3), descrição dos objetivos e cronograma do estágio (Secção 1.4), terminando com a apresentação da estrutura do documento (Secção 1.5).

1.1 – Enquadramento e motivação

Inserido na UC de Projeto/ Estágio, o estágio visa proporcionar uma experiência prática e contacto com o mercado de trabalho na área de estudo, Instrumentação Biomédica. A realização de um projeto ou estágio culmina, por sua vez com a elaboração de um relatório, o qual é, posteriormente, defendido de forma pública.

Dada a importância dos cuidados de saúde, é crucial que todos os equipamentos de apoio ao diagnóstico e tratamento sejam confiáveis e de qualidade. Por forma a garantir a confiabilidade e qualidade dos seus equipamentos e instalações, os hospitais, contam com o Serviço de Instalações e Equipamentos (SIE). No que diz respeito aos equipamentos sem contrato de manutenção ou garantia das marcas fornecedoras, os SIE, tendem a confiar a sua gestão e manutenção a empresas que atuam na área da manutenção de equipamentos de eletromedicina em regime de *outsourcing*. O aluno realizou o estágio em duas empresas com este perfil, designadamente o Serviço de Utilização Comum dos Hospitais (SUCH) e a Althea.

Tendo como formação base Engenharia Biomédica e estando a terminar o Mestrado em Instrumentação Biomédica, o aluno optou por seguir estágio na área da electromedicina, onde pôde aplicar conhecimentos adquiridos de eletrónica e equipamentos elétricos médicos. Como tal, o aluno contribuiu para a gestão, manutenção e instalação de equipamentos elétricos médicos, aprofundando os seus conhecimentos numa área com importância cada vez mais valorizada.

1.2 – Instituições de acolhimento

Um dos acontecimentos que afetou a realização do estágio e que deixou a sua marca no mundo foi a pandemia de Covid-19. Com a sua chegada a Portugal, no início do mês de março, o estágio iniciado com a equipa de electromedicina do SUCH, acabou por ser interrompido por tempo indefinido. A interrupção teve como objetivo proteger o aluno, bem como outros estagiários e minimizar as possibilidades de contágio no hospital. Após passagem do primeiro pico de infeções em Portugal, e estabilização dos casos, o aluno regressou ao estágio, tendo retomado com a equipa de electromedicina da Althea.

A mudança de Instituição de acolhimento, bem como de locais de estágio, trouxe ao aluno uma experiência ainda mais completa de estágio. Mesmo continuando na mesma área, o aluno teve oportunidade de contactar com métodos de gestão de equipamentos e de intervir ligeiramente diferentes, bem como expandir o leque de

intervenção. Na Figura 1 encontra-se representada, sob a forma de gráfico circular, com indicação numérica, a percentagem de tempo de estágio passado pelo aluno em cada instituição de acolhimento.

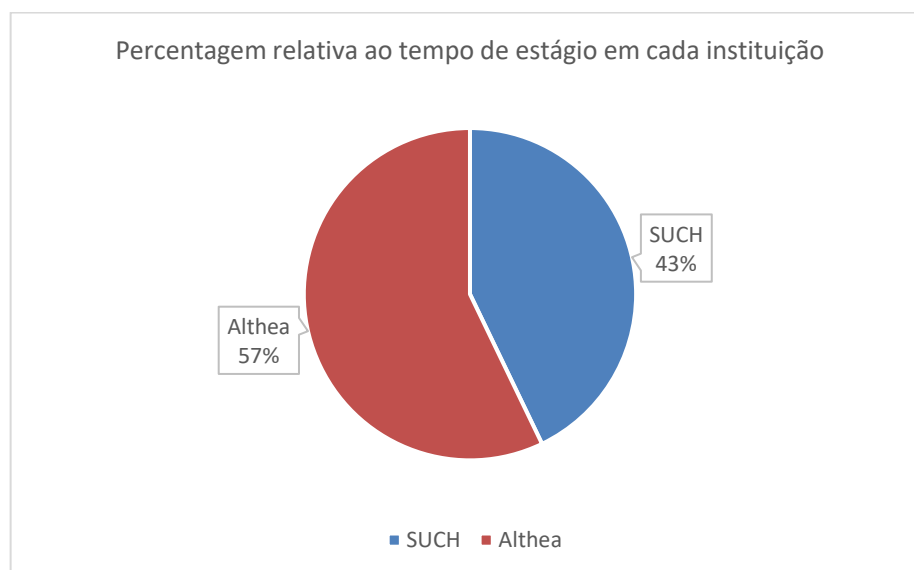


Figura 1. Percentagem relativa ao tempo de estágio em cada instituição.

1.2.1 – Empresa SUCH

A Instituição que primeiramente acolheu o aluno foi o SUCH, cujo logotipo consta na Figura 2. Esta instituição define-se como uma “associação privada sem fins lucrativos, tutelada pelos ministérios da saúde e finanças” (Serviço de Utilização Comum dos Hospitais, s.d.).



Figura 2. Logotipo do SUCH.

O SUCH é uma entidade prestadora de serviços complementares aos das organizações hospitalares, tendo sido constituído em 1966 (Serviço de Utilização Comum dos Hospitais, s.d.). Sediado em Lisboa, o SUCH é uma instituição bastante complexa e com processos bem definidos que conta com três centros de administração regionais: Direção regional do Sul, em Lisboa; Direção regional do Centro, em Coimbra, onde se situa a direção internacional; Direção regional do Norte, no Porto. Tratando-se de uma empresa prestadora de serviços bastante distintos, esta divide a sua atuação por quatro áreas:

- SUCH Serviços: Responsável por gestão de armazém e arquivos, gestão de serviços de transporte e de parques de estacionamento e laboratório de metrologia em saúde;
- SUCH Nutrição: Responsável por alimentação pública e hospitalar;

- SUCH Ambiente: Responsável pela gestão e tratamento de roupa hospitalar, gestão e tratamento de resíduos hospitalares, gestão e reprocessamento de dispositivos médicos e gestão de limpeza hospitalar;
- SUCH Engenharia: Responsável por manutenção de instalações e equipamentos, segurança e controlo técnico, energia e projetos e obras.

Das áreas referidas, a SUCH Engenharia merece destaque, uma vez que foi onde se inseriu o estágio do aluno. Ao integrar a equipa de electromedicina do Centro Hospitalar de Leiria (CHL), o aluno passou a pertencer ao grupo de manutenção e instalação de equipamentos (MAN) do SUCH Engenharia.

1.2.2 – Empresa Althea

Após o período de confinamento, que envolveu a interrupção do estágio no SUCH, o aluno retomou o estágio com uma nova instituição, a Althea, “maior gestora internacional de tecnologia da saúde no mundo” (Althea Portugal, s.d.), cujo logotipo se apresenta na Figura 3. Tendo surgido em 2014, a marca Althea serviu para unificar todas as empresas adquiridas ao longo dos anos pelo grupo Pantheon Healthcare (Althea Portugal, s.d.).



Figura 3. Logotipo da Althea.

A empresa destaca-se por fornecer um conjunto de serviços integrados para gestão das tecnologias de saúde de forma independente de fabricantes e fornecedores e com resposta a equipamentos de todos os tipos e departamentos, assegurando suporte em todo o seu ciclo de vida (Althea Portugal, s.d.). De entre os diferentes serviços prestados pela Althea, destacam-se a gestão de equipamentos de eletromedicina, teleassistência, diagnóstico por imagem e fornecimento de peças, bem como todo um conjunto de projetos de instalação chave na mão.

Dentro do serviço de eletromedicina são efetuadas todo o tipo de atividades de gestão dos equipamentos. Desde inventário a testes de aceitação e manutenções, tanto preventivas como corretivas. A Althea também assegura a disponibilidade e substituição de equipamentos e componentes, como anteriormente referido, efetuando controlos de segurança e funcionais, por forma a garantir a qualidade de todo o parque de equipamentos. Devido à sua dimensão e cultura de partilha de conhecimento, a Althea, efetua ainda programas de formação no contacto com os equipamentos médicos.

1.3 – Locais de estágio

Como referido (Secção 1.2), o aluno integrou duas instituições distintas, o SUCH e a Althea, em regiões distintas. Ao longo da presente secção são descritos os locais de estágio durante o tempo passado no SUCH (Secção 1.3.1), e os locais de estágio durante o tempo passado na Althea (Secção 1.3.2).

1.3.1 – Empresa SUCH

Na primeira fase do estágio, com o SUCH, o aluno integrou a equipa de eletromedicina responsável pelos equipamentos elétricos médicos do CHL. O CHL é constituído por uma rede de quatro unidades hospitalares: Hospital Santo André (HSA), em Leiria; Hospital de Pombal; Hospital Bernardino Lopes de Oliveira, em Alcobaça; Hospital de dia de Psiquiatria, localizado em Andrinos, Leiria (CHL - Centro Hospitalar de Leiria, s.d.).

Das quatro unidades hospitalares, a principal e merecedora de maior destaque é o Hospital Santo André. Uma vez que se trata do hospital mais completo do CHL, este serviu de base para a equipa de eletromedicina, sendo lá a sua oficina. Os equipamentos mais portáteis dos restantes hospitais eram recolhidos e transportados até à oficina, sendo apenas necessária a deslocação dos técnicos em casos de manutenções sobre equipamentos de maiores dimensões, como os autoclaves ou os candeeiros cirúrgicos. Dados os três meses de estágio do aluno, com a equipa do SUCH, este apenas teve oportunidade de conhecer o HSA, onde passou quase a totalidade do tempo, e o Hospital Bernardino Lopes de Oliveira, ao qual se deslocou numa situação.

O Hospital Santo André foi inaugurado a 22 de abril de 1995, agrupando com um amplo conjunto de serviços de saúde. Engloba unidades diferenciadas de cuidados de saúde agudos, médico – cirúrgicas gerais, pediátricas e obstétricas. Divide-se em duas torres que separam o tipo de cuidados prestados. Numa das torres encontra-se a rede de cuidados primários, enquanto que na outra, está inserida a rede de cuidados continuados.

1.3.2 – Empresa Althea

Na Althea, o aluno foi integrado na equipa residente do Hospital dos Covões, acompanhando a equipa móvel a outros hospitais sempre que solicitado. A equipa móvel deslocou-se a unidades do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra (CHUC), unidades do grupo Luz Saúde e ao Hospital da Misericórdia da Mealhada.

Das unidades visitadas frequentemente pela equipa móvel podem destacar-se: Hospital Pediátrico de Coimbra, pertencente ao CHUC; Hospital da Luz Coimbra, Hospital da Luz clínica de Coimbra, Hospital da Luz clínica de Cantanhede, Hospital da Luz clínica de Pombal e Hospital da Luz clínica da Figueira da Foz, pertencentes ao grupo Luz Saúde;

A equipa móvel teve como método de trabalho o transporte dos equipamentos avariados para a oficina central, sempre que possível. Nas unidades visitadas, apenas

se realizaram intervenções de cariz preventivo e intervenções corretivas simples ou realizadas sobre equipamentos de grande porte como os autoclaves e as cadeiras dentárias.

1.4 – Objetivos e cronograma

Na Figura 4, é possível consultar o cronograma do estágio. No cronograma encontram-se todos os meses de estágio (ano 2020), incluindo o tempo de interrupção devido à Pandemia de Covid -19, que decorreu entre março e julho, tempo que foi utilizado pelo aluno para realizar trabalho de pesquisa e fundamentar o relatório.

Ação/ Mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro
Estágio SUCH	■								
Interrupção do estágio			■						
Estágio Althea						■			
Integração nas instituições de acolhimento	■					■			
Pesquisa de conceitos teóricos para o relatório		■							■
Entrega de equipamentos e consumíveis aos serviços	■								
Acompanhamento de técnicos externos	■								
Realização de manutenções corretivas	■					■			
Realização de manutenções preventivas						■			
Avaliação de equipamentos para abate		■							
Escrita do relatório de estágio	■								

Figura 4. Cronograma do estágio.

O principal objetivo do estágio foi a aquisição de competências na área da manutenção de equipamentos de eletromedicina em contexto hospitalar. Adicionalmente, foram sendo traçados diversos objetivos intermédios direcionados à conclusão deste objetivo, dos quais se destacam:

- compreensão das funções de uma equipa de eletromedicina em contexto hospitalar;
- conhecimento geral de equipamentos de eletromedicina;
- diagnóstico e identificação de problemas com equipamentos de eletromedicina variados;
- compreensão e implementação de planos de manutenção;
- realização de manutenções de cariz corretivo e preventivo;
- compreensão da interação entre os técnicos de eletromedicina e os restantes profissionais de saúde.

1.5 – Estrutura do relatório

O relatório é constituído por cinco Capítulos, evoluindo desde a Introdução até à Conclusão. Como suporte, existe um conjunto de anexos que fundamentam e completam o relatório com informações importantes, mas que não necessitam de estar presentes no corpo do texto.

A Introdução consiste na apresentação do tema e motivações que levaram à realização do estágio. São introduzidas as instituições e locais de acolhimento do aluno, referindo as suas principais áreas de atuação e integração do aluno nas mesmas. Este culmina com a descrição estrutural do relatório abordando, de forma simples, os conteúdos inseridos em cada Capítulo.

O segundo Capítulo consiste na descrição de informações teóricas relativas à prestação de serviços de manutenção. São abordados documentos normativos relevantes na área, bem como informações teóricas de realce. O tema das normas é dividido entre entidades responsáveis pela sua elaboração, documentos normativos gerais para a prestação de serviços de manutenção e documentos normativos específico para dispositivos médicos intervencionados.

Após consolidação da informação teórica relevante para o relatório, são apresentados os equipamentos intervencionados. No Capítulo 3 são abordados equipamentos de eletromedicina, dividindo-os em três grupos consoante as suas características: Equipamentos Biomédicos; Equipamentos de Eletromecânica Médica; Equipamentos de Apoio ao Diagnóstico. Sobre cada equipamento, são apresentadas informações funcionais adquiridas através do manual ou através do contacto direto do aluno com os mesmos.

No quarto Capítulo, são descritas as intervenções realizadas pelo aluno. Dada a diferença no conceito das intervenções o Capítulo é dividido em manutenções corretivas, manutenções preventivas e dados resultantes do estudo e avaliação do trabalho prático realizado, iniciando a conclusão do relatório.

O Capítulo final reúne informações conclusivas do relatório. São apresentadas lições aprendidas pelo aluno, destacando a conclusão de metas traçadas. Neste Capítulo é realizada uma reflexão sobre o estágio transparecendo a experiência adquirida.

Ao longo do relatório são referidos cinco anexos que podem ser consultados no fim do documento: o primeiro aborda a classificação de dispositivos médicos. Contém um conjunto de apresentações gráficas com regras particulares aplicáveis a quatro grandes grupos de dispositivos; o segundo aprofunda os conceitos de volumes e capacidades pulmonares; o terceiro contém uma descrição mais detalhada de componentes de um ventilador, concretamente uma torre de anestesia; o quarto uma imagem ilustrativa do fluxo de gases num ventilador, devidamente legendada; o quinto contém uma tabela, adaptada a partir do manual de um ventilador, com os passos a realizar num teste de pré-utilização.

CAPÍTULO 2 – TEORIA E INFORMAÇÕES NORMATIVAS APLICADAS À PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção é definida como a “*Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida*”, segundo a NP 13306: 2007 descrita na Secção 2.1 (Instituto Português da Qualidade, 2007). São ainda abordadas normas com conceitos imprescindíveis à implementação desses serviços com a qualidade e padrões de excelência exigidos.

As normas que são mencionadas ao longo de todo o documento foram redigidas por diversas organizações, comprometidas com a melhoria constante dos serviços prestados nas diversas áreas económicas e sociais. Em seguida, são apresentadas, de forma resumida, algumas organizações relevantes para o relatório:

- ISO: Organização Internacional de Normalização:
 - Organização internacional e não governamental cujo secretariado central se encontra em Genebra, na Suíça. Junta especialistas de diferentes áreas, promovendo a partilha de conhecimentos, levando à criação de documentos e normas que suportam a inovação e os desafios globais tais como, a qualidade e eficiência dos serviços prestados (International Organization for Standardization - ISO, s.d.);
- IEC: Comissão Internacional de Eletrotecnia:
 - Organização quase governamental e não lucrativa fundada em 1906. Conta com profissionais experientes, provenientes da indústria, governo e diversas associações e universidades, que se juntam com o objetivo de elaborar documentos técnicos e de conformidade (International Electrotechnical Commission - IEC, s.d.).
- IPQ: Instituto Português da Qualidade:
 - Responsável pelo sistema português da qualidade. Coordena e promove atividades com vista a demonstrar a credibilidade dos agentes económicos. Passando pelo desenvolvimento de todas as atividades necessárias às suas funções como instituição nacional de metrologia e normalização (Instituto Português da Qualidade - IPQ, s.d.).

São abordados alguns conceitos teóricos complementares, como a classificação de equipamentos médicos. Seguindo com a apresentação de algumas normas relativas à segurança e parâmetros de funcionamento requeridos para equipamentos específicos, nomeadamente, para equipamentos sujeitos a manutenções preventivas ao longo do estágio.

2.1 – Normas gerais relevantes para a prestação de serviços de manutenção

Uma das normas destacadas pelas instituições de acolhimento é a NP EN ISO 9000:2015, relativa a sistemas de gestão da qualidade. Uma vez que são instituições prestadoras de serviços, nomeadamente, serviços de gestão e manutenção de equipamentos elétricos médicos, garantem a sua qualidade através da implementação de conceitos presentes na referida norma, descrita abaixo.

Em seguida, são descritos os requisitos a ser seguidos pelas instituições prestadoras de serviços de manutenção, explícitos na norma NP 4492: 2010, aprofundada no decorrer da secção. De entre os requisitos presentes na norma, destaca-se a exigência na qualidade e a otimização dos custos inerentes.

Definidos os requisitos a seguir, é dada atenção à gestão da manutenção que tem, como referido, um papel fulcral na qualidade da prestação de serviços de manutenção, pelo que devem ser utilizados sistemas apropriados e as terminologias mais indicadas. A norma NP EN 13306: 2007 descrita na Secção 2.1, define terminologias de manutenção a serem aplicadas no contexto profissional, norma entretanto atualizada para a versão de 2017, contendo terminologias não abordadas no relatório como a manutenção preditiva.

Após descrição da norma NP EN 13306: 2007, são abordados os indicadores de desempenho da manutenção (KPI). O desempenho das instituições prestadoras de serviços pode ser avaliado, interna ou externamente, aplicando os KPI. Definidos na norma NP EN 15341:2009, são indicadores, diretos ou calculados através da aplicação de fórmulas, que traduzem o desempenho económico, técnico e organizacional.

A Secção 2.1 termina com a abordagem de uma norma referente à gestão de risco. Os equipamentos são todos diferentes, pelo que o risco associado à sua utilização é um fator bastante particular. A norma NP EN ISSO 14971: 2018 aborda a questão do risco associado a cada equipamento, definido que as instituições desenvolvedoras dos equipamentos, devem definir, seguindo regras específicas e tendo em conta todo o ciclo de vida do equipamento, os riscos a ele associados.

NP EN ISO 9000:2015 – Sistemas de gestão da qualidade: Fundamentos e vocabulário

A série de normas ISO 9000, destinam-se a promover a prática de gestão da qualidade, percebendo a sua essência e as suas vantagens. Permite a implementação de soluções na área e é uma de três normas relativas a sistemas de gestão de qualidade que se complementam mutuamente:

- ISO 9000 – Que cobre os conceitos e definições básicos e fundamenta a implementação de sistemas de gestão de qualidade;
- ISO 9001 – Que cobre os requisitos necessários à implementação de sistemas de gestão de qualidade;

- ISO 9004 – Que se foca na criação dos sistemas de gestão de qualidade.

NP 4492:2010 – Requisitos para a prestação de serviços de manutenção

A norma foi elaborada pela Comissão Técnica CT 94, sob a coordenação da Organização de Normalização Setorial/ Associação Portuguesa de Manutenção Industrial (ONS/APMI). Sendo implementada sob a coordenação do IPQ, tendo como objetivo a otimização de custos e disponibilidade dos equipamentos.

O aumento da exigência no que toca a otimizar o balanço de custos/ disponibilidade de equipamentos, leva à necessidade de encontrar um equilíbrio entre os orçamentos, por vezes limitados segundo os gestores, e a qualidade do serviço, esperado pelos utilizadores (Apcer, 2010).

Esta norma pode ser utilizada por qualquer empresa prestadora de serviços de manutenção, independentemente da área específica e da sua dimensão, sendo também válida para prestadores de serviços independentes. Ao utilizar a norma, a entidade fica certificada para a prestação desses serviços, garantindo custos reduzidos e implementação de ações com vista à qualidade do serviço, tendo assim uma vantagem competitiva em comparação com entidades não certificadas.

A destacar do corpo do documento existem diversos conceitos, desde definições básicas a requisitos específicos explicados e fundamentados pela norma. Em seguida, são destacados algumas das informações essenciais a reter:

- rastreabilidade: Capacidade para encontrar o histórico de um processo, produto, organismo, sistema ou pessoa, bem como um conjunto de característica através de um meio de identificação e registo;
- manual de prestação de serviços: a entidade prestadora de serviços deve ter um manual de prestação de serviços que integre e complete os procedimentos associados à norma;
- controlo de documentos: o prestador de serviços de manutenção deve implementar e documentar os procedimentos realizados para que a adequação dos serviços seja comprovada e para que possam ser atualizados sempre que necessário;
- competência, formação, qualificação e consciencialização: devem ser tomadas todas as ações necessárias para proporcionar uma prestação de serviços de manutenção apropriada e de qualidade, tendo em conta as regras de segurança, de qualidade e ambientais estabelecidas;
- avaliação da satisfação do cliente: deve ser sempre tida em conta a satisfação do cliente, proporcionando plataformas que permitam monitorizar os indicadores representativos da mesma;
- indicadores de desempenho – KPI de controlo: os indicadores de desempenho de prestação de serviços de manutenção desempenham uma importância

extrema para o controlo e melhoria contínua dos processos. O indicador de desempenho pessoal pode ser salientado, representando a razão entre o número de horas utilizado para a realização de uma ação, sobre o número de horas previstas para a realização dessa mesma ação.

NP EN 13306: 2007 – Terminologia da manutenção

A versão europeia da norma 13306 foi redigida pelo Centro Europeu de Normalização (CEN), tendo sido posteriormente traduzida pelo IPQ. Tem como finalidade a definição de termos genéricos e organização de manutenção. É aplicável a todos os tipos de bens, com a exceção das aplicações informáticas (Instituto Português da Qualidade, 2007).

Segundo a norma, é responsabilidade da entidade prestadora de serviços assegurar a disponibilidade dos bens para a função requerida a custos ótimos. Ter em consideração a segurança relativa ao bem, pessoal de manutenção e procedimentos, bem como ter em conta o impacto ambiental da atividade. Deve ainda, quando possível, ser melhorada a durabilidade e a qualidade do funcionamento do bem intervencionado, tendo sempre em conta os custos associados.

Um bem, ou equipamento hospitalar, por exemplo, pode encontrar-se num de dois estados fundamentais, disponível ou indisponível. O estado de disponibilidade implica que o bem se encontra capaz de desempenhar as funções requeridas garantindo certas condições de segurança e qualidade, admitindo que o fornecimento de componentes externos necessários está garantido. Por outro lado, o estado de indisponibilidade pode ser sinónimo de que o bem se encontra avariado ou incapaz de desempenhar, de forma aceitável, alguma das funções requeridas. As incapacidades do bem, normalmente denominadas de incapacidades internas, podem advir da degradação do seu funcionamento ou simplesmente de este estar num processo de manutenção que impossibilita o seu funcionamento temporário.

Um dos principais objetivos de uma equipa de eletromedicina é proporcionar o máximo tempo de disponibilidade dos bens, garantindo qualidade no seu funcionamento, segurança para os utilizadores e utentes e cuidados que prolongam a sua durabilidade, reduzindo os custos associados. Por forma a cumprir com as expectativas de todas as partes, foram desenvolvidas duas grandes vertentes da manutenção:

- manutenção preventiva:
 - visa reduzir a probabilidade de avaria e garantir o correto funcionamento do bem;
 - pode ser dividida em manutenção sistemática, que tem em conta intervalos de tempo ou números de utilizações pré-definidos, ou manutenção condicionada, que implica a vigilância ativa do bem atuando assim que este apresenta sinais de degradação no seu funcionamento.

- manutenção corretiva:
 - visa a repor o correto funcionamento do bem, após ocorrência e reporte de uma falha;
 - pode ser aplicada de imediato, respondendo a casos urgentes;
 - ou de forma diferida, ficando o bem a aguardar manutenção.

Na Figura 5 é possível analisar um esquema, baseado no Anexo A da NP 13306, representativo dos modos de manutenção aplicados (Instituto Português da Qualidade, 2007).

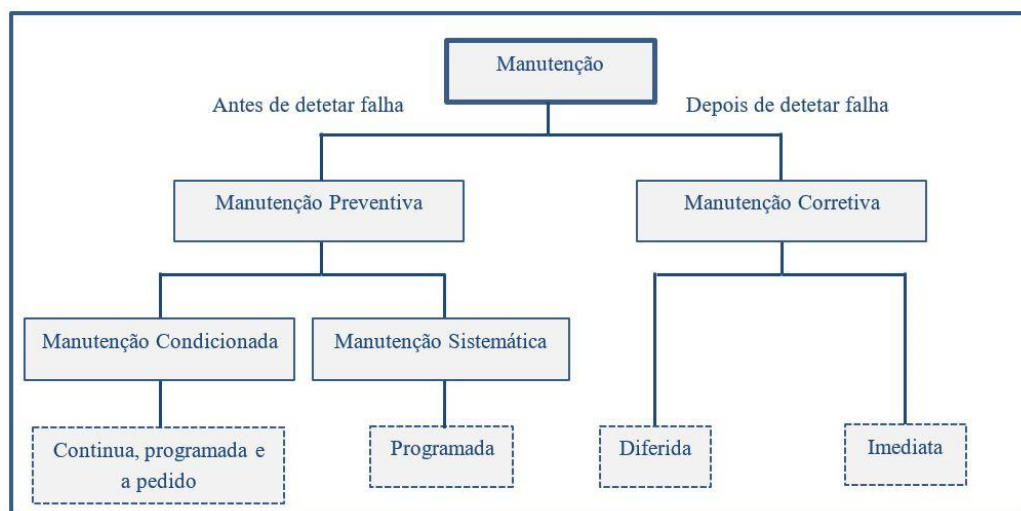


Figura 5. Manutenção - Visão Geral.

NP EN 15341:2009 – Manutenção: Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)

A norma aborda um sistema de gestão e indicadores, KPI, que medem o desempenho das atividades de manutenção, tendo em conta fatores económicos, tecnológicos e organização. Estes indicadores facilitam a avaliação dos serviços de manutenção e favorecem a melhoria constante dos serviços.

Existem diversos fatores que influenciam a manutenção. Estes podem ser internos, como a cultura da empresa, a gama do produto ou a dimensão da instalação, ou externos, como a situação do mercado, a legislação ou a localização. Fatores que são tidos em conta pelos indicadores divididos entre económicos, técnicos e organizacionais, como por exemplo:

- indicadores económicos, exemplo fórmula (1):

$$E8 = \frac{\text{Custo total com o pessoal interno da manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100 \quad (1)$$

- **Custo total do pessoal interno à manutenção:** engloba os custos salariais com todo o pessoal que executa atividades de manutenção, quer de forma direta, quer de forma indireta;

- **Custo total da manutenção:** inclui todas as remunerações salariais de pessoal afeto às atividades de manutenção, seguros, impostos, peças, gastos com deslocações, ferramentas/ equipamento, formações, *software*, entre outros.
- indicadores técnicos, exemplo fórmula (2):

$$T2 = \frac{\text{Tempo de disponibilidade durante o tempo requerido}}{\text{Tempo requerido}} \times 100 \quad (2)$$

- **T2:** disponibilidade operacional;
- **Tempo de disponibilidade durante o tempo requerido:** tempo em que o bem se encontra em estado de cumprir as funções requeridas durante o tempo em que é necessário, assumindo que está assegurado o fornecimento e recursos externos necessários;
- **Tempo requerido:** intervalo de tempo durante o qual o utilizador necessita que o bem se encontre em condições de cumprir a função requerida.
- indicadores organizacionais, exemplo fórmula (3):

$$O1 = \frac{\text{Efetivo do pessoal interno de manutenção}}{\text{Efetivo interno total}} \times 100 \quad (3)$$

- **Efetivo do pessoal interno de manutenção:** todo o pessoal que executa funções de manutenção, diretas e indiretas;
- **Efetivo interno total:** engloba todo o pessoal interno da empresa.

Para a escolha e utilização de KPI, devem ser definidos os objetivos a cumprir com os mesmos, como por exemplo, a melhoria da disponibilidade dos bens, ou a melhoria da rentabilidade da manutenção. Os indicadores podem também auxiliar na tomada de decisões como novos investimentos ou criação de novas estratégias para o futuro da instituição.

Para a seleção dos indicadores, é possível tomar dois caminhos: análise prévia das informações esperadas dos requisitos e posterior escolha dos que preenchem os requisitos definidos. Ou iniciar uma análise dos processos atuais de manutenção através de uma análise funcional. A recolha de dados para os indicadores pode variar consoante a disponibilidade e tempo, variações nos métodos ao longo do tempo e reatividade da instituição às alterações estabelecidas.

NP EN ISO 14971:2018 – Dispositivos médicos: Aplicação da gestão de risco aos dispositivos médicos

A referida norma descreve princípios e processos a implementar para uma gestão de risco eficaz, englobando *software* e dispositivos médicos. Os processos de gestão de risco são direcionados aos fabricantes de dispositivos médicos que devem ter em conta todas as fases dos ciclos de vida dos dispositivos aquando estimam e avaliam

os riscos associados, através de critérios bem definidos (SG-Lex - Controlo da Legislação de Sistemas de Gestão , 2020). Fornece um modelo para as atividades associadas aos processos de gestão de risco, facilitando a comunicação entre organizações e protegendo-as dos riscos associados à disponibilização de dispositivos médicos (SG-Lex - Controlo da Legislação de Sistemas de Gestão, 2019).

Um outro item relevante para a manutenção dos equipamentos, nomeadamente no que diz respeito à gestão de risco, é a classificação dos dispositivos médicos. Esse tema será abordado na Secção 2.3, onde serão descritos, de forma geral, os itens que colocam cada dispositivo na sua classe específica.

2.2 – Normas particulares de equipamentos intervencionados

Ao longo do documento vão sendo referenciadas algumas normas que ditam parâmetros aceitáveis e de segurança para o correto funcionamento dos mesmos. A Secção 2.2 visa a descrever os principais documentos normativos particulares referidos, agrupando informações de cada uma.

NP EN 60601 – 2 – 24: 2015 – Requisitos particulares de segurança e desempenho essencial para bombas e controladores de infusão.

Esta norma pode ser aplicada a equipamentos de infusão como as bombas de infusão volumétricas e as seringas. Define requerimentos gerais relativos aos equipamentos e testes a realizar sobre os mesmos. Aborda questões de proteção contra problemas diversos, exemplo de problemas elétricos (International Electrotechnical Commission - IEC, 2012).

Além de questões de segurança e teste dos equipamentos, a norma aborda aspetos técnicos reativos aos equipamentos e construção dos mesmos. De salientar que, no caso de testes de fluxo, define um erro máximo aceitável de $\pm 5\%$, para as bombas de infusão volumétricas e de $\pm 2\%$ para as bombas de infusão de seringa (B|BRAUN S.A.) (B| BRAUN S.A, 2010).

IEC 60601 – 2 – 30: 2018 – Equipamentos elétricos médicos – parte 2 – 30: Requerimentos particulares para segurança básica e *performance* essencial de esfigmomanómetros automáticos não invasivos.

A norma foca-se nos esfigmomanómetros automáticos não invasivos, equipamentos dedicados à medição da pressão arterial de forma não invasiva. É aplicável a monitores de sinais vitais pois, a pressão arterial não invasiva é um dos parâmetros que permitem medir, iniciando medições de forma manual ou automaticamente em períodos definidos.

São abordadas a classificação do equipamento, testes e regras de proteção. Também a precisão requerida para o seu funcionamento e os sistemas, como os monitores que os incorporam. Além da construção e características dos equipamentos, são abordadas as características requeridas para os acessórios, mais concretamente, braçadeiras de medição (International Electrotechnical Commission - IEC, 2018).

IEC 60601 – 2 – 27: 2011 – Equipamentos elétricos médicos – Parte 2 – 27: Requerimentos particulares para segurança básica e *performance* essencial de equipamentos de monitorização de eletrocardiogramas.

Apresenta-se a equipamentos hospitalares que permitem a aquisição de ECG, quer em ambiente hospitalar, quer fora, como em ambulâncias. Aborda especificações gerais do equipamento e para o seu teste, bem como a classificação dos diferentes equipamentos inseridos. Define regras de proteção contra diversos cenários que envolvem falhas e avarias, definindo a precisão que o equipamento deve ter. Refere testes que devem ser realizados bem como especificações para a construção deste tipo de equipamentos (International Electrotechnical Commission - IEC, 2011).

IEC 60601 – 2 – 25: 2011 – Equipamentos médicos elétricos – Parte 2 – 25: Requerimentos particulares de segurança e *performance* essencial de eletrocardiógrafos.

Refere-se a regras de segurança básica para eletrocardiógrafos, presentes de forma isolada ou como componentes de um sistema elétrico médico, com o intuito de produzirem eletrocardiogramas para diagnóstico. A norma também é aplicável a eletrocardiógrafos de ambulâncias e outros que atuem em ambientes desconhecidos, no entanto, nesse caso deve ser aplicada com outras normas complementares.

São abordados requerimentos gerais para utilização e testagem dos eletrocardiógrafos, bem como apresentada uma classificação específica para este tipo de equipamentos e sistemas. São apresentadas formas de proteção contra avarias de diversas origens. Abordadas normas para a construção destes equipamentos e questões de compatibilidade eletromagnética que, não estando conforme, podem afetar os ECG obtidos (International Electrotechnical Commission - IEC, 2011).

ISO 8835 – 2: 2006 – Sistemas de anestesia por inalação – Parte 2: Sistemas respiratórios de anestesia.

Especifica parâmetros para sistemas respiratórios de anestesia fornecidos já montados pelo fabricante, ou para montagem no local de atuação seguindo instruções do mesmo. Abrange o tema das fugas aceitáveis e a resistência ao fluxo de gases, parâmetros que afetam a qualidade do processo e podem comprometer o suporte dos utentes. Especifica características dos seus diferentes componentes, nomeadamente os componentes do sistema respiratório, como a peça em Y e as válvulas, inspiratórias, expiratórias e de exaustão de gases (International Organization for Standardization - ISO, 2006). Especifica características para o absorvente de O₂, como os ciclos a que deve ser sujeito, características de construção, direção do fluxo, resistência e pressão de gases (International Organization for Standardization - ISO, 2006).

IEC 60601 – 2 – 12: 2001 – Equipamentos médicos elétricos – Parte 2- 12: Requerimentos particulares para segurança de ventiladores pulmonares – ventiladores de cuidados intensivos.

Os ventiladores pulmonares são bastante usados em cuidados intensivos, sobretudo na presença de problemas respiratórios graves. Esta norma divide-se em dez secções e visa traçar requerimentos de segurança e de qualidade direcionados para estes equipamentos e para a interação com os mesmos.

Começa por abordar os objetivos que se destina a cumprir, testes e requerimentos gerais, bem como a classificação e documentação relativa aos equipamentos. Em seguida, são abordadas as condições do local onde são utilizados, abordando questões como categorias de segurança básica. Da secção três até à sete, são abordadas questões de proteção contra anormalidades e avarias de diversas origens. A secção oito da norma foca a precisão dos dados operacionais e questões de proteção em caso de obtenção de dados incorretos. O funcionamento anormal é abordado na secção nove, onde são apresentados alguns testes a efetuar ao ambiente de utilização do equipamento, terminando com uma secção dedicada a requerimentos que devem ser cumpridos na construção deste tipo de equipamentos (International Electrotechnical Commission - IEC, 2001).

IEC 60601 – 2 – 4: 2010 – Equipamentos médicos elétricos- Parte 2 – 4: Requerimentos particulares de *performance* essencial e segurança básica de desfibrilhadores cardíacos.

Os monitores desfibrilhadores são equipamentos que requerem um acompanhamento bastante minucioso uma vez que a aplicação de um choque com energia imprópria ou fora do tempo pode colocar seriamente em risco a vida do utente. Em casos extremos até a vida do utilizador pode ficar em risco se o equipamento estiver danificado e transmitir energia para o utilizador.

A norma IEC 60601 – 2 – 4, vem estabelecer parâmetros de segurança e qualidade para estes equipamentos. Estabelece parâmetros gerais e de teste destes equipamentos e parâmetros de classificação dos mesmos. Contém normas de proteção contra problemas variados de origens distintas, como elétricas ou mecânicas (International Electrotechnical Commission - IEC, 2010). Estabelece parâmetros para a construção destes equipamentos, compatibilidade eletromagnética e fontes de potência internas, bem como características para os seus acessórios como os eléctrodos (International Electrotechnical Commission - IEC, 2010).

NP EN 285: 2018 – Esterilização: Esterilizadores a vapor de água; Grandes esterilizadores.

A norma NP EN 285 define ensaios a realizar e os requisitos que devem ser cumpridos pelos esterilizadores a vapor de água de grande dimensão. Destina-se sobretudo a um contexto de saúde (clínicas, hospitais e fabricantes/ comerciais), onde os referidos esterilizadores são utilizados para a esterilização de dispositivos médicos e acessórios. (Vexillum, 2018)

2.3 – Classificação de dispositivos médicos

Segundo o Infarmed, “A *classificação tem por objetivo a aplicação de um sistema gradual de controlo, correspondente ao nível dos potenciais riscos inerentes ao tipo de dispositivo envolvido.*” (Infarmed, 2010). Os dispositivos, são classificados pelos respetivos fabricantes, tendo em conta critérios bem definidos. Estes focam-se, sobretudo, na vulnerabilidade do corpo humano à sua utilização e nos perigos latentes à sua concessão técnica e produção (Ministério da Saúde, 2009).

Existem quatro classes, sendo a “classe I” a que representa um risco mais baixo e a “classe III” a que representa dispositivos de maior risco, existindo dois tipos de classe II pelo meio (Infarmed, 2010). O risco e respetiva classe são atribuídos aos dispositivos segundo quatro pontos fulcrais, apresentados pelo Infarmed:

- duração do contacto com o corpo humano:
 - temporários;
 - curto prazo;
 - longo prazo.
- invasibilidade do dispositivo sobre o corpo humano;
- anatomia corporal afetada pela utilização do dispositivo;
- potenciais riscos afetos à concessão e fabrico do dispositivo.

Para além destas diretrizes gerais, são ainda apresentadas, pela Comissão Europeia e Direção Geral do consumidor e saúde, algumas regras individuais para classificação de dispositivos médicos. Constam, no Anexo 1: Apresentação gráfica de regras classificativas de dispositivos médicos baseada no documento “Classification of medical devices” da European Commission e DG Health and Consumer”, esquemas exemplificativos dessas mesmas regras, que permitem uma classificação mais minuciosa dos dispositivos médicos.

Capítulo 3 – EQUIPAMENTOS INTERVENCIÓNADOS NO DECORRER DO ESTÁGIO: PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Ao longo do estágio foram intervencionadas diferentes classes de equipamentos, cada qual com as suas funções e especificidades. Este Capítulo contém informações relativas ao funcionamento da maioria dos equipamentos intervencionados, espelhando os conhecimentos adquiridos pelo aluno na sua formação como técnico de eletromedicina.

Como referido no relatório, o aluno passou por duas instituições tendo, numa delas, adotado a divisão dos equipamentos em três grupos, uma vez que facilitava a divisão de tarefas entre os técnicos. O grupo que engloba um maior número de equipamentos é o de Equipamentos Biomédicos (EBM), onde se encontram equipamentos de monitorização como os monitores de sinais vitais e equipamentos que influenciam o funcionamento biológico, como as bombas infusoras. Aditando aos equipamentos biomédicos, existe o grupo dos Equipamentos de Eletromecânica Médica (EEM) que engloba equipamentos de um funcionamento mais mecânico como os esterilizadores e as mesas operatórias. Sendo o terceiro grupo, denominado por Equipamentos de Apoio ao Diagnóstico (EAD) ao qual pertencem equipamentos de imagiologia, centrifugas e a generalidade dos equipamentos que, de certa forma, prestam apoio ao diagnóstico de patologias. Por razões estruturais, foi adotada a mesma divisão no relatório, facilitando a compreensão do mesmo.

3.1 – Equipamentos Biomédicos

Nesta secção são abordados os equipamentos biomédicos intervencionados no decorrer do estágio. A Tabela 1 surge como resumo dos equipamentos biomédicos referidos, englobando informações de destaque como as suas principais funções, erros e parâmetros aceitáveis, com indicação de algumas das normas aplicáveis a cada equipamento.

Tabela 1. Informações relevantes de Equipamentos Biomédicos intervencionados.

Secção e tipo de equipamento	Manual consultado	Principais funções	Parâmetros de referência para funcionamento
3.1.1 – Bombas de infusão	B Braun Infusomat Space	Administração de soluções farmacológicas de forma controlada e segura.	Erro de fluxo $\leq \pm 5\%$ (EN IEC 60601 – 2 – 24)
	B Braun Perfusor Space		Erro de fluxo $\leq \pm 2\%$ (EN IEC 60601 – 2 – 24)

Secção e tipo de equipamento	Manual consultado	Principais funções	Parâmetros de referência para funcionamento
3.1.2 – Monitores de sinais vitais	GE Dash 2500	Medição de parâmetros vitais: SpO ₂ NIBP ECG Temperatura corporal	Teste SpO₂: Testar entre 70% e 100% Adulto - ≤ ± 2% Criança - ≤ ± 3% Teste NIBP: Teste de fuga Insuflar até 210 mmHg Duração de 60s Fuga < 6 mmHg Testar estaticamente 250, 150 e 50 mmHg Diferença < 3 mmHg Teste ECG: Erro < ± 4 bpm
3.1.3 – Eletrocardiógrafos	Welch Allyn ELI150c/ ELI 250c	Medição de ECG	- (IEC 60601 – 2 – 25)
3.1.4 – Ventiladores	Dräger Primus	Ventilação mecânica controlada Anestesia geral sob a forma de aerossol.	Teste de fuga total: ≤ 150 ml/min, a 30 cmH ₂ O (ISO 8835 – 2)
	Maquet Servo i	Ventilação mecânica controlada.	Fuga interna: ≤ 10 ml/min, a 80 cmH ₂ O (IEC 60601 – 2 – 12)
3.1.5 – Cardiotocógrafos	Kolplast KLPB5	Medição de frequência cardíaca fetal e de contração uterina.	Erro máximo de frequência Cardíaca: ≤ ± 2 bpm Pressão de contração uterina: ≤ ± 10%
3.1.6 – Monitores desfibriladores	ZOLL M Series Philips Efficia DFM100	Medição de ECG e administração de desfibrilhação cardíaca externa	Tempo até carga máxima: < 7 seg. até 360 J Medição de impedância: ≤ 10% Erro de descarga: ≤ 10% Sincronização de descarga: Sincroniza com o ponto de descarga da onda R (IEC 60601 – 2 – 4) Erro máximo de frequência cardíaca: ± 5% (IEC 60601- 2 – 25) (IEC 60601 - 2 – 27)

3.1.1 – Bombas de infusão

As bombas de infusão, têm como objetivo, o controlo da quantidade de solução administrada ao paciente, bem como, da taxa de infusão. A programação da terapia relaciona três variáveis:

- volume de solução a administrar (ml);
- tempo da terapia (h);
- taxa de infusão (ml/h).

Por norma, são definidos os valores de volume a administrar e de tempo de terapia, sendo a taxa de infusão calculada pelo equipamento, através da fórmula (4). Contudo, qualquer um dos parâmetros pode ser definido manualmente, sendo que o equipamento ajusta os restantes por forma a corresponderem à regra definida.

$$taxa\ de\ infusão = \frac{volume}{tempo} \quad (4)$$

No decorrer da terapia são apresentados o volume a administrar, o volume já administrado, totalizando o volume inicialmente definido, o tempo restante para o fim da terapia, a taxa de infusão medida, que deve corresponder à definida, a bateria do equipamento e indicadores visuais de oclusão. Na Figura 6, é possível visualizar todos os parâmetros descritos.



Figura 6. Parâmetros apresentados no decorrer da terapia.

a) Bombas de infusão volumétrica

No decorrer do estágio foram intervencionados quatro modelos de bombas de infusão volumétrica, listados na Tabela 2. A destacar que a bomba B| Braun Infusomat fm, modelo mais antigo, já se encontra descontinuado, pelo que, avarias mais complexas, que envolvessem a substituição de componentes como a placa mãe, levaram ao abate do equipamento.

Tabela 2. Informações relativas às bombas de infusão volumétrica intervencionadas.

Marca	Modelo	Classe de proteção (IEC 60601 – 1)	Normas aplicadas
B Braun	Infusomat fm	Classe I, tipo CF À prova de desfibrilhação	EN IEC 60601 – 1 – 2 EN IEC 60601 – 2 – 24
B Braun	Infusomat fms	Classe I, tipo CF À prova de desfibrilhação	

Marca	Modelo	Classe de proteção (IEC 60601 – 1)	Normas aplicadas
B Braun	Infusomat Space	Classe II, tipo CF À prova de desfibrilhação	
Fresenius Kabi	Volumat Agilia	Classe II, tipo CF À prova de desfibrilhação	

As bombas de infusão volumétrica controlam a administração de uma solução, armazenada num recipiente até ser infundida para o paciente, através de uma linha de infusão, Figura 7. Em eletromedicina também é necessário efetuar a montagem da linha para proceder aos testes de funcionamento, substituindo o paciente por um equipamento de teste, como descrito na Secção 4.3.1.

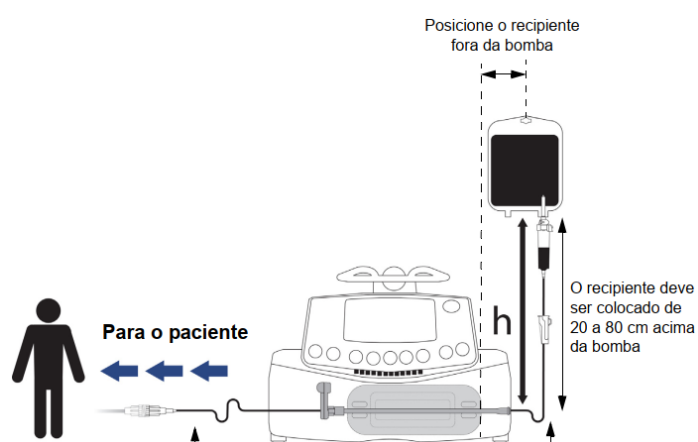


Figura 7. Instalação da linha de infusão. Adaptado do manual de utilização da Volumat Agilia (Fresenius Kabi, 2013).

No equipamento propriamente dito, podem ser destacados cinco componentes:

- bomba peristáltica;
- sensor de ar na linha;
- sensor de pressão;
- sensor de gotas;
- inibidor de fluxo.

A bomba peristáltica é um componente mecânico que controla o fluxo ao longo da terapia, fazendo a solução avançar através da linha de infusão. O avanço da solução através da linha é controlado através de um motor DC que faz rodar um sistema de lagartas, provocando uma série de compressões e descompressões da linha, rodando no sentido desejado. Na Figura 8, encontram-se dois modelos de bombas peristálticas, com a linha de infusão colocada.

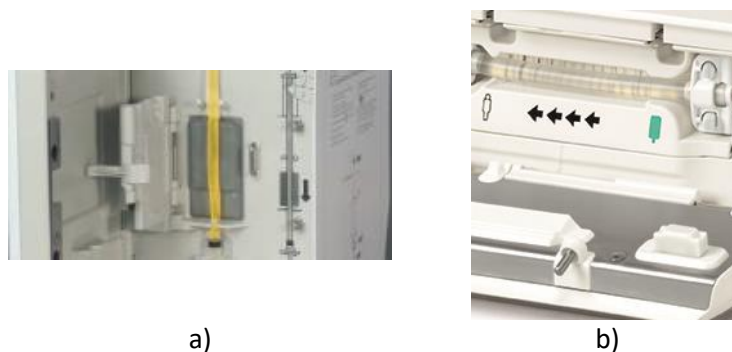


Figura 8. Bomba peristáltica de bombas de infusão volumétrica. a) Infusomat fms. b) Infusomat Space.

O sensor de ar na linha, Figura 9, garante a segurança do utente, identificando bolhas de ar, presentes na linha, bem como o seu tamanho. A deteção das bolhas de ar gera alarmes, dependendo do tamanho da bolha identificada ou do valor de ar acumulado durante um determinado período, interrompendo a terapia, uma vez que bolhas de ar injetadas no sistema circulatório podem colocar em perigo a vida do utente.



Figura 9. Sensor de ar na linha de bombas de infusão volumétricas. a) Infusomat fms. b) Infusomat Space.

As bombas mais recentes contam com um sensor de pressão, Figura 10, que estando encostado à linha de infusão, imediatamente após o sensor de ar na linha, mede a pressão que o fluxo exerce. A partir de um certo limite, definido pelo utilizador, a bomba gera um alarme indicador de oclusão da linha, interrompendo a terapia. Devido à oclusão, detetada pelo sensor de pressão, o utente não recebe a quantidade desejada de pressão, o que pode colocar em causa a sua terapia, pelo que é imperial, resolver o problema antes de retomar.



Figura 10. Sensor de pressão.

No caso das bombas mais antigas, a oclusão é identificada com o auxílio do sensor de gotas, Figura 11, componente extra que é colocado no conta-gotas, imediatamente abaixo do recipiente. Este sensor identifica a queda de gotas, permitindo identificar a oclusão do sistema, quando não são identificadas gotas durante um certo período. Por outro lado, se existir o problema oposto, e a solução avançar descontroladamente, o sensor irá identificar uma queda abrupta de solução, acionando um alarme de fluxo

livre, o que interrompe a terapia. De notar que, como as bombas de infusão mais recentes possuem o sensor de pressão e o sensor de gotas, conseguem dar informações adicionais nomeadamente, no caso de existir oclusão, em qual dos lados da bomba esta ocorreu.



Figura 11. Sensor de gotas colocado no conta-gotas.

O inibidor de fluxo é um componente que também controla a infusão, mais concretamente, impede o fluxo livre através da linha, desde que esta se encontre em bom estado. Na Figura 12, é possível observar que nos modelos mais antigos continham um sistema de oclusão composto por uma peça de plástico e uma mola que a faz pressionar a linha. Por outro lado, nos modelos mais recentes, a abordagem foi diferente, onde a bomba utiliza o sistema de oclusão da própria linha de infusão para esse efeito, garantindo que a linha nunca está em fluxo livre.



a)



b)

Figura 12. Sistema de oclusão da linha. a) Infusomat fms. b) Infusomat Space.

b) Bombas de infusão de seringa

Foram intervencionados três modelos de seringas de infusão, descritos na Tabela 3, onde constam informações como a classificação de segurança e as normas aplicáveis. De forma similar ao feito com as bombas volumétricas, também as seringas serão descritas em seguida.

Tabela 3. Informações relativas às bombas de infusão de seringa intervencionadas.

Marca	Modelo	Classe de proteção (IEC 60601 – 1)	Normas aplicadas
B Braun	Perfusor fm	Classe I, tipo CF À prova de desfibrilhação	EN IEC 60601 – 1 – 2 EN IEC 60601 – 2 – 24
B Braun	Perfusor Space	Classe II, tipo CF À prova de desfibrilhação	
Fresenius Kabi	Injectomat MC Agilia	Classe II, tipo CF À prova de desfibrilhação	

Ao contrário do que acontece com as bombas de infusão volumétrica, nestas o recipiente de solução é colocado no equipamento. Tratando-se de uma seringa, que pode ter diferentes dimensões, é importante que as seringas colocadas sejam aceites pelos equipamentos, por forma a que estes adaptem o seu funcionamento garantindo uma infusão correta.

Também o funcionamento da bomba de infusão de seringa é diferente do funcionamento da volumétrica, empurrando o êmbolo da seringa, ao invés de fazer a solução avançar através do movimento de uma bomba peristáltica. No funcionamento das seringas de infusão, podem ser destacadas duas partes:

- zona de fixação da seringa;
- braço móvel.

A zona de fixação da seringa é composta por um gancho que, ao ser encostado à seringa permite ao equipamento identificar a seringa inserida e, em conjunto com a ranhura, local de fixação, impedem o êmbolo de se mexer. Todo esse sistema, nomeadamente o braço de fixação e a lâmina, sai do local apontado pela seta vermelha na Figura 13.



Figura 13. Zona de fixação de seringa das bombas de infusão de seringa. a) Perfusor fm. b) Perfusor Space.

Ao abrir o gancho de fixação de seringa, o braço móvel desloca-se para a posição mais distante, permitindo a colocação da seringa. Assim que esta se encontra colocada e o gancho é fechado, o braço move-se em direção ao êmbolo, parando e fechando as suas garras ao encostar nele devido a um sensor de pressão. Nesta situação o equipamento está pronto a iniciar a terapia.

Na Figura 14, é possível observar o braço móvel, destacando-se as garras e o sensor de pressão bem como uma bomba de infusão de seringa pronta a iniciar terapia. De forma semelhante ao que acontecia com as bombas de infusão volumétrica, o sensor de pressão permite detetar a oclusão da linha, quando ocorre um aumento exagerado da pressão.



Figura 14. Bomba Perfusor fm. a) Sistema móvel, garras e sensor. b) Equipamento pronto para iniciar terapia.

3.1.2 – Monitores de sinais vitais

O aluno intervencionou diversos modelos de monitores de sinais vitais, cada um com características diferentes. Desde monitores mais simples e compactos, usados com utentes que requerem alguma mobilidade, até monitores específicos para cuidados intensivos, que contam com uma cassete, onde ficam registados todos os dados do utente. Na Tabela 4, consta uma lista com informações relativas a alguns dos monitores intervencionados.

Tabela 4. Informações relativas a monitores de sinais vitais.

Marca	Modelo	Classe de proteção (IEC 60601 – 1)	Normas aplicadas
Philips	VM4	Classe I, tipo CF À prova de desfibrilhação	IEC 60601 – 2 – 27 IEC 60601 – 2 – 34
Philips	MP20	Classe I, tipo F	IEC 60601 – 2 – 30
Nihon Kohden	BSM – 2300A/K	Classe I, tipo B	

Os monitores de sinais vitais permitem o acompanhamento rigoroso e constante de indicadores importantes de saúde, auxiliando no diagnóstico e estabelecimento de estratégias terapêuticas e permitindo acompanhar a evolução do utente e a sua resposta às terapias implementadas (Instituto Superior de Engenharia de Coimbra , 2018/ 2019). Da grande panóplia de parâmetros adquiridos por estes equipamentos, podem ser destacados:

- eletrocardiograma, ECG;
- saturação periférica de oxigénio, SpO₂;
- pressão arterial, NIBP e IBP;
- temperatura corporal.

O eletrocardiograma corresponde a uma representação da atividade elétrica do coração ao longo do tempo. É um parâmetro de extrema importância pois, todo o processo de contração do músculo cardíaco, batimento cardíaco, é controlado por sinais elétricos gerados e conduzidos através do mesmo.

Em ECG, é possível identificar as várias fases do sinal elétrico segundo várias perspetivas, denominadas de *leads*. O número de *leads* disponíveis para análise depende do número de elétrodos utilizados, sendo normal que, com monitores de sinais vitais, sejam utilizados três ou cinco.

O *lead* mais usado é o II, e permite a fácil identificação das fases referidas, bem como patologias a elas associadas. Na Figura 15, encontra-se um coração, com os nós e fibras condutoras do sinal elétrico destacados, Figura 15 (a), com a representação de um ECG ideal, ao qual se aproxima o *lead* II, com os segmentos e ondas de maior relevância identificados.

O sinal gerado no nó sinoatrial, SA, e que percorre ambas as aurículas, através das fibras de condução atrial, pode ser identificado em ECG, como onda P. Entre a despolarização das fibras das aurículas e das fibras dos ventrículos ocorre um momento de abrandamento do sinal, no nó atrioventricular, AV, importante para o deslocamento do sangue, iniciando-se, em seguida, a condução ao longo das fibras dos ventrículos. A condução do sinal através dos ventrículos é identificada com a presença do complexo QRS, no ECG. O segmento ST, também visível em ECG, corresponde ao tempo após a contração dos ventrículos, em que o sinal abranda a sua propagação, para bombeamento confortável do sangue para fora do coração, podendo observar também o momento de regresso à polarização natural, através da onda T.

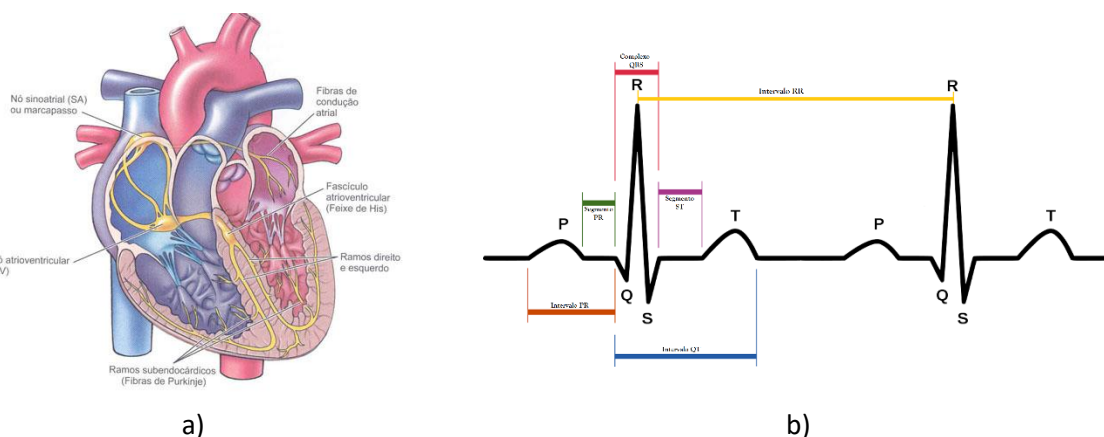


Figura 15. ECG. a) Coração, nós e fibras condutoras. b) Características típicas de um ECG ideal.

A saturação periférica de oxigénio, é um parâmetro vital que traduz, de forma aproximada, a percentagem de oxigénio presente no sangue arterial. Apresentando-se, em condições normais, de um individuo saudável, entre os 95% e os 99% (Instituto Superior de Engenharia de Coimbra , 2018/ 2019). Alterações significativas da sua percentagem, podem indicar a existência de patologias graves, geralmente de cariz respiratório, como a pneumonia, uma das maiores causas de morte em Portugal.

O oxigénio é transportado por moléculas de hemoglobina, tendo cada uma a capacidade de transportar quatro moléculas de oxigénio, estado em que se encontra saturada de oxigénio. Como elemento transportador de oxigénio, a hemoglobina é um elemento fulcral para o cálculo do SpO₂ (Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2018/ 2019). A fórmula (5) representa o cálculo aproximado da saturação de oxigénio do sangue, sendo que HbO₂, representa a quantidade de moléculas de hemoglobina saturadas de oxigénio e Hb, as restantes.

$$SpO_2 = \frac{HbO_2}{HbO_2 + Hb} * 100 \quad (5)$$

Na Figura 16, encontra-se um sensor de SpO₂, que funciona com os princípios da fotopletismografia e fotoespectrometria. O sensor é colocado numa zona bastante vascularizada, nomeadamente o dedo, no caso do sensor da Figura 16 ou no lóbulo da orelha. É composto por um fotodiodo e por dois *leds*, um infravermelho e outro com um comprimento de onda na zona do visível, vermelho. A passagem de sangue com hemoglobina saturada vai afetar a quantidade de luz que chega ao sensor, permitindo ao equipamento apresentar, de forma aproximada, a percentagem de células saturadas de oxigénio na periferia.



Figura 16. Sensor de SpO₂ de monitor de sinais vitais.

A pressão arterial é caracterizada por ser a pressão exercida pelo sangue sobre as artérias. Indicador indireto da qualidade do fluxo sanguíneo, é medida em milímetros de mercúrio (mm Hg), e divide-se em dois valores distintos. A pressão diastólica, correspondente à pressão hidrostática, que o sangue exerce sobre as paredes arteriais, aquando o coração se encontra relaxado. Por sua vez, a pressão sistólica apresenta valores mais elevados, uma vez que corresponde à pressão que o sangue exerce sobre as paredes arteriais ao ser pulsado pelo coração.

Existem dois distúrbios crónicos associados à pressão arterial, a hipotensão arterial e a hipertensão arterial.

- hipotensão arterial: Valores de pressão demasiado baixos que podem resultar num fluxo de sangue para os diferentes órgãos deficiente e fazendo-se sentir através de sintomas como as tonturas, respiração e desmaios;

- hipertensão arterial: Valores de pressão demasiado elevados que podem resultar no desenvolvimento de outras doenças cardiovasculares, como os AVC e os enfartes do miocárdio.

A medição da tensão arterial de forma não invasiva é efetuada através da colocação de uma manga, semelhante à da Figura 17. Esta deve ser colocada no braço do paciente que apresente com generalidade pressões mais elevadas, normalmente o esquerdo, acima do cotovelo, aproximando-se da altura do coração.



Figura 17. Manga para medição da pressão arterial de forma não invasiva.

O módulo de aquisição das pressões arteriais não invasivas é constituído por diversos componentes, cada um com funções específicas. Podendo ser destacados os seguintes:

- um motor de insuflação: Que provoca a insuflação da manga de forma controlada até ao valor desejado;
- duas válvulas: Uma controla o seu esvaziamento progressivo da manga, até que se determinem as pressões arteriais. A segunda, é aberta após a obtenção dos valores, por forma a esvaziar a manga por completo;
- um microfone: Componente que identifica os sons de Korotkoff, característicos da circulação sanguínea em vasos com as paredes deformadas devido a pressão exercida externamente. Sons que permitem ao equipamento determinar os valores de pressão arterial sistólica e diastólica;
- um sensor de pressão: Mede os valores de pressão existentes na manga, permitindo o registo, por parte do microcontrolador, das pressões sistólica e diastólica.

A temperatura corporal média de um indivíduo saudável varia entre os 36°C e os 37°C, tendendo a não sofrer alterações bruscas, a não ser em casos de doença ou infeção, o que pode comprometer funções básicas do próprio organismo. Como tal, a sua medição é de extrema importância, tanto no diagnóstico, como no acompanhamento do tratamento, uma vez que certas terapias podem ser rejeitadas pelo organismo, provocando aumento da temperatura corporal, como tentativa de eliminar a substância designada como estranha.

Para a medição da temperatura com monitores de sinais vitais, são usados sensores específicos, Figura 18. Estes sensores são caracterizados por a uma determinada temperatura, apresentarem uma determinada resistência, resistência essa que varia com a variação da temperatura. Através dessa variação de resistência e, existindo uma fonte de tensão, que é o monitor, é possível calcular o valor de temperatura medido, valor esse apresentado no monitor (Instituto Superior de Engenharia de Coimbra , 2018/ 2019).

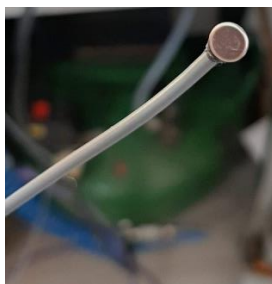


Figura 18. Sensor de temperatura de monitor de sinais vitais.

3.1.3 – Eletrocardiógrafos

Os eletrocardiógrafos, Figura 19, são equipamentos específicos para a aquisição e apresentação de ECG, permitindo a sua impressão para análises e diagnósticos posteriores. Uma vez sendo um equipamento específico para a aquisição deste parâmetro fisiológico, conta, normalmente, com dez elétrodos, o que lhe permite adquirir doze perspectivas da atividade elétrica do coração.

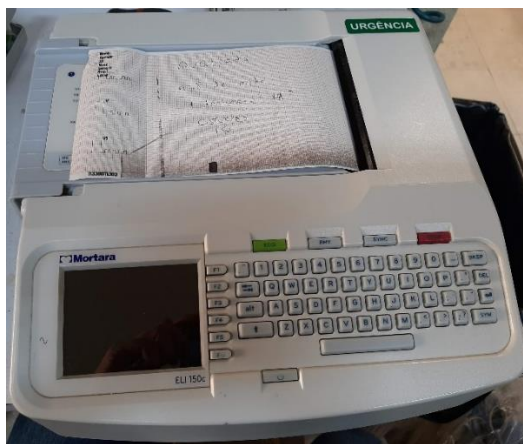


Figura 19. Eletrocardiógrafo intervencionado.

As doze derivações adquiridas têm características diferentes, podendo ser agrupadas em três tipos: Derivações Bipolares; Derivações Unipolares; Derivações Horizontais ou precordiais. As derivações bipolares, *lead* I, II e III, distinguem-se por adquirir a diferença de potencial entre dois elétrodos e, através da colocação em triângulo de Einthoven, compõem a forma mais simples de adquirir sinais de ECG. As derivações unipolares têm por base um ponto imaginário, no centro do triângulo de Einthoven, e representam a diferença de potencial medida desse ponto até cada ponta do triângulo, resultando nos *leads* aVR, aVL e aVP. Por sua vez, as derivações horizontais resultam dos elétrodos colocados no peito do utente e registam o potencial existente no local,

permitindo identificar alterações ao nível do ventrículo esquerdo e complexo QRS, sendo os *leads* V1 a V6 (Moreira, 2001).

Os eletrocardiógrafos permitem uma visão mais minuciosa de toda a atividade elétrica do coração. Adquirido doze *leads*, permite a visualização e impressão de três, seis ou oito em simultâneo. Por forma a melhorar a qualidade dos sinais e garantir uma melhor análise, permite adaptar a filtragem aplicada, que elimina sinais de ruído como os sinais da rede elétrica, 50 Hz, permite ajustar a taxa de amostragem e a ampliação do sinal para uma visualização mais confortável. Isto permite aos profissionais exercerem uma análise mais aprofundada e detalhada, conseguindo identificar certas patologias com mais rigor e precisão do que através de um monitor de sinais vitais.

3.1.4 – Ventiladores

O aluno intervencionou ventiladores mecânicos e estações de anestesia, ou ventiladores anestésicos. Na Tabela 5, estão nomeados alguns dos ventiladores intervencionados, bem como dados relevantes dos mesmos.

Tabela 5. Informações relativas a ventiladores intervencionados.

Marca	Modelo	Classe de proteção (IEC 60601 – 1)	Normas aplicadas
Datex Ohmeda (GE)	S/5 Avance	Classe I, tipo B e BF	ISO 8835 – 2 ISO 8835 – 4 ISO 8835 – 5 ISO 11196 ISO 7767 ISO 9918 ISO 9919 IEC 60601 – 2 – 12 IEC 60601 – 2 – 13 ISO 80601 – 2 – 13 ISO 21647 ISO 80601 – 2 – 55
Däger	Primus Infinity	Classe I, tipo BF	
Maquet	Servo – i	Classe I, tipo B	
VersaMed	iVent 201	Classe I, tipo BF	ISO 10651 – 2 ISO 10651 – 3 ASTM F1100 – 90 IEC 60601 – 2 – 12 UL94 HB

A principal função dos ventiladores é fornecer suporte ventilatório, parcial ou completo, a utentes sem capacidade de ventilar de forma natural e eficiente. É comum a sua presença em unidades de cuidados intensivos (ventiladores pulmonares ou mecânicos) auxiliando e suportando pacientes com traumas graves nas vias aéreas, pulmões e/ou problemas a nível dos músculos respiratórios que dificultam ou impedem a capacidade de ventilação espontânea.

Por sua vez, as estações de anestesia encontram-se em salas de cirurgia de blocos operatórios. Permitem a anestesia geral de pacientes prestes a serem intervencionados, protegendo os mesmos de experiências que podem ser

traumatizantes. A anestesia é feita através de aerossol, administrado por ventilação. Para além de adormecer o utente, um dos efeitos de destaque deste tipo de anestesia é o relaxamento muscular geral, incluindo os músculos respiratórios, como o diafragma, o que compromete a ventilação espontânea. Este efeito obriga a que a estação de anestesia ventile de forma controlada o utente. Aliado à anestesia e ventilação do utente, a estação de anestesia tem de permitir a medição dos seus sinais vitais por forma a que os anestesistas e profissionais envolvidos possam, por um lado, garantir a segurança do utente analisando os sinais vitais já referidos ao longo do relatório e, por outro, garantir que o utente se encontra efetivamente num estado de coma induzido, através da análise de eletroencefalograma (EEG), com o auxílio de um equipamento adicional designado de monitor de índice visceral (BIAS).

Na utilização de ventiladores devem ser tidos em conta os diferentes volumes respiratórios e capacidades pulmonares. Variam consoante o género, idade e constituição física de cada indivíduo. O volume respiratório existente nos pulmões em repouso, aproximadamente três litros, é cerca de metade da sua capacidade total e designado por capacidade funcional residual (FRC).

O volume existente no interior dos pulmões varia consoante os processos de inspiração e expiração que podem ser realizados de forma natural ou forçada, que diferem no volume de ar que é deslocado no processo. Em cada respiração espontânea são inspirados e expirados entre seis e sete mililitros de ar, designados por volume tidal (VT) (Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2018/ 2019). No Anexo 2: Volumes e capacidades associadas à ventilação pulmonar.", encontra-se uma descrição mais detalhada, referindo um maior conjunto de volumes e capacidades e como estes se relacionam.

Nos ventiladores existem diversos parâmetros que podem ser configurados por forma a proporcionar uma ventilação adequada às características do utente e estado das vias aéreas/ pulmões. Tipicamente podem ser ajustados:

- ritmo Respiratório (RR): Parâmetro que configura o número de respirações por minuto. É mais elevado para ventilação de crianças uma vez que a sua capacidade pulmonar é menor e necessitam de uma ventilação mais rápida para obter uma oxigenação eficaz;
- tempo de inspiração (Ti): Permite definir o tempo de inspiração, sendo o tempo de expiração calculado em função do ritmo respiratório, respeitando a razão de um para dois em termos de tempo de inspiração, tempo de expiração;
- VT: Volume de ar normalmente respirado. Medido em ml/Kg, maior para adultos do que para crianças;
- pressão inspiratória (P_{insp}): Configurada em modos de controlo por pressão. Consiste na pressão inspiratória exercida sobre os pulmões. Com um tempo de inspiração suficiente, ao ser exercida a pressão inspiratória, será obtido o volume tidal calculado;

- pressão positiva no fim da expiração (PEEP): Pressão que é mantida nos pulmões no fim da expiração;
- concentração de O₂ (FiO₂): Permite ajustar a concentração de O₂ no ar ventilado. Normalmente ventilado com uma concentração de vinte e um por cento, concentração em que é normalmente inspirado, no entanto, pode ser ajustado entre os vinte e um e os cem por cento.

Os ventiladores permitem três tipos de ventilação:

- **ventilação controlada**

A ventilação controlada divide-se em ventilação controlada por volume e ventilação controlada por pressão. A ventilação controlada por volume, modo mais usado, permite o ajuste do VT resultando, do volume selecionado, uma pressão de ventilação suficiente para o efeito. Por outro lado, a ventilação controlada por pressão, permite o ajuste do valor de pressão inspiratória, que resulta num volume inspiratório específico dependendo do sistema respiratório do paciente ventilado, nomeadamente da sua resistência e complacência. A referida diferença no controlo da ventilação produz diferenças práticas para o utente como é possível verificar na Figura 20, onde se encontram as curvas de ventilação controlada, descritas na tabela Tabela 6.

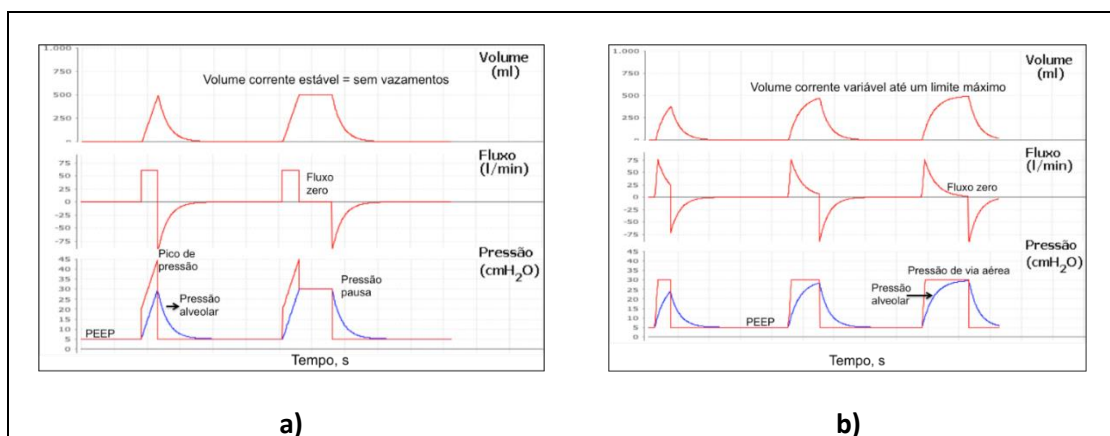


Figura 20. Curvas de ventilação. a) Ventilação controlada por volume. b) Ventilação controlada por pressão (Holanda, 2015).

Tabela 6. Descrição das curvas de ventilação controlada. Ventilação controlada por volume e ventilação controlada por pressão (Holanda, 2015).

Ventilação controlada por volume	Ventilação controlada por pressão
<p>A inspiração inicia com a válvula expiratória fechada e um fluxo de ar constante para o interior dos pulmões.</p> <p>O volume inspirado faz aumentar a pressão atingindo-se um pico que diminui, em seguida, para um patamar definido como pressão de plateau no tempo entre a inspiração e a expiração.</p> <p>Assim que termina o tempo inspiratório a válvula abre-se criando um fluxo de ar para o exterior, expiração.</p> <p>No fim desse fluxo de ar é atingida a PEEP, pressão positiva após expiração, importante para impedir os pulmões de colapsarem.</p>	<p>A inspiração inicia com a válvula expiratória fechada e um fluxo elevado de ar para o interior dos pulmões, atingindo-se rapidamente a pressão inspiratória.</p> <p>Com a diminuição da diferença entre a pressão nos pulmões e a pressão no sistema, o fluxo de ar começa a diminuir, até que tende a estabilizar, quando ambas as pressões se igualizam.</p> <p>Terminando o tempo inspiratório, a válvula de expiração é aberta, iniciando-se o fluxo expiratório que liberta o ar dos pulmões.</p> <p>Com isto, a pressão baixa até estabilizar na PEEP, onde estabiliza até que se inicie nova inspiração.</p>

- **ventilação assistida**

Neste tipo de ventilação é estabelecido um valor de sensibilidade para detetar a iniciativa de inspiração do paciente. A iniciativa de inspiração é detetada por uma variação da pressão no circuito do paciente igual ou superior à sensibilidade estabelecida. Por outro lado, se o paciente não conseguir ter uma iniciativa de inspiração, ou se essa não atingir a sensibilidade definida, o ventilador aciona o seu processo ventilatório após um determinado período temporal de espera. O processo de iniciativa de inspiração do paciente e a ventilação realizada quando a iniciativa não ocorre em tempo útil podem ser verificados na Figura 21.

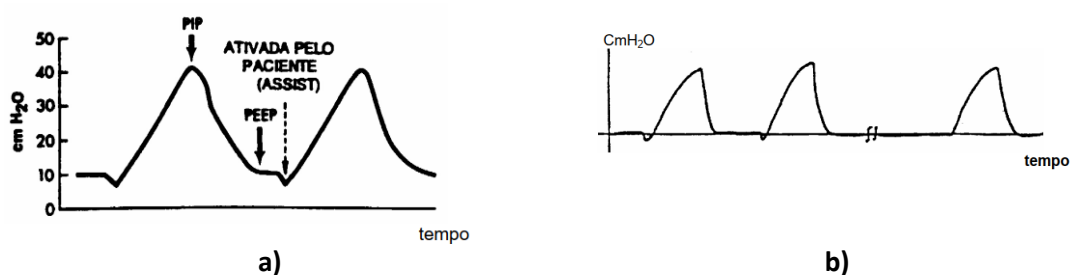


Figura 21. Curvas de pressão associadas à ventilação assistida. a) Identificação da iniciativa do paciente. b) Fim de tempo útil e ventilação iniciada pelo ventilador (Holanda, 2015).

- **ventilação manual:** o profissional de saúde usa um balão apropriado para controlar o ritmo respiratório, sendo que o balão é cheio pelo ventilador que opera normalmente em segundo plano.

A Figura 22, representa de forma simplificada os componentes e a sequência de funcionamento de um ventilador. No Anexo 4: (“Fluxo de gases num ventilador anestésico. Adaptado do manual de instruções para uso do Dräger Primus Infinity”) encontra-se um esquema mais detalhado, específico de um ventilador anestésico, tendo sido retirado e adaptado do seu manual. Os gases usados podem ser adquiridos através de botijas de ar/oxigénio comprimido ou, mais comum em contexto hospitalar, através de uma rede interna de fornecimento. A pressão do ar e oxigénio é regulada à entrada do equipamento, antes dos gases serem misturados. De destacar que a quantidade de oxigénio administrada provém também do ar administrado, que o tem, cerca de 21%, na sua composição. Em seguida, o ar passa pelo sistema de controlo, que define como e quando vai ser ventilado, gerando alarmes sempre que forem detetadas irregularidade. Antes de chegar ao paciente, o ar é filtrado, eliminando as impurezas existentes, humidificado e aquecido, ficando nas condições ideais para ser ventilado ao utente. Nesse processo, o ar passa por um nebulizador que lhe adiciona fármacos, sob a forma de aerossol, como broncodilatadores.

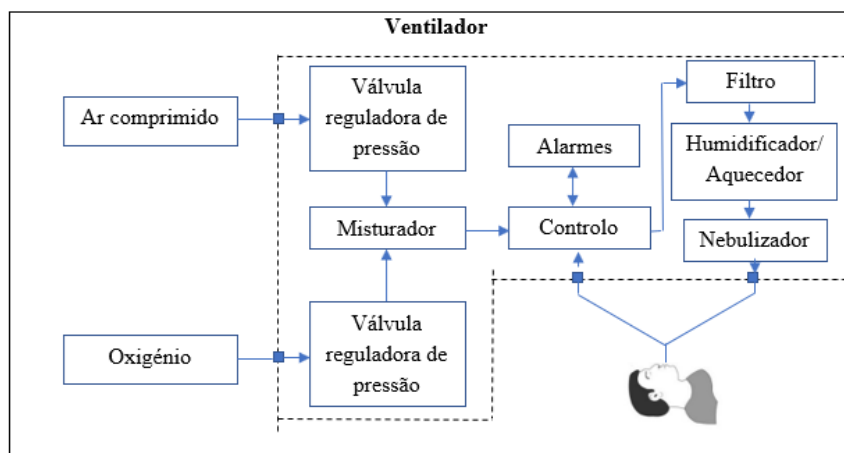


Figura 22. Componentes e diagrama de funcionamento de um ventilador (Natha, 2013).

Os ventiladores pulmonares podem ser divididos em três secções, como se verifica na Figura 23:

- *interface* de utilizador;
- módulo do paciente;
- sistema de respiração do paciente.

A *interface* de utilizador é constituída por um monitor, onde se podem observar as curvas de ventilação e parâmetros selecionados, e onde se encontram os controlos de programação. A unidade do paciente é a parte do ventilador onde se liga o sistema do paciente, constituída pela saída de ar inspiratório e entrada de ar expiratório, por

exemplo. O sistema de respiração é constituído pelas traqueias e restantes acessórios que são colocados na unidade do paciente. No Anexo 3: (“Lista e identificação de componentes de um ventilador anestésico.”), encontra-se uma descrição mais detalhada, de um ventilador anestésico, referindo componentes mais específicos e que um técnico necessita de conhecer por forma a identificar e corrigir certas avarias, tais como fugas.

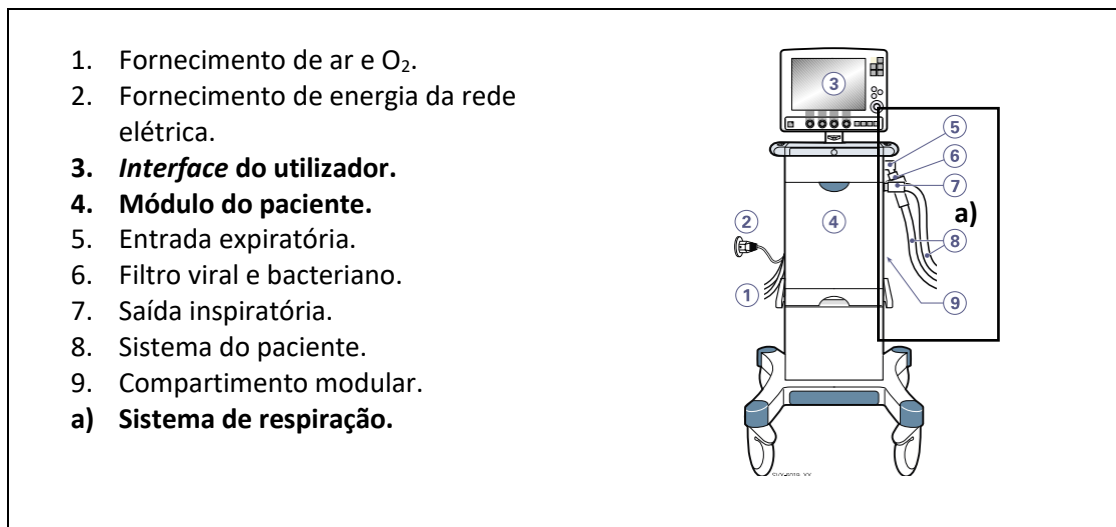


Figura 23. Esquemático exterior do ventilador pulmonar servo-i da Maquet. Adaptado (MAQUET).

O paciente, pode ser ventilado via nasal, oral ou por traqueostomia. Cada forma de ventilação implica uma terminação diferente, no entanto, são sempre usadas traqueias para transportar o ar do módulo inspiratório até ao paciente e do paciente até ao módulo expiratório do ventilador. Ambos os tubos convergem num só, no lado do paciente devido a uma peça conectora designada de “Y”, devido à sua semelhança com a letra.

Sempre que os ventiladores são ligados elaboram um teste de diagnóstico, autoteste, que varia ligeiramente entre os modelos e em que fazem uma verificação interna e preparam todo o seu sistema para ventilar com segurança. Para tal, é necessário que o profissional siga algumas indicações, dadas ao longo do teste pelo ventilador. Um bom exemplo deste teste é o teste de pré utilização que vem descrito no manual do ventilador Servo-i da Maquet, que se encontra apresentado, de forma adaptada, no Anexo 4: fluxo de gases num ventilador anestésico. Adaptado do manual de instruções para uso do Dräger Primus Infinity (Dräger, 2015).

3.1.5 – Cardiotocógrafos

A cardiotocografia consiste num exame em que se registam, de forma simultânea, os movimentos do feto, bem como a sua frequência cardíaca, e as contrações do útero da mãe. Tem como finalidade avaliar o bem-estar do feto, sendo realizado a partir das vinte e seis ou vinte e oito semanas e pode ser realizado antes ou durante o próprio parto (Médicos e outros profissionais da Rede Hospital da Luz, s.d.). Os cardiotocógrafos, equipamentos que realizam e apresentam as cardiotocografias,

como o apresentado na Figura 24, recebem sinais provenientes de dois tipos de transdutores, as sondas de ultrassons (US), e os tocodinamómetros (TOCO).



Figura 24. Cardiotocógrafo.

Ambas as sondas são colocadas sobre o ventre da grávida, e funcionam em simultâneo. A sonda US, emite ultrassons que são refletidos devido às contrações do músculo cardíaco fetal e pelo sangue. As ondas refletidas são recebidas por um sensor, integrado na própria sonda que envia a informação para o cardiotocógrafo. Com as informações recebidas, o equipamento emite informações visuais e sonoras relativas aos batimentos fetais. A sonda TOCO, por outro lado, contém um sensor de pressão que recebe informações relativas às contrações uterinas, enviando os dados para o cardiotocógrafo que os apresenta em formato numérico absoluto. Ambas as sondas, constam na Figura 25.



a)

b)

Figura 25. Sondas toco e parâmetros medidos. a) Sonda US. b) Sonda TOCO.

3.1.6 – Monitores desfibrilhadores

Foram intervencionados desfibrilhadores em contexto preventivo, aprofundado (Secção 4.3.3), por forma a garantir qualidade no seu funcionamento e a segurança do utente e operador. Na Tabela 7, é possível consultar algumas informações relativas aos principais modelos de desfibrilhadores intervencionados.

Tabela 7. Informações relativas a monitores desfibriladores.

Marca	Modelo	Classe de proteção (IEC 60601 – 1)	Normas aplicadas
Philips	Efficia DFM100	Classe I, tipo CF e BF, proteção contra desfibrilhação	IEC 60601-2-4 IEC 60601-2-25 IEC 60601-2-27
ZOLL	Serie M	Classe I Classe II (Entrada DC apenas), conexão tipo B, tipo BF, tipo CF, proteção contra desfibrilhação	

Como o nome indica, uma das principais funções passa por monitorizar parâmetros vitais do utente, dos quais se destacam o SpO₂ e o ECG. Destes, o ECG tem um maior destaque pois relaciona-se mais diretamente com a outra função, a mais conhecida, do monitor desfibrilhador, a desfibrilhação cardíaca.

A desfibrilhação cardíaca é um processo bastante delicado que deve ser executada após uma fibrilhação do musculo cardíaco, definida como um descontrolo dos pulsos elétricos cardíacos que resulta na paragem cardiovascular. A desfibrilhação consiste na aplicação de choques, com energia apropriada ao utente desfibrilhado, entre duas pás, num sentido e no sentido inverso, por forma a reorganizar e/ ou reativar os impulsos elétricos do coração. Na Figura 26, encontra-se um dos monitores desfibriladores intervencionados.



Figura 26. Monitor desfibrillator.

3.2 Equipamentos de eletromecânica médica

Neste grupo inserem-se sobretudo equipamentos médicos elétricos com processos mais mecânico. Deste conjunto destacam-se os equipamentos de lavagem e desinfeção de material cirúrgico, equipamentos de suporte e transporte de pacientes como mesas cirúrgicas ou transferes, equipamentos de iluminação cirúrgica e cadeiras dentárias. A Tabela 8, contém um resumo com informações relevantes dos equipamentos abordados.

Tabela 8. Informações relevantes sobre equipamentos de eletromecânica médica intervencionados.

Secção e tipo de equipamento	Manual consultado	Principais funções	Parâmetros de referência para funcionamento
3.2.1 – Máquinas de lavar material cirúrgico	-	Lavagem e desinfecção de material cirúrgico.	Deve passar teste STF em qualquer um dos programas.
3.2.2 – Esterilizadores	Esterilizadores a vapor: Matachana SC500/ S1000	Esterilização de material cirúrgico.	Na fase de esterilização: Pressão: 315 kPa, ± 10 KPa Temperatura: 134°C, + 3°C O equipamento deve passar nos testes de vácuo e Bowie&Dick.
3.2.3 – Purificadores de água	Especificações técnicas do centra R200	Filtrar a água do fornecimento público por forma a não danificar os equipamentos.	Filtragem de partículas até 0.2 µm
3.2.4 – Mesas cirúrgicas	-	Transporte do utente, em conjunto com o trólei e posicionamento do mesmo durante a cirurgia, em conjunto com o tronco.	Deve executar todos os movimentos pretendidos.
3.2.5 – Cadeiras dentárias	Castellini Puma Eli R	Junta todas as peças necessárias para intervenções dentárias normais.	Pressão de alimentação de ar: 6 – 8 bar Pressão de alimentação de água: 3 – 5 bar

A esterilização é uma das áreas que agrupa mais equipamentos eletromecânicos. Divide-se em três zonas: a zona dos materiais sujos, geralmente provenientes do bloco operatório; a zona dos materiais limpos; a zona dos materiais estéreis, de onde saem diretamente para o bloco; O processo pode ser descrito, de forma simplificada através do esquema da Figura 27.

Na zona dos sujos, os materiais são divididos e colocados em tabuleiros próprios para serem introduzidos em máquinas de lavar material cirúrgico. As máquinas de lavar são equipamentos com duas portas, uma voltada para a zona dos sujos e uma voltada para a zona dos limpos, tornando automática a passagem de materiais.



Figura 27. Processo de esterilização simplificado.

3.2.1 – Máquinas de lavar material cirúrgico

As máquinas de lavar material cirúrgico, Figura 28, são equipamentos industriais, com diferentes programas de lavagem adaptados aos diferentes tipos de materiais, desde socas, a bisturis. Contam com três recipientes de detergentes e agentes neutralizantes, que são misturados de forma ideal com água quente para a realização dos diferentes programas de lavagem.



Figura 28. Máquinas de lavar material cirúrgico.

Funcionam aplicando detergente, agentes neutralizantes e água através de braços rotativos, existentes no superior da máquina e das prateleiras inseridas, Figura 29 (a), para a lavagem. A rotação dos braços permite que o produto de limpeza seja espalhado de forma eficaz, escoando pela base. Antes da realização do programa, apenas é possível abrir a porta dos sujos, programa que só inicia quando esta se encontra fechada. Por outro lado, só após o fim do programa de lavagem, é possível abrir a porta do lado dos limpos. A parte final de todos os programas implica a

secagem dos materiais lavados, saindo estes prontos a embalar e a serem colocados nos esterilizadores.

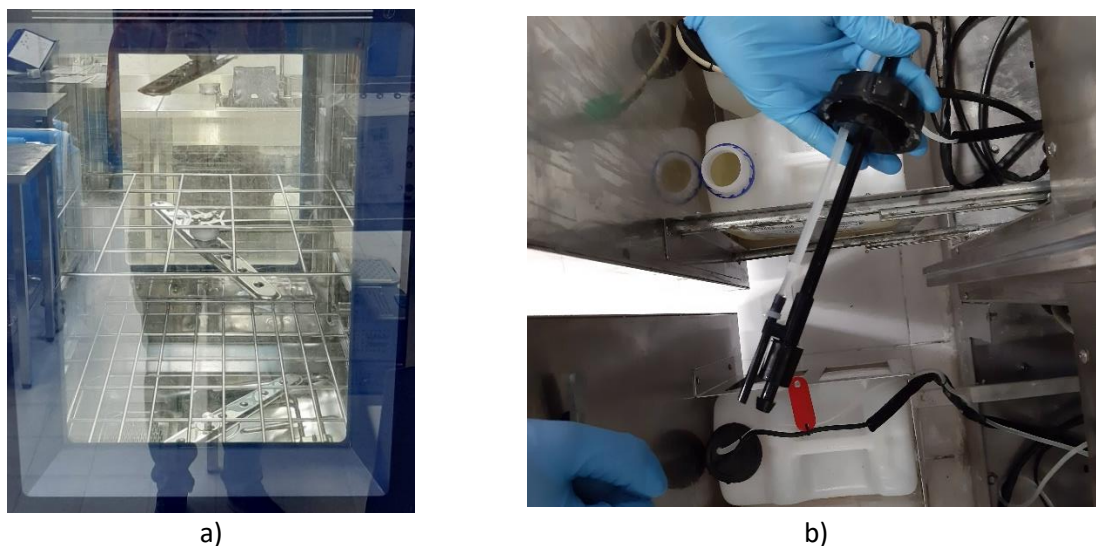


Figura 29. Componentes de máquina de lavar material cirúrgico. a) Tabuleiro no interior da máquina. b) Sensor de nível de detergente.

O nível dos diferentes produtos de limpeza é medido através de um sensor de nível, Figura 29 (b), introduzido juntamente com a tampa dos recipientes, por forma a se manter alinhado, e que agrupa os tubos de transporte dos detergentes. Os sensores permitem gerar alertas no equipamento sempre que estes estão prestes a terminar, garantindo que existe sempre quantidade suficiente para que todas as lavagens sejam realizadas com a máxima eficácia. Os detergentes são injetados devido a engrenagens semelhantes às bombas peristálticas das bombas de infusão, que os fazem ir avançando gradualmente através de compressão e descompressão dos tubos.

3.2.2 – Esterilizadores

a) Esterilizadores industriais/ Autoclaves

Os autoclaves, Figura 30, são equipamentos específicos para a esterilização de materiais cirúrgicos. Com isto, é garantida a segurança dos utentes, reduzindo substancialmente as hipóteses do material usado o poder infetar de alguma forma. O método de esterilização usado por estes equipamentos baseia-se na injeção de vapor de água saturado a alta pressão e temperatura. As combinações de humidade, pressão e temperatura atingidas na câmara, que deve ser capaz de as manter, garante a morte dos agentes contaminantes que resistem à lavagem previamente feita.



Figura 30. Autoclaves intervencionados. a) Conjunto de autoclaves intervencionados. b) Painel de comando.

Os autoclaves são constituídos por duas câmaras, uma interna, onde são colocados os materiais cirúrgicos, uma segunda câmara, denominada por camisa, que permite um bom isolamento da câmara interna, ajudando a manter as condições ideais para eliminação dos organismos. Além da câmara e da camisa, existem diversos componentes de extrema importância para o seu funcionamento, estando alguns dos principais enunciados abaixo:

- juntas da porta: ajudam no isolamento da câmara na zona da porta de acesso à câmara;
- bomba de vácuo: remove o ar na câmara após esta se encontrar selada por forma a criar vácuo;
- sistema de circulação de água e válvulas de controlo;
- purgadores de vapor: permitem a drenagem do produto condensado que se vai formando devido ao calor, separando-o do vapor que interessa injetar;
- portas e sensores de portas: permitem a selagem das câmaras, em conjunto com as juntas, bem como a introdução e remoção dos materiais do seu interior, de forma segura permitindo apenas a abertura de uma porta de cada vez;
- filtros: eliminam as impurezas da água e ar por forma a que a esterilização seja eficaz;
- gerador de calor: aquece a água por forma a criar vapor de água;
- sensores: termómetro e manómetro que permitem a medição constante da temperatura e pressão no interior da câmara e sensores de nível que medem a quantidade de água nos depósitos de água;
- painel de controlo: permite programar e acompanhar os programas de esterilização e autotestes;

- impressora: permite obter um comprovativo da esterilização, com todos os valores de interesse, histórico de erros, caso tenham ocorrido e resultados de testes realizados.

Para que o processo de esterilização seja eficaz (24 a 25 da Figura 31), existem normas que definem valores de temperatura, 134°C, e de pressão, 312 KPa, que têm de ser mantidos durante um determinado tempo, pelo menos 4 min. Na Figura 31, que tem como unidades de pressão [hPa] e de tempo [min], é possível observar, de forma simplificada a variação da pressão ao longo das diferentes fases do processo de esterilização, tendo como referência, a pressão atmosférica, entre os 80 e os 108 KPa (fase 0 e 31 -32 da Figura 31).

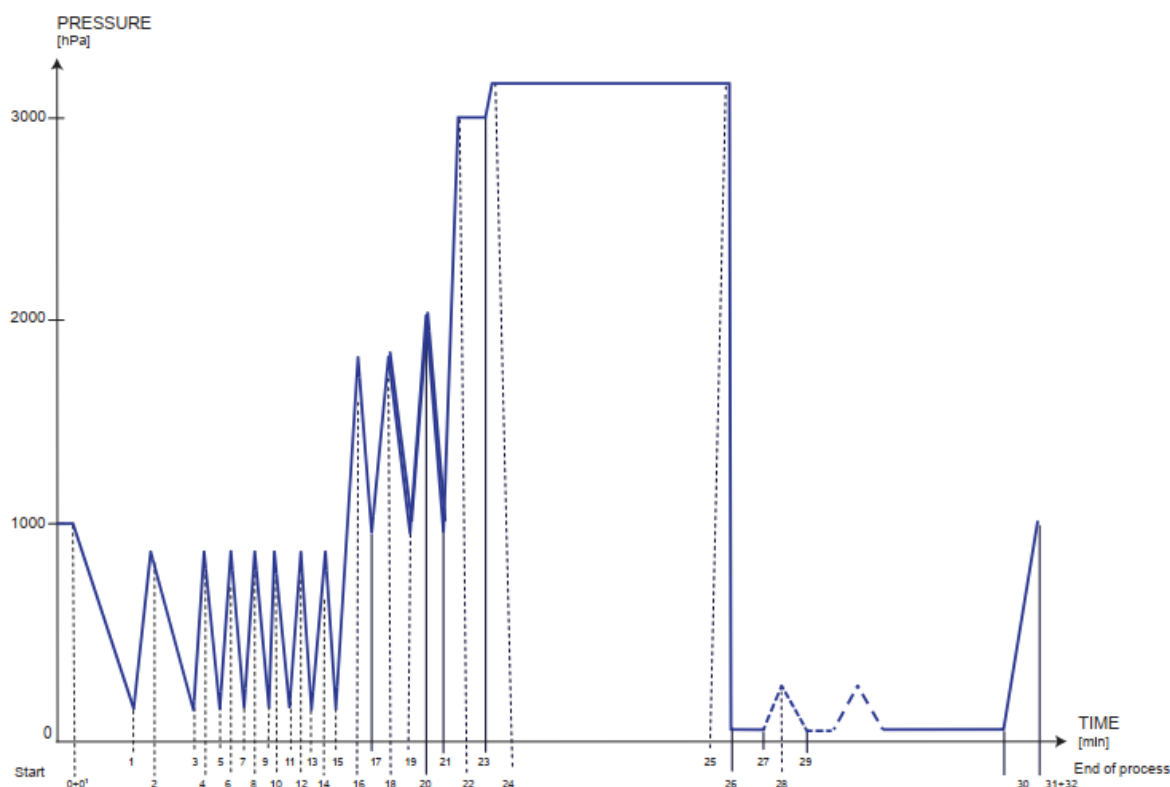


Figura 31. Variação da pressão ao longo do tempo de esterilização (Matachana, 2015).

b) Esterilizador de bancada

Os esterilizadores de bancada funcionam de forma similar aos esterilizadores industriais, anteriormente descritos, diferindo apenas na dimensão, ajustada a esterilização em clínicas dentárias, por exemplo. Na Figura 32 encontra-se um dos esterilizadores de bancada intervencionados. É possível destacar o painel para acompanhamento da esterilização, Figura 32 (a), a borracha de isolamento da câmara (1.), o filtro bacteriano ou bacteriológico (2.), o sensor que identifica se a porta se encontra aberta ou fechada (3.) e os pontos de abastecimento e saída de água (4.), Figura 32 (b), e o filtro de água, que deve ser colocado no interior da câmara de esterilização, Figura 32 (c).

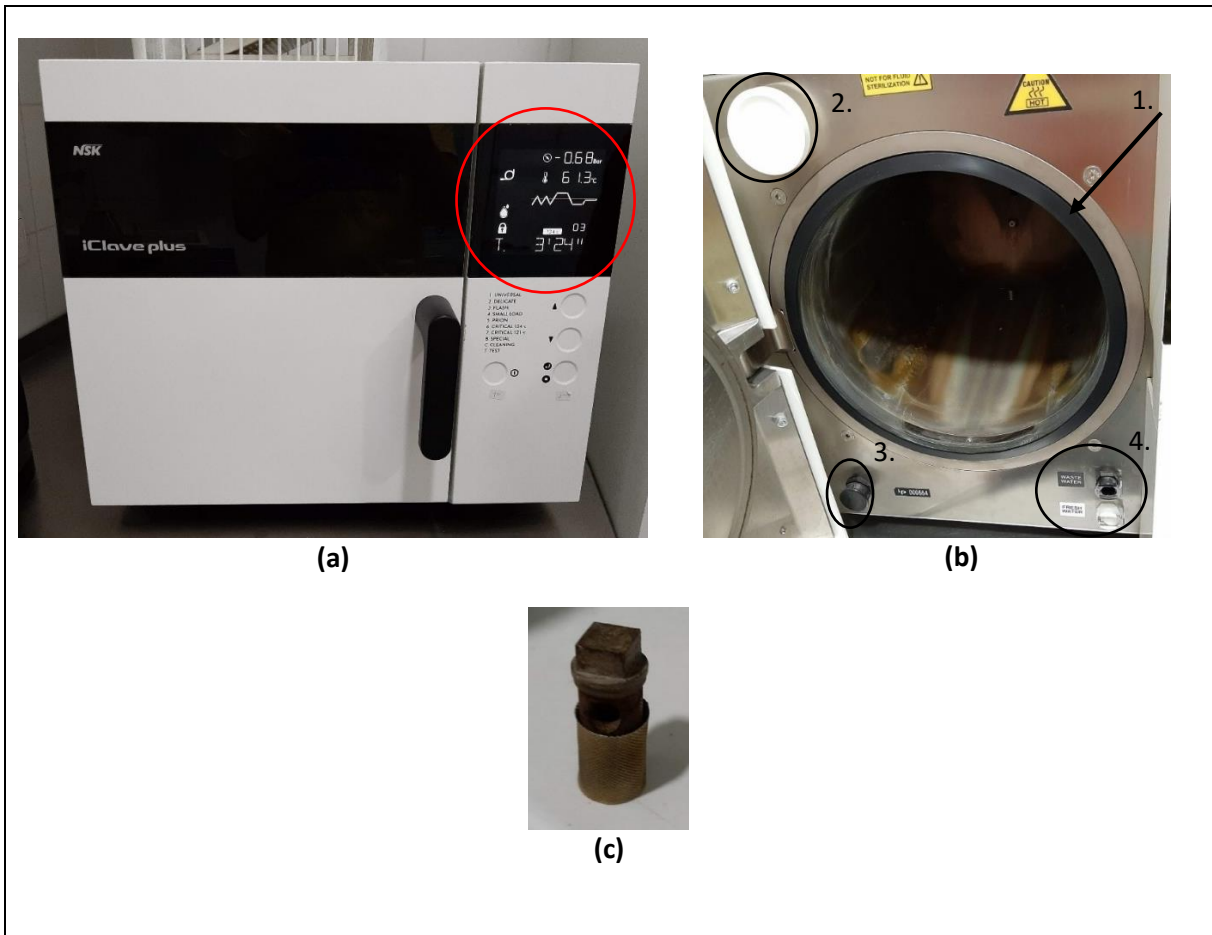


Figura 32. Esterilizador de bancada. a) Visão frontal, destacando o painel de acompanhamento da esterilização. b) Porta aberta. c) Filtro de água do esterilizador.

O controlo dos programas é feito por uma placa principal, Figura 33, com relés, que fazem o esterilizador transitar entre as funções e estados pretendidos, com os tempos corretos injetando tensão à entrada dos relés que se pretende transitar. Na Figura 34, pode observar-se a sua bomba de vácuo, que remove o ar e impurezas do interior da câmara, por forma a que, em seguida seja injetado vapor de água. Para tal, o esterilizador contém um reservatório de água, normalmente na parte superior, água que é então aquecida numa caldeira similar à da Figura 35, onde se encontra um termostato, idêntico ao da Figura 36, por forma a medir a temperatura atingida garantindo a criação de vapor.



Figura 33. Placa de controlo da esterilização.

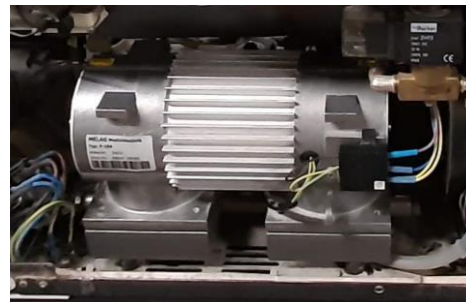


Figura 34. Bomba de vácuo de esterilizador.



Figura 35. Caldeira de esterilizador.



Figura 36. Termostato que se encontra ligado à caldeira.

c) Esterilização através de gás plasma

Alguns dos materiais cirúrgicos têm características muito particulares, sendo sensíveis a altas temperaturas e pressões. Como resposta à necessidade de esterilizar esses materiais, sem alterar as suas características nem os danificar, surgiram esterilizadores de gás plasma, no caso do HSA, o Sterrad NX, presente na Figura 37.



Figura 37. Esterilizador Sterrad NX.

A esterilização é feita com recurso a gás plasma de peróxido de hidrogénio que elimina os organismos por asfixia. Para o processo, os materiais são embalados, de forma similar ao processo anterior, no entanto saindo prontos a utilizar. Conta com um ciclo de esterilização padrão, aplicável à maioria dos materiais, que dura vinte e oito minutos e com ciclos mais específicos, como o ciclo avançado de trinta e oito minutos, indicado para endoscópios flexíveis de canal único. A temperatura atingida durante os ciclos é inferior a cinquenta e cinco graus celsius, bastante abaixo dos cento e trinta e quatro necessários para o processo de esterilização anteriormente referido. O equipamento conta ainda com um leitor de código de barras, por forma a identificar os reagentes colocados e informações de qualidade, evitando a reutilização de reagentes gastos (ADVANCED STERILIZATION PRODUCTS, 2012).

Após a esterilização, os materiais ficam prontos a ser novamente utilizados. No caso do Sterrad, saem na zona dos limpos e são transportados para a zona de estéreis, o que não acontece no caso dos esterilizadores a alta pressão e temperatura. Após a

esterilização, os materiais são retirados diretamente para a zona dos estéreis, uma vez que, de forma similar às máquinas de lavar material cirúrgico, contêm duas portas, permitindo a separação direta entre materiais limpos e materiais estéreis. A zona de materiais estéreis tem, por sua vez, uma porta direta de acesso ao bloco operatório, reduzindo ao máximo o risco de contaminação dos materiais.

3.2.3 – Purificadores de água

A purificação da água da rede ocorre antes desta chegar às máquinas de lavar materiais cirúrgicos e esterilizadores. Para além de eliminar possíveis agentes contaminantes, promove o prolongamento da vida útil dos equipamentos. Uma vez que a qualidade e composição da água corrente varia dependendo da região, também os sistemas têm de ser adaptados a cada realidade. Pode ser dado como exemplo um sistema composto pelos seguintes componentes:

- descalcificador;
- filtro de sedimentos e filtro de carvão ativo;
- uma botija para filtragem de cloro;
- purificador.

A água chega da rede de fornecimento e passa pelo descalcificador, Figura 38, que tem como principal objetivo remover cálcio e magnésio da água, agentes promotores da formação de calcário. No interior do descalcificador, existe um filtro com resina que fixa os iões de cálcio e magnésio, libertando iões de sódio como substituto. Os iões de sódio são obtidos através de sal, que preenche todo o espaço em redor do filtro.



Figura 38. Descalcificador e seus componentes. a) Resina. b) Sal.

Após passar pelo descalcificador, a água dirige-se a um conjunto de dois filtros, Figura 39, cada um com uma função diferente. O primeiro, é um filtro de sedimentos, que retém partículas superiores a 5 μm . Já o segundo, é um filtro de carvão ativo que elimina grande parte do cloro e seus derivados. Em seguida, a água é dirigida para uma botija, similar à da Figura 39 (d), que auxilia na eliminação de cloro, reforçando esse processo.



a) b) c) d)
Figura 39. Filtros de sedimentos e de carvão ativo. a) Visão exterior dos filtros. b) Filtro de carvão ativo. c) Filtro de partículas. d) Botija que auxilia na remoção de cloro.

O purificador de água, representado na Figura 40, é a peça central deste sistema, servindo como controlador, reservatório e distribuidor de água. Está equipado com um filtro UV, um módulo de osmose reversa e um filtro de partículas de 0.2 μm . A combinação dos seus filtros permite otimizar a qualidade inorgânica da água. Elimina grande parte dos micróbios, através da oxidação por UV, que complementa a filtração física existente e a osmose inversa (ELGA VEOLIA, s.d.). O processo natural de osmose implica que a água se movimenta, através de uma membrana permeável, de uma solução mais diluída, para a solução com maior concentração de soluto até que se atinja um equilíbrio entre ambos os lados da membrana, momento em que a passagem de água passa a ser equivalente em ambos os sentidos. A osmose inversa consiste no processo contrário, neste caso, é exercida uma pressão mecânica sobre a solução, fazendo passar a água através da membrana no sentido de menor concentração de soluto (Petrochem).



a) b)
Figura 40. Purificador de água. a) Visão externa. b) Composição interna de filtros e tubagens.

O painel na Figura 41, permite visualizar informações como a qualidade do filtro de partículas que, ao longo do tempo, vai deixando passar partículas cada vez maiores até que tem de ser substituído, ou os litros de água filtrados por minuto ou hora.



Figura 41. Painel de controlo do purificador de água.

3.2.4 – Mesas cirúrgicas

As mesas cirúrgicas são utilizadas para suportar o utente durante a sua passagem pelo bloco. Associados à mesa cirúrgica existem tróleys e troncos, estando a mesa operatória fixa num ou noutro dependendo das circunstâncias. Na Figura 42 encontra-se uma mesa operatória, fixa sobre um tróley e colocada por forma a fazer a passagem do tróley para o tronco.



Figura 42. Mesa operatória fixa sobre o tróley e colocada por forma a efetuar a passagem do tróley para o tronco.

O tróley consiste numa base móvel, com quatro rodas, sobre a qual encaixa a mesa cirúrgica e que permite o transporte do utente através do bloco operatório. As suas rodas permitem que este se movimente em todas as direções, de forma segura e contam com um travão com três posições distintas, variando desde completamente travado até à posição de liberdade total em que, para além de rolar, todas as rodas permitem mudanças de direção. Este equipamento tem ainda um pedal central, com uma ponta metálica, que aciona o tronco, fazendo-o subir ou descer, importante para a transição entre tróley e tronco. Na Figura 43, estão destacados os pedais de travão e de acionamento do tronco, Figura 43 (a), e a referida ponta metálica, bem como as borrachas, que encostam ao tronco.



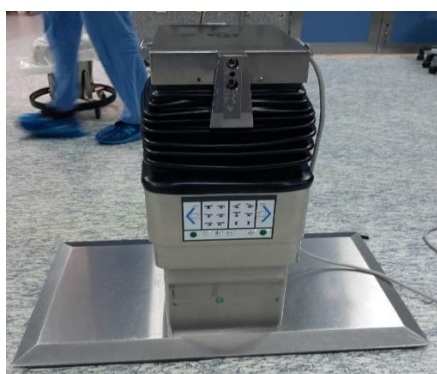
a)



b)

Figura 43. Sistemas de travagem e de acoplamento do trólei com o tronco. a) Travões do trólei e pedal para fazer subir e descer o tronco. b) Barras que encostam aos sensores do tronco para o fazer subir e descer.

O tronco, Figura 44, permite o posicionamento ideal da mesa cirúrgica em termos de altura, garantindo a sua fixação durante toda a operação. Uma das funções do trólei permite que o tronco permaneça agarrado a si, levantando ao diminuir a sua altura, para que possa ser reposicionado. Para além de permitir ajustar a altura da mesa, o tronco, Figura 44 (a), alimenta-a eletricamente, através de contactos, Figura 45 (a), e permite o controlo de diversos motores da mesa, quer através de controlos embutidos, quer através de um comando, mais portátil. Os motores da mesa, Figura 45 (b), permitem funções como sentar o utente, levantar as pernas, entre outras formas importantes de posicionamento para cirurgia.



a)



b)

Figura 44. Tronco de sala de operações. a) Controlos de tronco e mesa operatória e sensor lateral para detetar colocação do trólei. b) Sensores frontais para fazer o tronco subir e descer.

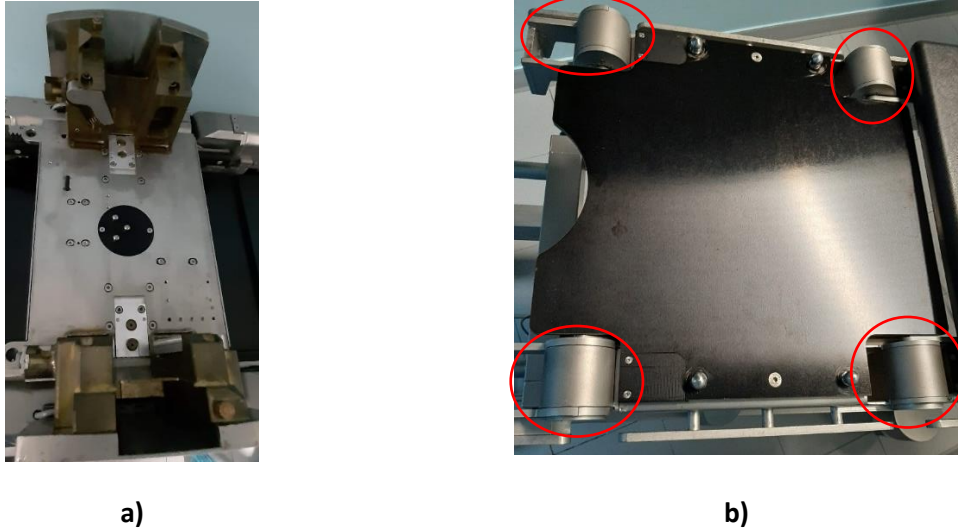


Figura 45. Conectores da mesa operatória com o tronco e motores da mesa operatória. a) Conectores da mesa operatória. b) Motores da mesa operatória.

3.2.5 – Cadeiras dentárias

As cadeiras dentárias, Figura 46, são, a par com os esterilizadores, o equipamento de destaque num consultório de medicina dentária. Agrupam num só equipamento a maioria dos instrumentos usados numa consulta. Desde luz para a intervenção, até aos instrumentos de mão como o contra ângulo, tudo interligado à cadeira onde se senta o utente.



Figura 46. Cadeira dentária.

Podem ser destacados três sistemas fundamentais para o funcionamento da cadeira: sistema elétrico; sistema de água; sistema de ar. O sistema elétrico permite todo o funcionamento mecânico da cadeira, e peças de mão, sendo que permite o posicionamento da cadeira, iluminação usada para as intervenções e o funcionamento de micromotores de peças de mão, quando acionadas. Os sistemas de água e ar, distribuídos também ao longo de toda a cadeira, permitem a utilização de um lavatório de apoio e a utilização técnica de todas as peças de mão, que funcionam em conjunto com água, ar, ou ambos, aplicados a pressão controlada.

A pressão a que se encontra a água e o ar da cadeira é fulcral para o bom funcionamento dos equipamentos prevenindo inclusive o seu desgaste repentino. Como tal, é necessário, de tempos a tempos, ajustar a pressão de ar e água à entrada da cadeira. Esse controlo é feito na base da cadeira, onde se encontram três reguladores, dois para ar, a azul, e um para água, a verde, indicados na Figura 47. O código de cores, azul para ar e verde para água, é respeitado ao longo de toda a cadeira, facilitando o diagnóstico de problemas nos diferentes módulos.



Figura 47. Reguladores de pressão de cadeira dentária.

Os instrumentos de mão apenas são acionados quando necessário, para tal existem *micro switches* que comutam assim que estes são levantados. Como é possível identificar na Figura 48, cada instrumento de mão detém o seu *switch*, funcionando de forma independente. Assim que são acionados, os instrumentos de mão ficam prontos a usar, com todas as suas especificidades, no entanto, instrumentos como o contra ângulo, são controlados por um pedal que permite ajustar a intensidade desde desligado até a um máximo definido. Na Figura 49, estão destacadas as electroválvulas que permitem a passagem de água e/ ou ar, consoante a necessidade e intensidade requerida, através de pedal ou botão, e para o instrumento de mão acionado.



Figura 48. Sistema de acionamento dos instrumentos de mão de cadeiras dentárias.

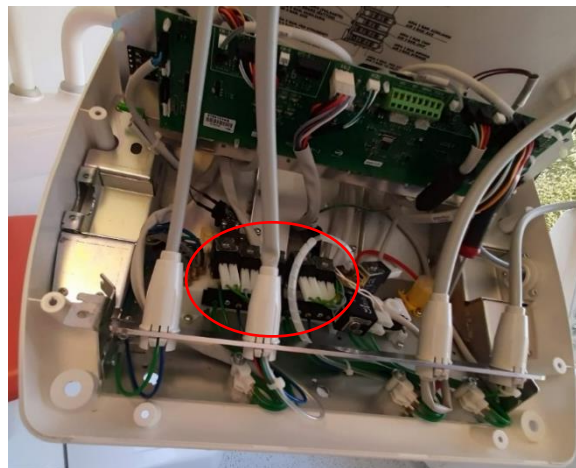


Figura 49. Sistema de válvulas que permitem a passagem de ar e/ou água para cada instrumento de mão.

Na parte lateral da cadeira, Figura 50 e Figura 51, existe um lavatório e duas torneiras, que permitem ao utente higienizar a boca quando necessário. Associados a essa parte da cadeira existe um módulo de controlo com peças de mão específicas para sucção, Figura 52, normalmente feita como apoio às intervenções. No interior dessa parte da cadeira existe um separador de amálgama, Figura 53, peça sanitariamente essencial para separar amálgama do restante conteúdo aspirado, para que esta não siga para os esgotos. Existem dois relés, Figura 54, para temporização da água fornecida pelas torneiras, permitindo que estas desliguem automaticamente após encher um copo ou lavar o lavatório. Numa sala à parte existe uma bomba de sucção, Figura 55, que alimenta os sistemas de aspiração da cadeira.



Figura 50. Pia e vista lateral interna da cadeira dentária.



Figura 51. Sistema de sucção da cadeira dentária.



Figura 52. Vista lateral externa da cadeira dentária. Porta do separador e recipiente de amálgama.



Figura 53. Separador e recipiente de amálgama.



Figura 54. Relés de controlo do sistema de enchimento do copo e torneira da cadeira dentária.



Figura 55. Motores de sucção das cadeiras dentárias.

3.2.6 – Outros equipamentos de eletromecânica médica

a) Candeeiros cirúrgicos

Os candeeiros cirúrgicos têm como principal função iluminar, com qualidade, o campo cirúrgico. Proporcionam uma iluminação bastante homogênea e adaptável a diversas condições e necessidades cirúrgicas. Na Figura 56 encontra-se um dos candeeiros cirúrgicos intervencionados, exemplar de um conjunto de equipamentos que variam em tamanho, formato e disposição.



Figura 56. Candeeiro cirúrgico de teto.

Candeeiros mais recentes permitem ajustar a temperatura da cor de iluminação, por forma a não perturbar a observação dos diferentes tecidos. Possuem painéis *led* com um ponto de focagem da luz bastante preciso e, como extra, podem conter uma câmara centralizada, permitindo a gravação de todos os procedimentos cirúrgicos. Um bom exemplo de candeeiros cirúrgicos de ponta é o mindray série HyLED 9, presente na Figura 57, que se encontra instalado em algumas das salas operatórias do bloco (Mindray, s.d.).



Figura 57. Candeeiro cirúrgico Mindray HyLED 9 (Mindray, s.d.).

b) Pendentes hidráulicos

Os pendentes hidráulicos, Figura 58, são equipamentos do bloco operatório que permitem a arrumação de equipamentos e utensílios do bloco, fornecendo pontos de energia e de gases medicinais. Encontram-se suspensos e presos por um braço ao teto, braço esse que permite, sobre certas circunstâncias, posicionar o pendente como mais convém. Suportam e permitem o movimento de grandes pesos devido ao seu sistema hidráulico e motor de apoio, garantindo que, quando desativados, a estrutura se mantém firme e imóvel.



Figura 58. Pendente hidráulico de um bloco operatório.

Os pendentes são constituídos por um conjunto de juntas de rotação, componentes que permitem o seu deslocamento em torno do ponto de fixação, no teto. O sistema que bloqueia o equipamento é constituído por um conjunto de tubos, contendo ar, sobe pressão que, ao ser libertado, permite o movimento livre sobre a horizontal através de rotações em torno das juntas. Por outro lado, quando se pretende subir ou descer o equipamento, movimento que implica levantar todo o peso, é acionado um motor com essa função específica.

Em circunstâncias normais, o sistema mantém-se fechado, preenchido com ar comprimido, que é libertado ao pressionar os botões, Figura 59. Nessa mesma figura é possível observar um botão elétrico que permite acionar o motor DC, Figura 60, que faz o equipamento subir e descer.



Figura 59. Parte inferior do pendente aberta. Destacando um dos punhos e botão para libertação do pendente, onde se veem as válvulas e tubos de ar correspondentes.



Figura 60. Motor para auxílio de movimento vertical do pendente sobre a junta de rotação.

3.3 – Equipamentos de apoio ao diagnóstico

Foram intervencionados equipamentos cujas características não se inseriam em nenhuma das categorias anteriores, sendo por sua vez, colocados no grupo dos equipamentos de apoio ao diagnóstico. Nesta secção serão abordados equipamentos como centrífugas e eletrobisturis, sobre os quais o aluno aprendeu a realizar manutenções preventivas, bancadas de anatomia patológica, entre outros que, apesar de não terem sido tão intervencionados como os equipamentos já mencionados, merecem o seu destaque.

3.3.1 – Bancada de trabalho de anatomia patológica

As bancadas de anatomia patológica têm características muito específicas para esta área de trabalho. São contruídas em aço inoxidável, ideal para lidar com fluidos provenientes dos tecidos analisados, facilitando a sua limpeza e garantindo durabilidade. Anexo à bancada propriamente dita, existe um lavatório, obrigatório por questões de higiene, e todo um conjunto de prateleiras para organização do espaço de trabalho. Aditando às características mencionadas, existe um sistema de iluminação fluorescente, que permite uma análise correta dos tecidos e um sistema de ventilação traseira, fundamental para a segurança dos profissionais de saúde. O sistema de ventilação previne contaminações, direcionando os gases para longe dos profissionais e dirige-os para um conjunto de filtros de carvão ativado que retêm os possíveis agentes patogénicos. A bancada intervencionada pode ser visualizada na Figura 61, onde se encontram todos os materiais normais de trabalho.



Figura 61. Bancada de trabalho de anatomia patológica.

3.3.2 – Centrífugas

As centrífugas, ou centrifugadoras, recorrem à força centrípeta por forma a separar partículas de diferentes densidades moleculares pelo que são bastante utilizadas em laboratórios de análise clínica. Ao fazerem os tubos de ensaio rodarem a uma velocidade elevada, os elementos mais densos presentes nas substâncias, como o sangue, ficam acumulados na sua base, enquanto que elementos menos densos se vão posicionando em zonas mais elevadas do mesmo.

Dependendo das substâncias a analisar, podem ser usadas centrífugas normais ou centrífugas refrigeradas, sendo sempre possível ajustar a velocidade de rotação para os resultados pretendidos. Na Figura 62 (a), encontra-se uma das centrífugas intervencionadas, sendo possível observar, na Figura 62 (b), o interior da mesma, bem como a base onde se colocam tubos de ensaio.



(a)



(b)

Figura 62. Centrífuga. a) parte externa de uma centrífuga. b) parte interna da centrífuga, onde se colocam os tubos de ensaio.

3.3.3 – Raios X odontológicos

A utilização de raios X para fins de diagnóstico médico é bastante antiga e pode ser aplicada a diversas estruturas corporais. Apesar de permitir a visualização bastante clara de certas estruturas, é uma técnica que requer vários cuidados uma vez que os raios X pertencem a um grupo designado por radiação ionizante. Devido ao seu efeito ionizante, em que arranca elétrons das estruturas, podendo causar lesões a nível molecular no ADN, que podem ser permanentes e comprometer o correto funcionamento biológico (CUF, s.d.).

Quando utilizado de forma controlada, os raios X, originam imagens bastante definidas de certas estruturas, como os dentes. Em contexto de medicina dentária, os raios X, são bastante utilizados para identificar doenças gengivais e dentárias, bem como a existência de cavidades ou reconstruções de intervenções anteriores. Na Figura 63 é possível observar um raio X odontológico móvel e na Figura 64 um raio X odontológico de parede, ambos usados em contexto de medicina dentária. Para tirar uma imagem de raio X, o equipamento é encostado à lateral da boca do utente, sendo introduzida uma peça de proteção no interior da boca, protegendo estruturas como a língua dos raios X.



Figura 63. Raio X odontológico móvel.



Figura 64. Raio X odontológico de parede.

3.3.4 – Geradores eletrocirúrgicos

Os geradores eletrocirúrgicos são equipamentos elétricos de alta frequência usados em contexto de cirurgia aberta ou laparoscopia. Promovem o corte e coagulação dos tecidos e vasos sanguíneos, podendo funcionar de modo monopolar ou bipolar.

Uma vez que funcionam aplicando correntes elétricas de alta frequência, contam com uma placa, que se liga ao paciente e promove a condução da corrente aplicada. Este sistema tem como finalidade evitar que a corrente dissipe através corpo do paciente, ação que pode provocar lesões graves no mesmo, como queimaduras. Na Figura 65, encontra-se um dos geradores eletrocirúrgicos intervencionados de forma preventiva.



Figura 65. Gerador eletrocirúrgico.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO REALIZADOS NO DECORRER DO ESTÁGIO

Neste Capítulo é descrito o trabalho prático realizado pelo aluno. Este divide-se em manutenções corretivas (Secção 4.1), manutenções preventivas (Secção 4.2) terminando com uma secção de reflexão e análise de dados recolhidos (Secção 4.4).

4.1 – Procedimentos de manutenção corretiva

As manutenções corretivas foram intervenções constantes ao longo de todo o estágio. Como referido (Secção 2.1), as manutenções corretivas têm como objetivo a recuperação de um bem, para um estado em que este se encontre capaz de realizar as funções dele requeridas. As manutenções corretivas estão divididas por equipamentos, seguindo uma ordem similar à do Capítulo 3.


4.1.1 – Bombas de infusão

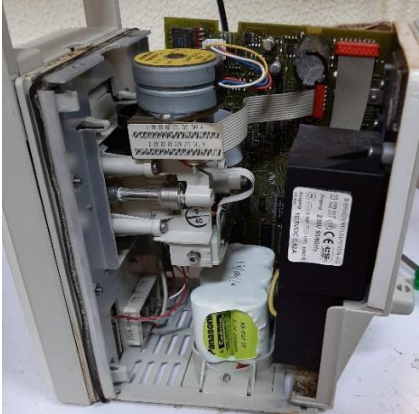
a) Bombas de infusão volumétrica

Foram intervencionados quatro modelos de bombas de infusão volumétrica, referidas anteriormente (Secção 3.1.1). Nesta secção são descritas algumas das manutenções corretivas efetuadas sobre bombas infusoras. De salientar que, para os modelos não representados em cada manutenção, o processo é similar.

Existe um conjunto de erros associados a problemas de comunicação com a *motherboard*. Esses erros podem advir de falta de energia na *motherboard*, nomeadamente devido a problemas de bateria que deve ser o primeiro componente a ser verificado. Quando não advêm de problemas com a bateria, então pode passar-se à verificação da *motherboard* onde o processo deve passar por verificar todas as ligações à mesma, procedendo a uma limpeza técnica dos contactos e, caso a limpeza não resolva, proceder à verificação dos componentes da *motherboard*, substituindo-a se necessário. Na Tabela 9 é possível consultar a realização dos processos descritos, pela ordem mais lógica.



Tabela 9. Resolução de erros associados à *motherboard*.


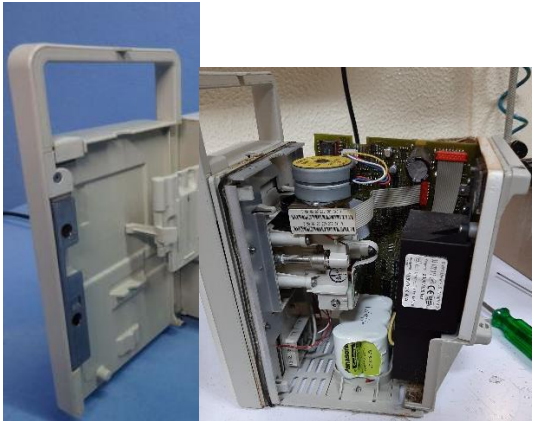

<ol style="list-style-type: none"> 1. No caso de ser erro específico da bateria: <ol style="list-style-type: none"> a. Desligar equipamento. b. Desconectar equipamento da rede elétrica. c. Verificar conexão da bateria e o seu estado. d. Substituir a bateria se necessário (Se apresentar uma tensão abaixo da indicada). 	
--	--


<p>2. Após verificação da bateria:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Desconectar da rede elétrica. Desconectar bateria. Proceder à abertura do chassi do equipamento. Desconectar componentes da <i>motherboard</i>. Realizar uma limpeza dos contactos usando spray PCC. Remontar equipamento. 	
<p>3. Caso o problema persista, o erro está na <i>motherboard</i>.</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Desconectar da rede elétrica. Desconectar bateria. Proceder à abertura do chassi. Desconectar todos os componentes ligados à <i>motherboard</i>. Verificar componentes da <i>motherboard</i> e proceder à substituição desses se possível. Se não, substituição por uma nova <i>motherboard</i>. Remontar equipamento. 	

Devido à sua utilização diária e ao seu porte, estes equipamentos podem estar sujeitos a algumas quedas ou impactos contra superfícies. Impactos estes que podem provocar a danificação de diferentes componentes expostos. Dependendo dos componentes danificados, podem ficar comprometidos, o correto posicionamento e manuseamento do equipamento e o seu funcionamento. Na Tabela 10, estão representadas algumas intervenções relativas a esses componentes.

Tabela 10. Substituição de peças visivelmente danificadas.


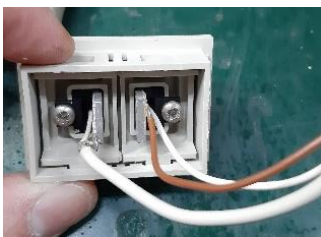
<p>1. Suporte da base da bomba de infusão volumétrica danificado:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desaparafusar suporte danificado. Aparafusar novo suporte. 	
<p>2. Porta interna partida ou sem mola para abrir sozinha.</p> <ol style="list-style-type: none"> Retirar dobradiça, tendo em atenção a mola para abertura da porta, se esta existir. Posicionar nova porta interna. Colocar mola de abertura da porta na posição correta, para que leve a porta a abrir quando não pressionada. Colocação da dobradiça. 	

<p>3. Mola para o sistema de bloqueio e desbloqueio da porta externa em falta ou com peça de proteção em falta.</p> <ol style="list-style-type: none"> Remoção de proteção superior do sistema de bloqueio e desbloqueio da porta. Remoção do sistema de bloqueio da porta. Inserir mola na base do sistema. Recolocar o sistema em posição. No caso de faltar a peça de cobertura da mola, colar com Araldite. Recolocar proteção superior do sistema. 	
<p>4. Porta externamente danificada.</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Desconectar da rede elétrica. Retirar bateria. Abrir chassi do equipamento. Desconectar <i>flat cable</i> do painel frontal da <i>motherboard</i>. Desparafusar painel frontal e retirar <i>flat cable</i> para não danificar. Retirar dobradiça da porta externa, o que permite desacoplar a porta do equipamento Colocar nova porta em posição. Reconectar <i>flat cable</i> do novo painel frontal à <i>motherboard</i>. Colocar dobradiças por forma a fixar a nova porta. Remontar equipamento. 	
<p>5. Suporte de sensor de ar na linha partido:</p> <ol style="list-style-type: none"> Verificar se sensor funciona. Desligar equipamento. Desconectar da rede elétrica. Retirar bateria. Abrir chassi do equipamento. Desconectar sensor de ar na linha da <i>motherboard</i>. Retirar sensor de ar na linha com o seu suporte. Colar suporte com cola de resina, colocar pressão e deixar secar. Recolocar sensor funcional e reconectar à <i>motherboard</i>. Remontar equipamento. 	

<p>6. Bucha para fixação da tampa da bateria partida:</p> <ol style="list-style-type: none"> Abrir compartimento da bateria. Retirar bucha partida e preencher em volta com cola de resina. Recolocar no lugar e deixar secar por completo. Fechar compartimento da bateria. 	
--	--

Com o tempo e utilização dos equipamentos, há certos componentes que tendem a ficar naturalmente danificados, como é o caso de sensores ou mesmo da bomba peristáltica. Por outro lado, as quedas de equipamentos também podem acelerar a sua avaria, mesmo quando não causa estragos exteriormente visíveis. Na Tabela 11, é possível constatar algumas dessas avarias e os processos de manutenção aplicados.




Tabela 11. Substituição de outros componentes avariados.


<p>1. Avaria do <i>display</i> e/ ou teclado:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Desconectar da rede elétrica. Desconectar bateria. Abrir chassi do equipamento. Desconectar <i>flat cable</i> do <i>display</i> à <i>motherboard</i>. Limpeza dos contactos. Verificação do estado do <i>flat cable</i>. Substituir <i>flat cable</i> caso este esteja danificado. Avaliar estado do painel frontal e substituir se necessário. Remontar equipamento. 	
<p>2. Avaria do sensor de ar na linha:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Desconectar da rede elétrica. Retirar bateria. Abrir chassi do equipamento. Desconectar sensor de ar na linha da <i>motherboard</i>. Substituir sensor de ar na linha. Remontar equipamento. 	

b) Bombas de infusão de seringa

Como referido (Secção 3.1.1), foram intervencionadas bombas de infusão de seringas de três modelos: Perfusor fm e Perfusor Space da B| Braun; Injectomat MC Agilia da Fresenius Kabi. As intervenções corretivas passaram por verificação e substituição de baterias, fulcrais para o seu funcionamento e pela reparação de problemas com o sistema de infusão (parte móvel). A Tabela 12 contém os passos seguidos na realização dos referidos procedimentos corretivos.

Tabela 12. Avarias ocorridas em bombas de infusão de seringa e suas resoluções.


<p>1. Problemas de autonomia e erros de bateria:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Desconectar da rede elétrica. Abrir compartimento da bateria. Desconectar bateria antiga e verificar tensão com o auxílio de um multímetro Se a bateria tiver a tensão indicada, voltar a conectar a mesma, se não, conectar nova bateria. Remontar equipamento. 	
<p>2. Problemas com a garra de prisão do êmbolo da seringa:</p> <ol style="list-style-type: none"> Lubrificar parte externa da garra. Testar sistema auxiliando o movimento das garras para lubrificar. Testar o sistema de forma autónoma. 	
<p>3. Problema com a garra da seringa persistente após lubrificação:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Desconectar da rede elétrica. Remover bateria. Abrir sistema de movimentação da garra. Verificar estado das engrenagens. Lubrificar sistema internamente. Movimentar sistema para espalhar o lubrificante. Remontar equipamento. 	


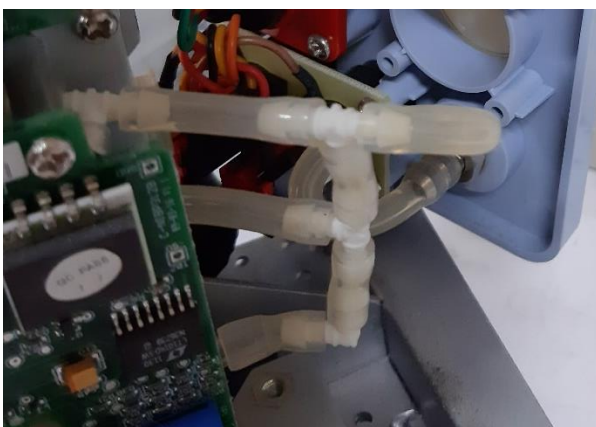
<p>4. <i>Display</i> avariado ou com problemas intermitentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Desconectar da rede elétrica. Remover bateria. Abrir chassi. Desconectar <i>flat cable</i>. Limpeza de contactos. <p>Caso o <i>display</i> não aparente estar danificado:</p> <ol style="list-style-type: none"> Testar <i>display</i> original novamente. <p>Caso continue a dar problemas:</p> <ol style="list-style-type: none"> Substituir por um novo. 	
--	--

4.1.2 – Monitores de sinais vitais

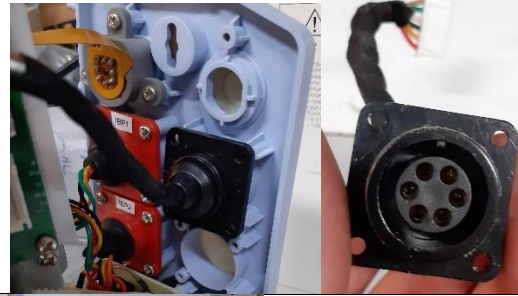
O aluno intervencionou diversos modelos de monitores de sinais vitais, variando em termos de marca, tamanho e complexidade (Secção 3.1.2). Devido a essa pluralidade de monitores, cada intervenção requereu constante aprendizagem e adaptação aos modelos específicos o que se torna transparente ao consultar a Tabela 13. Esta contém alguns dados práticos da realização de procedimentos de manutenção corretiva.

Tabela 13. Avarias resolvidas em monitores de sinais vitais.

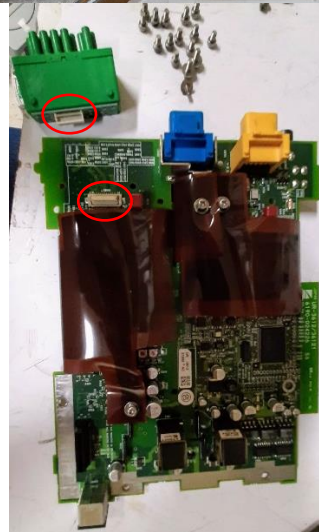
<p>1. Problemas de comunicação entre os componentes e a <i>motherboard</i>:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Desconectar da rede elétrica. Remover bateria. Proceder à abertura do chassi do equipamento. Identificar ligações dos diferentes componentes com a <i>motherboard</i>. Desconectar componentes e proceder à limpeza técnica dos contactos com <i>spray</i> PCC. Reconectar componentes. Avaliar estado geral do equipamento. Remontar equipamento. 	
--	--

<p>2. Troca de painel frontal: Caso o painel frontal não apresente danos externos proceder ao passo 1, caso contrário, ou caso o passo 1 não resulte:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Desligar equipamento.b) Desconectar da rede elétrica.c) Remover bateria.d) Abrir chassi do equipamento.e) Desconectar ligações entre o painel frontal e a <i>motherboard</i>.f) Colocar novo painel frontal e reconectar com a <i>motherboard</i>.g) Remontar equipamento.	
<p>3. Problemas na medição da PANI:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Testar manga de medição por forma a identificar se existem fugas. <p>Caso existam substituir manga, caso contrário:</p> <ul style="list-style-type: none">b) Desligar equipamento.c) Desconectar da rede elétrica.d) Remover bateria.e) Abrir chassi do equipamento.f) Identificar tubos de passagem de ar e avaliar fugas internas. <p>Caso existam, substituir tubos, caso contrário:</p> <ul style="list-style-type: none">g) Desconectar tubos dos sensores de pressão.h) Identificar válvulas de esvaziamento da manga. <p>Caso válvulas se encontrem encravadas:</p> <ul style="list-style-type: none">i) Desentupir válvulas e tubos com uma pistola de ar.j) Remontar equipamento.	

4. Problemas na leitura de ECG:
- Testar cabos de ECG.
 - Não havendo problema nos cabos, o mais certo é ser na ficha de ECG.
 - Desligar equipamento.
 - Desconectar da rede elétrica.
 - Remover bateria.
 - Abrir chassi do equipamento.
 - Identificar módulo de ECG.
 - Remover ficha do módulo ECG.
 - Limpeza de contactos.
 - Colocação de nova ficha ECG.
 - Remontar equipamento.



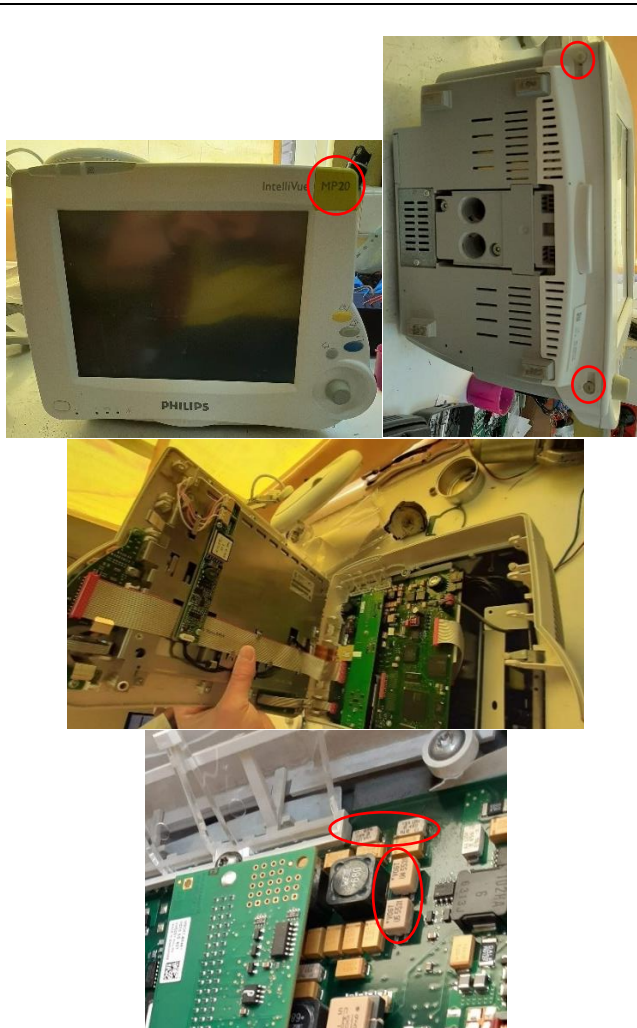
5. Ruído na leitura de ECG, específico do monitor Nihon Kohden:
- Testar cabos de ECG.
 - Caso não seja dos cabos, o mais certo é ser o conector deslocado.
 - Desligar equipamento.
 - Desconectar da rede elétrica.
 - Remover bateria.
 - Abrir Chassi do equipamento.
 - Identificar e remover conector de ECG.
 - Fazer limpeza dos contactos identificados na figura.
 - Montar módulo de ECG e colar o mesmo à *motherboard*.
 - Remontar equipamento.



6. *Display e leds* do monitor não ligam:

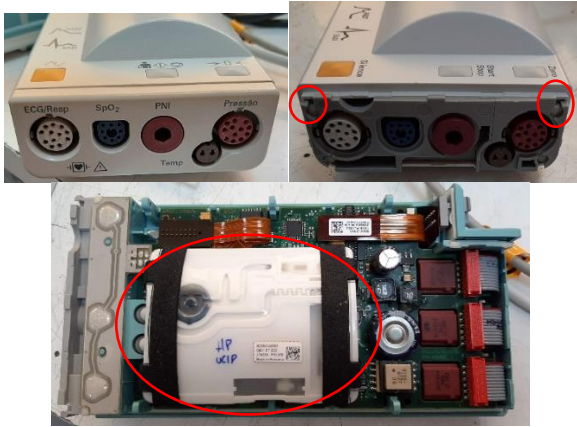
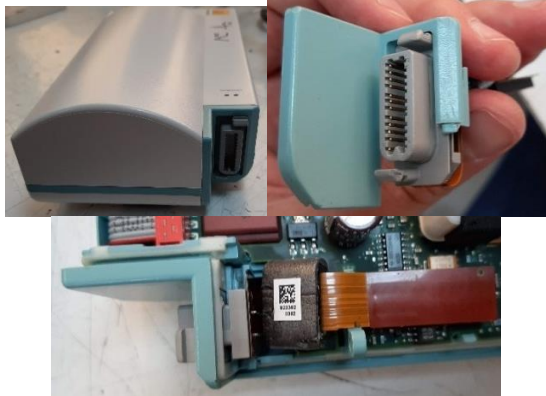
- a) Desligar monitor.
- b) Desconectar da rede elétrica e remover bateria.
- c) Confirmar estado dos fusíveis que se encontram na *motherboard*, antes dos *leds* e ligação ao painel frontal.
- d) Se não existir continuidade é sinal de que os fusíveis se encontram estragados.
- e) Substituir fusíveis.
- f) Remontar equipamento e testar.

*Se a avaria não ficar resolvida, pode existir um problema com a fonte de alimentação, estragando o condensador à entrada da *motherboard* e os fusíveis de imediato ou passado alguns minutos de funcionamento.




Alguns monitores funcionam em conjunto com módulos designados por módulos do paciente. Os módulos do paciente contêm as conexões para ligar as pontas de paciente, como os cabos de ECG, e contendo os seus componentes específicos de funcionamento, como o motor de insuflação, para a PANI. Estes apenas funcionam quando ligados aos monitores, recebendo energia e transmitindo dados. Na Tabela 14 é possível consultar algumas das intervenções efetuadas sobre estes módulos.

Tabela 14. Intervenção em cassette Philips.

<p>1. O equipamento não efetua medição da pressão arterial: O problema pode estar sobretudo nos contactos, braçadeiras ou tubos com fugas ou no motor de insuflação.</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Efetuar diagnóstico para perceber se o motor funciona, se mantém a pressão estável e se esvazia de forma controlada. b) Desligar equipamento. c) Desconectar a cassette do monitor. d) Abrir chassi da cassette. <p>Caso não se ouça o motor a trabalhar:</p> <ol style="list-style-type: none"> e) Efetuar limpeza de contactos nas ligações ao motor. f) Se a avaria persistir, substituir motor de insuflação. <p>Caso exista uma fuga interna.</p> <ol style="list-style-type: none"> g) Substituir tubos de ar. 	
<p>2. A cassette não é identificada pelo monitor: Pode ser problema da cassette ou do monitor, logo o primeiro passo é, se possível experimentar outra cassette no monitor ou a cassette possivelmente avariada noutro monitor, para efetuar o diagnóstico.</p> <p>Assumindo avaria da cassette:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Desconectar cassette. b) Abrir chassi. c) Verificar estado da ficha. <p>Caso a ficha esteja visivelmente estragada:</p> <ol style="list-style-type: none"> d) Substituir ficha. <p>Caso contrário:</p> <ol style="list-style-type: none"> e) Efetuar limpeza técnica de contactos. f) Testar. <p>Se a avaria persistir:</p> <ol style="list-style-type: none"> g) Substituir ficha. 	

De notar que alguns modelos de monitores já se encontram descontinuados, pelo que não existem peças de substituição. No entanto, existiram casos, como o do monitor Lifegard, que permitiram a sua reconstituição utilizando peças de vários monitores destinados a abate. Um desses casos encontra-se descrito na Tabela 15.

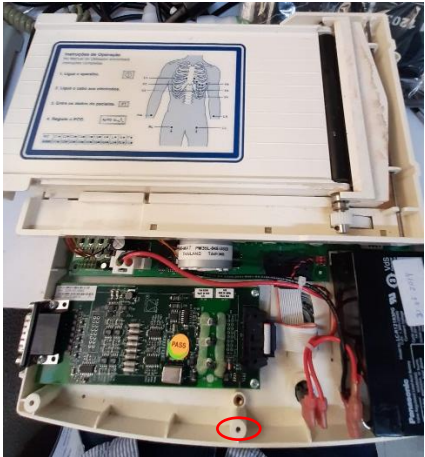

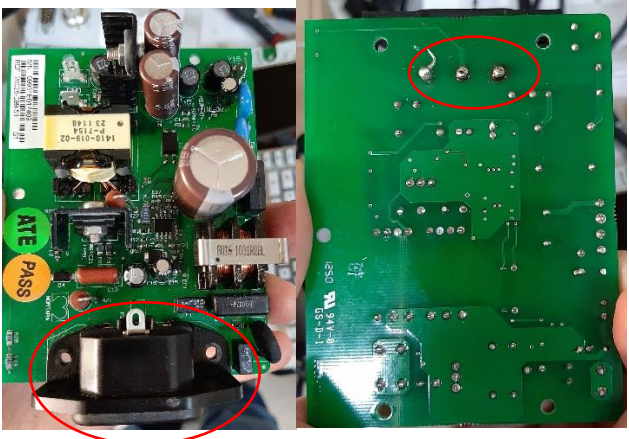
Tabela 15. Recuperação de monitores descontinuados.

<ol style="list-style-type: none"> 1. Avaliar monitores lifegard: <ol style="list-style-type: none"> a) Identificar problemas existentes com os monitores lifegard na oficina. b) Dois monitores apresentavam problemas com a <i>motherboard</i> e outros dois apresentavam problemas de alimentação através da rede elétrica. c) Avaliar aspeto externo dos monitores. 	
<ol style="list-style-type: none"> 2. Decidir os chassis a aproveitar: <ol style="list-style-type: none"> a) Escolher os chassis dos monitores com melhor aspeto externo. b) Identificar serviços a que cada um pertence. 	
<ol style="list-style-type: none"> 3. Juntar componentes por forma a obter monitores a funcionar: <ol style="list-style-type: none"> a) Aproveitar sistema de alimentação funcional de ambos os monitores com problemas de <i>motherboard</i>. b) Retirar sistema de alimentação avariados. c) Substituir sistemas de alimentação pelos aproveitados dos outros monitores. d) Escolher painéis frontais em melhor estado e remontar equipamento. 	
<ol style="list-style-type: none"> 4. Definir serviços para os quais vão os monitores: <ol style="list-style-type: none"> a) Dos serviços de proveniência dos monitores, nem todos os receberão de volta, uma vez que dois passaram a inoperacionais. b) Confirmar números de série por forma a apontar monitores a devolver e a que serviços. c) Usar número de série dos monitores inoperacionais para processo de abate. 	

4.1.3 – Eletrocardiógrafos

Ao contrário dos monitores de sinais vitais, os eletrocardiógrafos são equipamentos menos usados, encontrando-se em contexto de urgência e de especificidade cardiovascular. Uma vez que são equipamentos menos abundantes, também as intervenções realizadas sobre eles o foram podendo ser consultadas na Tabela 16.

Tabela 16. Manutenções efetuadas sobre os eletrocardiógrafos.

<ol style="list-style-type: none"> 1. Peças do chassi partidas: <ol style="list-style-type: none"> a) Desligar equipamento. b) Desconectar da rede elétrica. c) Abrir chassi do equipamento. d) Identificar peças partidas. e) No caso de pinos de suporte partidos, colar com cola de resina. f) No caso de chassi externo partido, tem de se trocar. g) Remontar equipamento. 	
<ol style="list-style-type: none"> 2. Problemas com a <i>motherboard</i>: <ol style="list-style-type: none"> a) Desligar equipamento. b) Desconectar da rede elétrica. c) Abrir chassi. d) Desconectar bateria. e) Desconectar restantes placas da <i>motherboard</i>. f) Remover <i>motherboard</i>. g) Colocar nova <i>motherboard</i>. h) Remontar equipamento. 	
<ol style="list-style-type: none"> 3. Equipamento não recebe alimentação da rede elétrica. <ol style="list-style-type: none"> a) Desligar equipamento. b) Desconectar da rede elétrica. c) Abrir chassi. d) Desconectar bateria. e) Identificar ficha de alimentação. f) Caso esteja danificada tem de ser trocada. g) Caso esteja em bom estado, avaliar as conexões. h) Se existirem conexões fora da pista é necessário soldar e apertar ficha. 	

4. Ruído no ECG:
- Testar cabos de ECG com equipamento de teste.
 - Identificar derivações com ruído.
 - Substituir conjunto de derivações caso apresentem ruído.
 - Testar novamente.



4.1.4 – Ventiladores

Os ventiladores são equipamentos que requerem um alto nível de acompanhamento bem como todo um conjunto de segurança, já abordado (Secção 3.1.4). A atenção que exigem levam a que as marcas fornecedoras os acompanhem e realizem as intervenções mais avançadas, no entanto, a equipa de eletromedicina serve de primeira linha de ação. Tanto no caso dos ventiladores pulmonares como no caso das torres de anestesia, são efetuados autotestes que impedem o seu funcionamento em caso de irregularidade, como fugas excessivas. Nesses casos, a equipa de eletromedicina é chamada a intervir por forma a identificar a origem do problema e resolver, caso sejam problemas simples, no caso de avarias mais complexas, o diagnóstico e intervenção são passados à marca do equipamento.

a) Ventiladores pulmonares

Na Tabela 17, é possível consultar duas intervenções em que o aluno participou. No primeiro caso, o aluno apenas acompanhou o técnico da marca que procedeu à substituição da *motherboard*, tendo participado na instalação e realização dos testes de diagnóstico realizados (procedimentos de autoteste). Já no segundo caso, a equipa residente conseguiu identificar uma fuga interna que requereu a substituição de um tubo de ar.



Tabela 17. Intervenções realizadas em ventiladores pulmonares.

<p>1. Problemas de <i>software</i>:</p> <p>a) Acompanhamento do técnico da marca em substituição da <i>motherboard</i>.</p> <p>b) Auxílio na instalação e teste do equipamento.</p>	
<p>2. Fuga interna:</p> <p>a) Auxílio na desmontagem do equipamento.</p> <p>b) Identificação de fugas na parte mecânica e eletrónica do equipamento.</p> <p>c) Neste caso específico encontrava-se na parte eletrónica.</p> <p>d) O equipamento ficou a aguardar a aquisição de tubos para substituição, única intervenção prevista.</p>	

b) Torres de anestesia

As torres de anestesia, presentes no bloco operatório, foram intervencionadas sempre que ocorreu uma falha no autoteste, evento que impede de imediato a sua utilização pois pode comprometer a segurança do utente. Algumas das avarias, apesar de não provocarem o chumbo no autoteste, comprometiam a qualidade do seu manuseamento, pelo que foram reportadas diretamente pelos profissionais que os utilizam. Como primeira linha de atuação, a equipa foi chamada a intervir sempre que essas falhas se verificaram, tendo elas resultado nas intervenções descritas na Tabela 18.

Tabela 18. Intervenções efetuadas em ventiladores anestésicos.

<p>1. Equipamento falha em mudar entre controlo de ventilação manual e automático:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Avaliar problema comutando entre modo manual e automático.b) Desmontar módulo do paciente.c) Remover <i>micro switch</i>, abaixo da patilha de controlo.d) Substituir por nova peça idêntica.e) Montar módulo do paciente novamente.f) Proceder a autoteste, iniciado obrigatoriamente em modo manual, pedindo, em seguida, a passagem para o modo automático.g) Terminar autoteste e testar a mudança entre modos de controlo, por forma a confirmar que a mudança é sempre respeitada.	 
--	--

2. Falha no autoteste, teste de fugas:

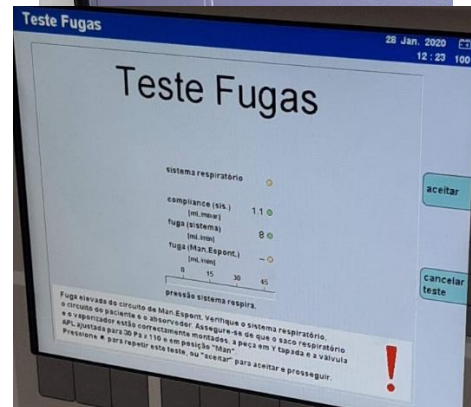
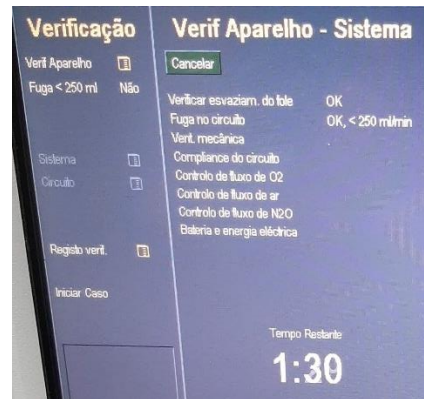
- a) Fazer autoteste.
- b) O teste de fugas falha se a fuga detetada for superior ou igual a 250 ml/min.

Em utilização pós teste:

- c) Definir um valor baixo para gases frescos, pois permite visualizar se o fole perde volume ao longo do tempo.
- d) A fuga pode estar nas traqueias pelo que devem ser usadas traqueias novas (sistema de tubos e Y).
- e) O problema pode advir das válvulas de inspiração e expiração ou dos sensores de fluxo que podem conter fugas ou estar a medir valores errados.
- f) Deve proceder à sua troca caso algum aparente estar danificado ou se detete alguma fuga.
- g) Podem ainda ocorrer fugas por má colocação ou danificação da cal sodada, filtro de CO₂.
- h) Após cada alteração efetuada no equipamento é necessário realizar novo autoteste por forma a garantir o seu correto funcionamento.

Um dos exemplos presentes na figura ao lado inclui uma mensagem que tenta auxiliar na deteção da fuga:

- “Fuga elevada do circuito de Man. Espont. Verifique o sistema respiratório, o circuito do paciente e o absorvedor. Assegure-se de que o saco respiratório e o vaporizador estão corretamente montados, a peça em Y tapada e a válvula APL ajustada para 30 Pa x 110 e em posição “MAN”. ...”



4.1.5 – Cardiotocógrafos

Relativamente aos cardiotocógrafos, foram intervencionados os seus transdutores neonatais, já descritos (Secção 3.1.5). Na Tabela 19, encontram-se descritas as intervenções efetuadas sobre estas sondas, as TOCO e a US.


Tabela 19. Avarias e manutenções nos transdutores de cardiotocografia.



<ol style="list-style-type: none"> 1. Avaria de transdutor TOCO: <ol style="list-style-type: none"> a) Abrir encapsulamento do transdutor. b) Confirmar ligações do cabo. c) Confirmar ligações ao sensor. d) Trocar cabo de ligação ao monitor se este estiver danificado. e) Soldar cabos partidos ou cabos da nova conexão. f) Testar transdutores. 	
<ol style="list-style-type: none"> 2. Avaria de transdutor US: <ol style="list-style-type: none"> a) Abrir encapsulamento do transdutor. b) Confirmar ligações do cabo. c) Confirmar ligações ao sensor. d) Trocar cabo de ligação ao monitor se este estiver danificado. e) Soldar cabos partidos ou cabos da nova conexão. f) Testar transdutores. 	

4.1.6 – Máquinas de lavar material cirúrgico

As máquinas de lavar material cirúrgico (Secção 3.2.1), integram a primeira fase do processo de esterilização pelo que, avarias nestes equipamentos, comprometem todo o trabalho nesta ala. Na Tabela 20, é possível consultar as principais intervenções corretivas efetuadas pelo aluno e equipa técnica.

Tabela 20. Manutenção de máquinas de lavar material cirúrgico.


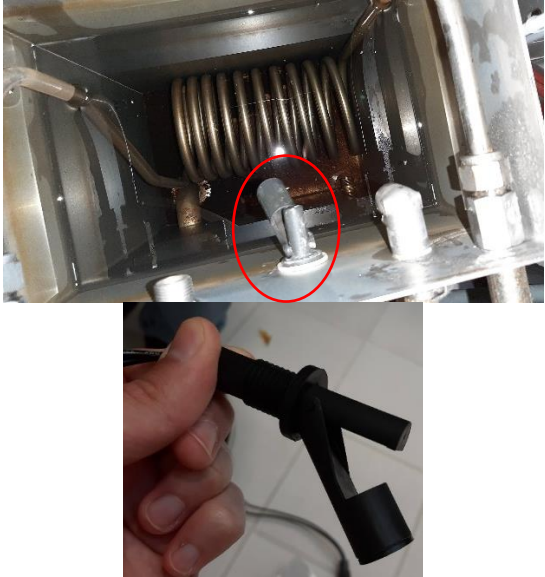
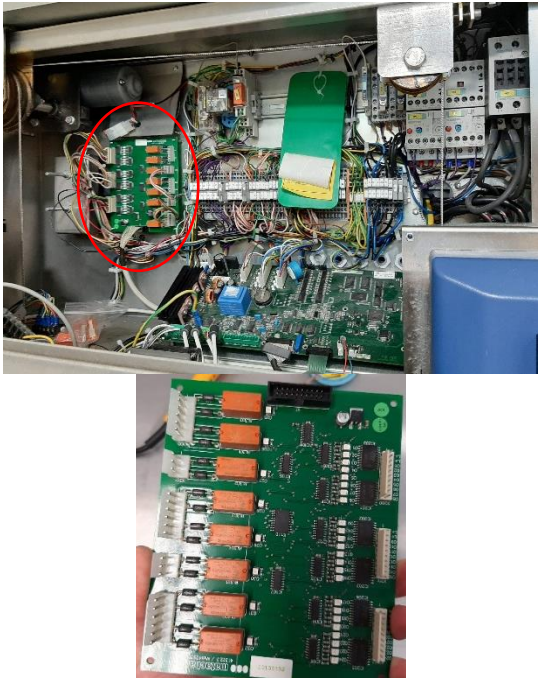
<ol style="list-style-type: none"> 1. Máquina não procede à lavagem: <ol style="list-style-type: none"> a) Foi detetado um problema com a válvula de descarga. b) A válvula impede o retorno de água, promovendo a sua descarga de forma eficiente. c) Troca da válvula de descarga e verificação de todo o sistema. 	
---	--

<p>2. A máquina não identifica a falta de detergente:</p> <ol style="list-style-type: none"> Avaria num dos sensores de nível de detergente. Desligar máquina. Remover conexão do sensor de nível e tubo do detergente, uma vez que ambos se encontram juntos. Remover tampa do detergente, retirando o sensor e o detergente. Substituir sensor. Remontar tubo e sensor. Testar equipamento para verificar se não existem novos erros ou avarias. 	
<p>3. Erro de bloqueio de porta:</p> <ol style="list-style-type: none"> Quando este erro ocorre há a possibilidade de ambas as portas ficarem trancadas com material no seu interior logo o primeiro passo é destrancar a porta com o auxílio de uma chave de fendas. Só após destrancar a porta é possível abrir a parte superior do equipamento. Após conseguir abrir o equipamento é necessário ajustar o trinco da porta e afinar o sistema. 	

4.1.7 – Esterilizadores

Como referido (Secção 3.2.2), foram intervencionados três tipos de esterilizadores: Esterilizadores industriais ou autoclaves; Esterilizadores de bancada; Esterilizadores de gás plasma. Na Tabela 21, é possível consultar as principais intervenções corretivas realizadas sobre os autoclaves. Já na Tabela 22 e Tabela 23, é possível consultar as intervenções corretivas efetuadas sobre os esterilizadores de bancada e sobre os esterilizadores de gás plasma.

Tabela 21. Avarias e manutenções efetuadas sobre os esterilizadores.

<p>1. Fugas de água visíveis no chão:</p> <ol style="list-style-type: none"> Remoção da porta existente entre equipamentos, para acesso ao interior do mesmo. Avaliação do sistema de tubagem. Identificação das fugas existentes. Remoção dos tubos danificados, com atenção à água que se encontrava no sistema e é expelida no processo. Colocação dos novos tubos. Teste de vácuo. 	
<p>2. O autoclave não dá ok para iniciar teste:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Identificar processo em falta para permitir o início do teste. Reservatório de água não enchia. Identificado problema com a boia de nível. Substituição da boia de nível. Teste de vácuo. Teste Bowie & Dick. 	
<p>3. O autoclave parava e dava avaria a meio da esterilização, com falta de água.</p> <ol style="list-style-type: none"> Verificação do reservatório de água. Este encontrava-se com falta de água. Verificação de fugas de água. Verificação de funcionamento da bomba de água. Todo o sistema se encontrava a funcionar quando acionado manualmente. Problema com a placa de controlo. Substituição da placa de controlo. Teste de vácuo. Teste de Bowie & Dick. 	




<p>4. Porta do autoclave não abre:</p> <ol style="list-style-type: none"> Teste com o autoclave aberto para ver se o relé responsável estava a ser ativo. O sinal chegava ao relé, identificado através do <i>led</i> que acende, mas este não era acionado. Substituição do relé. Teste de vácuo. 	
<p>5. Autoclave reprova no teste de vácuo:</p> <ol style="list-style-type: none"> Ao efetuar o teste de vácuo, o autoclave reprova devido a excesso de fuga, pelo que não é possível realizar uma esterilização adequada. Identificação de degradação da junta da porta. Substituição da junta da porta. Teste de vácuo. 	

Tabela 22. Avarias e manutenções corretivas realizadas sobre esterilizadores de bancada.

<p>1. Não ocorre esterilização devido a falta de vapor:</p> <ol style="list-style-type: none"> Verificar tubos e procurar por fugas. Verificar eletroválvulas. Problema com o termostato, este não estava a ler a temperatura, logo não estava a permitir à caldeira aquecer. Substituição do termostato. Teste de vácuo e de Bowie & Dick. 	
--	--



<p>2. Esterilizador reprova no teste de vácuo:</p> <ol style="list-style-type: none"> Substituição da junta da porta. Ajuste da junta. Realização de novo teste de vácuo. Caso a fuga persista então existe uma fuga interna que requer melhor avaliação de tubos e válvulas. 	
---	--


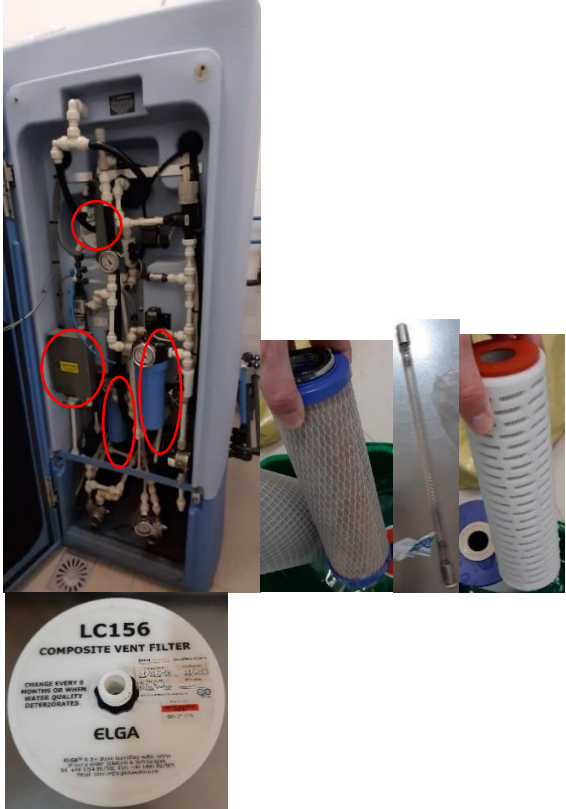
Tabela 23. Avarias e manutenção do esterilizador de gás plasma.

<p>1. Problema com a leitura do código de barras da cassete:</p> <ol style="list-style-type: none"> A leitura da cassete é realizada por leitura de infravermelhos do código de barras. Por vezes, essa leitura pode dar erros devido a sujidade acumulada no sensor e no próprio sistema. Foi então realizada uma limpeza técnica ao mesmo. 	
---	---

4.1.8 – Purificador de água

O sistema de purificação de água garante a qualidade da água usada nos equipamentos de lavagem e esterilização, prevenindo a sua degradação, por exemplo, através da formação de calcário. A troca dos filtros deve ser feita de forma preventiva, segundo tempos definidos pelas marcas, no entanto, no caso de impossibilidade, ocorre uma degradação dos mesmos, sendo necessária uma intervenção corretiva. A intervenção em questão envolveu a substituição de alguns filtros e a introdução de sal, usado para a descalcificação da água, referida anteriormente (Secção 3.2.3), procedimentos descritos na Tabela 24.

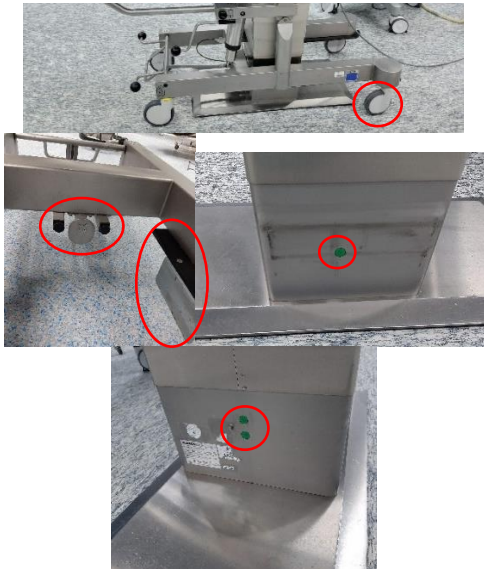
Tabela 24. Manutenção preventiva realizada sobre o sistema purificador de água.

<p>1. Descalcificador:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Verificação do estado do filtro e quantidade de sal no descalcificador. b) Substituição do filtro ficou em suspenso por falta de substituto. c) Introdução de sal no equipamento. 	
<p>2. Filtro de sedimentos e filtro de carvão ativo.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Abertura do revestimento, com cuidado devido à água acumulada no sistema. b) Verificação do estado de ambos os filtros. c) Substituição de ambos os filtros. d) Fecho do revestimento. 	
<p>3. Uma botija para filtragem de cloro:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Substituição da botija. 	
<p>4. Purificador:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Avaliação dos diferentes filtros do purificador. b) Substituição do filtro de partículas. c) Substituição do filtro de compósitos. d) Substituição do filtro de UV. e) Substituição do filtro de osmose inversa. 	

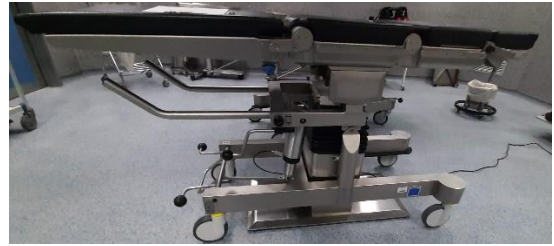
4.1.9 – Mesas cirúrgicas

No documento, as mesas cirúrgicas foram associadas aos trolleis e troncos (bases), a elas associados (Secção 3.2.4). Estes equipamentos foram intervencionados por forma a repor o seu funcionamento normal, tendo as suas intervenções partido do reporte, por parte dos utilizadores, de mesas encravadas ou de problemas específicos noutras fases da sua utilização. Na Tabela 25, encontram-se algumas das principais avarias registadas e resolvidas pelo aluno.

Tabela 25. Avarias e manutenções corretivas realizadas sobre mesas cirúrgicas, troncos e trolleis.

<p>1. Mesa operatória não efetua movimentos:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Abrir centro de controlo da mesa operatória. b) Verificar fusível. c) Substituir caso este esteja avariado. d) Testar motores da mesa cirúrgica. 	
<p>2. Tronco dá erro quando se tenta colocar/retirar mesa cirúrgica:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Confirmar se o trolley está a tapar os sensores do tronco. b) Verificar estado das borrachas na base do tronco, quando desgastadas fazem com que este fique desnivelado. c) Verificar posição das placas laterais do trolley e estado das suas rodas. d) Caso a borracha do tronco esteja desgastada, substituir. e) Caso as placas laterais do trolley não encostem ao sensor, alinhar e apertar. f) Substituir rodas muito gastas ou partidas. 	

3. Mesa cirúrgica bloqueada no tronco:
- Inserir o código de acesso no comando.
 - Testar os motores da mesa individualmente.
 - Efetuar o zero da mesa.
 - Tentar passar do tronco para o trollei normalmente.
 - Verificar sensores, base do tronco, rodas do trollei.
 - Nos casos em que as placas metálicas do trollei não tocam nos sensores, é possível utilizar uma chave de fendas ou peça metálica para simular o toque, acionando o mesmo.



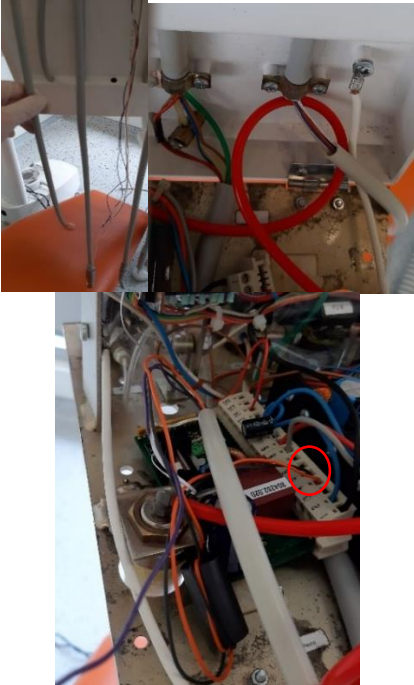
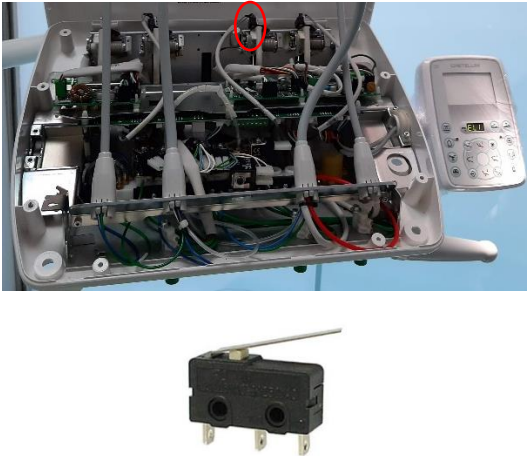
4. Tronco não responde aos comandos:
- Abrir parte superior do tronco.
 - Desligar cabos de alimentação da placa a avaliar.
 - Confirmar estado dos fusíveis.
 - Substituir fusíveis estragados.
 - Testar tronco.


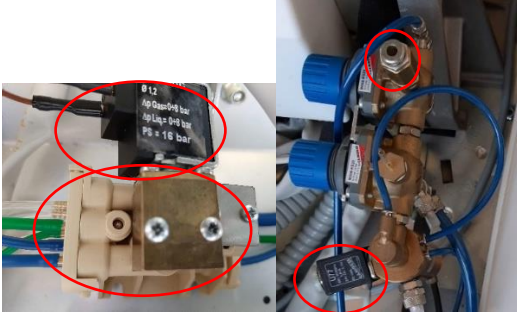



4.1.10 – Cadeiras dentárias

O aluno efetuou intervenções corretivas sobre diferentes partes de cadeiras dentárias. Fora das intervenções ficaram as peças de mão que, sempre que se encontravam verdadeiramente avariadas (algo que superasse o seu desentupimento), seguiam para um técnico especializado. A Tabela 26, contém as principais avarias que decorreram durante o estágio, bem como os procedimentos de manutenção tomados.

Tabela 26. Avarias e manutenções corretivas realizadas a cadeiras dentárias.

<ol style="list-style-type: none"> 1. Peça de mão não recebe energia: <ol style="list-style-type: none"> a) Desligar cadeira. b) Abrir compartimento das peças de mão. c) Confirmar com o multímetro se chega tensão ao local onde a peça de mão é acionada. d) Cortar novo cabo à medida do antigo para ficar ajustado à cadeira. e) Substituir cabo de ligação da peça de mão. f) Conectar tubo de ar e, caso exista, de água. g) Conectar cabos de alimentação. h) Testar peça. 	
<ol style="list-style-type: none"> 2. Peça de mão funciona sozinha ou custa a ativar: <ol style="list-style-type: none"> a) Desligar cadeira. b) Abrir compartimento das peças de mão. c) Testar relé de ativação (<i>switch</i>). d) Caso este não esteja a funcionar substituir. e) Testar cadeira. 	

<p>3. Pouca pressão de água/ ar nos equipamentos de mão:</p> <ol style="list-style-type: none"> Verificar se existem fugas nos tubos do equipamento. Conectar equipamento de medição de pressão de ar/água. Testar. Ajustar pressão de água, verde, e de ar, azul. Testar novamente até estarem pressões aceitáveis para um correto funcionamento sem danificar os equipamentos de mão. 	
<p>4. Fugas de ar audíveis, mesmo sem ter a cadeira a funcionar.</p> <ol style="list-style-type: none"> Pode ser pressão de ar a mais, verificar níveis de pressão de ar e válvula de segurança, na base da cadeira. Verificar tubos de ar e conexões. Verificar eletroválvulas. Substituir os componentes estragados. Testar cadeira. 	
<p>5. Problemas de aspiração:</p> <ol style="list-style-type: none"> Verificar conexão e estado do separador de amálgama. Verificar ligações a placas de controlo de aspiração. Se continuar a não existir aspiração, o problema pode ser do motor de aspiração, caso este não esteja a ser acionado. Se existir aspiração, mas esta for fraca, pode haver um problema com o instrumento de mão, ver estado do mesmo. Pode existir problemas de centrifugação no separador de amálgama, testar o mesmo. 	

<p>6. Sem iluminação:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar cadeira. Substituir lâmpada. Testar cadeira. 	
---	--

4.1.11 – Outros equipamentos de EMM

Foram intervencionados outros equipamentos de eletromecânica médica (Secção 3.2.6), agrupados à parte devido à sua maior simplicidade, e menor quantidade de informações e intervenções para apresentar. Neste grupo inserem-se os candeeiros cirúrgicos e os pendentos hidráulicos, também presentes em contexto de bloco operatório.

a) Candeeiros cirúrgicos

As intervenções efetuadas sobre os candeeiros cirúrgicos passaram pela substituição de lâmpadas fundidas, Figura 66. De destacar que as lâmpadas colocadas devem corresponder aos parâmetros de potência indicados no equipamento por forma a não criar diferenças de iluminação.



a)



b)



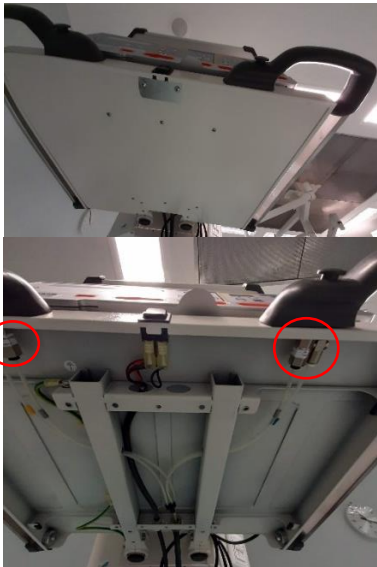

c)

Figura 66. Manutenção efetuada nos candeeiros cirúrgicos. a) Acesso às lâmpadas. b) Lâmpada do candeeiro. c) Candeeiro em funcionamento.

b) Pendentos hidráulicos

O sistema hidráulico dos pendentos deve estar devidamente ajustado para que não haja fuga indevida, o que compromete a travagem do sistema. Também as válvulas devem estar bem ajustadas para que, quando acionadas, permitam a libertação de ar (contido no sistema), por forma a que seja possível movimentar o pendente. Para movimentos verticais, existe um motor DC que, ao ser acionado, efetua a subida/descida do sistema de forma controlada e segura. Na Tabela 27, encontram-se duas avarias reportadas sobre os pendentos e o processo de resolução realizado.

Tabela 27. Avarias e manutenções corretivas a pendentes hidráulicos.




<p>1. Pega solta, falha em desbloquear o sistema:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Abertura do equipamento, através da base. b) Ajuste das pegas. c) Ajuste das válvulas de escape de ar (descompressão do sistema). d) Teste do pendente. 	
<p>2. Dificuldade em movimentar o pendente:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Ajuste de pegas e válvulas do pendente. b) Verificação de tubagens para identificar oclusões. c) Limpeza de juntas de rotação. d) Teste do pendente. 	

4.1.12 – Equipamentos de Apoio ao Diagnóstico

O aluno intervencionou uma pequena percentagem de equipamentos de apoio ao diagnóstico tendo realizado poucas intervenções sobre cada um. De entre as intervenções, podem ser destacadas as que se encontram na Tabela 28. Tabela que agrupa intervenções dos equipamentos descritos no Capítulo referente aos equipamentos de apoio ao diagnóstico (Capítulo 0), mais concretamente nas secções referentes às bancadas de anatomia patológica (Secção 3.3.1), referentes a

centrífugas (Secção 3.3.2), raios X de odontologia (Secção 3.3.3) e geradores eletrocirúrgicos (Secção 3.3.4).

Tabela 28. Manutenções realizadas a equipamentos de apoio ao diagnóstico.






<p>1. Substituição de filtros da bancada de anatomia patológica:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Remoção dos filtros antigos e verificação do seu estado. b) Verificação do estado dos novos filtros. c) Colocação dos novos filtros. 	
<p>2. Reparação de centrífuga que custava muito a fechar:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Identificação do problema. Amortecedores laços, raspavam na cavidade, dificultando o fecho da porta. b) Substituição da cabeça dos amortecedores para ficarem mais ajustados. c) Ajuste de fechadura. 	
<p>3. Substituição de amortecedores de centrífuga que já não suportavam o peso da porta:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Abertura do chassi do equipamento, removendo a parte interior. b) Remoção dos amortecedores. c) Carregamento dos amortecedores numa oficina especializada. d) Colocação dos amortecedores carregados. e) Teste da centrífuga. 	

<p>4. Avaria em botão on/off de raio X:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento da tomada. Abrir equipamento. Verificar sentido do botão on/off e marcar ligações por forma a não provocar um curto-circuito. Remover botão avariado. Colocar novo botão com as respetivas ligações. Testar equipamento. Em caso de se trocar as ligações, o curto-circuito irá disparar o quadro elétrico. 	
<p>5. Substituição de ampola de raio X:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desligar equipamento. Remover ampola de raio X antiga. Confirmar conexão da ampola. Se a conexão for diferente, é necessário substituir a ficha do equipamento. Caso a conexão seja a correspondente, basta conectar a nova ampola e fechar o equipamento. 	

4.2 – Equipamentos de teste usados

No decorrer do estágio, o aluno utilizou diversos equipamentos de teste nos procedimentos de manutenção preventivos. Estes equipamentos permitiram o teste das principais características dos equipamentos alvo de manutenção. A Tabela 29 contém, de forma resumida, os equipamentos usados para teste e as suas principais características.

Tabela 29. Principais informações relativas aos equipamentos de teste usados.

Equipamento de teste	Foto	Equipamentos testados	Principais parâmetros testados
METRON QA-ST		Quase todos os equipamentos	Correntes de fuga (equipamento) Correntes de fuga (Partes aplicadas) Resistência à terra
FLUKE ESA620			Correntes de fuga (equipamento) Correntes de fuga (Partes aplicadas) Resistência à terra Eletrocardiograma
FLUKE IDA 4 PLUS		Bombas infusoras (volumétricas e seringas)	Teste de fluxo Teste de oclusão
FLUKE IDA-1S			
FLUKE ProSim 8		Monitores de sinais vitais Outros equipamentos que medem parâmetros vitais (esfigmomanômetro ou medidor SpO ₂)	Eletrocardiograma SpO ₂ NIBP IBP

<p>FLUKE ProSim 4</p>		<p>Monitores de sinais vitais esfigmomanómetros</p>	<p>NIBP IBP</p>
<p>FLUKE IMPULSE 7000DP</p>		<p>Monitores desfibriladores</p>	<p>Eletrocardiograma Desfibrilhação (Normal e sincronizada)</p>
<p>FLUKE QA-ES III</p>		<p>Geradores eletrocirúrgicos</p>	<p>Corrente debitada em corte e coagulação (Monopolar/ Bipolar)</p>

4.3 – Procedimentos de manutenção preventiva

No decorrer do estágio foram realizadas diversas manutenções preventivas. Estas foram realizadas segundo intervalos de tempo específicos (geralmente de seis ou doze meses), com datas limite marcadas em calendário. Como abordado (Secção 2.1), as manutenções preventivas têm como principal objetivo aferir o estado do equipamento, realizando procedimentos técnicos com o intuito de adiar e/ou prevenir avarias inesperadas. Com isto, garante-se a segurança dos utentes e profissionais de saúde, que usam os equipamentos, aumentando a sua disponibilidade para atuação.

Os procedimentos preventivos seguem uma lista, definida por cada instituição. Nessa lista são inseridos os dados de identificação do equipamento e a data de intervenção. Em seguida são efetuados os procedimentos nela descritos, como por exemplo os testes de segurança elétrica ou a verificação do estado geral do equipamento, procedimentos específicos de cada equipamento e por isso descritos em seguida.

As fichas de manutenção preventivas são constituídas por dois conjuntos de intervenções: Ações preventivas de manutenção preventiva, onde se verifica o estado e funcionamento geral do equipamento em questão; Ações qualitativas, que constituem os testes práticos, com medição dos seus principais parâmetros de funcionamento.

Após a realização dos procedimentos e preenchimento dos parâmetros definidos, é dado um veredito final que toma uma de três formas possíveis: Equipamento em conformidade, estado em que se encontra capaz de executar as funções requeridas com a qualidade esperada; Não conforme, estado em que o equipamento deixa de poder ser usado por não cumprir com os requisitos; Conformidade após corretiva,

indicador de que o equipamento não se encontra capaz de realizar as funções requeridas, no entanto, após uma intervenção corretiva (descrita na ficha), passará a estar conforme. A conformidade, ou não, do equipamento é atestada pelo técnico e sujeita ao conhecimento do enfermeiro chefe do serviço em questão, garantindo o conhecimento de todas as informações. Em caso de conformidade, a qualidade do funcionamento do equipamento fica assegurada, tirando avarias inesperadas, até próxima intervenção preventiva.

4.3.1 – Bombas de infusão

De uma forma semelhante ao que acontece com os monitores de sinais vitais, também as intervenções preventivas sobre bombas de infusão são efetuadas anualmente. Também as informações de identificação do equipamento e serviço/ unidade, são obrigatórias.

A primeira fase das intervenções preventivas é constituída pelas ações preventivas de manutenção. Envolvem a verificação do chassi do equipamento, acessórios, alarmes (oclusão, bateria fraca, porta aberta, gotas, pré-fim e fim de infusão), verificar as indicações de bateria e ligação à rede bem como todos os identificadores do equipamento.

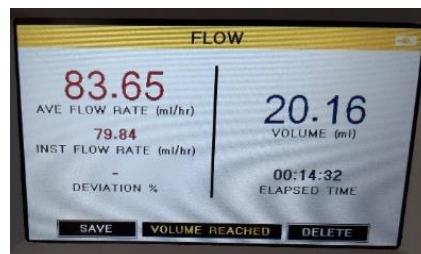
A segunda fase é caracterizada pelas ações qualitativas, onde são efetivamente medidos parâmetros de funcionamento e segurança do equipamento e realizadas ações de limpeza:

- limpeza interior, exterior e do sistema de impulsão (caso das seringas);
- lubrificação das partes móveis (seringa);
- verificação de sensores (pressão e fluxo);
- verificação do tempo e estado da bateria;
- verificação de inibidor de fluxo (volumétrica);
- verificação dos sinais acústicos;
- verificação de volumes:
 - definir três volumes de infusão distintos;
 - usar equipamentos de teste de fluxo (IDA – 1S ou IDA 4 Plus);
 - também pode ser usado uma proveta, efetuando a medição visualmente;
 - comparar volume definido, Figura 67 (a), com o volume medido, Figura 67 (b);
 - para seringas é aceitável um erro inferior ou igual a $\pm 2\%$ e para bombas volumétricas é aceitável um erro inferior ou igual a $\pm 5\%$;
- verificação da pressão máxima de oclusão, Figura 68 (a) e do alarme de pressão elevada, Figura 68 (b);

- resistência à terra, com o Metron QA-ST ou o ESA 620;
- corrente de fuga, com o Metron QA-ST ou o ESA620;
- medição da tensão da bateria com o multímetro.

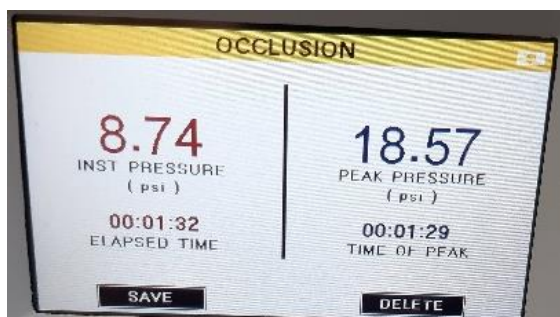


a)



b)

Figura 67. Teste de Fluxo. a) Ecrã de equipamento de teste. b) Ecrã de bomba de infusão volumétrica.



a)



b)

Figura 68. Teste de oclusão. a) Ecrã do equipamento de teste em modo de oclusão. b) Ecrã da bomba com o alarme de elevada pressão acionado.

De forma semelhante ao que acontece com as fichas de manutenção de monitores de sinais vitais, as fichas das bombas são também preenchidas pelo técnico que as realizar. O técnico aplica o veredito final ao equipamento, desde em conformidade até não conforme, assinando em conjunto com o enfermeiro chefe do serviço em questão que deve tomar conhecimento das intervenções e seus resultados.

4.3.2 – Monitores de sinais vitais

Os monitores de sinais vitais devem ser sujeitos a intervenções preventivas anualmente por forma a garantir qualidade e segurança no seu funcionamento. Nas correspondentes fichas de intervenção preventiva devem ser identificados a marca e modelo de cada monitor, números de série e de inventário bem como unidade hospitalar e serviço a que pertencem.

A intervenção propriamente dita requer, na fase inicial, a realização de ações preventivas de manutenção preventiva, qualificadas como correto, incorreto ou não aplicável (N.A.), nomeadamente:

- verificação do estado geral do chassi;
- verificação do estado de cabos e acessórios;
- indicações de ligação à bateria/ ligação à rede;

- verificação das fichas e cabos do paciente.

Por sua vez, a segunda parte do procedimento de intervenção preventivo é composto por um conjunto de verificações técnicas que envolvem valores qualitativos, similares aos da primeira fase, mas também valores quantitativos, obtidos através de equipamentos específicos (Secção 4.2). Dos procedimentos necessários podem destacar-se:

- verificação da frequência cardíaca, Figura 69:
 - simulação de três valores distintos com o ProSim 8;
 - anotação dos valores simulados e dos valores medidos;
 - indicação de como os valores estão corretos (com erro aceitável) ou não;

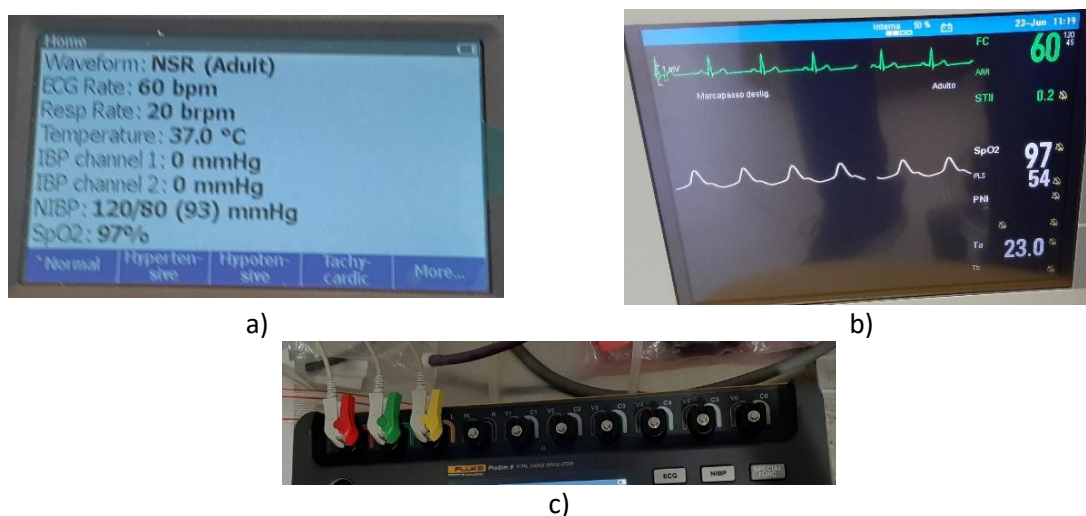


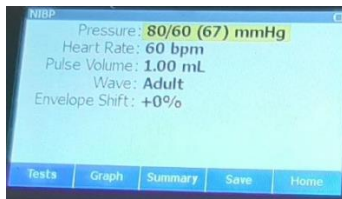
Figura 69. Teste de ECG. a) Ecrã do equipamento simulador de ECG. b) ECG no monitor de sinais vitais. c) Conexão dos cabos ECG (3 derivações) ao equipamento ProSim 8.

- valores de SpO2, Figura 70:
 - simulação de três valores distintos com o ProSim 8;
 - anotação dos valores simulados e dos valores medidos;
 - indicação de como os valores estão corretos ou não;



Figura 70. Teste de SpO2. a) Ecrã do ProSim 8, menu de teste SpO2. b) SpO2 medido no monitor de sinais vitais. c) Conexão do sensor no equipamento de teste.

- valores de NIBP, Figura 71:
 - simulação de três valores distintos com o ProSim 8;
 - anotação dos valores simulados e dos valores medidos;
 - indicação de como os valores estão corretos ou não;



a)



b)



c)

Figura 71. Teste de NIBP. a) Ecrã do ProSim 8 no menu de teste de NIBP. b) Medição do NIBP no Monitor de sinais vitais. c) Braçadeira de medição de NIBP colocada para medição de teste.

- resistência de Terra, Figura 72:
 - medição da resistência de terra com o Metron QA-ST ou o ESA 620;
 - anotação do valor;
 - indicação de valor correto ou incorreto;



Figura 72. Teste de resistência de terra.

- corrente de fuga, Figura 73:
 - medição da corrente de fuga com o Metron QA-ST ou o ESA620 (deve ser $< 500 \mu\text{A}$);
 - anotação do valor;
 - indicação de valor correto ou incorreto;



Figura 73. Teste de corrente de fuga.

- teste de diversos alarmes:
 - alarme de SpO2 baixo;

- alarme de pressão alta/baixa;
- alarme de braquicardia/ taquicardia.

Na ficha de intervenção preventiva são indicados os equipamentos de teste usados, bem como o seu estado de conformidade. No final da intervenção, o técnico indica o estado do equipamento:

- equipamento em conformidade: Encontra-se num estado capaz de desempenhar as funções dele requeridas;
- não conforme: Não se encontra capaz de desempenhar as funções requeridas;
- conformidade após corretiva: O equipamento encontra-se com uma avaria que não foi resolvida e que irá requerer uma intervenção corretiva. Após essa intervenção (que deve ser indicada na ficha de manutenção preventiva) e respetivos testes de conformidade, o equipamento encontrar-se-á num estado capaz de desempenhar as funções requeridas.

4.3.3 – Monitores desfibrilhadores

As intervenções preventivas realizadas sobre monitores desfibrilhadores têm tipicamente uma periodicidade semestral. A ficha de intervenção deve ser preenchida, identificando o equipamento e serviço, passando, em seguida ao preenchimento das tabelas de avaliação.


As ações preventivas envolvem, como nos casos já referidos, a avaliação geral do chassi e acessórios, sendo de destaque para os monitores desfibrilhadores a avaliação do estado das pás de desfibrilhação e dos elétrodos de aquisição ECG. As ações quantitativas requerem testes a funções específicas, testes de segurança elétrica e medição do estado da bateria. Dos testes às funções dos monitores desfibrilhadores, destacam-se:

- precisão do ECG;
- controlo da energia debitada;
- descarga sincronizada a 50 J e a 150 J;
- tempo de sincronização;
- tempo até carga máxima;
- energia 15 s após ser atingida a carga máxima;
- teste de dez descargas consecutivas.

A Tabela 30 agrupa figuras e descrições resumidas dos procedimentos anteriormente descritos. Nesta, é possível consultar a montagem e análise de ECG através de elétrodos, o teste de descarga elétrica e o teste de descarga sincronizada.

Tabela 30. Procedimentos de manutenção preventiva realizados sobre monitores desfibriladores.

<p>Para testar a qualidade do ECG são utilizados os eléctrodos.</p> <p>São inseridos no equipamento de teste três valores distintos, procedendo à comparação entre o valor inserido e o que é lido pelo equipamento.</p> <p>São também testados os alarmes de ritmo cardíaco elevado (120 bpm) e de ritmo cardíaco baixo (30 bpm).</p>	
<p>Em seguida, é testada a energia de descarga do desfibrilhador.</p> <p>São definidos três valores distintos de energia de descarga. Cada descarga é efetuada sobre o equipamento de teste que mede a energia recebida para que se possa comparar a energia definida com a energia efetivamente debitada.</p>	
<p>Após verificação do controlo de energia, com descargas simples, é efetuado o teste de descarga sincronizada. Teste que envolve a medição de ECG através das pás de descarga. Neste modo, são efetuados dois testes de descarga, 50 J e 150 J, medindo também, o tempo que o desfibrilhador demora a sincronizar para efetuar a descarga.</p>	

<p>Com o mesmo método aplicado ao equipamento de teste, é também medido o tempo que o desfibrilhador demora até atingir a sua carga máxima. Medindo também a energia debitada quinze segundos após o desfibrilhador se apresentar com a carga máxima e pronto a descarregar.</p>	
--	--

4.3.4 – Esterilizadores

Os procedimentos de manutenção preventiva de autoclaves e esterilizadores de bancada contêm ligeiras diferenças, adaptando-se à especificidade de cada um dos equipamentos. Tal como na descrição dos equipamentos (Secção 3.2.2), são abordados os procedimentos preventivos realizados sobre os autoclaves passando, em seguida, para os esterilizadores de bancada, onde serão salientadas as diferenças.

a) Esterilizadores industriais

Os procedimentos preventivos de manutenção preventiva efetuados sobre autoclaves requerem a limpeza geral do equipamento (interna e externa), lubrificação das juntas e limpeza de três filtros: filtro de entrada de água, filtro de esgoto e filtro de purga da camisa. Por sua vez, as ações qualitativas dividem-se em dois grupos: As ações mensais e as ações semestrais.

As ações mensais requerem a verificação do cilindro pneumático da porta e a afinação do mecanismo de fecho da porta bem como a afinação dos dispositivos de segurança (sensor de fecho/abertura) da porta. Requer a verificação do sistema de tubos e acessórios, incluindo válvulas de segurança, bem como do quadro elétrico do equipamento. Ações que devem terminar com o ensaio funcional (Teste de Bowie & Dick) e teste de vácuo, para garantir que o equipamento se encontra a funcionar corretamente.

As ações semestrais requerem a verificação das válvulas eletromagnéticas e válvulas pneumáticas, bem como a verificação da bomba de vácuo, componente essencial para uma esterilização correta e eficaz. Adicionalmente, são substituídos os purgadores (da camisa e da câmara), o filtro bacteriológico e as sondas de nível que medem o nível de água armazenada. Na Tabela 31 podem ser consultados alguns dos procedimentos anteriormente descritos.

Tabela 31. Lubrificação/ substituição, se necessário, da junta do autoclave, componente de desgaste que ajuda a manter o vácuo, impedindo fugas pela porta do autoclave.



<p>Lubrificação/ substituição, se necessário da junta do autoclave, componente de desgaste que ajuda a manter o vácuo, impedindo fugas pela porta do autoclave.</p>	
<p>Substituição do purgador da câmara. Componente que impede o retorno de vapor.</p>	
<p>Substituição do filtro bacteriológico.</p>	
<p>Substituição de sensor de nível.</p>	

b) Esterilizadores de bancada

Os esterilizadores de bancada requerem, como ações preventivas de manutenção a limpeza geral exterior, limpeza do filtro de condensação, interior da câmara bem como a limpeza dos tabuleiros e suportes usados na esterilização. Adicionalmente, o tanque de água deve ser totalmente esvaziado (retirando possível sujidade acumulada e facilitando o manuseamento do equipamento).

As ações qualitativas requerem a limpeza do tanque de água (previamente esvaziado), dos sensores de nível e das válvulas. Os sensores de pressão e temperatura devem ser calibrados e a pressão da câmara reajustada. Deve-se proceder ainda à verificação/ substituição da junta da porta, verificação do mecanismo de fecho da porta, válvula de segurança e termostato da resistência de aquecimento. A Tabela 32 contém alguns procedimentos preventivos de destaque, mencionados anteriormente.

Tabela 32. Verificação/ Substituição da junta da porta.

<p>Verificação/ Substituição da junta da porta. Limpeza da câmara. Verificação de mecanismo de fecho da porta.</p>	
<p>Limpeza ou substituição do filtro de água, dependendo do seu estado e substituição filtro bacteriano.</p>	

Após concluir os processos mencionados, o esterilizador de bancada deve ser sujeito a um teste de vácuo e a um teste de Bowie & Dick. Estes testes garantem o correto funcionamento do equipamento. O teste de vácuo comprova que não existem fugas excessivas, garantindo que a pressão esperada é atingida na câmara. O teste de Bowie & Dick, Figura 74, é um teste bacteriológico que permite comprovar se o equipamento está efetivamente a esterilizar ou não e ajuda a perceber de onde pode vir o problema em caso de não esterilizar.



Figura 74. Teste de Bowie & Dick.

Adicionalmente a estes procedimentos, é preenchida uma tabela referente aos valores nominais de potência. Nesta ficam registados a impedância e potência nominais (etiquetadas no equipamento) para corte e coagulação nos modos monopolar e bipolar. São registados os valores medidos com o QA-ES III (montagens na Figura 79) que devem conter um erro inferior a $\pm 15\%$. Na base da tabela é dada a conformidade, ou não de cada parâmetro.

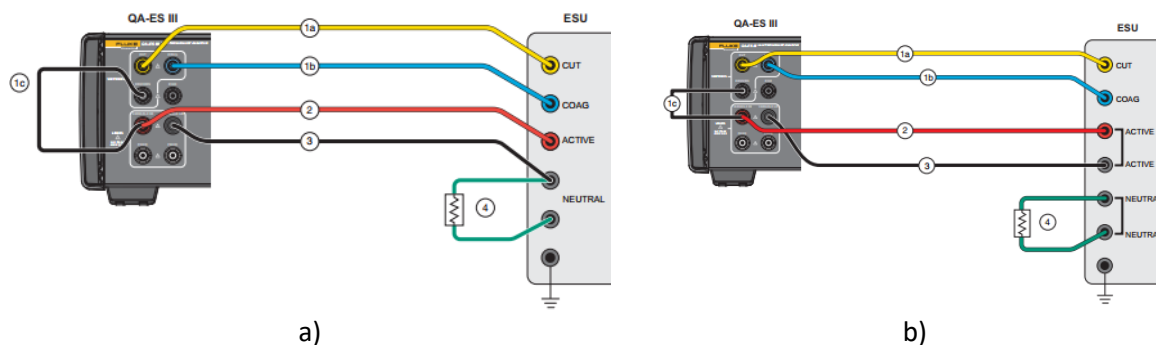


Figura 79. Montagens para testes de potência. a) Teste de potência monopolar. b) Teste de potência bipolar (FLUKE, 2015).

A restante estrutura do equipamento envolve um espaço para observações, indicação dos equipamentos de teste usados e a sua conformidade. A ficha é assinada pelo técnico que define o estado do equipamento após a intervenção e pelo enfermeiro chefe do serviço que deve ter conhecimento do sucedido.

4.4 – Dados, estudo e estimativas de avarias – resoluções frequentes

As atividades de eletromedicina são associadas a diversas frentes de atuação. A equipa está responsável pela gestão dos equipamentos e realização, sempre que possível e necessário, os procedimentos de manutenção aplicáveis. Dependendo do tipo de contrato existente, a equipa pode gerir e fornecer acessórios, como os cabos de ECG ou os oxímetros de pulso, componentes que, quando avariados, devem ser substituídos. Devem ser definidos planos de manutenção preventiva, por forma a garantir que todos os equipamentos do parque se encontram a funcionar dentro das normas e a reduzir a probabilidade de avaria.

Para um processo de gestão eficaz, devem ser abertos processos de intervenção, onde são agregadas as informações de cada equipamento intervencionado, procedimentos realizados e peças de substituição aplicadas. A utilização de processos de manutenção, encerrados após cada intervenção, podem auxiliar na identificação do estado em que se encontra o ciclo de vida de um equipamento, justificando o seu abate quando em final de vida e/ ou com uma avaria grave.

A equipa de eletromedicina deve ainda gerir os restantes contratos de manutenção, facultando a intervenção de técnicos externos, para intervir em avarias de equipamentos em contrato de manutenção com as respetivas marcas. Nestes casos, a equipa residente deve orientar e auxiliar, consoante necessário, os técnicos externos.

O aluno participou um pouco em todas estas frentes de atuação. Na Figura 80, é possível consultar um gráfico circular elucidativo da percentagem de ocupação de cada tipo de trabalho no decorrer do estágio.

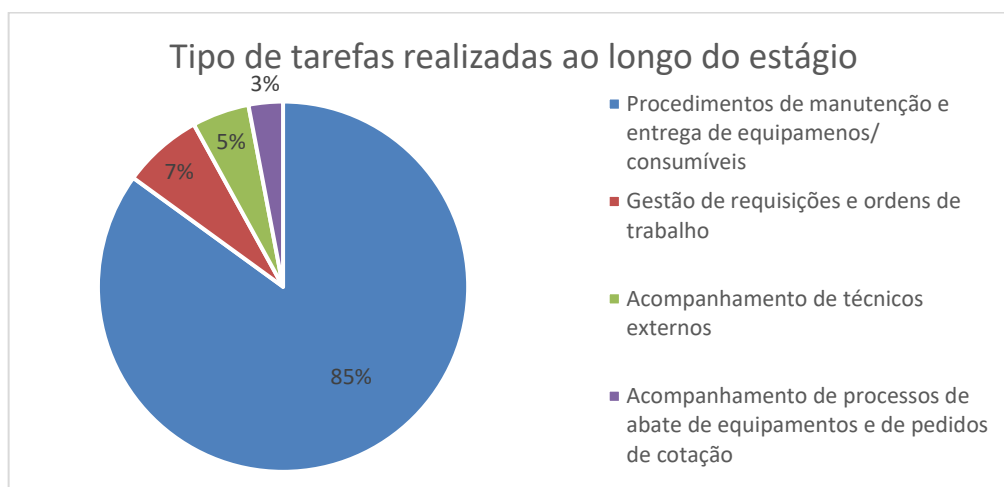


Figura 80. Distribuição do tempo pelas diferentes tarefas realizadas ao longo do estágio.

Abordando mais ao pormenor os procedimentos de manutenção, na sua grande maioria de cariz corretivo, podem ser destacados os diferentes conjuntos de equipamentos: EBM, EEM e EAP. A Figura 81 resume a percentagem de intervenções efetuadas sobre cada tipo de equipamentos, destacando os equipamentos biomédicos.

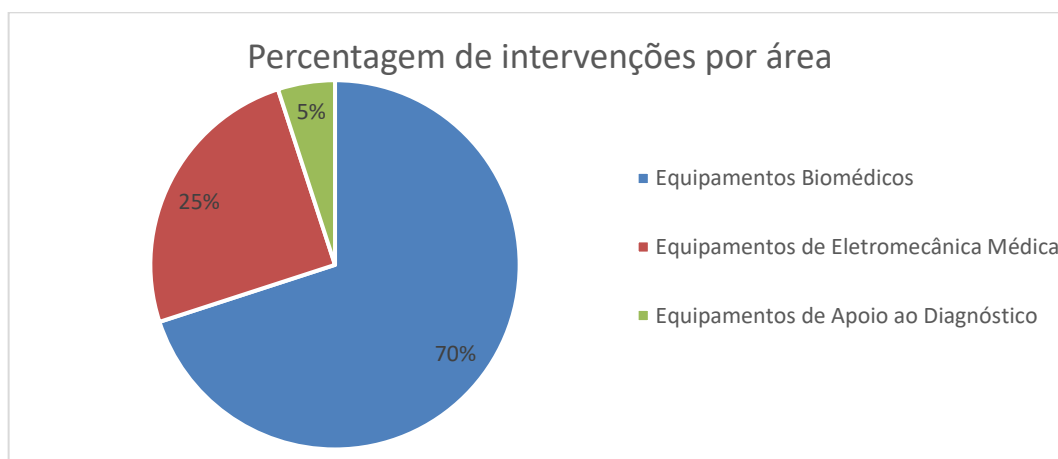


Figura 81. Percentagem de intervenções por área.

Fazendo uma avaliação e análise mais minuciosa, é possível destacar um conjunto de cinco a seis equipamentos mais intervencionados: Bombas de infusão volumétrica; Monitores de sinais vitais; Bombas de infusão de seringa; Esterilizadores de alta pressão; Mesas cirúrgicas; Torres de anestesia. A Figura 82 representa a percentagem de intervenções realizadas sobre cada tipo de equipamento.

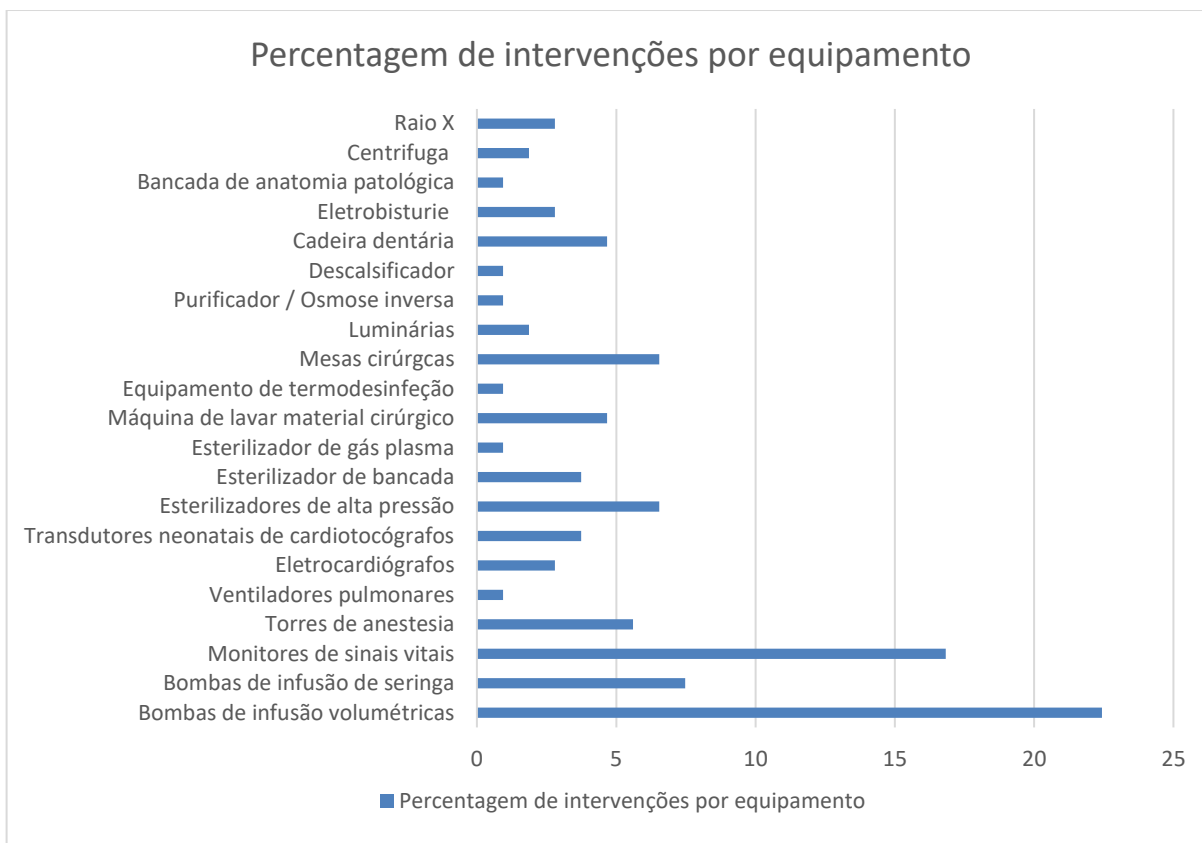


Figura 82. Percentagem de intervenções por equipamentos.

CONCLUSÃO

Com o estágio, o aluno contactou com a realidade de eletromedicina em unidades de saúde. Integrou duas instituições, o SUCH onde integrou a equipa de eletromedicina residente no HSA e a Althea onde integrou uma equipa residente no Hospital do Covões e móvel, tendo-se deslocado frequentemente a outras unidades de saúde. Ao integrar as equipas, obteve formação prática de manutenção de dispositivos de saúde multimarca, bem como contacto direto com o dia a dia de um técnico de eletromedicina, lidando desafios da função.

O aluno participou ativamente nas diversas funções de um técnico tendo realizado procedimentos de manutenção corretivos e preventivos variados. A realização de tais procedimentos requereu o estudo de diferentes equipamentos eletromédicos, bem como a compreensão do seu funcionamento. Aliado aos conhecimentos técnicos de manutenção, o aluno adquiriu conhecimentos teóricos relativos à gestão e manutenção dos mesmos. Contactou com a criação de planos de manutenção preventiva que devem levar em conta as normas aplicáveis e os manuais de cada equipamento por forma a definir parâmetros, como a periodicidade, de realização dos processos e os seus critérios de aceitação nos testes funcionais.

Tornou-se claro que um técnico de eletromedicina pratica uma aprendizagem constante independentemente da sua experiência. Os equipamentos, procedimentos e normas estão em constante atualização na procura de uma melhoria constante que vai de encontro à melhoria direta e indireta dos serviços prestados aos utentes.

Tratando-se de um estágio, o aluno teve a oportunidade de aprender, no local, como se relacionam as equipas de eletromedicina com os restantes profissionais e serviços do hospital. Teve contacto com diversos programas informáticos usados para reporte avarias e requisição de intervenções técnicas e com programas de gestão dos equipamentos, tendo participado na realização de relatórios de intervenções (encerramento de processos).

Existe uma grande exigência em todos os processos de manutenção uma vez que o foco é a segurança do utente e a qualidade dos serviços prestados. A qualidade dos serviços prestados implica a maximização do tempo disponível dos equipamentos e a redução dos custos associado à manutenção. Nessa perspetiva, o setor tem evoluído para uma prática cada vez maior de manutenções preventivas, normalmente assentes em calendário ou número de ciclos.

Foram cumpridos todos os objetivos traçados, permitindo ao aluno estar apto a integrar o mercado de trabalho com conhecimentos cimentados e sentido crítico fundamentado. A realização do estágio proporcionou um conhecimento bastante amplo da área e abriu portas a um conhecimento ainda mais aprofundado no futuro, abrindo portas a inúmeras oportunidades de crescimento na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADVANCED STERILIZATION PRODUCTS. (2012). *STERRAD NX RAPIDEZ E VERSATILIDADE EM TAMANHO COMPACTO*.
- Althea Portugal. (s.d.). *Missão & Visão | Althea Portugal*. Obtido em junho de 2020, de Althea Portugal - Gestão Integral da tecnologia médica: <https://www.althea-group.com/pt/sobre-nos/missao-visao>
- Althea Portugal. (s.d.). *Perfil | Althea Portugal*. Obtido em junho de 2020, de Althea Portugal - Gestão Integral da tecnologia médica: <https://www.althea-group.com/pt/sobre-nos/perfil>
- Apcer. (2010). *APCER - NP 4492*. Obtido de <https://apcergroup.com/pt/certificacao/pesquisa-de-normas/152/np-4492>
- B| BRAUN S.A. (2010). *Infusomat Space e acessórios - Instruções de Uso/Advertências*. Obtido em 20 de 11 de 2020
- B|BRAUN S.A. (s.d.). *Perfusor Space*. Obtido em 20 de 11 de 2020
- CHL - Centro Hospitalar de Leiria. (s.d.). *Localização e Acessos | Centro Hospitalar de Leiria*. Obtido em janeiro de 2020, de SNS - Portal do SNS: <http://www.chleiria.pt/localizacao-e-acessos/>
- CUF. (s.d.). *Raio-X | CUF*. Obtido em 08 de 08 de 2020, de CUF: <https://www.cuf.pt/saude-a-z/raio-x>
- Datex-Ohmeda, Inc. (s.d.). *Aespire View - User's Reference Manual*. USA.
- Dräger. (2015). *Instructions for use - Primus Infinity Empowered*.
- ELGA VEOLIA. (s.d.). *CENTRA R200 | ELGA LabWater*. Obtido em 28 de maio de 2020, de Pure Lab Water For Science | Water Purification Systems & Technologies | ELGA LabWater: <https://www.elgalabwater.com/products/centra-r200>
- FLUKE. (dezembro de 2015). *QA-ES III*. Obtido em 12 de 11 de 2020
- Fresenius Kabi. (2013). *Instruções de uso de bomba de infusão volumétrica Volumat Agilia*.
- Holanda, M. (2015). *Manual de Ventilação Mecânica - Monitorização da Mecânica Respiratória Durante a Ventilação Mecânica*. Obtido em 21 de maio de 2020, de Simulador xlung: <https://xlung.net/manual-de-vm/monitorizacao-da-mecanica-respiratoria>
- Infarmed. (2010). *Classificação e fronteiras - INFARMED, I.P.* Obtido em fevereiro de 2020, de Infarmed - IMFARMED, I.P.: <https://www.infarmed.pt/web/infarmed/entidades/dispositivos-medicos/classificacao-e-fronteiras>
- Instituto Português da Qualidade - IPQ. (s.d.). *IPQ*. Obtido em 06 de 10 de 2020, de <http://www1.ipq.pt/PT/Pages/Homepage.aspx>
- Instituto Português da Qualidade. (2007). Norma Portuguesa. Em *NP 13306 - Terminologia da manutenção*.
- Instituto Superior de Engenharia de Coimbra . (2018/ 2019). Apontamentos da UC de Sistemas de Apoio à Vida.
- International Electrotechnical Commission - IEC. (outubro de 2001). *IEC 60601 - 2 - 12*. Obtido em 20 de 11 de 2020, de https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec60601-2-12%7Bed2.0%7Den.pdf

- International Electrotechnical Commission - IEC. (dezembro de 2010). IEC 60601 - 2 - 4. Obtido em 20 de 11 de 2020, de https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60601-2-4%7Bed3.0%7Db.pdf
- International Electrotechnical Commission - IEC. (março de 2011). IEC 60601 - 2 - 27. Obtido em 21 de 11 de 2020, de https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60601-2-27%7Bed3.0%7Db.pdf
- International Electrotechnical Commission - IEC. (outubro de 2012). *IEC 60601 - 2 - 24*. Obtido em 20 de 11 de 2020, de https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60601-2-24%7Bed2.0%7Db.pdf
- International Electrotechnical Commission - IEC. (março de 2018). IEC 80601 - 2 - 30. Obtido em 22 de 11 de 2020, de https://webstore.iec.ch/preview/info_iec80601-2-30%7Bed2.0%7Db.pdf
- International Electrotechnical Commission - IEC. (outubro de 2011). *IEC 60601 - 2 - 25*. Obtido em 20 de 11 de 2020, de https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60601-2-25%7Bed2.0%7Db.pdf
- International Electrotechnical Commission - IEC. (s.d.). *IEC - About the IEC > Who we are*. Obtido em 06 de 10 de 2020, de <https://www.iec.ch/about/profile/?ref=menu>
- International Organization for Standardization - ISO. (fevereiro de 2006). *ISO 8835 - 2*. Obtido em 21 de 11 de 2020, de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/24905/cfb63ea96324455ab439ee0d22a35bb7/oSIST-prEN-ISO-8835-2-2006.pdf>
- International Organization for Standardization - ISO. (s.d.). *ISO - About us*. Obtido em 06 de 10 de 2020, de <https://www.iso.org/about-us.html>
- MAQUET. (s.d.). *User's manual - VENTILATOR SYSTEM - SERVO - i V3.0*.
- Matachana. (06 de 07 de 2015). *Esterilizador de vapor SC500/ S1000*. Barcelona, Espanha.
- Médicos e outros profissionais da Rede Hospital da Luz. (s.d.). *Cardiotocografia | Hospital da Luz*. Obtido em 24 de maio de 2020, de Consultas, Exames, Urgências, Cirurgia, Maternidade | Hospital da Luz: <https://www.hospitaldaluz.pt/pt/guia-de-saude/dicionario-de-saude/C/222/cardiotocografia>
- Mindray. (s.d.). *HyLed 9 - Mindray*. Obtido em 29 de maio de 2020, de Mindray, DataMed: https://www.mindray.com/pt/product/HyLED_9_Series.html
- Ministério da Saúde. (17 de junho de 2009). Diário da República Eletrónico - DRE. *Diário da República n.º 115/2009, Série I*. Obtido em 15 de fevereiro de 2020, de Diário da República Eletrónico - DRE: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/494558/details/normal?filterEnd=2009-06-18&filterStart=2009-06-16&filterAction=TRUE&q=N.%C2%BA%20115%E2%80%949417&fq=N.%C2%BA%20115%E2%80%949417&perPage=25>
- Moreira, D. (2001). *Eletrocardiograma Normal*. Obtido em 14 de maio de 2020, de http://www.acm.org.br/acm/acamt/documentos/curso_clinica_medica_2018/eletrocardiograma_normal.pdf
- Natha. (27 de agosto de 2013). *Ventiladores pulmonares*. Obtido em 18 de maio de 2020, de LinkedIn SlideShare: https://pt.slideshare.net/nathafisioterapia/ventiladores-pulmonares?from_action=save
- Petrochem. (s.d.). *Petrochem | Como Funciona a Osmose Inversa? Quais os Benefícios?* Obtido em 28 de maio de 2020, de Produtos Químicos Industriais em Portugal | Petrochem:

<https://www.petrochem.pt/pt/area-de-negocio/tratamento-de-aguas/equipamentos/filtracao/o-que-faz-e-como-funciona-uma-osmose-inversa.html>

Serviço de Utilização Comum dos Hospitais. (s.d.). *A Nossa História - SUCH*. Obtido em janeiro de 2020, de SUCH - Serviço de Utilização Comum dos Hospitais: <https://www.such.pt/pt/a-nossa-historia/>

Serviço de Utilização Comum dos Hospitais. (s.d.). *Apresentação - SUCH*. Obtido em janeiro de 2020, de SUCH - Serviço de Utilização Comum dos Hospitais: <https://www.such.pt/pt/apresentacao/>

SG-Lex - Controlo da Legislação de Sistemas de Gestão. (10 de outubro de 2019). *EN ISO 14971:2019 | Porque implementar?* Obtido em 15 de 10 de 2020, de Sistema Gestão: <https://www.sistemagestao.com/index.php/noticias-outros/168-porque-implementar-a-en-iso-14971>

SG-Lex - Controlo da Legislação de Sistemas de Gestão . (15 de março de 2020). *EN ISO 14971:2019 - Nova versão publicada em dezembro*. Obtido em 15 de 10 de 2020, de Sistema gestão: <https://www.sistemagestao.com/index.php/noticias-outros/177-en-iso-14971-2019>

Vexillum. (17 de julho de 2018). *Vexillum: Qualidade e Gestão Empresarial*. Obtido em 09 de 12 de 2020, de <https://vexillum.pt/publicadas-duas-novas-normas-sobre-dispositivos-medicos/>

ANEXOS

Anexo 1: Apresentação gráfica de regras classificativas de dispositivos médicos baseada no documento “*Classification of medical devices*” da *European Commission e DG Health and Consumer*

Os gráficos explicativos são divididos em quatro grupos de regras sendo eles os seguintes:

- dispositivos não invasivos – Regras 1, 2, 3, 4;
- dispositivos invasivos – Regras 5, 6, 7, 8;
- dispositivos ativos – Regras 9, 10, 11, 12;
- regras especiais – Regras 13, 14, 15, 16, 17, 18.

1. Dispositivos não invasivos

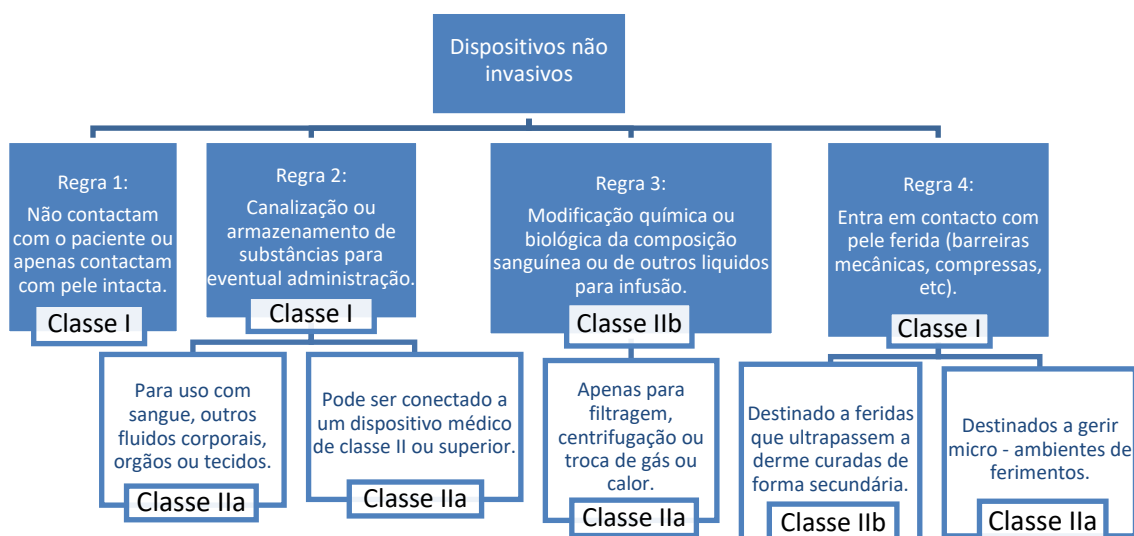


Figura 83. Regras 1, 2, 3 e 4 para classificação de dispositivos não invasivos.

2. Dispositivos invasivos

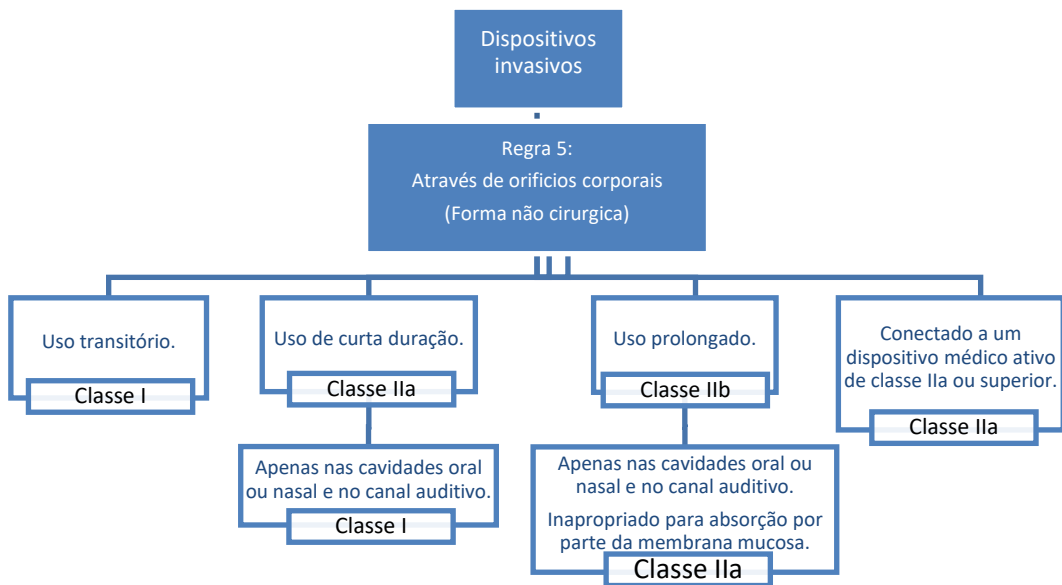


Figura 84. Regra 5 para classificação de dispositivos invasivos.

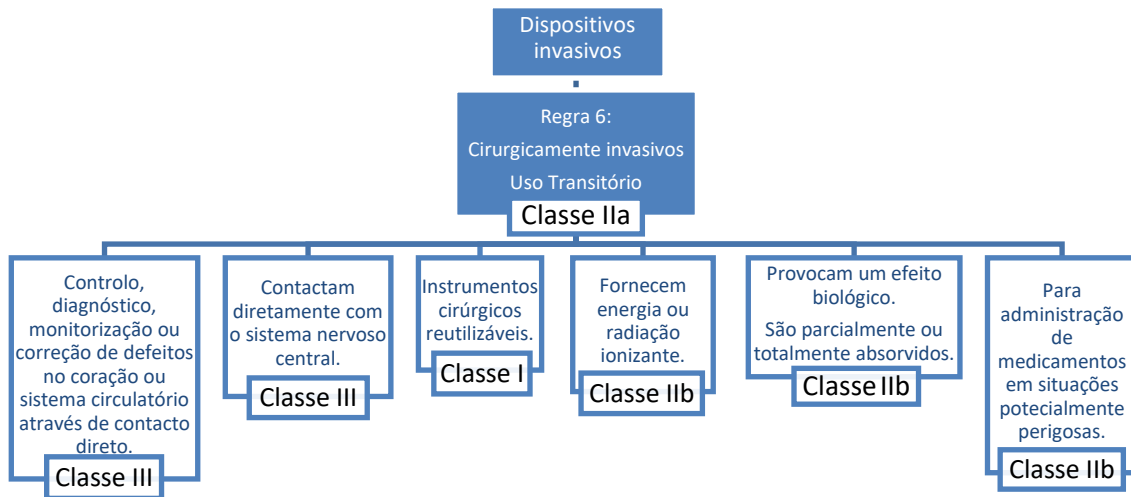


Figura 85. Regra 6 para classificação de dispositivos invasivos.

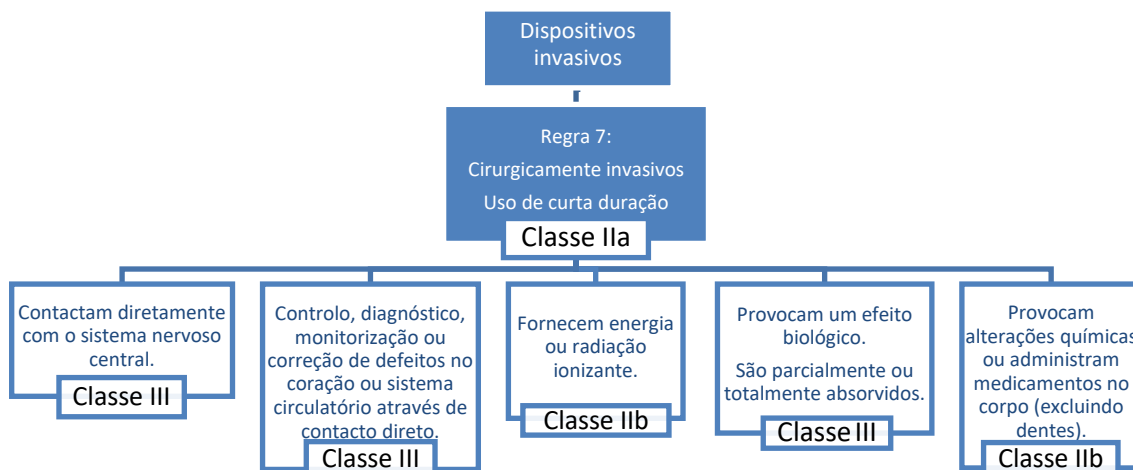


Figura 86. Regra 7 para classificação de dispositivos invasivos.

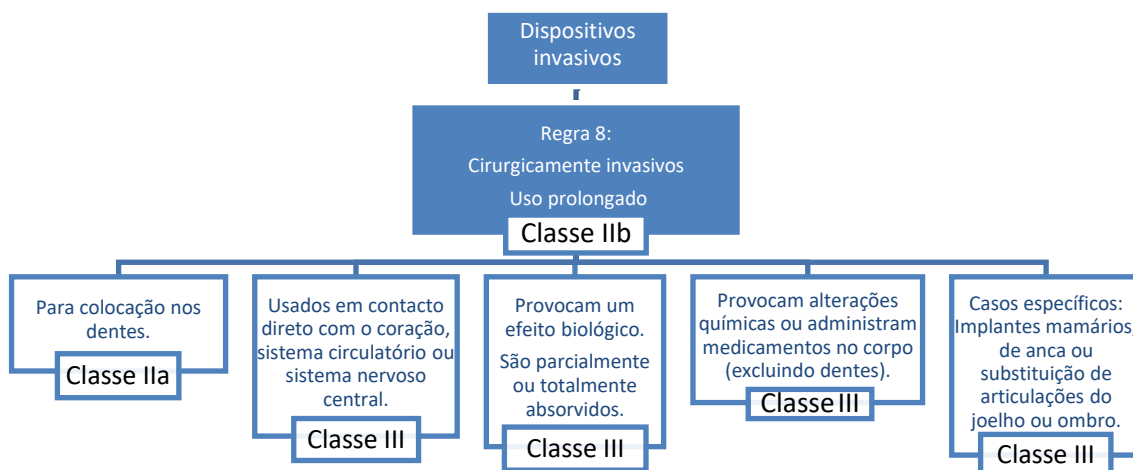


Figura 87. Regra 8 para classificação de dispositivos invasivos.

3. Dispositivos ativos

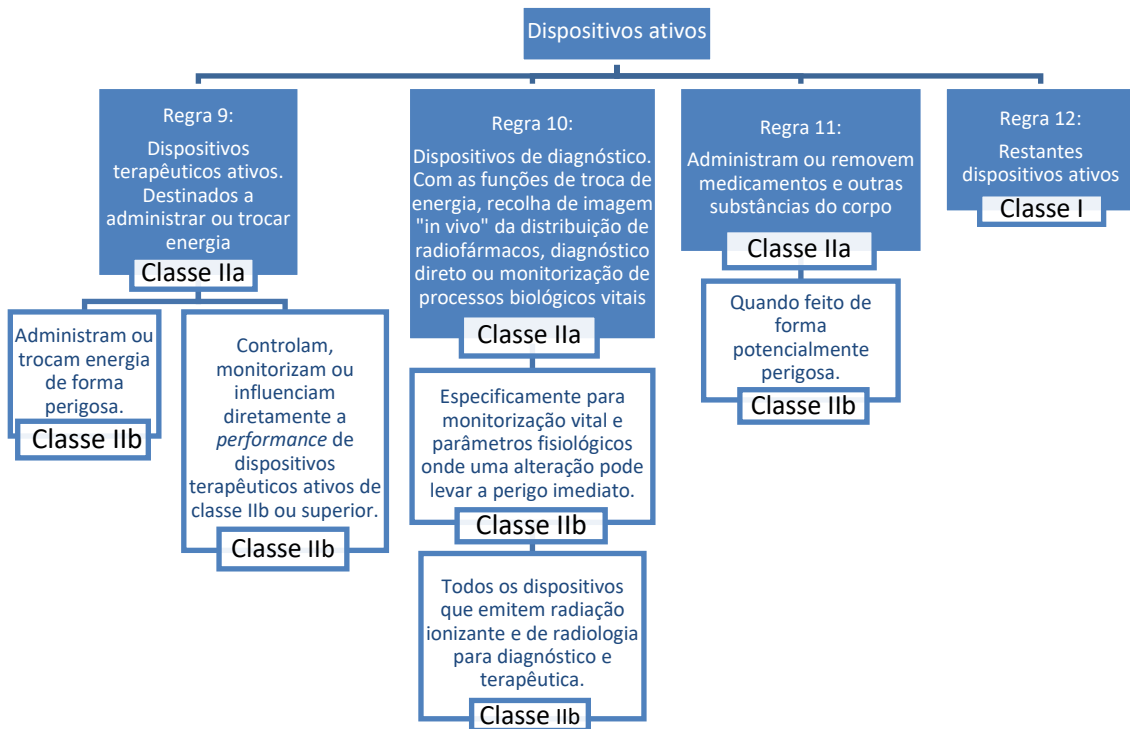


Figura 88. Regras para classificação de dispositivos ativos.

4. Regras especiais

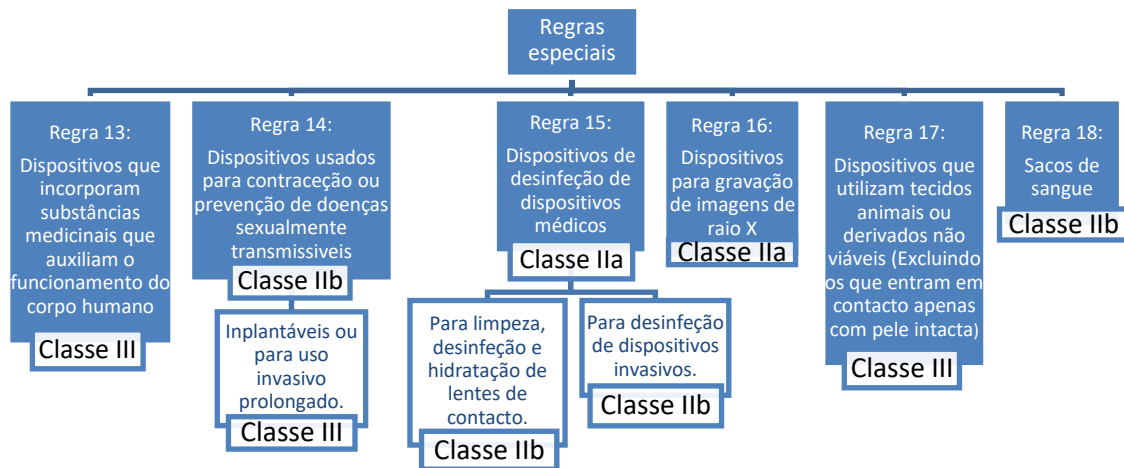


Figura 89. Regras especiais de classificação.

Anexo 2: Volumes e capacidade associados à ventilação pulmonar

Os valores de cada um destes volumes variam, como referido na Secção 3.1.4, consoante a estrutura corporal de cada um, género, idade e condição física. No entanto, podem ser representados e definidos como na Figura 90, salvaguardando que os valores definidos no gráfico dizem respeito a um caso genérico, com valores prováveis (Instituto Superior de Engenharia de Coimbra , 2018/ 2019).

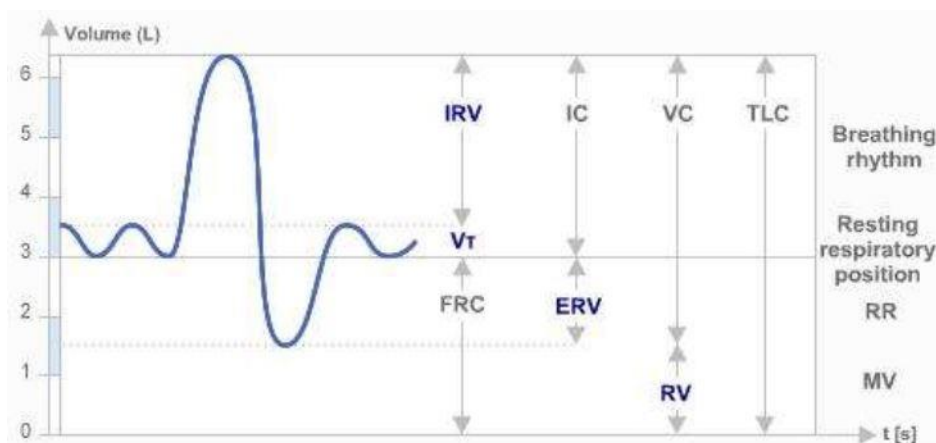


Figura 90. Volumes respiratórios.

- **volume inspiratório de reserva (IVR):** volume de ar que pode ser inspirado após uma inspiração normal, atingindo o volume máximo, cerca de dois terços da capacidade vital (VC);
- **volume tidal (VT):** volume de ar normalmente respirado, entre seis e sete mililitros por quilograma de massa corporal;
- **capacidade funcional residual (FRC):** volume de ar existente nos pulmões após uma expiração normal, cerca de quarenta por cento da capacidade pulmonar total (TLC). Soma do ERV com o RV;
- **capacidade inspiratória (IC):** volume máximo de ar que pode ser inspirado a partir da posição respiratória de repouso. Soma do VT com o IRV;
- **volume expiratório de reserva (ERV):** volume de ar que pode ser expirado a partir da posição respiratória de repouso (após uma expiração natural), cerca de um terço da capacidade vital (VC);
- **capacidade Vital (VC):** soma de todos os volumes pulmonares dinâmicos. Soma do VT com o IRV e o VER;
- **volume residual (RV):** Volume que se mantém nos pulmões após uma expiração forçada, máxima;
- **capacidade pulmonar total (TLC):** capacidade máxima de ar que pode estar nos pulmões. Soma do VC com o RV.

Anexo 3: Lista e identificação de componentes de um ventilador anestésico.

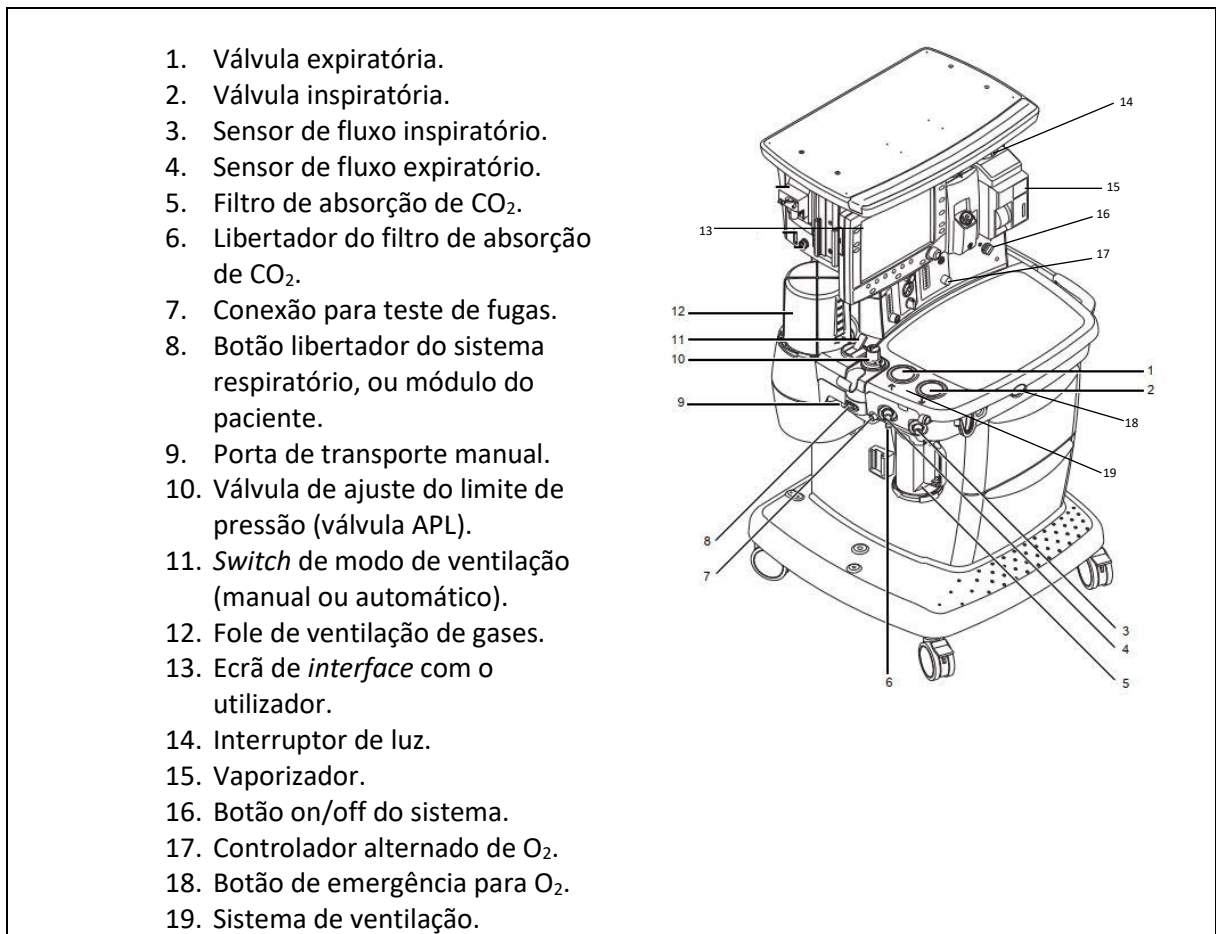


Figura 91. Componentes de um ventilador anestésico. Adaptado (Datex-Ohmeda, Inc.).

Anexo 4: Fluxo de gases num ventilador anestésico. Adaptado do manual de instruções para uso do Dräger Primus Infinity (Dräger, 2015)

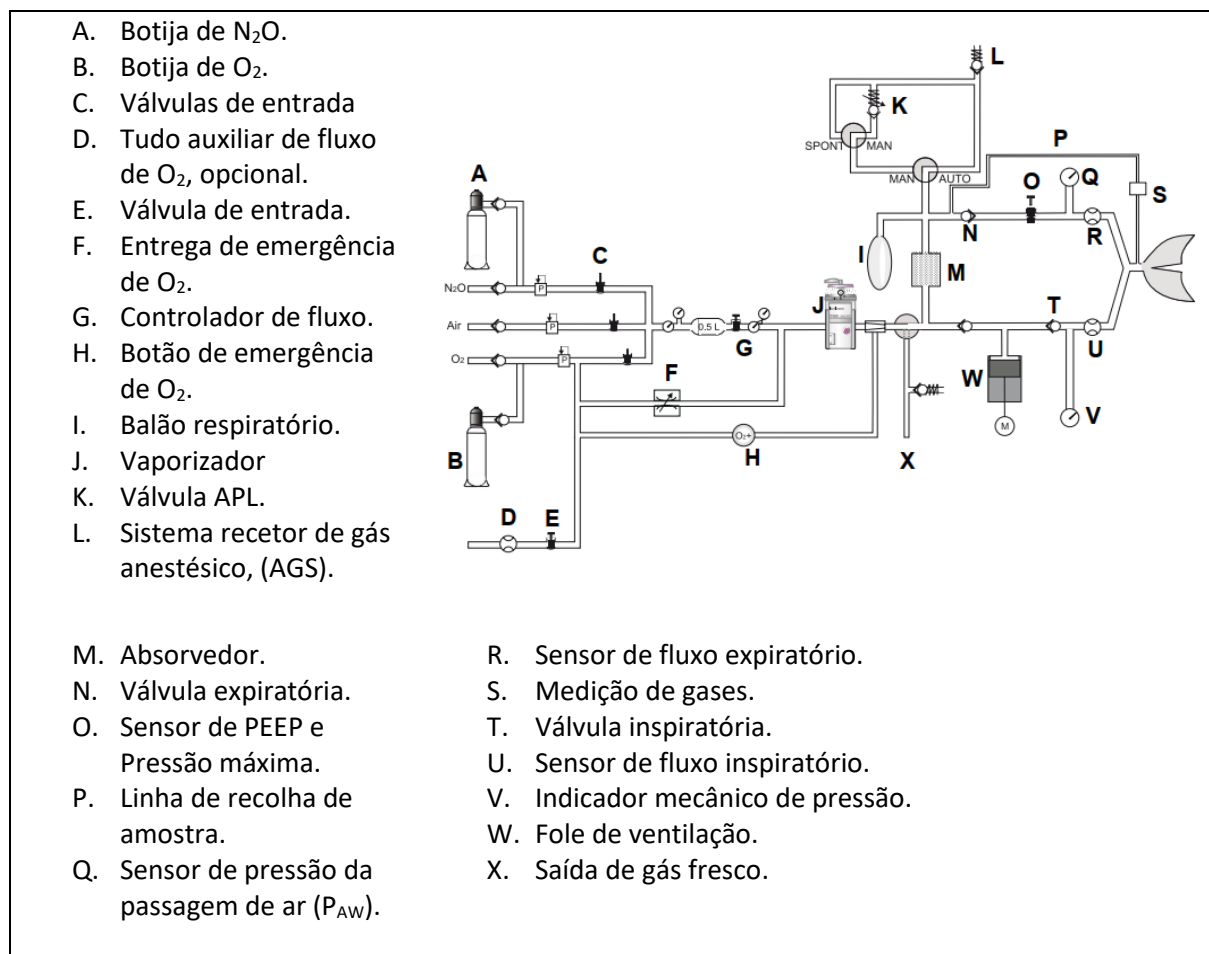
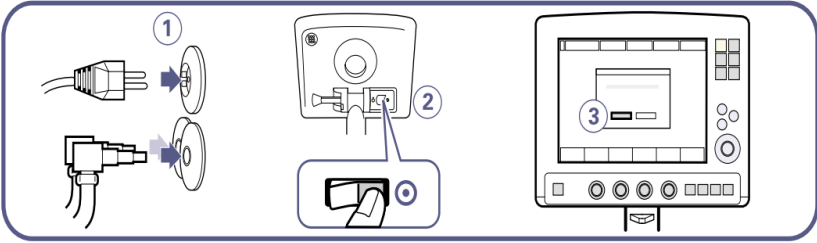
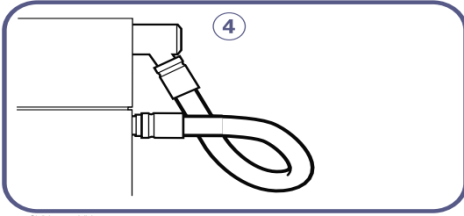
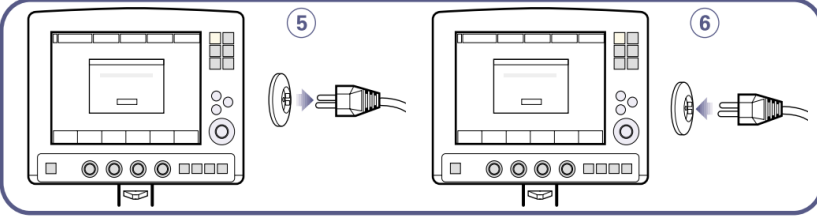
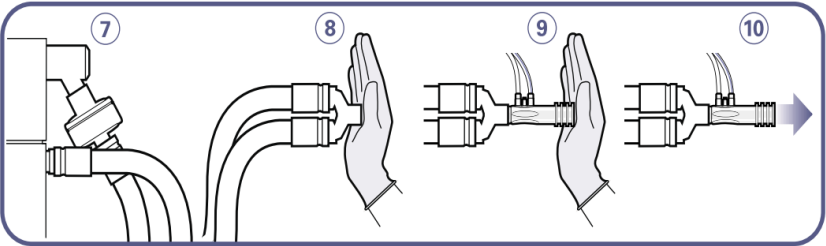
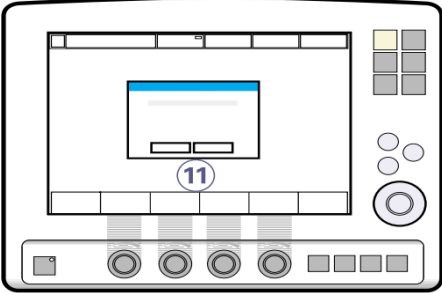
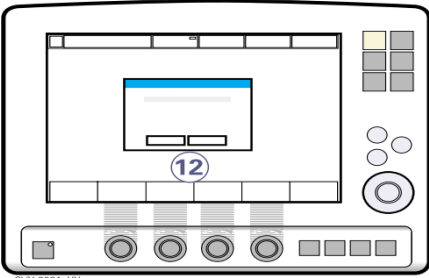


Figura 92. Fluxo de gases num ventilador anestésico. Adaptado (Dräger, 2015).

Anexo 5: Teste de pré-utilização. Retirado e adaptado do manual de utilizador do servo-i da Maquet (MAQUET).

Tabela 33. Execução do teste de pré-utilização.

<p>Procedimento inicial</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar fonte de energia e fornecimento de gás. 2. Ligar ventilador. 3. Iniciar o teste automático. 	
<p>Testes internos</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Conectar tubo de teste entre a saída inspiratória e a entrada expiratória. 	
<ol style="list-style-type: none"> 5. Desconectar da fonte de energia AC assim que a mensagem no monitor o indicar. 6. Quando aparecer nova instrução, reconectar a ficha. 	

<p>7. Conectar um sistema respiratório completo, um humidificador e um nebulizador.</p> <p>Caso não seja conectado o sensor de Y conectado:</p> <p>8. Bloquear a peça em Y e seguir as instruções no monitor. A <i>compliance</i> do circuito é medida automaticamente.</p> <p>Caso seja colocado um sensor de Y:</p> <p>9. Bloquear o sensor de Y.</p> <p>10. Desbloquear o sensor e seguir instruções do ecrã. A <i>compliance</i> do circuito é automaticamente medida.</p>	
<p>Compensação da <i>compliance</i> do circuito:</p> <p>11. Selecionar se pretende adicionar a compensação de <i>compliance</i> calculada.</p>	
<p>Teste de alarme da conexão de saída:</p> <p>12. Aceitar ou não a realização do teste no caso da opção de alarme da conexão de saída estar instalada.</p>	

Completar a verificação de pré utilização:

13. Confirmar para terminar a verificação e para registar o mesmo. O ventilador fica em modo de *standby* a aguardar configuração e início de ventilação.

