



Mestrado em Instrumentação Biomédica

Manutenção de Equipamentos e Sistemas Hospitalares

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

Autor

Miguel Filipe Gonçalves Sousa

Orientadores

Doutora Fernanda de Madureira Coutinho

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Doutor José Torres Farinha

Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor

Engenheiro Vasco Adérito Carneiro Santos

ATM Manutenção Total, SA

Coimbra, novembro, 2019

Agradecimentos

Aos orientadores do estágio curricular, Professora Doutora Fernanda de Madureira Coutinho e Professor Doutor José Torres Farinha, pela orientação, disponibilidade e toda a ajuda prestada no decorrer do trabalho.

A toda a equipa da ATM Manutenção Total (ATM), especialmente ao Supervisor Engenheiro Vasco Santos e aos profissionais da ATM Engenheiro Nuno Bastos e Técnico Armando Bré, pelas competências e conhecimentos transmitidos e por toda o acompanhamento realizado ao longo deste estágio.

A toda a minha família, aos meus pais, irmãos e avó pelo carinho, compreensão, paciência e por aceitarem as minhas ausências ao longo deste curso.

A todos os meus amigos, por terem marcado a minha vida académica, pelas partilhas, amizades e todo o companheirismo ao longo deste percurso.

Em especial à minha namorada por todo o incentivo, apoio e dedicação que me motivaram a terminar esta etapa fundamental na minha carreira académica.

Por último, a todos os que, de alguma forma, contribuíram para que fosse possível esta caminhada até aqui, os mais sinceros agradecimentos.

A todos, um muito obrigado!

Miguel Sousa

Resumo

A engenharia biomédica é um campo interdisciplinar que tem vindo a sofrer uma evolução tecnológica crescente, nomeadamente no aparecimento de novos e cada vez mais robustos e eficientes equipamentos hospitalares, contribuindo para a melhoria do diagnóstico médico e respetivos métodos de tratamento. De modo a garantir o cumprimento dos critérios de segurança, eficácia e funcionalidade dos dispositivos médicos é fundamental o engenheiro hospitalar realizar uma boa gestão da manutenção. Para tal, é necessário a elaboração de um plano de manutenção que englobe todos os dispositivos médicos de forma a garantir que estes sejam mantidos dentro dos limites pré-definidos pelas normas e especificações dos fabricantes. Posto isto, a manutenção de equipamentos de eletromedicina deve ser uma das prioridades numa instituição hospitalar.

O estágio, descrito neste relatório, foi realizado na área da manutenção de equipamentos biomédicos em duas empresas em regime de *outsourcing*, nomeadamente na empresa ATM – Manutenção Total e na Medicinália Cormédica.

No decorrer desta etapa académica, foram realizadas intervenções de manutenção preventiva e corretiva a diversos equipamentos, tais como: berços aquecidos; eletrocardiógrafos; monitores de sinais vitais; bombas infusoras e perfusoras; eletrobisturis; entre outros. Para a realização da manutenção anteriormente referida foi necessário a utilização dos respetivos equipamentos de teste para cada dispositivo, contribuindo para a confiabilidade e segurança na utilização dos dispositivos hospitalares.

A integração numa equipa de técnicos com experiência a nível hospitalar permitiu ao aluno adquirir competências acerca das intervenções de manutenção e também compreender, em contexto real, a importância do papel que um engenheiro hospitalar desempenha no seu quotidiano.

Em suma, a escrita deste relatório tornou-se uma ferramenta para consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo do estágio curricular a fim de obter o grau de Mestre em Instrumentação Biomédica.

Palavras-chave: engenharia biomédica; equipamentos hospitalares; gestão de manutenção; manutenção preventiva; manutenção corretiva; equipamentos de teste.

Abstract

Biomedical engineering is an interdisciplinary field that has been a growing technological evolution, specifically in the appearance of new and more robust and efficient hospital equipments, contributing to the improvement in medical diagnostics and his treatment methods. In order to ensure the hospital maintenance task and complying with the safety, registration and application requirements of medical devices is fundamental that the hospital engineer realize a good maintenance management. For such, it is necessary to draw up a maintenance plan that contain all medical devices to ensure that they are kept within the limits set by the standards and specifications of the manufacturers. Therefore, the maintenance of electromedicine equipment should be one of the priorities in the hospital institution.

The internship, described in this report, was performed in the area of the maintenance of biomedical equipment in two outsourcing companies, called ATM – Manutenção Total and Medicinália Cormédica.

In the course of this academic stage, preventive and corrective maintenance interventions were performed in some equipments, such as: electrocardiographs, vital signs monitors, infusion pumps, electrobisturis, among others. To perform the maintenance mentioned above, it was necessary to use the respective test equipment for each device, contributing to the reliability and safety in the use of hospital devices.

The integration in a team of technicians with hospital experience allowed the student to acquire skills about maintenance interventions and also to understand, in real context, the importance of the role that a hospital engineer have in his day-today.

In summary, the writing of this report has become a method to consolidate the knowledge acquired in the curricular internship for obtain a master's degree in Biomedical Instrumentation.

Keywords: *Biomedical engineering; hospitals equipment; maintenance management; preventive maintenance; corrective maintenance; testing equipment.*

Índice

| | |
|---|-----|
| Agradecimentos..... | i |
| Resumo..... | iii |
| Abstract..... | v |
| Índice de Figuras | ix |
| Siglas e Abreviaturas..... | xi |
| 1. – Introdução..... | 1 |
| 1.1 – Enquadramento do Tema..... | 1 |
| 1.2 – Objetivos..... | 2 |
| 1.3 – Estrutura do Relatório..... | 3 |
| 2. – Instituição de Acolhimento..... | 5 |
| 2.1 – ATM – Manutenção Total | 5 |
| 2.1.1 – Áreas de Negócio e Principais Atividades da Empresa | 6 |
| 2.1.2 – Certificações da ATM..... | 6 |
| 2.1.3 – Locais de Intervenção do Estágio..... | 7 |
| 2.1.3.1 – Unidade Móvel da ATM | 7 |
| 2.1.3.2 – Unidade Local de Saúde de Matosinhos..... | 8 |
| 2.2 – Medicinália Cormédica..... | 9 |
| 3. – Eletromedicina: Manutenção de Equipamentos Hospitalares | 11 |
| 3.1 – Evolução da Engenharia e do Papel do Engenheiro Hospitalar..... | 11 |
| 3.2 – Manutenção Hospitalar | 13 |
| 3.2.1 – Tipos de Manutenção | 15 |
| 3.2.1.1 – Manutenção Planeada..... | 16 |
| 3.2.1.2 – Manutenção Não Planeada | 18 |
| 3.3 – Gestão da Manutenção Hospitalar | 19 |
| 3.4 – Ciclo de Vida dos Equipamentos Hospitalares..... | 23 |
| 3.5 – Metrologia e Normas dos Equipamentos Hospitalares..... | 26 |

| | |
|---|----|
| 4. – Manutenções realizadas durante o Estágio Curricular..... | 29 |
| 4.1 - Equipamentos de Teste | 29 |
| 4.1.1 – Segurança Elétrica | 29 |
| 4.1.2 – Eletrobisturis..... | 30 |
| 4.1.3 - Desfibrilhadores | 31 |
| 4.1.4 – Ventiladores..... | 31 |
| 4.1.5 - Bombas Infusoras e Perfusoras | 32 |
| 4.1.6 – Multiparamétrico | 33 |
| 4.1.7 – Multímetro | 36 |
| 4.2 – Equipamentos Hospitalares Intervencionados..... | 36 |
| 4.2.1– Berços Aquecidos | 37 |
| 4.2.2 – Eletrocardiógrafos..... | 40 |
| 4.2.3 – Monitor de Sinais Vitais | 41 |
| 4.2.4 – Bombas Infusoras e Perfusoras..... | 48 |
| 4.2.5 – Eletrobisturis..... | 52 |
| 5. – Aplicações Móveis de Suporte à Manutenção Preventiva | 59 |
| 6. – Conclusão..... | 65 |
| Referências Bibliográficas | 67 |
| Anexo – Fichas de Manutenção | 73 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Cronograma das principais atividades desenvolvidas..... | 3 |
| Figura 2 – Logotipo da empresa ATM (ATM, 2019) | 5 |
| Figura 3 – Veículo da unidade móvel da ATM (ATM, 2019) | 8 |
| Figura 4 – Unidade Local de Saúde de Matosinhos (Matosinhos, 2012)..... | 8 |
| Figura 5 – Logotipo da Medicinália Cormédica (Medicinália, 2019)..... | 10 |
| Figura 6 - Importância da manutenção (adaptado de Brito (2003)) | 15 |
| Figura 7 – Tipos de manutenção (adaptado de NP EN 13306:2007, (Simões, 2018))..... | 15 |
| Figura 8 – Ciclo de vida de um equipamento hospitalar (adaptado de Dyro, 2004)..... | 24 |
| Figura 9 – Utilização de um equipamento em função do seu tempo de vida (Sônego, 2007) . | 24 |
| Figura 10 – Equipamentos de teste de segurança elétrica da ATM (Fonte própria) | 30 |
| Figura 11 – Equipamento de teste de eletrobisturis (Fonte própria) | 30 |
| Figura 12 – Equipamento de teste de desfibriladores (Fonte própria) | 31 |
| Figura 13 – Equipamento de teste de ventiladores (Fonte própria)..... | 32 |
| Figura 14 – Equipamento de teste de fluxos e oclusão de bombas infusoras e perfusoras (Fonte própria) | 33 |
| Figura 15 – Equipamento de teste multiparamétrico (Fonte própria) | 34 |
| Figura 16 – Equipamento de simulação do traçado de ECG (Fonte: https://www.flukebiomedical.com) | 34 |
| Figura 17 – Simulador de SpO2 (Fonte: https://www.flukebiomedical.com)..... | 35 |
| Figura 18 – Simulador de pressão arterial não invasiva (Fonte própria)..... | 35 |
| Figura 19 – Multímetro (Fonte própria) | 36 |
| Figura 20 – Painel de controlo com modo manual e automático (Fonte própria)..... | 37 |
| Figura 21 – Variação da temperatura do berço no modo manual (Badnjevic et al., 2018)..... | 38 |
| Figura 22 – Manutenção preventiva a berços aquecidos..... | 39 |
| Figura 23 – Berços aquecidos intervencionados ao longo do estágio - (a) Berço aquecido com ventilação; (b) Berço aquecido com fototerapia; (c) Berço aquecido (Fonte própria)..... | 39 |
| Figura 24 – Eletrocardiógrafo (Fonte própria) | 40 |
| Figura 25 – Manutenção preventiva a eletrocardiógrafos | 41 |
| Figura 26 – Monitor de Sinais Vitais (Fonte própria) | 42 |
| Figura 27 – Procedimento do teste de fugas do monitor Phillips Intellivue MP70..... | 44 |
| Figura 28 – Monitor Phillips Intellivue MP70 (Fonte própria)..... | 45 |
| Figura 29 – Procedimento para calibração do monitor Phillips Agilent M3046A..... | 45 |

| | |
|--|----|
| Figura 30 – Monitor Phillips Agilent M3046A (Philips, 2005)..... | 46 |
| Figura 31 – Procedimento do teste de fugas do monitor Phillips Agilent V26C..... | 46 |
| Figura 32 – Monitor Phillips Agilent V26C (Fonte própria) | 47 |
| Figura 33 – Fluxo do líquido a ser administrado por bombas infusora e perfusora (Badnjevic et al., 2018) | 49 |
| Figura 34 – Manutenção preventiva a bombas infusoras e perfusoras | 51 |
| Figura 35 – Montagem do teste de fluxo e de pressão a bombas infusoras e perfusoras (Fonte própria)..... | 52 |
| Figura 36 – Eletrobisturi (Fonte própria)..... | 53 |
| Figura 37 – Eletrobisturi Covidien Force FX (Fonte própria) | 55 |
| Figura 38 – Função bipolar do eletrobisturi (Fonte própria) | 56 |
| Figura 39 – Função de corte do eletrobisturi (Fonte própria)..... | 56 |
| Figura 40 – Função de coagulação do eletrobisturi (Fonte própria)..... | 57 |
| Figura 41 – Manutenção preventiva a Eletrobisturis | 57 |
| Figura 42 – Logotipo do Microsoft PowerApps (PowerApps, 2019)..... | 59 |
| Figura 43 – Menu de desenvolvimento de aplicações (Fonte própria)..... | 59 |
| Figura 44 – Menu do PowerApps com as aplicações desenvolvidas (Fonte própria) | 60 |
| Figura 45 – Menu principal das aplicações relativas aos equipamentos (Fonte própria) | 61 |
| Figura 46 – Aplicação dos desfibrilhadores – (a) Formulário dos dados gerais; (b) Formulário das verificações quantitativas acerca dos ensaios de ECG; (c) Formulário das verificações quantitativas acerca das medições de energia (Fonte própria)..... | 62 |
| Figura 47 – Menu de assinatura do responsável (Fonte própria)..... | 63 |
| Figura 48 – Diferentes ramos de funcionalidades da aplicação de gestão (Fonte própria) | 63 |

Siglas e Abreviaturas

| | |
|------------------------|---|
| APCER | Associação Portuguesa de Certificação |
| ATM | ATM Manutenção Total |
| AVAC | Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado |
| bpm | batimentos por minuto |
| ECG | Eletrocardiograma |
| EN | Norma Europeia |
| FC | Frequência Cardíaca |
| IEC | <i>International Electrotechnical Commission</i> |
| ISEC | Instituto Superior de Engenharia de Coimbra |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| LED | <i>Light Emitting Diode</i> |
| MIB | Mestrado em Instrumentação Biomédica |
| NIBP | <i>Non Invasive Blood Pressure</i> |
| NP | Norma Portuguesa |
| SIE | Serviço de Instalações e Equipamentos |
| SpO₂ | Saturação Periférica de Oxigénio |
| SUCH | Serviços de Utilização Comum dos Hospitais |
| SV | Sinais Vitais |
| ULS | Unidade Local de Saúde |
| ULSM | Unidade Local de Saúde de Matosinhos |
| WHO | <i>World Health Organization</i> |

1. – Introdução

No âmbito da Unidade Curricular de Projeto/Estágio, parte integrante do 2º ano do Mestrado em Instrumentação Biomédica (MIB) do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) surgiu a possibilidade de realizar um estágio na área da manutenção de equipamentos hospitalares, em prol da obtenção do grau de Mestre em Instrumentação Biomédica. Este estágio foi iniciado na empresa ATM, onde decorreu maioritariamente, e finalizado na empresa Medicinália Cormédica, sendo que ambas as instituições atuam na área de manutenção de equipamentos hospitalares.

Neste capítulo é realizado um enquadramento à manutenção de equipamentos hospitalares e sistemas biomédicos (Secção 1.1), seguido dos objetivos do estágio (Secção 1.2) e, por fim, é apresentada a estrutura do relatório (Secção 1.3).

1.1 – Enquadramento do Tema

Na área da saúde, uma das principais preocupações centra-se na melhoria contínua dos serviços de saúde a fim de garantir uma melhor qualidade de vida aos utentes. Atualmente, dada a crescente inovação tecnológica no campo da medicina, existem centros hospitalares modernos e tecnologicamente sofisticados que apresentam equipamentos altamente evoluídos.

A engenharia biomédica tornou-se um campo interdisciplinar vital dado que contribuiu para a evolução da complexidade dos equipamentos hospitalares, proporcionando uma melhoria no sistema de saúde dado auxiliar no diagnóstico médico e respetivos métodos de tratamento. Os engenheiros hospitalares são profissionais dotados de conhecimentos especializados que lhes permitem organizar, gerir e avaliar o estado em que se encontram os equipamentos hospitalares de forma a prevenir falhas que comprometam o estado de saúde dos utentes. Com a inclusão dos conhecimentos específicos destes recursos humanos, os hospitais encontram-se em melhores condições para utilizar de forma mais eficiente os seus recursos tecnológicos.

Em todas as atividades da engenharia hospitalar o utente é o principal foco de atenção, sendo necessário garantir que os equipamentos hospitalares cumpram todos os requisitos de bom funcionamento de modo a fornecer meios para a prestação de cuidados de saúde seguros e eficazes. Posto isto, torna-se fundamental realizar um plano de manutenção que englobe todos os dispositivos médicos de modo a garantir que estes sejam mantidos dentro dos limites pré-definidos nos critérios de teste e reparar possíveis falhas nos mesmos (Dyro, 2004). Este plano contribui para o prolongamento do ciclo de vida do equipamento e para a sua fiabilidade, devendo a manutenção de equipamentos de eletromedicina ser uma das prioridades de qualquer

unidade hospitalar. Segundo Gerônimo, Leite, e Oliveira (2017), a manutenção vai muito para além da gestão económica da organização hospitalar, tendo como grande relevância a diminuição dos riscos para os utentes e profissionais envolvidos no processo.

O relatório apresentado tem por base as atividades realizadas durante o estágio, as quais decorreram nas instalações das empresas como em vários hospitais com os quais havia contrato de *outsourcing*. Durante este período foi possível observar e executar vários tipos de manutenção a equipamentos hospitalares que irão ser abordados ao longo deste documento.

1.2 – Objetivos

A realização do estágio curricular teve como objetivo principal aquisição de conhecimentos em profundidade (qualitativa) e em extensão (quantitativa) sobre a manutenção de equipamentos e sistemas hospitalares, com o intuito de aprender novas estratégias que possam contribuir para a minha formação enquanto estudante e futuro profissional na área.

Para a concretização desse objetivo, foram levadas a cabo diversas tarefas no decorrer do estágio:

- Aprimorar competências na área da instrumentação biomédica, nomeadamente no desenvolvimento de conhecimentos teóricos e práticos acerca da manutenção em equipamentos hospitalares;
- Aplicar os conhecimentos adquiridos nas unidades curriculares ao longo do ciclo de estudos do MIB aos contextos reais do estágio curricular;
- Aprender sobre o funcionamento dos equipamentos hospitalares e respetivas avarias, nomeadamente a sua identificação e método de resolução;
- Abordar e refletir acerca da manutenção realizada em equipamentos hospitalares durante o estágio curricular;
- Conhecer o método de gestão da manutenção da empresa ATM;
- Descrição do desenvolvimento e implementação de aplicações para *android* de suporte à manutenção preventiva efetuada, durante o estágio curricular.

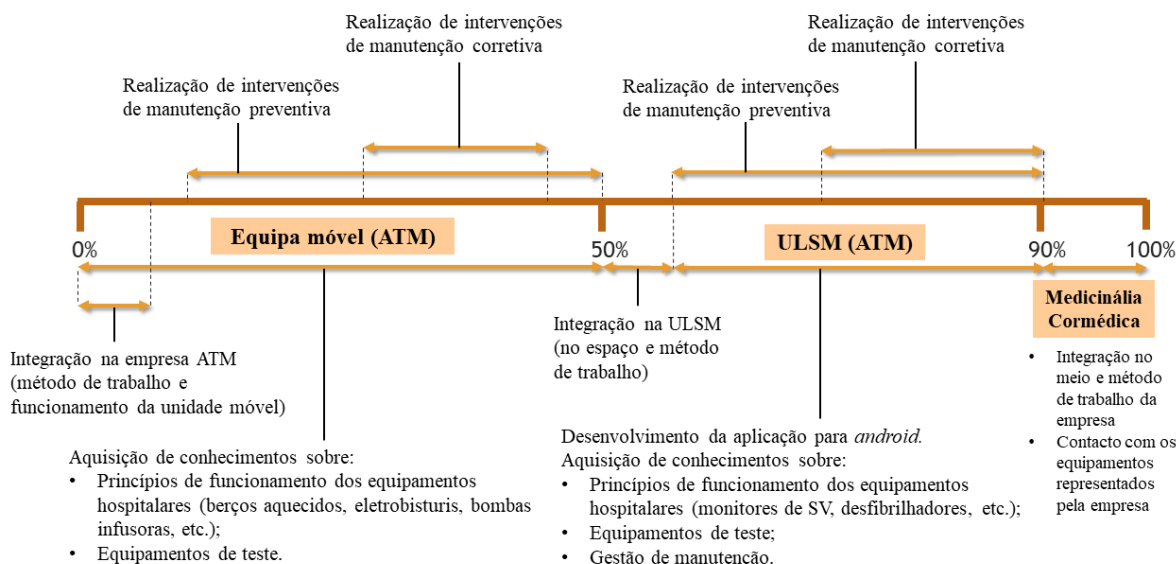


Figura 1 – Cronograma das principais atividades desenvolvidas

1.3 – Estrutura do Relatório

O presente relatório está dividido em seis capítulos e pretende dar a conhecer o trabalho desenvolvido ao longo do estágio bem como os conhecimentos que foram adquiridos ao longo do mesmo.

No segundo capítulo, é efetuada a apresentação das empresas de acolhimento. No entanto, será dado maior ênfase à instituição onde decorreu a maior parte do estágio (ATM), sendo apresentado o seu método de funcionamento, as principais atividades e quais os locais de intervenção técnica. Seguidamente, no terceiro capítulo, é feita uma abordagem da história da engenharia hospitalar, da manutenção e gestão hospitalar, assim como do ciclo de vida dos equipamentos e metrologia e normas pelas quais a manutenção se rege. No capítulo quatro, são apresentados alguns dos equipamentos hospitalares aos quais foram realizadas intervenções de manutenção preventiva e corretiva bem como dos equipamentos de teste necessários à sua consecução. No capítulo cinco é abordado as aplicações móveis de suporte à manutenção preventiva que foram desenvolvidas durante a passagem pela ULSM. Por último, é realizada uma conclusão onde se efetua um balanço de todo trabalho desenvolvido.

2. – Instituição de Acolhimento

O presente estágio curricular surgiu através de uma parceria entre a instituição de ensino, ISEC, e a entidade empresarial, ATM, com o intuito de finalizar a carreira académica no MIB. Neste capítulo, é apresentada a empresa de acolhimento referindo o seu método de funcionamento e as principais atividades (Secção 2.1.1) e os respetivos locais de intervenção técnica onde decorreu o estágio (Secção 2.1.3). Relativamente à empresa Medicinália Cormédica, na Secção 2.2 é feita uma breve abordagem à sua origem e atividades realizadas no término do estágio.

2.1 – ATM – Manutenção Total

A empresa ATM (Figura 2) conta com mais de 25 anos de experiência na área de apoio técnico à indústria e energia, apostando na inovação e confiança como fatores primordiais de sucesso. A presente empresa resulta de um processo de divisão da antiga Efacec – Serviços de Manutenção Assistência, dando origem à ATM – Assistência Total em Manutenção e à Efacec, concretizado em março de 2016. Esta divisão contribui para o elevado crescimento de negócios de manutenção derivados de todas as empresas do universo ATM, tornando a marca mais forte e competitiva. Consequentemente, os valores lucrativos aumentaram cerca de 14 milhões de euros no ano seguinte. Naturalmente, com a expansão no mercado, a entidade apresentou uma variação positiva de 58% no número de trabalhadores de um ano para o outro. Um dos outros benefícios com o sucedido em 2016 foi a redução dos custos financeiros e o aumento do valor acrescentado bruto (Fernandes, 2017).



Figura 2 – Logotipo da empresa ATM (ATM, 2019)

Anteriormente, em 2005, com o objetivo de expandir o mercado em manutenção e consolidar a posição no mercado nacional e espanhol a Efacec uniu-se ao Grupo José de Mello que tinha parceria com a ATM, à empresa Engimais e à Brisa Conservação e Infraestruturas (ATM, 2019).

Apesar da sede desta empresa ser em Lisboa existe uma filial na cidade da Maia, onde decorreu o estágio curricular. No entanto, esta empresa consegue garantir assistência noutros pontos do país através das unidades móveis que apresentam.

2.1.1 – Áreas de Negócio e Principais Atividades da Empresa

A ATM, sendo uma empresa com uma vasta experiência no mercado, apresenta em Portugal e Espanha equipas qualificadas e uma vasta oferta de serviços que garantem aos seus clientes a realização de manutenção e assistência de excelência. Apresenta também soluções de manutenção inovadoras proporcionando uma oferta integrada de serviços nos vários segmentos da sua atividade. Neste sentido as suas áreas de negócio assentam na indústria, energia, saúde e num setor terciário. De toda a gama dos seus serviços as suas principais atividades são: manutenção hospitalar, sistemas AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) e climatização, manutenção industrial, soluções de manutenção, auditorias técnicas, eficiência energética, laboratório de ensaios, soluções de engenharia, operações de socorro e emergência, sistemas de gestão e parques eólicos (ATM, 2019).

No decorrer do estágio, foi possível trabalhar com várias áreas da manutenção hospitalar nomeadamente na instalação de equipamento instrumental médico cirúrgico, manutenção preventiva e corretiva, gestão e controlo de manutenção hospitalar, redes de gases medicinais e integrar equipas especializadas e colaborar com a equipa de assistência técnica 24 horas. Além disto, no que diz respeito aos sistemas de gestão, houve um contacto com sistemas informáticos de manutenção na Unidade Local de Saúde de Matosinhos (ULSM) e com *software* especializado, tendo desenvolvido aplicações para *android*, abordadas no decorrer do relatório, juntamente com o Engenheiro Nuno Bastos.

2.1.2 – Certificações da ATM

A ATM é certificada pela Associação Portuguesa de Certificação (APCER) em Portugal e Espanha, que dão a garantia de qualidade nas atividades que a empresa desenvolve (ATM, 2019).

A presente organização de manutenção é certificada pelas seguintes normas:

- Norma NP EN ISO 9001:2015 – “O Sistema de Gestão da Qualidade”, desde 2018;
- Norma NP 4397:2008 – OHSAS 18001:2007 – “O Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho”, desde 2018;
- Norma NP EN ISO 14001:2015 – “O Sistema de Gestão Ambiental”, desde 2018;
- Norma NP 4492:2010 – “O Serviço de Manutenção”, desde 2018 (ATM, 2019).

A norma NP EN ISO 9001:2015 é a mais utilizada mundialmente sendo uma referência internacional para os sistemas de gestão de qualidade. Tem como benefícios centrais a melhoria no desempenho da organização e na satisfação do cliente, tratar riscos e oportunidades e acesso

a novos mercados. A segunda norma anteriormente mencionada tem como objetivos essenciais diminuir o risco de acidentes e doenças profissionais, a melhoria do desempenho e prevenção nas atividades da instituição, dar suporte e consolidação à organização e maior eficácia e proatividade ao nível do planeamento profissional. A certificação de sistemas de gestão ambiental, citadas no terceiro ponto, constitui uma ferramenta fundamental para as empresas que queiram aumentar o nível de confiança por parte dos clientes, dos colaboradores e da comunidade envolvente, através do compromisso voluntário com o meio ambiente. Esta certificação tem como principais vantagens minimizar os riscos ambientais e reduzir os custos das entidades. A última norma acima referida, relativa aos serviços de manutenção, acarreta benefícios nos contratos de manutenção estabelecidos, na melhoria dos serviços prestados e desempenho da organização, na inovação no mercado, na qualificação das equipas técnicas, uniformização dos conceitos na manutenção e, por conseguinte, reconhecimento e distinção dos concorrentes (APCER, 2019).

2.1.3 – Locais de Intervenção do Estágio

Nesta secção é feita uma descrição das várias instituições públicas e privadas nas quais foram realizadas algumas das principais atividades no decorrer do estágio.

O estágio curricular na ATM dividiu-se espacial e temporalmente em duas partes, sendo que os primeiros três meses decorreram na unidade móvel da ATM e os restantes três ocorreram na ULSM.

2.1.3.1 – Unidade Móvel da ATM

A ATM apresenta várias equipas móveis, altamente qualificadas, para poder dar resposta a todas as necessidades dos clientes através de um serviço de qualidade. Estas unidades estão espalhadas de norte a sul do país com o objetivo de minimizar os tempos de deslocação e dar maior cobertura no território nacional.

Durante o percurso realizado na unidade móvel da ATM (Figura 3), sob a orientação do técnico Armando Bré, existiu a possibilidade de conhecer as instalações da sucursal na Maia e de contactar com várias unidades hospitalares nas quais foi realizada manutenção hospitalar. Esta última realidade contribuiu para o enriquecimento académico enquanto aluno do MIB, uma vez que foram seguidas as orientações fornecidas pelos orientadores desde a execução de manutenção preventiva até às intervenções de urgência. Por outro lado, o presente método de funcionamento da unidade contribuiu para colmatar a capacidade de organização e responsabilidade enquanto técnico de engenharia biomédica, pela necessidade de gestão dos

recursos materiais em tempo útil e de forma adequada para realizar a manutenção planeada no dia-a-dia. A manutenção realizada neste período decorreu nos seguintes locais: Hospital de Braga, Hospital Braga Sul, Hospital CUF Porto, Hospital CUF Viseu e Hospital da Fundação Aurélio Amaro Dinis.



Figura 3 – Veículo da unidade móvel da ATM (ATM, 2019)

2.1.3.2 – Unidade Local de Saúde de Matosinhos

A ULSM (Figura 4) foi fundada a 9 de junho de 1999 no concelho de Matosinhos e integra a rede de Cuidados de Saúde Primários, Cuidados de Saúde Hospitalares e Cuidados Continuados Integrados. Esta foi a primeira Unidade Local de Saúde (ULS) a ser constituída em Portugal, assumindo-se como referência para outros prestadores de cuidados de saúde (Gomes, 2019). Segundo o Serviço Nacional de Saúde (2019), a ULSM tem como missão “prestar um serviço global, integrado e personalizado, com acesso em tempo útil, de excelência técnica e científica, ao longo do ciclo vital, criando um sentido de vinculação e confiança nos colaboradores e nos clientes”.



Figura 4 – Unidade Local de Saúde de Matosinhos (Matosinhos, 2012)

Segundo o Relatório de Governo Societário (2017) a ULSM “tem tido uma procura intensa e tendencialmente crescente” e é classificada entre os prestadores de cuidados de saúde que cumprem os critérios de qualidade em termos de excelência clínica, bem como classificação máxima da segurança do doente, na adequação e conforto das instalações e na focalização do utente. Segundo Cabral (2019), esta ULS foi a primeira instituição de saúde a receber a certificação pela Norma ISO 9001 pelas suas atividades prestadas em todas as unidades de cuidados de saúde.

A segunda metade do estágio decorreu nos cuidados de saúde hospitalares da ULSM, ou seja, no Hospital Pedro Hispano. Durante este percurso foram seguidas as orientações do técnico Nuno Bastos e contactados vários serviços do hospital, nomeadamente o serviço de instalações e equipamentos (SIE), no qual houve a integração na equipa de eletromedicina constituída por profissionais da empresa Serviço de Utilização Comum dos Hospitais (SUCH) e da ATM.

O planeamento de manutenção era realizado no SIE da ULSM, onde se planificava quais os equipamentos que necessitavam de manutenção. No caso das manutenções preventivas, o processo de manutenção era executado presencialmente no local onde o equipamento se encontrava, sem o mesmo precisar de ser transportado ou removido do local. Quando havia manutenções corretivas a realizar, os profissionais do serviço onde o dispositivo médico se encontrava solicitavam um pedido de reparação interno ao SIE. Desta forma, o pedido era processado e analisado pelos profissionais do SUCH que decidiam a necessidade de atuação da ATM nesse processo. Caso a reparação tivesse de ser executada ao abrigo da ATM era aberta uma guia de reparação, onde consta o número de reparação, a data de emissão do pedido, o número de inventário do equipamento, a marca, o modelo, o número de série, o serviço onde se encontra e a informação acerca da avaria.

2.2 – Medicinália Cormédica

A Medicinália foi fundada em 1962 e criada em prol de realizar o comércio de equipamento hospitalar, enquanto que a Cormédica foi fundada em 1977 com objetivo de comercializar produtos de cardiologia. Estas duas empresas distintas foram adquiridas pelo Grupo Werfen em 1998 e 1986, respetivamente. Esta aquisição levou a que em 2008, a fusão das duas empresas referidas anteriormente dessem origem a uma só, chamada de Medicinália Cormédica Lda (Figura 5), mantendo-se no mesmo mercado de trabalho (Medicinália, 2019).



Figura 5 – Logotipo da Medicinália Cormédica (*Medicinália, 2019*)

Esta empresa tem sede em Lisboa e uma filial na cidade de Vila Nova de Gaia, onde é possível encontrar profissionais certificados, com vasta experiência no setor dos equipamentos hospitalares, que permitem, dessa forma, assegurar uma rápida resposta às necessidades dos diversos clientes (Medicinália, 2019).

Durante o decorrer da parte final do estágio curricular surgiu a oportunidade de integração na equipa de serviço técnico da empresa anteriormente referida, onde foram concluídas as atividades do estágio. Durante as últimas três semanas, foram realizadas visitas aos SIE dos hospitais clientes da Medicinália Cormédica com o objetivo de facilitar a integração no meio e método de trabalho na presente empresa. Desta forma, foi realizado um primeiro contacto observacional com os equipamentos hospitalares que a empresa representa, nomeadamente, mesas operatórias, candeeiros cirúrgicos, pendentes, ventiladores de cuidados intensivos e de anestesia, entre outros.

3. – Eletromedicina: Manutenção de Equipamentos Hospitalares

O presente capítulo tem como objetivo expor questões relacionadas à eletromedicina, nomeadamente, a apresentação da evolução da história da engenharia hospitalar, da definição do papel desempenhado pelos engenheiros hospitalares nas unidades de saúde (Secção 3.1), dos vários tipos de manutenção existentes (Secção 3.2), da gestão da manutenção hospitalar (Secção 3.3), do ciclo de vida dos equipamentos (Secção 3.4), da metrologia e normas dos equipamentos hospitalares (Secção 3.5).

3.1 – Evolução da Engenharia e do Papel do Engenheiro Hospitalar

Há milhares de anos atrás, o ser humano procurou alcançar um maior conhecimento acerca da estrutura interna e do modo de funcionamento dos órgãos vitais do corpo humano. No entanto, a falta de instrumentos médicos não permitiu a obtenção de conclusões exatas para ocorrer um avanço científico na saúde. Após o século XVII, as primeiras ferramentas e equipamentos surgiram permitindo compreender objetivamente a natureza do ser humano e proporcionar melhorias na identificação do diagnóstico de algumas doenças (Dyro, 2004).

No início do século XX, a construção de hospitais aumentou significativamente mas o conhecimento médico não cresceu na mesma proporção visto que os cuidados de saúde prestados pelos médicos eram iguais aos cuidados prestados por pessoas sem qualquer tipo de formação, mas com experiência neste meio. Sendo assim, o local de tratamento e recuperação mantinha-se o domicílio dos doentes e os cuidados continuavam a ser prestados pelos parentes e vizinhos dos mesmos, não se aproveitando os benefícios da construção de estruturas hospitalares (Dyro, 2004). Durante a primeira e a segunda guerra mundial, houve um aumento da instrumentalização e, conseqüentemente, do número de técnicos para auxiliar na pesquisa científica, no diagnóstico e tratamento das doenças. Em consequência, estes profissionais precisavam de apresentar conhecimentos especializados em diversas áreas e dominar terminologia médica e técnica. Assim sendo, em meados do século XX, com a inovação tecnológica e a crescente gama de ferramentas hospitalares, surgiu a engenharia hospitalar que contribuiu de forma positiva para o campo da medicina e da prestação de cuidados de saúde (Dyro, 2004).

De acordo com Gerônimo et al. (2017), a engenharia hospitalar abrange um conjunto de recursos, humanos e tecnológicos, que visa planejar, intervir e realizar manutenção em equipamentos biomédicos.

Inicialmente, os engenheiros hospitalares tinham como principal atividade a inspeção, manutenção e reparação de dispositivos médicos. À medida que esta área da engenharia evoluía, os seus profissionais foram obrigados a apresentar conhecimentos especializados neste sector e assim melhorar a sua prática e assistência médica. Hoje em dia, para além da realização dos testes de segurança elétrica e da manutenção preventiva, estes profissionais têm ainda como preocupações adicionais a segurança do utente, as imposições regulatórias e a gestão de equipamentos hospitalares e custos associados (Dyro, 2004). Segundo Ahmed (2017), o engenheiro hospitalar é um profissional que presta apoio técnico e avançado necessário para a segura prestação de cuidados de saúde, através da aplicação de conhecimentos e competências de engenharia e gestão da tecnologia biomédica.

O papel do profissional acima citado apresenta um relevo de elevada importância na prestação de cuidados de saúde, desempenhando uma função multifacetada dado a necessidade de interação com a equipa médica, os administradores dos hospitais e as agências reguladoras. O exercício profissional deste membro da engenharia pode ser desafiador, no entanto, o estabelecimento de uma estreita relação com a equipa médica e hospitalar beneficiam a sua intervenção técnica. De acordo com a ética profissional do engenheiro hospitalar, em todas as intervenções técnicas que este realiza, o principal foco de atenção deve ser o utente, devendo este profissional garantir a eficácia e segurança dos equipamentos (Dyro, 2004). Desta forma, a engenharia influencia proativamente a qualidade de vida dos utentes por meio da prevenção da doença e melhoria da saúde, minimizando ao máximo os custos adjacentes.

De acordo com Dyro (2004), destacam-se as seguintes tarefas do engenheiro hospitalar:

- Planeamento de todos os equipamentos biomédicos;
- Projeto, manutenção e reparação de equipamentos e sistemas médicos;
- Testes de segurança e desempenho do equipamento;
- Inspeção de todos os equipamentos;
- Gestão económica e de stocks;
- Coordenação de serviços e fornecedores;
- Uso de aplicações de engenharia para pesquisa clínica ou avaliação de novos sistemas de monitorização não invasivos;
- Intervenção em instalações clínicas (salas de cirurgia e serviço de medicina intensiva);
- Desenvolvimento e implementação de protocolos conforme as normas aplicadas.

A implementação de tecnologia mais recente em equipamentos médicos potenciou a criação de novas aplicações para os engenheiros hospitalares relativas à implementação, à economia, à

eficácia e à segurança hospitalar. Para além destas inovações, o *design* de sistemas e equipamentos biomédicos está a ser direcionado para uma maior complexidade e automação, conduzindo a um desempenho financeiro crescente das instituições, bem como melhorias no diagnóstico e métodos de tratamento do utente. Assim sendo, à medida que a tecnologia médica progride positivamente, a engenharia hospitalar continua a sofrer modificações de forma a adaptar-se à constante evolução científica (Dyro, 2004). Dadas as modificações na saúde em constante crescimento, referidas anteriormente, torna-se necessário o investimento em novos materiais para possibilitar a realização de intervenções biomédicas e permitir a obtenção de benefícios na gestão da manutenção hospitalar, com o conseqüente aumento da qualidade e vida útil dos equipamentos (Gerônimo et al., 2017). Em suma, a engenharia biomédica nasceu e desenvolveu-se durante o século XX. Considerando o acelerado ritmo de desenvolvimento tecnológico no presente, é impossível prever o desenvolvimento da eletromedicina no futuro. No entanto, é possível afirmar com confiança que a área da engenharia hospitalar terá uma tendência crescente de evolução técnica de elevada importância.

3.2 – Manutenção Hospitalar

Os equipamentos, desde a sua produção, estão sujeitos a um processo de deterioração, particularmente se estiverem em atividade ou funcionamento para o qual foram concebidos. Para se atingir um nível máximo de eficiência é necessário que os equipamentos sejam mantidos nas melhores condições de funcionamento. Assim sendo, todos os equipamentos devem sofrer inspeções e reparações (preventivas e corretivas), que permitam suprimir falhas e substituir peças, para alcançar as melhores condições de funcionamento. A todas as ações que englobam manter ou melhorar o desempenho de um equipamento dá-se o nome de manutenção (Brito, 2003).

A manutenção não é uma atividade somente requerida em ambiente hospitalar, existindo definições generalistas sobre essa área com aplicabilidade à manutenção dos equipamentos biomédicos. A NP EN 13306:2007, também ela generalista, define manutenção como todas as ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um equipamento destinadas a mantê-lo ou restaurá-lo para um estado no qual ele possa executar a sua função. Define também o objeto da manutenção sendo a parte, o componente, o dispositivo, a unidade funcional, o equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente durante um determinado espaço temporal (Simões, 2018).

De acordo com Brito (2003), a manutenção consiste num conjunto de ações e intervenções realizadas ao longo da vida útil do equipamento, que têm como função manter ou repor a sua operacionalidade e garantir o seu bom funcionamento.

O principal objetivo da manutenção é prevenir a ocorrência de avarias, impedir a redução do rendimento dos equipamentos e, assim, alcançar uma elevada taxa de produtividade dos mesmos. Fatores como a segurança, a qualidade, o custo da reparação e a disponibilidade devem ser analisados dado que poderão, de algum modo, criar situações divergentes ao objetivo. A manutenção permite criar condições para a deteção, avaliação e controlo dos riscos potenciais a que os operadores possam estar sujeitos, contribuindo para a segurança não só dos operadores mas também dos equipamentos e, de forma global, da comunidade. Para que a qualidade do serviço prestado seja alcançada, todos os equipamentos devem proporcionar altos rendimentos para a sua finalidade, com tendência para o “zero defeito”. Todas as ações de manutenção devem ter em conta a minimização do custo da reparação a realizar, pois a intervenção poderá não ser viável. Todos os equipamentos devem estar disponíveis para a sua utilização, sendo que o tempo de inoperacionalidade destes deve ser reduzido ao mínimo, quer o motivo de imobilização seja uma avaria ou uma falha no planeamento da manutenção (Brito, 2003).

A realização de manutenção em equipamentos hospitalares tem como vantagens a redução de custos em situações de avarias, a diminuição de reparações de urgência, a identificação e correção antecipada de anomalias, a planificação dos padrões gerais de intervenção, a promoção da segurança, integridade e confiabilidade dos dispositivos (Fregatti, Oliveira, & Filho, 2015). Assim sendo, como sistematizado na Figura 6 abaixo, constata-se que esta atividade é de relevante importância para a economia das instituições e para o meio ambiente dado que as exigências crescentes da qualidade e desenvolvimento tecnológico dos equipamentos originam o aumento de produção e podem contribuir para o esgotamento de matérias-primas. Por outro lado, com o avançar do tempo os equipamentos sofrem um desgaste físico, colocando em causa a segurança das pessoas que usufruem dos cuidados prestados com auxílio destes dispositivos, sendo fundamental a realização de intervenções de manutenção (Brito, 2003).



Figura 6 - Importância da manutenção (adaptado de Brito (2003))

3.2.1 – Tipos de Manutenção

A NP EN 13306:2007 define os diferentes tipos de manutenção conforme ilustrado na Figura 7. Assim sendo, considera-se que existem dois tipos de manutenção base, que são a manutenção planeada e a não planeada. O primeiro tipo de manutenção mencionada, é realizada de modo a prevenir a ocorrência de avarias nos equipamentos, designando-se assim por manutenção preventiva, podendo esta ser realizada de forma sistemática ou condicionada. Por outro lado, a manutenção não planeada é realizada quando ocorre uma avaria num equipamento, necessitando este de intervenção corretiva (Simões, 2018).



Figura 7 – Tipos de manutenção (adaptado de NP EN 13306:2007, (Simões, 2018))

3.2.1.1 – Manutenção Planeada

A manutenção planeada é organizada e definida com antecedência, através da realização de um plano de manutenção, permitindo definir previamente as estratégias e as intervenções a colocar em prática num determinado período ou de acordo com os critérios estabelecidos pelos fabricantes. Assim sendo, é denominada de manutenção preventiva.

Segundo a NP EN 13306:2007, a manutenção preventiva é realizada em intervalos de tempo predeterminados e destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento do equipamento (Simões, 2018).

Este tipo de manutenção possibilita o acompanhamento dos equipamentos, através de monitorização, permitindo, assim, prever a proximidade de ocorrência de uma anomalia, irregularidade ou falha que justifique a intervenção, mesmo que esse problema não tenha causado o não funcionamento imediato do equipamento. Assim sendo, programar/planear a manutenção e executar a intervenção previamente para solucionar um potencial problema futuro é uma das características da manutenção preventiva, permitindo garantir a segurança e funcionalidade do dispositivo. Dentro das intervenções possíveis está incluído a lubrificação, limpeza (ex.: filtros) e substituição de peças desgastadas ou que tenham uma vida útil a terminar (ex.: sensor de oxigénio) (Fregatti et al. (2015) corroborado por WHO (2011)).

De acordo com Gerônimo et al. (2017), a correta e eficaz intervenção preventiva baseia-se no plano de manutenção previamente realizado pelo engenheiro. Neste plano são determinadas as intervenções a serem realizadas nos equipamentos com o fim de evitar avarias no futuro. Analisando o plano é possível verificar as peças que necessitam de substituição e o período em que a realização dessas intervenções devem ser concluídas. No entanto, a execução e organização desta manutenção varia entre os diferentes equipamentos, dado os seus distintos índices de desempenho.

Relativamente à manutenção preventiva sistemática, consiste na manutenção efetuada a intervalos de tempo predeterminados ou segundo um número definido de utilização mas sem controlo prévio do estado do equipamento. Assim sendo, as intervenções são programadas segundo uma periodicidade preestabelecida independentemente do estado em que se encontra o dispositivo. Revisões, inspeções, lubrificações e substituição de componentes com custo reduzido são alguns exemplos de intervenções que se enquadram na manutenção sistemática (Marques, 2016).

Este tipo de manutenção tem como vantagens a predeterminação do custo da intervenção de manutenção, a simplificação da gestão financeira e a possibilidade de programação da intervenção quando o equipamento não estiver a ser utilizado. Por outro lado, apresenta também desvantagens na sua utilização, nomeadamente, o custo de operação ser elevado devido à sua periodicidade, maior probabilidade de erro humano dada a frequência da intervenção e, consequentemente, o aumento do risco de novas avarias tendo em conta a multiplicidade de intervenções (Brito, 2003).

No que diz respeito à manutenção preventiva condicionada, a realização da intervenção de manutenção recorre à vigilância do funcionamento e estado do dispositivo. Desta forma, o gestor tem a possibilidade de planear a manutenção caso identifique mau funcionamento no equipamento ou aproximação de perda da sua função (Marques, 2016). Esta manutenção apresenta uma técnica de previsão que permite determinar a taxa de falha de certos componentes substituíveis (ex.: baterias e válvulas), permitindo a sua troca antes que ocorra uma falha, garantindo que o equipamento continue a funcionar de forma fiável. Este tipo de manutenção é realizado maioritariamente em instalações hospitalares que apresentam um grande número de dispositivos biomédicos do mesmo modelo ou fabricante (WHO, 2011)

A manutenção referida anteriormente tem como vantagens o aumento da longevidade dos equipamentos, um controlo mais eficaz de peças de reserva e sua limitação, um menor custo de reparação e aumento de produtividade (Marques, 2016).

A manutenção preditiva é a manutenção condicionada efetuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise do estado de funcionamento do equipamento (Simões, 2018). Segundo Gerônimo et al. (2017), a manutenção preditiva permite a garantia da qualidade do serviço uma vez que tem como fundamento principal a monitorização e supervisão, objetivando a redução das manutenções preventivas e corretivas.

De acordo com Dyro (2004), após a realização de intervenções de manutenção preventiva é necessário garantir que os equipamentos sejam mantidos dentro dos limites impostos pelos critérios de teste, sendo imprescindível a realização de testes de segurança elétrica e desempenho para identificar riscos que sejam prejudiciais para a saúde dos utentes e profissionais que utilizam os dispositivos hospitalares.

3.2.1.2 – Manutenção Não Planeada

A manutenção não planeada integra a manutenção corretiva que segundo a NP EN 13306:2007, é realizada após o reconhecimento da avaria e tem como função colocar um equipamento no estado no qual consiga executar a sua função (Simões, 2018).

Segundo Gerônimo et al. (2017), a manutenção referida anteriormente, tem como objetivo a restituição do funcionamento do equipamento através de intervenções imediatas e de curto prazo enquanto que alguns autores dividem a manutenção corretiva em programada e de emergência. A primeira exige estudos estatísticos que comprovem a ocorrências de falhas ou intervenções corretivas programadas com antecedência, enquanto a segunda ocorre sem nenhuma previsão.

Através da manutenção corretiva são fornecidas informações essenciais para a análise do desempenho e repetibilidade da falha dos equipamentos, sendo de extrema utilidade para a realização de um plano de manutenção preventiva (Fregatti, Oliveira, & Filho, 2015).

Os problemas na manutenção iniciam-se com pequenas falhas que, resolvidos a tempo, impedem avarias nos equipamentos e dificuldades em grandes serviços hospitalares. No entanto, o diagnóstico preciso da falha num dispositivo pode ser simples ou extremamente complexo. Para identificar a falha num equipamento deve-se, primeiramente, verificar a conexão dos cabos e a continuidade dos fusíveis (por ex.: a causa de um fusível queimado pode ser uma falha interna de um componente, mas também proveniente de um pico transitório na fonte de alimentação). Caso a falha se mantenha, deve ser replicada em condições de segurança. Contudo, existem falhas que podem ser difíceis de replicar, dado que podem ocorrer apenas sob certas condições clínicas dos utentes. Por outro lado, se não se conseguir replicar o erro, existe a possibilidade da causa se encontrar no utilizador do equipamento e ter origem devido ao conhecimento inadequado ou algum equívoco na sua utilização. Assim sendo, realizar ensinamentos e treinar os utilizadores devem ser medidas a adotar para evitar que este erro se repita (Dyro, 2004). Após qualquer procedimento de manutenção corretiva é necessário realizar testes de segurança para garantir que o equipamento está a funcionar corretamente e em segurança de acordo com o fabricante.

Segundo o autor anteriormente citado, a experiência do profissional favorece a eficácia na decisão das estratégias a adotar para a identificação da causa da falha no menor tempo possível. Para além disto, o profissional deve sempre recolher toda a informação fornecida pelo utilizador dado poder contribuir para a identificação precisa da causa da falha. Contudo, nunca será

possível eliminar por completo as intervenções de reparação, apesar dos planos de manutenção ajudarem a impedir a ocorrência de falhas previsíveis.

Segundo Simões (2019), a NP EN 13306:2007 os termos de falha e avaria são praticamente sinónimos e utilizam-se indistintamente. No entanto, Cabrita e Cardoso (2015) considera, como nota adicional, que o termo avaria pode ser utilizado com maior amplitude, para um equipamento como um todo, enquanto o termo falha em sentido mais restrito, dirigido apenas ao órgão ou sistema. Para além disso, considera que ambos os termos, anteriormente mencionados, são um acontecimento ou evento em que a avaria é reparável e a falha é irreversível e a peça ou sistema necessita de ser substituído.

3.3 – Gestão da Manutenção Hospitalar

O progresso tecnológico que tem vindo a ocorrer em ambiente hospitalar, para além da evolução da qualidade na prestação de serviços de saúde, promoveu também a complexidade e o aumento do número dos equipamentos hospitalares, obrigando à realização de uma boa gestão de manutenção e dos custos associados às intervenções realizadas pelos engenheiros hospitalares. Desta forma, a manutenção hospitalar deixou de compreender apenas a realização de manutenção corretiva em equipamentos e passou a ter uma importância significativa na tomada de decisão dos gestores e no alcance dos objetivos da instituição (Dyro, 2004).

Segundo a NP 4492 (2010), as atividades ligadas à manutenção têm, hoje em dia, uma influência considerável nos custos de operação, pesando cada vez mais no orçamento das organizações. Na tentativa de equilibrar a situação e minimizar os riscos de negócio, as empresas esforçam-se para reduzir os constrangimentos orçamentais, reclamados pelos gestores, e manter a qualidade de serviço esperada pelos utilizadores dos equipamentos. Na tentativa de resolução desta situação, as empresas impõem aos seus fornecedores requisitos de certificação relativos aos Sistemas de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança.

Segundo Gerônimo et al. (2017), a gestão da manutenção nas instituições é um fator primordial para alcançar a qualidade e confiabilidade dos equipamentos, sendo fundamental um investimento económico em ferramentas que auxiliem na melhoria contínua dos indicadores de manutenção. Este autor defende ainda que a confiabilidade de um equipamento promove o alcance da qualidade e atua como fator decisivo para a tomada de decisão dos gestores, pela procura da satisfação das necessidades e expectativas dos clientes. Desta forma, a manutenção hospitalar deve promover a concretização dos objetivos da produção, aumentando a confiabilidade e potencializando os recursos técnicos existentes, contribuindo para que as

intervenções sejam realizadas com a total segurança e qualidade. De acordo com Fregatti et al. (2015), para alcançar a confiabilidade e qualidade dos equipamentos biomédicos, é necessário realizar um plano de manutenção de forma a prevenir falhas técnicas, promover a vida útil dos equipamentos e auxiliar na redução dos custos associados à manutenção.

A gestão da manutenção nos dias atuais é uma área de grande relevância dentro de uma instituição hospitalar, tendo como parte constituinte do sistema de saúde engenheiros hospitalares competentes que contribuem para a garantia necessária de segurança, confiabilidade e eficiência na utilização de dispositivos médicos. Segundo Dyro (2004), estes profissionais ao terem disponível tecnologia nova e inovadora conseguem identificar os equipamentos de baixa qualidade e ineficientes com uma maior rapidez, facilitando a entrada de novos equipamentos médicos no mercado hospitalar. O contributo do engenheiro hospitalar promoveu um ambiente de segurança no que diz respeito à utilização de tecnologia biomédica, que se espelha num atendimento mais eficiente e eficaz na relação estabelecida com o utente. Contudo, a segurança e eficácia dos dispositivos e sistemas hospitalares depende do seu modo de utilização e de fatores como a temperatura do local onde se encontram os equipamentos, o sistema de rede elétrica, o sistema de gases medicinais, o sistema de saneamento e abastecimento de água. Desta forma, tendo em conta a interação dos dispositivos médicos com outros sistemas de utilidade, os engenheiros hospitalares devem colaborar com outros profissionais da instituição hospitalar de forma a otimizar a capacidade total de utilização do equipamento biomédico.

Para apoiar as organizações na concretização dos seus objetivos, consciencialização dos seus deveres e compromissos quanto à satisfação das necessidades e expectativas dos seus clientes a NP EN *International Organization for Standardization* (ISO) 9000 (2015) estabelece os sete princípios de gestão da qualidade, sendo eles, o foco no cliente, a liderança, o comprometimento das pessoas, a abordagem por processos, a melhoria, a tomada de decisão baseada em evidências e a gestão das relações.

De acordo com Dyro (2004), para realizar a gestão dos recursos materiais disponíveis devem ser adotadas estratégias de manutenção e calibração por contribuírem para a melhoria da eficiência na gestão de equipamentos médicos ao longo do tempo. No entanto, as procuras de novas estratégias devem ser sempre mantidas e consideradas, principalmente as que potenciarem o aumento da eficiência dos dispositivos dada a sua contribuição na redução do risco de falhas técnicas. A gestão de custos, embora muitas vezes negligenciada pelo corpo clínico, é uma etapa fundamental que não deve ser desconsiderada para não exceder o capital institucional existente. No entanto, haverá sempre estratégias novas a serem consideradas,

provocadas por inovações tecnológicas e melhorias nas formas de gestão ou por alterações no poder económico das organizações. Desta forma, nenhuma das estratégias deve ser considerada de forma independente devendo-se ter em conta as já existentes e a busca contínua de novas formas de gestão em busca do aumento da eficiência.

Um grande problema na gestão dos equipamentos hospitalares consiste no facto de obter o equipamento disponível aquando da necessidade de realização da manutenção e a acessibilidade ao dispositivo ser, por vezes, demorada. Uma característica que contribuí para contornar este obstáculo, prende-se com a experiência e conhecimento do método de trabalho local dos hospitais. Dado a problemática da questão, uma alternativa simples para ultrapassar esta barreira é vincular a atividade de manutenção preventiva (que inclui a realização de testes de segurança e de desempenho) de todos os dispositivos, pelo menos, de doze em doze meses. Contudo, existem dispositivos que necessitam de realização de intervenções de manutenção preventiva com maior ou menor frequência do que o período anteriormente referido, de acordo com o tipo de equipamento ou com o número de horas de utilização. Por exemplo, no caso dos ventiladores de cuidados intensivos, este tipo de manutenção é efetuado anualmente ou quando atingir o limite de horas estipuladas pelo fabricante. No que diz respeito à substituição das baterias dos equipamentos hospitalares, normalmente de dois em dois anos, uma estratégia que pode ser utilizada para aumentar a eficácia da sua gestão, é realizar essa troca aquando do momento da intervenção da manutenção preventiva (Dyro, 2004).

Outro problema associado à gestão de equipamentos hospitalares é relativo à disponibilidade e armazenamento de peças, dado que pode originar a que peças de elevado valor se tornem obsoletos no tempo. Assim sendo, uma estratégia que pode ser adotada para minimizar este impacto, consiste em utilizar peças que são recuperadas de dispositivos destinados a abate para realizar reparações. No entanto, apesar desta técnica contribuir para melhorar a disponibilidade de peças, a qualidade e a confiabilidade a longo prazo podem ficar comprometidas. Desta forma, é necessário adotar uma estratégia relativamente à gestão de peças que minimize o tempo de reparação e também que seja eficiente e segura economicamente. Para tal, é fundamental gerir o tempo de chegada do material, a qualidade das peças e o nível do stock existente (Dyro, 2004).

Segundo Ezzeddine, Schutz, e Rezg (2015), a gestão de camas é também um complexo problema nos centros hospitalares, uma vez que é dos recursos mais caros e que definem a capacidade de utentes que um hospital consegue suportar.

A gestão da tecnologia biomédica deve ser cumprida proporcionando a qualidade necessária para prevenir a suscetibilidade de avarias técnicas. Assim sendo, esta gestão é uma disciplina central da engenharia hospitalar fazendo parte desta o planeamento da manutenção preventiva e corretiva, a avaliação do estado do equipamento, garantia da sua qualidade e necessidade de novas aquisições.

Dado o elevado custo económico e a complexidade da nova tecnologia de equipamentos biomédicos, as instituições precisam de realizar um plano de manutenção bem estruturado de forma a sistematizar a gestão hospitalar. Fregatti et al. (2015), define como plano de manutenção um conjunto de diretrizes que permitem orientar, estruturar, sistematizar e padronizar a manutenção preventiva. Este plano tem como objetivo principal identificar a técnica mais adequada para realização da manutenção de acordo com o tipo de equipamento que necessita de intervenção (Gerônimo et al., 2017). A realização de um plano de manutenção tem como vantagens o aumento da capacitação de novos técnicos, a melhoria da confiabilidade nas intervenções realizadas, o auxílio no diagnóstico de possíveis erros na otimização da operação e a ajuda na delegação de atividades básicas da manutenção (Gerônimo et al., 2017).

Segundo Dyro (2004), para a elaboração deste plano, o engenheiro hospitalar necessita de apresentar conhecimentos detalhados acerca dos recursos materiais necessários para a execução da intervenção de manutenção, dos requisitos de manutenção e definir as intervenções prioritárias. Os recursos necessários incluem a mão de obra, os materiais e os custos associados à intervenção a realizar. Se a manutenção for contratada esses custos estão incluídos, embora nalguns contratos o custo possa não estar incluído no mesmo. O autor anteriormente citado refere que para estabelecer os requisitos de manutenção de um certo equipamento é necessário ter em conta a condição atual do mesmo e o seu histórico de manutenção. No entanto, caso não seja possível aceder a este histórico, através da realização de testes e verificações da condição do bom funcionamento do equipamento é possível determinar o estado do dispositivo. Para além disto, antes da realização da manutenção é importante estabelecer a estrutura regulatória sobre a qual o trabalho deve ser realizado, de forma a garantir a conformidade com os requisitos locais. Estes requisitos variam de acordo com a localização, o tipo de equipamento e a natureza da operação de assistência médica. O planeamento da manutenção deve ser uma tarefa realista e viável, sendo necessário para tal o foco nos principais requisitos da manutenção, como a substituição de baterias, até às situações mais críticas, como os ventiladores.

Assim sendo, é benéfico a realização de um plano de manutenção numa instituição hospitalar a fim de detalhar o estado de manutenção de todos os equipamentos médicos e detetar os pontos com maiores falhas, contribuindo para uma melhoria significativa no processo de gestão da

manutenção hospitalar e, conseqüentemente, para o alcance das metas estabelecidas pelas organizações de saúde. A gestão dos cuidados de saúde continua a se entrelaçar com níveis mais altos de tecnologia e sistemas mais complexos, aumentando a necessidade de maiores conhecimentos por parte do engenheiro hospitalar.

Segundo Ahmed (2017), o engenheiro hospitalar deve garantir uma relação custo-benefício segura e apropriada para atender a disponibilidade de equipamentos, sendo para tal necessário adotar estratégias de gestão. O departamento de engenharia hospitalar, com a parceria de outros profissionais, tais como fornecedores de serviços de equipamentos, fabricantes, prestadores de serviços, serviços compartilhados e engenheiros internos hospitalares e técnicos biomédicos de equipamentos, apresenta condições para organizar, gerir e avaliar a tecnologia biomédica. No entanto, cabe ao serviço administrativo verificar os relatórios relativos às manutenções e analisar as despesas relacionadas com as intervenções efetuadas. Desta forma, cabe ao engenheiro hospitalar assumir a responsabilidade pelo planeamento e gestão da manutenção dos equipamentos, desenvolvendo métodos e procedimentos de forma a minimizar os custos das intervenções e salvaguardar o poder económico para utilizar em situações de urgência nos equipamentos de alto risco.

Em suma, segundo a NP EN 13306:2007 que define a Terminologia de Manutenção, a gestão da manutenção diz respeito a todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, as estratégias e as responsabilidades, e que são implementadas por diversos meios tais como o plano de manutenção, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos (Simões, 2018).

3.4 – Ciclo de Vida dos Equipamentos Hospitalares

Segundo Dyro (2004), o ciclo de vida de um equipamento hospitalar contempla duas fases (extra e intra-hospitalar), com oito etapas principais, tal como demonstrado na Figura 8. Relativamente à fase intra-hospitalar, devem ser consideradas todas as etapas para alcançar uma boa gestão. Lacunas com origem nas fases iniciais do ciclo de vida dos dispositivos potenciarão problemas nas etapas seguintes, como por exemplo, se as capacidades de manutenção forem consideradas na aquisição do equipamento, isto poderá minimizar os desafios potencialmente presentes na posterior etapa da manutenção.

Assim sendo, compreender o ciclo de vida de um equipamento é uma etapa fundamental para a gestão dos recursos humanos e financeiros de uma instituição.

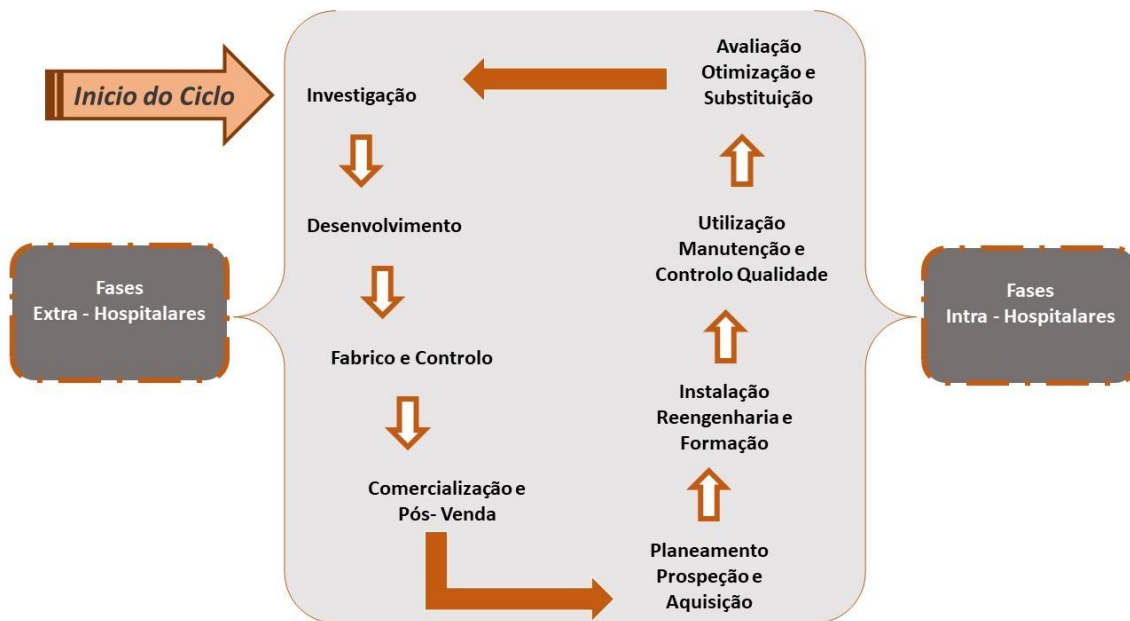


Figura 8 – Ciclo de vida de um equipamento hospitalar (adaptado de *Dyro, 2004*)

Na Figura 9 é possível observar a utilização de uma tecnologia de saúde através da respetiva intensidade de uso de acordo com o tempo, sendo possível evidenciar algumas fases ao longo do seu ciclo de vida que variam desde a inovação até à obsolescência.

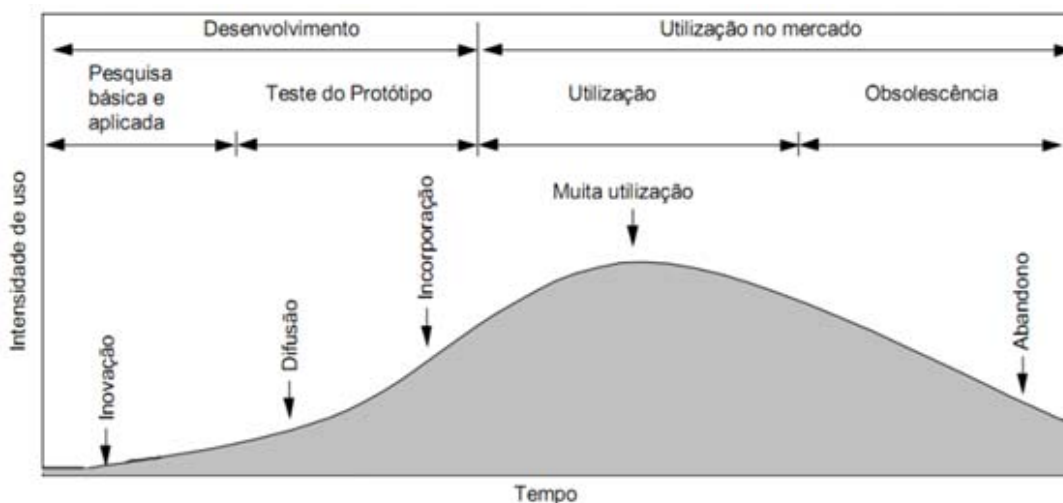


Figura 9 – Utilização de um equipamento em função do seu tempo de vida (*Sônego, 2007*)

Com base no ciclo de vida é possível adquirir informações e dados relevantes acerca do dispositivo que permitem determinar o seu período de funcionamento de forma a detetar o momento ótimo para realizar uma manutenção hospitalar.

Segundo Sônego (2007), um dispositivo médico resulta de um processo de inovação em que é realizada uma avaliação preliminar, de forma pró-ativa, em busca da elaboração de um projeto e avaliar as novas tecnologias seguido da criação de um protótipo antes de ser lançado no

mercado. Seguidamente, é executado uma avaliação focada onde ocorre o lançamento do primeiro equipamento. É neste processo de difusão que se concentram os primeiros testes com o objetivo de averiguar a necessidade de alterações do equipamento, sendo com base nesses resultados que ocorre o processo de autorização de comercialização e posterior integração/incorporação num estabelecimento hospitalar. Com aquisição do equipamento, este entra numa fase de maior utilização levando a que o dispositivo chegue a um pico de uso, onde o papel da manutenção preventiva é fundamental para que neste não surjam falhas originando a paragem do equipamento. Contudo, apesar das intervenções de manutenção realizadas no dispositivo ao longo do seu ciclo de vida, com o passar dos anos, este vai sofrendo um desgaste que impede o desempenho das suas funções, contribuindo assim para a sua obsolescência. Este estado de um dispositivo médico surge da falta das suas qualidades iniciais que impedem o mesmo de executar as funções pretendidas e contribuindo de forma negativa para o desenvolvimento dos procedimentos médicos que requerem melhores resultados e qualidade. De uma forma geral, a manutenção preventiva é importante para a longevidade de um equipamento tecnológico, garantindo a eficácia, segurança, rentabilidade e qualidade, possibilitando a melhor prestação de cuidados de saúde aos utentes e diagnósticos mais concretos, proporcionando um tratamento mais eficaz.

Existem vários fatores que podem influenciar o ciclo de vida de um equipamento, sendo classificados em três categorias distintas, sendo elas as condições físicas, as situações funcionais e relacionadas com a propriedade (Gehrke, 2007).

- Condições físicas:
 - Danos por acidente (choques, quedas e quebras);
 - Danos por catástrofe (incêndios e terremotos);
 - Deterioração pelo tempo (exposição a elementos destrutivos tais como a ferrugem, elementos químicos e variações de temperatura);
 - Danos e desgaste pela utilização (fricção, impacto, vibração e compressão).
- Situações funcionais:
 - Inadequadas (quando não corresponde às necessidades do equipamento);
 - Obsolescência (inovação de equipamentos e tecnologias mais eficazes);
 - Interferência do utilizador (má utilização e falta de formação para o manuseamento equipamento).
- Situações relacionadas com a propriedade:
 - Fim da necessidade (sessação de utilização de certos equipamentos em prol de outros objetivos da instituição);

- Abandono do equipamento (desvantagens físicas e económicas em relação a outros dispositivos);
- Exigências de órgãos públicos (equipamentos devem ser retirados em benefício de outros por questões de segurança, evolução e acompanhamento de normas).

3.5 – Metrologia e Normas dos Equipamentos Hospitalares

Em ambiente hospitalar os utentes e os profissionais de saúde podem ser submetidos a situações de perigo no contacto com certos equipamentos que apresentem alguma não conformidade. Por outro lado, apesar do conhecimento e experiência médica serem fatores consideráveis para o diagnóstico e tratamento adequado, a precisão e funcionalidade dos dispositivos hospitalares são cruciais para o sucesso dos cuidados de saúde prestados aos utentes. Neste sentido, de forma a minimizar os riscos de acidente é necessário o conhecimento e o controlo das fontes de risco em unidades hospitalares. Assim sendo, é muito importante ter consciência das recomendações, especificações e diretrizes a serem cumpridas tanto na instalação elétrica da instituição como nas características dos equipamentos.

Existem entidades ou sistemas internacionais de gestão que fazem estudos acerca dos níveis de risco dos equipamentos, elaborando normas e procedimentos adotados pelas instituições de saúde que asseguram a segurança dos equipamentos biomédicos. O cumprimento das recomendações e normas internacionais para equipamentos hospitalares é determinado pelo processo de certificação, em que são verificados se os desvios dos valores de saída não excedem os limites definidos pelo campo da metrologia para o dispositivo ser considerado seguro na sua utilização. A avaliação da conformidade de um equipamento é um processo que tem como objetivo comprovar se os requisitos deste foram tidos em consideração na sua conceção, produção e manutenção (Badnjevic, Cifrek, Magjarevic, & Dzemic, 2018).

As normas internacionais assumem um papel essencial por permitirem a garantia da segurança e qualidade dos equipamentos biomédicos. Desta forma, se um equipamento estiver em conformidade com as normas, os profissionais de saúde têm a certeza de que o mesmo é seguro e fiável contribuindo para a satisfação dos consumidores e a redução do impacto ambiental (ISO, 2019). Assim sendo, o principal foco das instituições que certificam equipamentos centra-se no bem-estar do paciente.

Existem várias normas internacionais segundo as quais se rege o bom funcionamento dos equipamentos. No entanto, todas têm como objetivo comum a certificação da segurança e qualidade das funções dos dispositivos, com a verificação dos limites estabelecidos através das inspeções/verificações de desempenho (Badnjevic et al., 2018).

No que diz respeito ao anteriormente referido existe uma norma elaborada pela *International Electrotechnical Commission* (IEC), norma IEC 60601, que rege os parâmetros de segurança elétrica para os equipamentos de eletromedicina. Segundo IEC 60601-1 (2005), um equipamento elétrico médico é definido como um equipamento que tem uma parte aplicada ao paciente e/ou lhe transfere energia ou deteta tal transferência de energia para ou do paciente e que é provido com não mais do que uma ligação a uma fonte de alimentação e é destinado, pelo fabricante, a ser utilizado no diagnóstico, tratamento ou acompanhamento de um paciente.

Para o fim de avaliar a conformidade, os equipamentos são divididos em diferentes classes de risco para o utilizador (IEC 60601:2005 e IEC 62353:2007 como referido por Medical (2019)), classifica os equipamentos contra o choque elétrico em duas classes:

- Classe I – Proteção do equipamento contra choques elétricos por proteção adicional ao isolamento básico, através de ligações à terra;
- Classe 2 – Proteção do equipamento contra choques elétricos por proteção adicional ao isolamento básico por meio de isolamento suplementar ou duplo que é fornecido, desde que não haja conexão do metal exposto do equipamento a um condutor de proteção.

Este autor refere ainda que os equipamentos podem ser classificados, relativamente às partes aplicadas, de três formas distintas:

- Partes aplicadas do tipo B – partes aplicadas que asseguram a proteção contra choques elétricos com ligação à terra;
- Partes aplicadas do tipo BF – as partes aplicadas do tipo F (parte aplicada no qual as ligações com o utente estão isoladas das outras partes do equipamento) asseguram um maior grau de proteção contra choques elétricos relativamente ao tipo B;
- Partes aplicadas do tipo CF – as partes aplicadas do tipo F asseguram um maior grau de proteção contra choques elétricos relativamente ao tipo BF;
- Partes aplicadas à prova de desfibrilhação – são partes aplicadas protegidas apenas contra descargas elétricas no qual as ligações com o utente estão isoladas das outras partes do equipamento.

4. – Manutenções realizadas durante o Estágio Curricular

No presente capítulo são abordados alguns dos equipamentos de teste utilizados para a realização das intervenções de manutenção ao longo do estágio (Secção 4.1). Seguidamente, são analisados os equipamentos hospitalares com os quais tive um maior contacto neste período (Secção 4.2), sendo feita uma pequena abordagem teórica inicial com o intuito de explicar o seu modo de funcionamento e, de seguida, uma descrição das intervenções de manutenção hospitalar realizadas.

4.1 - Equipamentos de Teste

Os equipamentos de teste ou de apoio à manutenção, assim como o nome o indica, são dispositivos que têm como objetivo auxiliar os técnicos certificados a realizar as intervenções de manutenção. Por outro lado, permitem a recolha de informações relevantes acerca do equipamento que está a ser testado e se este se encontra em modo operacional para utilização pelos profissionais de saúde dos diversos serviços hospitalares (Badnjevic et al., 2018).

Nesta passagem pela ATM foi possível estar em contacto com diversos equipamentos deste tipo, pelo que se verificou que os mesmos contribuem para a garantia da confiabilidade e segurança geral dos dispositivos hospitalares, fornecendo dados importantes para o preenchimento dos protocolos de conformidade que são necessários para assegurar o bom funcionamento do equipamento. Contudo, estes equipamentos de teste também têm de ser sujeitos a uma calibração rigorosa normalmente executada por instituições externas certificadas. Foi também verificado que um dos principais investimentos que uma empresa de prestação de serviços de manutenção, da área de electromedicina, apresenta é a aquisição e manutenção dos seus próprios equipamentos de teste certificados de forma a enriquecerem o seu serviço com a garantia da conformidade dos equipamentos hospitalares, de acordo com as normas internacionais.

4.1.1 – Segurança Elétrica

Um dos dispositivos de teste mais utilizados no decorrer do presente estágio curricular, foi o equipamento de teste de segurança elétrica Fluke ESA620 e o Rigel 288 (ilustrado na Figura 10). Estes equipamentos apresentam uma tecnologia altamente inteligente que permitem realizar todos os testes de segurança elétrica garantindo que um determinado equipamento hospitalar apresente segurança, prevenindo choques elétricos aos utilizadores e aos pacientes.



Figura 10 – Equipamentos de teste de segurança elétrica da ATM (*Fonte própria*)

4.1.2 – Eletrobisturis

O equipamento de teste de eletrobisturis utilizado no decorrer do estágio foi o *Fluke QA-ESII Electrosurgery Analyser* (Figura 11). Esta ferramenta permite analisar e testar os diversos eletrobisturis, auxiliando a realização da manutenção preventiva. Foram efetuados vários testes de potência de utilização do eletrobisturi, tanto no modo monopolar como no modo bipolar, que permitem fazer uma avaliação tendo em conta a sua conformidade, em relação às normas e à sua segurança.

De acordo com Electrosurgery (2019), este dispositivo tem a capacidade de efetuar análises a unidades electrocirúrgicas de forma rápida e com uma leitura de $\pm 2\%$ de precisão até 20 mA. Por outro lado, apresenta um software que permite aos utilizadores executar testes aos equipamentos e produzir relatórios de forma automática.



Figura 11 – Equipamento de teste de eletrobisturis (*Fonte própria*)

4.1.3 - Desfibriladores

Com um equipamento de teste de desfibriladores Metron QA-40 (Figura 12) podemos simular as descargas energéticas de um desfibrilhador com o intuito de medir os valores das mesmas de forma a permitir a veracidade dos resultados que o mesmo debita para o paciente. Trata-se de um equipamento portátil que tem como características possuir uma resistência interna de 50Ω (aproximadamente a impedância do corpo humano) e ser responsável de aferir o bom funcionamento e desempenho do equipamento essencial para a conversão extremamente rápida de distúrbios ineficazes do ritmo cardíaco. Este equipamento deve estar totalmente funcional para que numa emergência nenhum problema técnico ponha em causa a utilização fiável do mesmo. De acordo com o anteriormente referido, é necessário realizar uma manutenção preventiva adequada ao equipamento de risco a que este está associado, de forma a fazer uma revisão total do potencial de risco envolvido durante a cardioversão para o utilizador e utente (Badnjevic et al., 2018).



Figura 12 – Equipamento de teste de desfibriladores (*Fonte própria*)

Para que este procedimento fosse possível era necessário simular várias ondas de ECG, verificando assim também a leitura do traçado de ECG no desfibrilhador e de seguida ao colocar cada pá do desfibrilhador no respetivo local de contato do equipamento de teste era possível verificar se o valor programado e o medido eram idênticos.

4.1.4 – Ventiladores

Para análise dos ventiladores no decorrer do estágio foi utilizado o equipamento de teste aos ventiladores Fluke VT305 (Figura 13).



Figura 13 – Equipamento de teste de ventiladores (*Fonte própria*)

De acordo com VT 305 (2013), com este tipo de dispositivos é possível testar ventiladores, onde podemos averiguar o desempenho de vários parâmetros tais como valores reais de fluxos e pressão sendo que através de um sensor de oxigénio é possível também verificar o valor da percentagem da concentração do mesmo em tempo real. O auxílio deste dispositivo é fundamental para que se realize uma manutenção preventiva de qualidade e segura para os utilizadores. Este equipamento tem como características principais:

- Medir fluxos bidirecionais, volumes, pressão e concentrações de oxigénio;
- Portátil e compacto;
- Possui memória para armazenamento de dados;
- Controlado por quatro botões;
- Comunicação com portátil rápida e eficaz.

4.1.5 - Bombas Infusoras e Perfusoras

O equipamento que foi utilizado durante a realização das manutenções de bombas de infusão durante o estágio realizado na ATM encontra-se na Figura 14 apresentada, sendo um Fluke IDA-5. Este permite efetuar em simultâneos testes de fluxo e de pressão a quatro equipamentos, de modo a verificar se as bombas de infusão estão a efetuar a administração de líquido como uma percentagem de erro dentro dos limites estabelecidos pelos fabricantes.



Figura 14 – Equipamento de teste de fluxos e oclusão de bombas infusoras e perfusoras (*Fonte própria*)

De acordo com IDA-5 (2013), este tipo de dispositivo de apoio permite utilizar:

- *Templates* de teste personalizáveis para testes rápidos e uniformizados;
- Automação integrada e automação por PC para testes;
- Imagens em tempo real do caudal e da pressão para reconhecimento imediato de problemas;
- Medição do caudal instantâneo e médio até 1000 ml/h;
- Medições de pressão de oclusão até 45 psi.

Com a incorporação destas características e com o *software* avançado o equipamento de teste de fluxos e oclusão consegue realizar testes precisos e eficazes, com reprodução visual dos resultados obtidos e registo de informação que garantem a fiabilidade dos dispositivos utilizados pelos profissionais de saúde.

4.1.6 – Multiparamétrico

O equipamento de teste multiparamétrico Rigel UNI-SIM (Figura 15) tem o objetivo de simular os sinais vitais de um utente. No decorrer do estágio este tipo de equipamento foi utilizado maioritariamente para testar monitores de SV, esfigmomanómetros e eletrocardiógrafos.

Segundo UNI-SIM (2010), este aparelho de teste permite simular de forma rápida, fácil e com precisão parâmetros de NIBP, SpO₂, ECG, temperatura, pressão arterial invasiva e respiração.

Contudo, os parâmetros anteriormente referidos também são possíveis de obter isoladamente, através da utilização dos diferentes equipamentos de simulação a seguir abordados.



Figura 15 – Equipamento de teste multiparamétrico (*Fonte própria*)

Simulador de ECG

Os testes, que permitem ver se o equipamento está conforme para monitorização do traçado de ECG, foram realizados com o primeiro tipo de equipamento de teste descrito na Figura 15, visto que este possui a capacidade de simular diversas ondas padronizadas de ECG até 12 derivações. No entanto, também poderiam ser utilizados outros tipos de simuladores, como por exemplo o Fluke PS410 da Figura 16 abaixo ilustrada.



Figura 16 – Equipamento de simulação do traçado de ECG (*Fonte: <https://www.flukebiomedical.com>*)

Simulador de SpO2

O simulador de SpO2 Fluke Index 2 XLFE (Figura 17) trata-se de uma ferramenta usada em manutenção de monitores de sinais vitais ou em oxímetros. Este equipamento tem a capacidade de simular o nível de saturação periférica de oxigénio no sangue e a frequência cardíaca. Para efetuar estas simulações basta conectar o sensor do equipamento a testar no terminal de

simulação do equipamento de teste. Para a realização deste teste é essencial que se utilize um monitor de SV para comprovar os valores programados com resultados obtidos e que o sensor de oximetria seja colocado corretamente no dispositivo de apoio.



Figura 17 – Simulador de SpO2 (Fonte: <https://www.flukebiomedical.com>)

Simulador de pressão arterial não invasiva

O simulador de pressão arterial não invasiva Fluke CuffLink (Figura 18) é um equipamento de apoio que permite fazer leituras dos sinais oscilométricos de NIBP. Este possibilita de forma rápida e confiável reproduzir ritmos normais, bradicardia e taquicardia. Este equipamento efetua testes de pressão estática, teste de fugas das tubagens do sistema de NIBP e teste de pressão elevada (CuffLink, 2007). Este dispositivo foi utilizado no estágio que decorreu na ATM para realização de manutenção preventiva de monitor de sinais vitais, esfigmomanómetros e monitores de pressão arterial não invasiva.



Figura 18 – Simulador de pressão arterial não invasiva (Fonte própria)

4.1.7 – Multímetro

O multímetro Fluke 179 (Figura 19) é dos equipamentos mais comuns utilizados pelos técnicos de manutenção. O equipamento apresentado na Figura 19 é um multímetro utilizado durante o estágio, sendo que também necessita de ser calibrado para posterior utilização. Este dispositivo permite efetuar medições de tensões, de correntes, de temperatura e da continuidade dos fios condutores.



Figura 19 – Multímetro (*Fonte própria*)

4.2 – Equipamentos Hospitalares Intervencionados

Segundo ANVISA (2019), os equipamentos hospitalares são todos aqueles que pertencem ao conjunto de dispositivos utilizados direta ou indiretamente para monitorização, diagnóstico, tratamento e fisioterapia de seres humanos. Para que estes tenham um bom desempenho nas suas funcionalidades é necessário criar um registo das intervenções de manutenção através do preenchimento de uma ficha de manutenção, seja qual for o tipo de dispositivo, o que permite uma melhor recolha de dados para posterior análise.

Durante as intervenções de manutenção preventiva é necessário o preenchimento de uma ficha de manutenção (Anexo I), na qual fica registado o hospital e serviço a que pertence o equipamento, assim como a sua marca, modelo, número de série, o número de inventário (se existir) e a data da próxima intervenção do equipamento. Nesta ficha fica registado os dados da inspeção visual, os valores testados (dos testes de segurança elétrica e dos parâmetros que cada tipo de equipamento executa) e se estes estão dentro dos limites segundo os fabricantes do equipamento em questão e o resultado da sua conformidade. Para além disto, é possível registar uma observação adicional que apresente importância para posteriores intervenções.

4.2.1– Berços Aquecidos

O corpo humano apresenta um sistema de regulação da temperatura corporal que serve para manter a temperatura do corpo dentro dos valores aceitáveis para o bom funcionamento do organismo. No entanto, os recém-nascidos podem ainda apresentar défices no funcionamento deste sistema regulador, pelo que se torna necessário a utilização de berços aquecidos para restabelecer a sua temperatura corporal.

Os berços aquecidos são utilizados para aumentar a taxa de sobrevivência de bebés recém-nascidos, oferecendo suporte térmico nas salas de parto aquando da realização dos procedimentos necessários e, também, para tratamentos médicos com utilização de lâmpadas ultravioleta. Neste caso, é necessário adotar medidas preventivas a fim de evitar o excesso de exposição da pele a este tipo de luz (Badnjevic et al., 2018).

Estes berços realizam o controlo da temperatura do utente através da temperatura do ar ambiente ou da sua pele. Este equipamento apresenta um circuito eletrónico que realiza este controlo através de dois modos de funcionamento possíveis, sendo eles o modo manual e o automático (Figura 20).



Figura 20 – Painel de controlo com modo manual e automático (*Fonte própria*)

No modo manual é necessário ativar primeiramente a função de pré-aquecimento do berço já preestabelecida pelo fabricante (conforme se verifica na Figura 21) e, de seguida, seleccionar o nível de energia que é pretendido emitir para aquecer o utente. Neste modo, os profissionais de saúde necessitam de manter a constante vigilância da temperatura a fim de evitar sobreaquecimento do utente com consequentes danos para a sua saúde. Relativamente ao segundo modo de utilização, assim que o valor pretendido de temperatura corporal do utente é alcançado, este é mantido, de forma automática, com o auxílio de uma sonda que permite

monitorizar a temperatura instantânea na pele do utente e controlar o aquecimento do berço. Neste modo, a função de pré-aquecimento é iniciada de forma automática aquando da seleção da temperatura programada. Em suma, no modo manual o utilizador seleciona a temperatura que pretende fornecer, enquanto que no modo automático a intensidade da radiação emitida pelo berço depende da temperatura que a pele do utente apresenta.

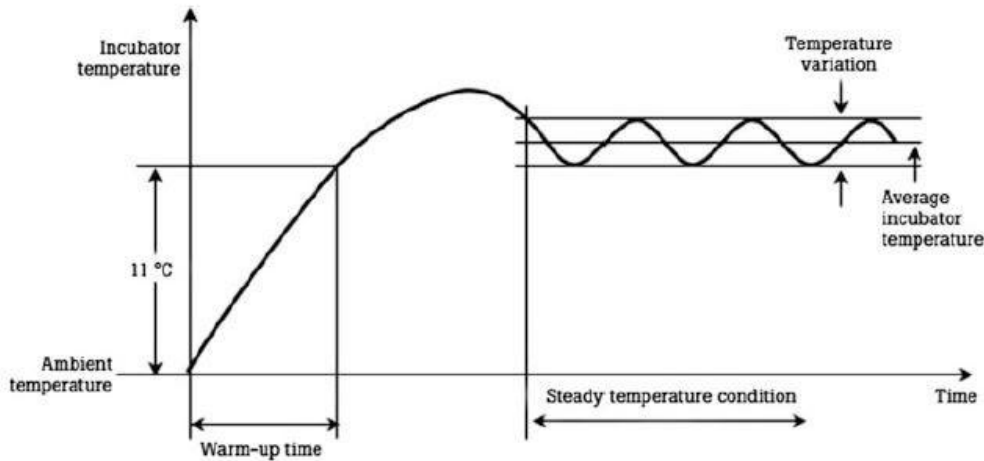


Figura 21 – Variação da temperatura do berço no modo manual (Badnjevic et al., 2018)

Os berços são muito úteis aos profissionais da saúde dado monitorizarem a temperatura corporal do recém-nascido e, caso identifiquem algum desvio no valor de referência selecionado inicialmente, emitem um sinal de alarme visual e sonoro.

Para garantir a segurança básica e o desempenho essencial dos berços aquecidos para recém-nascidos deve-se seguir as regras da norma IEC 60601-2-21, que se intitula de “*Medical Electrical Equipment - Part 2-21: Particular requirements for the basic safety and essential performance of infant radiant warmers*” (IEC60601-2-21, 2009).

Procedimentos de Manutenção:

Ao longo do estágio foi possível realizar intervenções de manutenção preventiva e corretiva a berços aquecidos com ventilação e fototerapia, a berços apenas com ventilação ou fototerapia e a berços simples.

De seguida, encontra-se representado esquematicamente (Figura 22) as etapas realizadas durante o processo de manutenção preventiva, no qual foi utilizado o equipamento de teste de segurança elétrica (ver Secção 4.1.1) e o multímetro (ver Secção 4.1.6) equipado com uma sonda de temperatura (ver Figura 23).

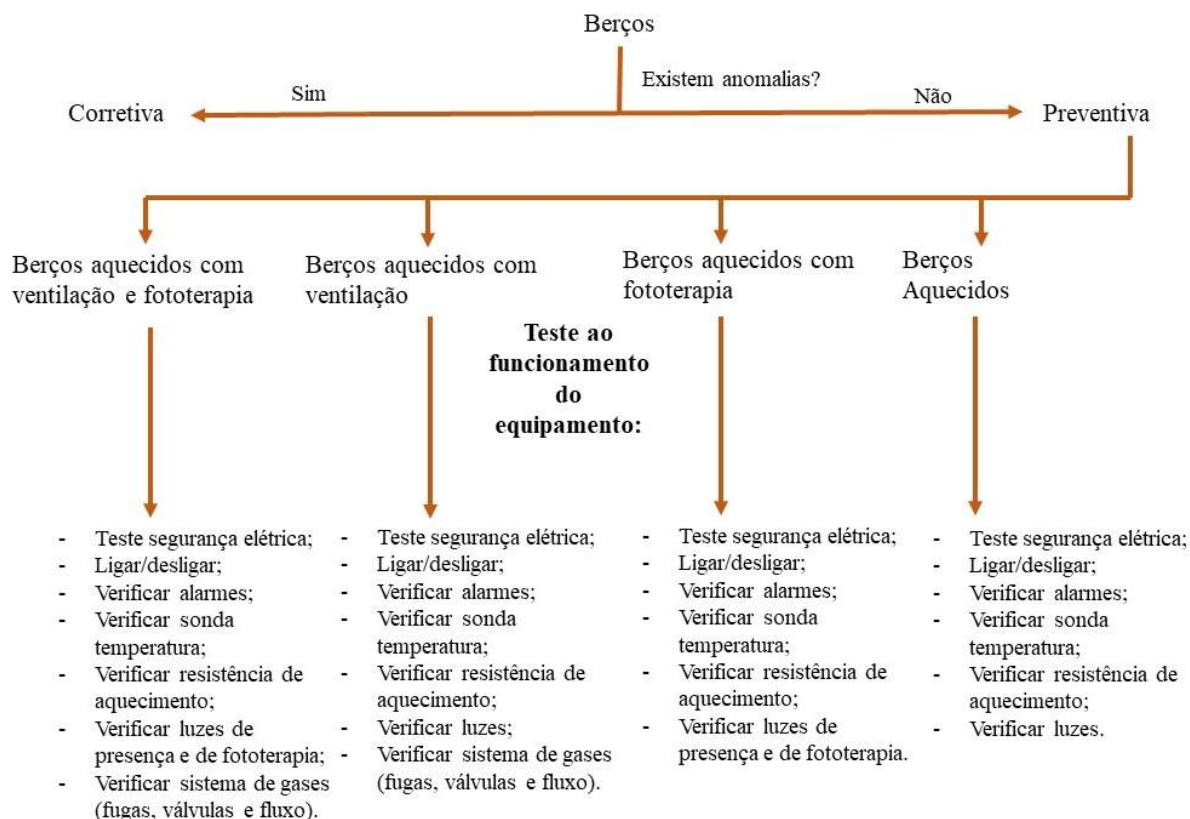


Figura 22 – Manutenção preventiva a berços aquecidos

Aquando a execução da manutenção preventiva a estes equipamentos, foram detetadas algumas falhas nas luzes de fototerapia pelo que foi necessário proceder à sua substituição e, assim, realizar intervenções de manutenção corretiva. Para finalizar este procedimento corretivo, os equipamentos em questão foram testados novamente para verificar se estavam a funcionar de acordo com as especificações do fabricante.

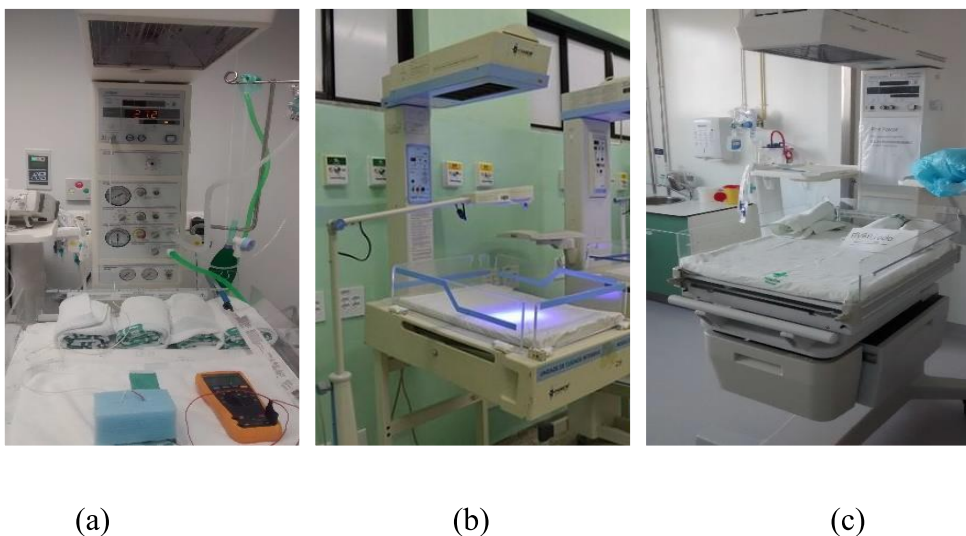


Figura 23 – Berços aquecidos intervencionados ao longo do estágio - (a) Berço aquecido com ventilação; (b) Berço aquecido com fototerapia; (c) Berço aquecido (*Fonte própria*)

4.2.2 – Eletrocardiógrafos

A partir do século XVII vários cientistas foram desenvolvendo um protótipo de um dispositivo capaz de avaliar o ritmo cardíaco na tentativa de detetar anomalias. No entanto, apenas a partir do Século XX foi possível desenvolver um equipamento capaz de identificar alterações cardíacas de forma mais precisa e eficaz. Desta forma, o eletrocardiógrafo (ilustrado na Figura 24) tornou-se num dos instrumentos biomédicos com uma enorme utilidade ao diagnóstico de patologias do sistema cardiovascular, pelo que o seu uso está incluído nos exames de prevenção que os utentes devem realizar ao longo da sua vida (Dyro, 2004).

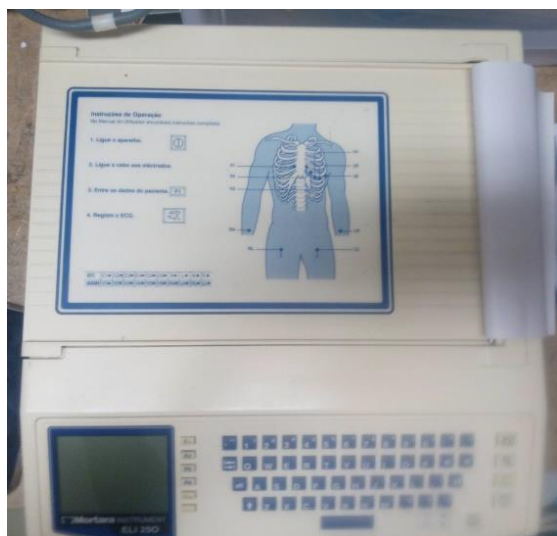


Figura 24 – Eletrocardiógrafo (*Fonte própria*)

O eletrocardiógrafo é um dispositivo de medição de potenciais elétricos cardíacos em função do tempo, que permite realizar um eletrocardiograma (ECG) através da colocação de elétrodos dispostos em pontos pré-definidos no corpo do utente. Este último fornece informações sobre a atividade elétrica cardíaca e possibilita, através da interpretação pelo profissional de saúde, o diagnóstico de doenças como a angina de peito, a inflamação do pericárdio, arritmias cardíacas, entre outras. Existem várias derivações de ECG, nomeadamente de 3, 6 e 12, sendo a última a mais utilizada dado obter mais informações acerca do traçado elétrico tornando o diagnóstico mais fiável. Com o avançar da tecnologia, foi possível minorar as interferências e ruído no sinal de ECG que permitiram obter um traçado mais próximo do real (Badnjevic et al., 2018).

Para garantir a segurança básica e o desempenho essencial do eletrocardiógrafo deve-se seguir as cláusulas da norma IEC 60601-2-25, que tem como título “*Medical electrical equipment - Part 2-25: Particular requirements for the safety of electrocardiographs*” (IEC 60601-2-25, 1999).

Procedimentos de Manutenção:

Durante a manutenção preventiva realizada no presente estágio, foram executados testes com o equipamento de segurança elétrica e através de um simulador de ECG. Com o auxílio destes equipamentos de teste, foi avaliado o traçado de ECG, permitindo experimentar o mesmo com as diferentes frequências cardíacas (30, 60, 90, 120 e 180 bpm) e averiguar se os valores medidos estão dentro da tolerância de $\pm 5\%$ estabelecidos pelo fabricante. Para os eletrocardiógrafos, segundo os fabricantes, o intervalo de tempo para a realização de manutenção preventiva deve ser de doze em doze meses.

Aquando da realização deste tipo de manutenção para estes equipamentos, deve-se seguir os pontos referidos esquematicamente abaixo na Figura 25.

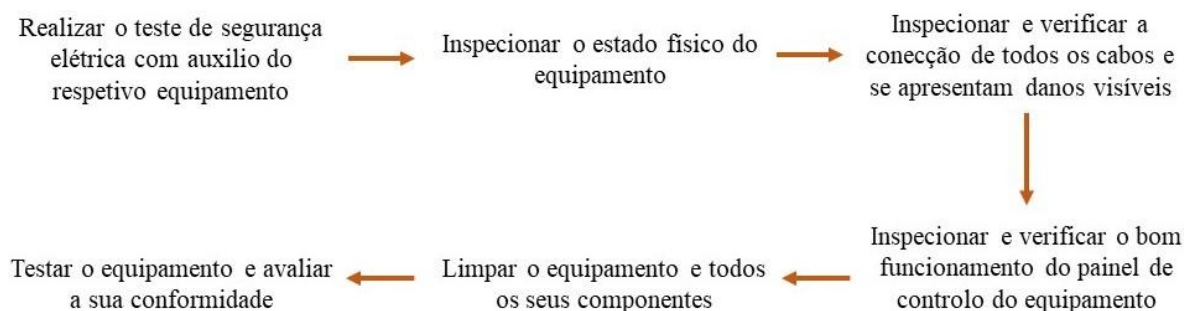


Figura 25 – Manutenção preventiva a eletrocardiógrafos

4.2.3 – Monitor de Sinais Vitais

Os monitores de sinais vitais (Figura 26) são equipamentos de terapia não-invasiva que permitem monitorizar, de forma contínua e simultânea, os parâmetros vitais, tais como a pressão arterial não invasiva – *Non Invasive Blood Pressure* (NIBP), a saturação periférica de oxigénio no sangue (SpO2), a temperatura corporal e o ECG com a respetiva frequência cardíaca (FC). Este tipo de monitorização de Sinais Vitais (SV) é de extrema importância dado permitir aos profissionais de saúde identificarem situações de risco e prevenirem complicações no estado de saúde dos utentes, permitindo uma intervenção antecipada (Badnjevic et al., 2018).



Figura 26 – Monitor de Sinais Vitais (*Fonte própria*)

Estes equipamentos são utilizados em diversos contextos no meio hospitalar, nomeadamente nas salas do bloco operatório, nos cuidados intensivos, em algumas salas de internamento e no serviço de urgência. Contêm também sistemas de alarmes, que dão um sinal sonoro e visual, indicando a ocorrência de alterações nos valores normais dos parâmetros monitorizados. Este dispositivo apresenta como acessórios o sensor de SpO₂, a braçadeira para leitura da pressão arterial, os elétrodos de ECG para a leitura do ritmo cardíaco e um sensor para a leitura da temperatura corporal.

De seguida, são descritos os principais módulos de monitorização de SV:

- SpO₂ – a saturação periférica de oxigénio no sangue é monitorizada de forma não invasiva, segundo o princípio da espectrofotometria. O processo de medição recorre a um fotodetector e à emissão de luz através de um *Light Emmiting Diode* (LED) vermelho e infravermelho com comprimentos de onda de 660 nanómetros (nm) e 940 nm, respetivamente. Esses comprimentos de onda são usados porque a hemoglobina desoxigenada tem uma elevada taxa de absorção nos 660 nm e a hemoglobina oxigenada nos 910 nm. Normalmente o dedo é colocado entre as fontes de luz e um foto-sensor;
- Pressão arterial NIBP – esta monitorização de pressão arterial não invasiva permite avaliar força que o sangue exerce nas paredes das artérias, através do método oscilométrico, calculando o valor da pressão sistólica, diastólica e o valor médio arterial. Constitui uma fonte de auxílio importante no diagnóstico de doenças cardiovasculares, como por exemplo a hipertensão;
- ECG – os elétrodos são colocados no corpo do paciente em posições específicas de modo a que o monitor consiga registar a curva de atividade elétrica produzida pelo

miocárdio e apresentar o valor médio da FC. As derivações de ECG variam de acordo com o fabricante;

- Temperatura corporal – a avaliação da temperatura corporal do utente é um valor fundamental para a identificação de diferentes diagnósticos clínicos. Apesar do sensor de temperatura estar incorporado no monitor de SV não é utilizado regularmente pelos profissionais de saúde, que preferem utilizar o termómetro digital.

Para garantir a segurança básica e o desempenho essencial do monitor de SV e seus parâmetros deve-se seguir as cláusulas da norma IEC 60601-2-27: 1997 para a monitorização do ECG, da norma IEC 60601-2-30: 1997 para a monitorização automática e cíclica da pressão sanguínea não invasiva e da norma IEC 60601-2-49: 2003 para a monitorização multiparamétrica do utente (Ministério da Saúde, 2013).

Procedimentos de Manutenção:

Durante os trabalhos desenvolvidos pelos vários locais de intervenção da ATM, foi constatado que existem dois tipos de monitores de SV, os fixos e os de transporte. Os monitores fixos são os que se encontram colocados ao lado das cabeceiras das camas dos pacientes e os que são fixados à parede através de um suporte. Os monitores de transporte (que deverão conter uma bateria), comparativamente aos referidos anteriormente, têm a vantagem de poderem ser utilizados aquando do transporte de um paciente de um local para outro, permitindo a manutenção da sua monitorização de forma contínua e segura.

Na ULSM, em situações em que as camas do serviço se encontram todas ocupadas não sendo possível aceder aos monitores de SV fixos que não estão a ser utilizados, era informado o profissional de saúde responsável de modo a agilizar a disponibilidade dos equipamentos. Desta forma, com permissão para aceder à central de monitorização de forma a interrompê-la durante um curto espaço de tempo, era realizada a manutenção preventiva, sendo para tal necessário utilizar um equipamento de teste de segurança elétrica e o multiparamétrico.

Durante a realização do estágio foram realizadas intervenções de manutenção preventiva e corretiva a monitores de SV dos modelos *Phillips Intellivue MP70*, *Phillips Agilent V26C*, *Phillips Agilent M3046A*, entre outros.

Durante o processo de manutenção preventiva é necessário cumprir os seguintes pontos (para os três modelos mencionados anteriormente):

- Realizar teste de segurança elétrica com auxílio do respetivo equipamento (ver Secção 4.1.1);
- Inspeção visual dos seguintes parâmetros: estado geral do equipamento; elétrodos de ECG, cabo e sensor de SpO2 e tubos e braçadeira de pressão arterial; cabo de alimentação; ligação da bateria e o seu estado de vida;
- Realizar testes aos módulos de ECG, de SpO2 e NIBP com o auxílio do equipamento de teste multiparamétrico (ver Secção 4.1.5);
- Verificar os valores dos testes realizados anteriormente;
- Verificar o funcionamento dos seguintes alarmes: bradicardia, taquicardia, falta de elétrodos e fugas.

Caso os valores dos testes de pressão arterial não estejam dentro dos valores de referência é necessário realizar o teste de fugas e calibrar os monitores de sinais vitais. No entanto, esta tarefa difere entre os três tipos de monitores.

Para o monitor *Phillips Intellivue MP70* (Figura 28) é necessário seguir o procedimento abaixo para executar o teste de fugas (Figura 27).

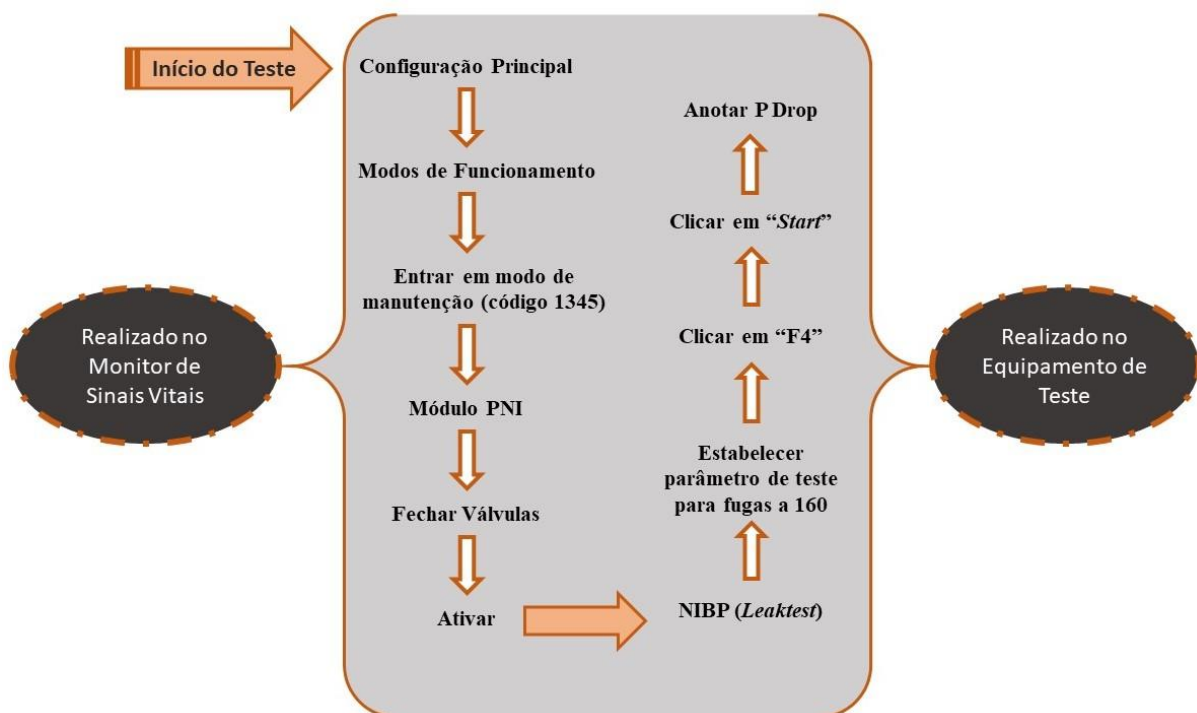


Figura 27 – Procedimento do teste de fugas do monitor *Phillips Intellivue MP70*



Figura 28 – Monitor *Phillips Intellivue MP70* (Fonte própria)

O procedimento seguinte (Figura 29) é necessário para executar a calibração do monitor *Phillips Agilent M3046A* (Figura 30).

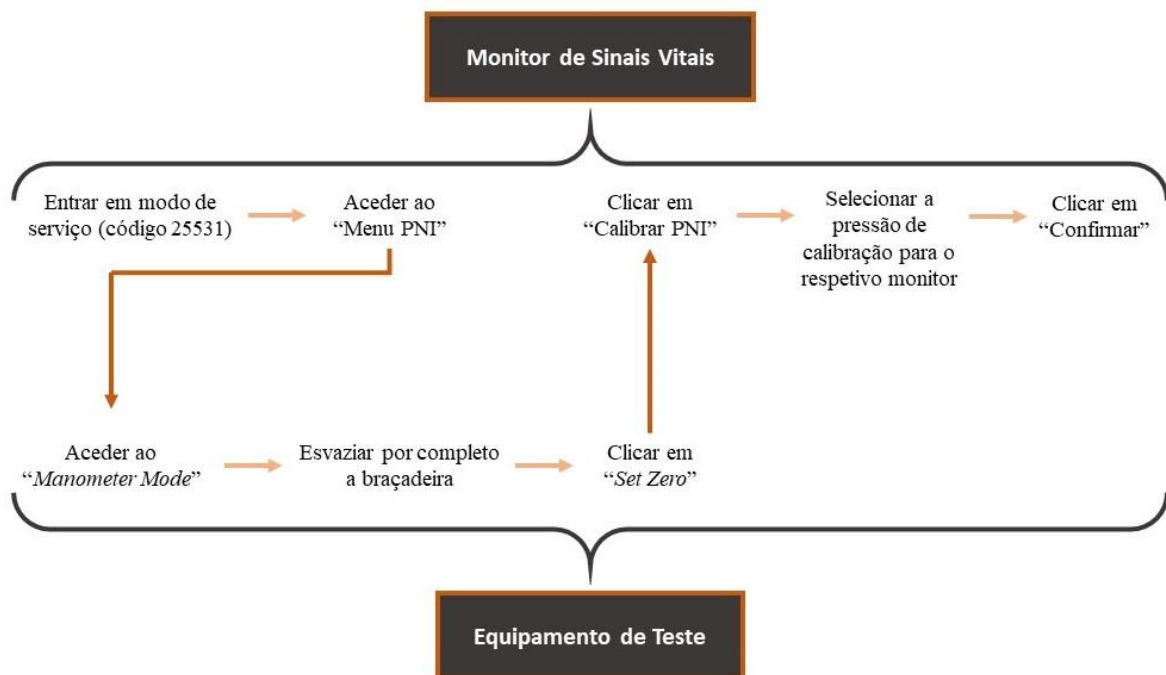


Figura 29 – Procedimento para calibração do monitor *Phillips Agilent M3046A*



Figura 30 – Monitor *Phillips Agilent M3046A* (*Phillips, 2005*)

Para o monitor *Phillips Agilent V26C* (Figura 32) o procedimento para fazer o teste de fugas é o seguinte (Figura 31):

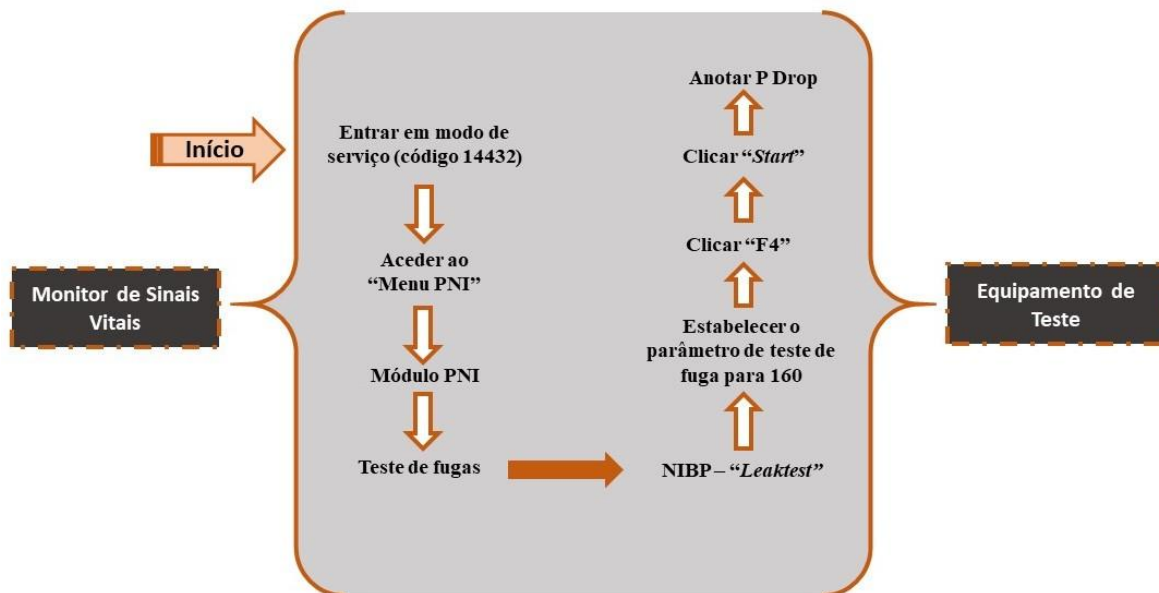


Figura 31 – Procedimento do teste de fugas do monitor *Phillips Agilent V26C*



Figura 32 – Monitor *Phillips Agilent V26C* (Fonte própria)

Relativamente à manutenção corretiva realizada, foram realizadas várias intervenções em monitores de SV, nomeadamente a reparação do conector do cabo de alimentação, o ajuste do tubo de silicone do sistema de NIBP, a substituição da placa eletrónica do módulo NIBP e a reparação da ficha da alimentação interna do monitor. Relativamente à primeira intervenção mencionada anteriormente, após recolha de informação por parte do utilizador do equipamento acerca de falhas no seu sistema de carga, foi verificada uma anomalia na solda dos pinos do conector do cabo de alimentação pelo que foi necessário proceder à sua reparação. Quanto ao sistema de NIBP, os profissionais de saúde relataram falhas na monitorização da pressão arterial, pelo que ao testar este sistema com auxílio do equipamento multiparamétrico verificou-se a presença de uma fuga no seu interior. Aquando da abertura do dispositivo, foi identificada uma desconexão entre dois tubos pelo que se realizou o seu ajuste solucionando este problema. No que diz respeito à placa eletrónica, após testar o sistema NIBP com auxílio do equipamento multiparamétrico, foi averiguada uma falha que estava relacionada com o circuito eletrónico deste sistema, pelo que se fez a substituição da mesma. Relativamente à alimentação interna do monitor, foi recebida a informação que o equipamento não funcionava sem estar ligado à corrente, sendo concluído que a origem da avaria estaria relacionada com a bateria ou o circuito de alimentação interna. Após investigação física do dispositivo identificou-se que o cabo de alimentação interna estava partido procedendo-se à sua reparação.

4.2.4 – Bombas Infusoras e Perfusoras

O sistema circulatório é a principal via de distribuição de oxigênio e outros nutrientes e da remoção de dióxido de carbono e outros resíduos, processo essencial ao funcionamento dos órgãos vitais do corpo humano. Assim, através do acesso venoso (periférico) e arterial (central), é possível a distribuição rápida e eficaz de líquidos, sangue e medicamentos aos órgãos de um utente (Bronzino, 2006).

O primeiro dispositivo para administração de medicação intravenosa surgiu em 1658 tendo sido inventado por um arquiteto inglês chamado Christopher Wren. Após esta descoberta, vários cientistas desenvolveram um conjunto de experiências para testar este equipamento. No entanto, essas primeiras experiências levaram a um número considerável de mortes pela administração de drogas e fluidos endovenosos, tendo sido proibido a sua utilização. Apenas no século XX, foi possível administrar medicação intravenosa com bombas infusoras que permitiam um registo automático de sinais de alerta acerca de erros no seu funcionamento (Badnjevic et al., 2018).

As bombas infusoras e perfusoras são equipamentos médicos elétricos que têm como função regular a administração de medicação intravenosa através de movimentos peristálticos criados pela própria bomba. Estes dispositivos são utilizados em todos os serviços que os utentes necessitem de uma terapêutica e nutrição adequada. Apesar dos avanços na automatização destes equipamentos, ainda é necessário realizar um treino adequado dos utilizadores destes dispositivos dado o elevado risco que a sua má utilização pode provocar para a saúde dos utentes que dele necessitam. Desta forma, para reduzir o número de erros, é importante manter um comportamento responsável durante a utilização do equipamento, controlando visualmente a bomba e seus acessórios durante o seu uso (Badnjevic et al., 2018). Assim sendo, a colaboração entre fabricantes, técnicos, médicos e enfermeiros é fundamental para a organização e correto funcionamento dos dispositivos, incluindo as bombas de infusão.

Um problema associado ao uso destes dispositivos está relacionado com o fluxo inicial perfundido não ser imediatamente igual ao definido pelo operador, uma vez que o equipamento necessita de um tempo de estabilização até conseguir ajustar a quantidade de líquido de acordo com a velocidade definida (Figura 33). Para além disso, fatores como a concentração e viscosidade da substância a perfundir afetam a precisão das bombas e, conseqüentemente, o desempenho seguro do equipamento ao longo do tempo (Badnjevic et al., 2018).

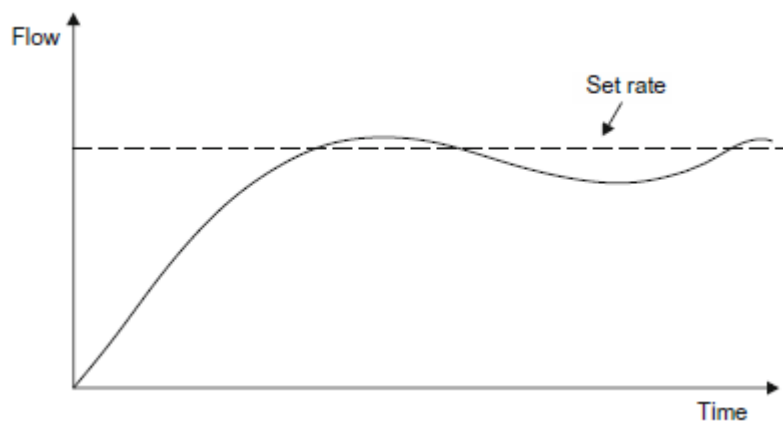


Figura 33 – Fluxo do líquido a ser administrado por bombas infusora e perfusora (Badnjevic et al., 2018)

Para garantir a segurança básica e o desempenho essencial das bombas infusoras e perfusoras deve-se seguir as cláusulas da norma IEC 60601-2-24, que tem como título “*Medical electrical equipment - Part 2-24: Particular requirements for the safety of infusion pumps and controllers*” (IEC 60601-2-24, 1998) e da norma ISO 14971, que se intitula com “*Medical devices – Application of risk of management to medical devices*” (ISO 14971, 2007).

O não cumprimento das normas referidas anteriormente e adoção de comportamentos inadequados durante a utilização destes equipamentos, pode contribuir para situações de risco para o utente, tais como (Badnjevic et al., 2018):

- Risco elétrico (necessário garantir o isolamento dos cabos de alimentação e das partes aplicadas ao utente);
- Risco de pressão máxima de infusão (este equipamento não deve produzir uma pressão que provoque fugas no sistema de administração);
- Risco de oclusão da via (oclusões na via de administração podem contribuir para infusão insuficiente e, conseqüente, administração de um volume não intencional);
- Risco de formação de bolhas de ar (o dispositivo deve alarmar em caso de ocorrência de ar na linha, para evitar lesões no paciente);
- Risco de fugas de líquidos (estas fugas podem molhar partes ativas não isoladas comprometendo a segurança do equipamento).

Os dispositivos, com o intuito de prevenir os riscos mencionados anteriormente, apresentam um sistema de alarme, visual e sonoro, que é ativado sempre que ocorre uma alteração no bom funcionamento do equipamento traduzindo-se numa situação perigosa para a saúde do utente. Dependendo da gravidade e, conseqüentemente, da prontidão com que o operador deve intervir

é atribuída a prioridade alta ou baixa do sinal de alarme. São definidos como alta prioridade falhas do equipamento relacionadas com a paragem súbita da infusão, oclusões no sistema e presença de ar na tubagem. No que diz respeito a baixa prioridade são consideradas situações como a interrupção prematura da infusão e a baixa autonomia da bateria do equipamento. Assim sendo, esta classificação de alarmes contribui para a identificação das situações que necessitam de imediata intervenção por parte dos profissionais de saúde. O operador pode silenciar o alarme durante um período máximo de cento e vinte segundos, durante o qual deve solucionar o problema. Assim sendo, o autor anteriormente referido afirma que a oclusão da via de administração é a causa mais frequente e grave durante a utilização de bombas infusoras e perfusoras.

Para perfundir a solução pretendida no utente existem dois tipos de métodos, sendo eles o automático que funciona através de equipamentos elétricos de infusão (bombas de infusão volumétrica e bombas de perfusão) e os sistemas de soro manual, onde o enfermeiro faz uma estimativa de gotas por minuto que deseja colocar em curso (Bronzino, 2006). No que diz respeito às bombas de infusão volumétrica, o mecanismo utilizado são os movimentos peristálticos e a taxa de infusão é definida pelo operador em volume por unidade de tempo. Relativamente às bombas perfusoras, o mecanismo usado consiste num êmbolo mecânico em que a taxa de perfusão é, também, definida pelo operador em volume por unidade de tempo. As bombas perfusoras apresentam como vantagem em relação às bombas infusoras a administração de débitos baixos com alta precisão da taxa de fluxo administrada ao utente.

Procedimentos de Manutenção:

Durante o estágio na empresa ATM foram realizadas intervenções de manutenção preventiva em bombas de infusão volumétrica e bombas perfusoras, de acordo com o esquema que se encontra representado na Figura 34.

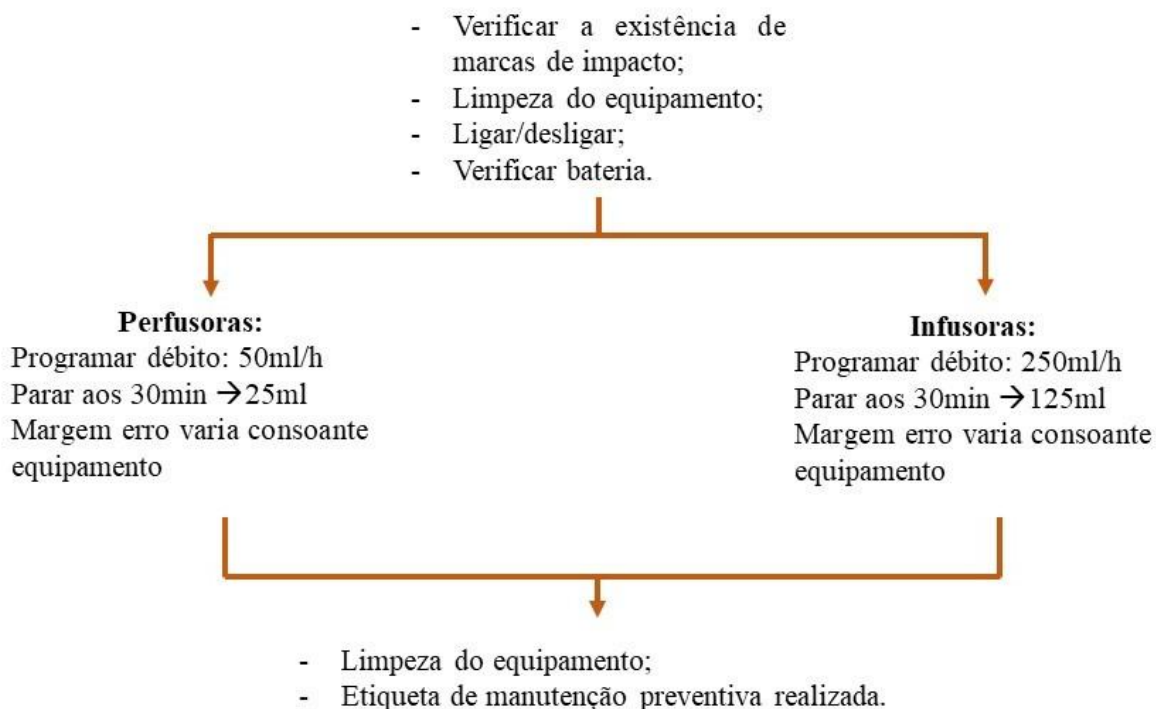


Figura 34 – Manutenção preventiva a bombas infusoras e perfusoras

A primeira etapa para a realização de manutenção preventiva consiste num teste qualitativo em que se verifica a integridade do dispositivo (invólucro do equipamento, cabos de alimentação e conectores), a limpeza do conjunto de infusão e de todas as partes acessíveis a partir do exterior (mecanismos de abertura de porta da linha de infusão, *display* e botões). Por outro lado, é necessário realizar um teste quantitativo onde se procede à medição dos parâmetros que garantem a segurança e desempenho do dispositivo biomédico através do auxílio do equipamento de teste de segurança elétrica e do equipamento de teste de débito e de pressão das bombas. Além disso, é necessário analisar toda a documentação em anexo e os dados de classificação que caracterizam o dispositivo e facilitar o rastreamento no edifício.

Relativamente às bombas infusoras, o teste de fluxo (Figura 35) que foi realizado durante o estágio consistiu em programar o débito para 250ml/h e iniciar o teste durante trinta minutos. No final deste foi iniciado o teste de pressão de modo a verificar se o alarme de oclusão da linha de infusão é ativado. Por fim, é necessário comparar os resultados obtidos e verificar se estão dentro dos valores de tolerância especificados pelo fabricante.



Figura 35 – Montagem do teste de fluxo e de pressão a bombas infusoras e perfusoras (*Fonte própria*)

No que diz respeito às bombas perfusoras, para proceder à realização dos testes de desempenho deve-se seguir o procedimento referido para as bombas infusoras. No entanto, o valor do débito a programar é de 50ml/h.

Em suma, a administração intravenosa de soluções contendo medicamentos ou fornecimento de nutrição intravenosa é um procedimento imprescindível e que é realizado numerosas vezes ao longo do dia, tornando-se fundamental a utilização das bombas infusoras e perfusoras numa unidade hospitalar.

Contudo, apesar das vantagens associadas à utilização das bombas infusoras e perfusoras, relativamente à perfusão de líquidos com sistemas manuais, é preciso ter em conta que a utilização contínua destes equipamentos origina o desgaste dos seus componentes e alterações na sua calibração, potenciando situações de risco para a saúde do utente. Logo, é importante que estes equipamentos sejam verificados por engenheiros hospitalares, de forma a garantir o bom funcionamento dos equipamentos e reduzir os custos de manutenção (Bronzino, 2006).

4.2.5 – Eletrobisturis

Um eletrobisturi (Figura 36) é um equipamento biomédico elétrico que funciona através da passagem de correntes elétricas de alta frequência em tecidos biológicos com o objetivo cirúrgico de corte, coagulação ou dessecção. Este equipamento é utilizado desde 1920 para cortar tecidos e controlar a sua hemorragia de forma eficaz (Bronzino, 2006).

Relativamente à função de corte, é alcançada com uma onda sinusoidal contínua e de baixa tensão que produz bastante calor num curto espaço de tempo levando à vaporização do tecido e posterior divisão do mesmo. Quanto à coagulação, é originada por uma de onda de alta tensão com um menor aquecimento que em vez de existir vaporização dos tecidos origina um coágulo. No que diz respeito à dissecação ocorre quando o eléctrodo ativo está em contacto com o tecido e é provocada por uma mistura de ondas, onde é gerado menos calor e formado um coágulo em vez de haver vaporização. Desta forma, o cirurgião de acordo com a sua necessidade selecciona a forma de onda ou um conjunto delas para alcançar a função que deseja.



Figura 36 – Eletrobisturi (*Fonte própria*)

As unidades electrocirúrgicas funcionam segundo o modo monopolar e o modo bipolar, que se diferenciam pela forma em que a corrente eléctrica entra e sai do tecido do utente. Relativamente ao modo monopolar, as correntes de alta frequência circulam entre o eléctrodo ativo, que é um eléctrodo com uma pequena superfície de contacto (agulha, bola, pinça), e um eléctrodo dispersivo de grande superfície (placa) colocado na pele do utente fora da área cirúrgica. Quanto ao modo bipolar, consiste no uso de pinças ou de outro tipo de instrumentos específicos (eléctrodos de fórceps), em que a corrente flui apenas entre esses eléctrodos, dado que estão ligados a um gerador de alta frequência. De referir que o modo monopolar é utilizado para realizar corte de tecidos e coagulação da hemorragia, enquanto o modo bipolar é, maioritariamente, usado para a coagulação com a vantagem de gastar menos energia para esta mesma função (Bronzino, 2006).

Nestes circuitos eléctricos o paciente constitui-se como um elemento condutor, dado que o corpo humano tem na sua composição iões (água, matérias orgânicas e sais minerais) que permitem a

condutibilidade elétrica. No entanto, não é um condutor perfeito pelo que apresenta uma certa resistência à passagem de corrente.

Relativamente aos elétrodos ativos, constituem uma pequena lâmina moldada que tem como objetivo facilitar a descarga de correntes elétricas e permitir ao cirurgião manipular a incisão. Quanto aos elétrodos dispersivos, o seu principal objetivo é fazer o retorno da corrente de alta frequência para o eletrobisturi sem causar riscos para o utente. Estes elétrodos são constituídos por uma espuma adesiva e uma camada de gel que garantem um bom contacto entre a pele do utente e o eléctrodo. Contudo, ambos os elétrodos apresentam perigos associados que, normalmente, são decorrentes da sua má utilização. Perigos estes que expõem o utente e profissionais de saúde a choques elétricos e queimaduras (Bronzino, 2006).

Para garantir a segurança básica e o desempenho essencial dos eletrobisturis deve-se seguir as cláusulas da norma IEC 60601-2-2, que tem como título “*Medical electrical equipment - Part 2-2: Particular requirements for the safety of high frequency surgical equipment*” (IEC 60601-2-2, 1998)

A fim de evitar os perigos anteriormente referidos, durante as intervenções de manutenção preventiva efetuadas ao longo do estágio a estes equipamentos foram adquiridos conhecimentos acerca do sistema de proteção de circuito do paciente que os eletrobisturis têm equipado, que se designa por *Return Electrode Monitoring* (REM). De uma forma geral, consiste na monitorização permanente do eléctrodo dispersivo para garantir a segurança do paciente e do cirurgião bem como aumentar a eficiência da intervenção, do mesmo modo este sistema também apresenta um mecanismo de segurança que desativa automaticamente a atividade da unidade electrocirúrgica, caso a impedância medida seja alta demais. Aquando disto também são acionados um conjunto de alarmes que previne a equipa cirúrgica para situações anormais de funcionamento ou uma utilização indevida do equipamento.

De uma forma geral, na área da electrocirurgia tem vindo a surgir tecnologias mais avançadas tendo como objetivo melhorar a sua finalidade do eletrobisturi. A utilização do gás argónio constitui uma das melhorias que se está a desenvolver dado este contribuir para a limpeza da área cirúrgica, melhorando a visibilidade através da redução da libertação de fumos. Assim sendo, é garantida a qualidade do serviço prestado por este equipamento e a fiabilidade e segurança oferecida aos profissionais de saúde e utentes (Bronzino, 2006).

Procedimentos de Manutenção:

Durante as intervenções de manutenção preventiva que foram efetuadas aos diversos eletrobisturis foi possível conhecer o modo de funcionamento de algumas funcionalidades do eletrobisturi.

Na Figura 37 encontra-se um equipamento ao qual foi realizada manutenção preventiva, o eletrobisturi *Covidien Force FX*. Este equipamento é um eletrobisturi com excelentes funcionalidades, entre as quais a função de corte, de coagulação e a bipolar, sendo que também já vem equipado com um sistema de alarme REM, ou seja, monitorização do retorno do eletrodo.



Figura 37 – Eletrobisturi *Covidien Force FX* (Fonte própria)

De seguida, de acordo com os conhecimentos adquiridos aquando da realização das intervenções de manutenção ao equipamento anteriormente referido, encontra-se uma descrição das funções do eletrobisturi.

Quando a função bipolar (Figura 38) é selecionada, o nome “BIPOLAR”, fica iluminado através de um LED e emite um sinal sonoro a indicar que o modo de funcionamento foi alterado. No painel, podemos ver as diferentes formas de utilização desta função.

- *Precise (LOW)* – Alto controlo e precisão para dissecação do tecido;
- *Standard (MED)* – Efeito tecido consistente, este é assumido por defeito;
- *Macro* – Permite uma rápida coagulação.

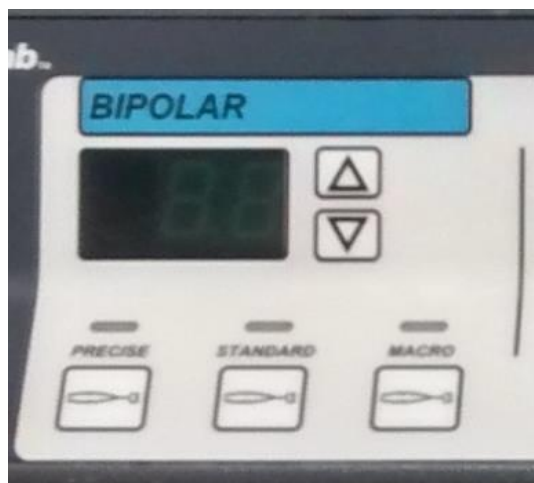


Figura 38 – Função bipolar do eletrobisturi (*Fonte própria*)

Relativamente à função de corte (Figura 39) esta é ativada, o nome “CUT” ilumina-se e emite também um sinal sonoro por causa da alteração de funcionamento. Nesta função pode-se verificar os seguintes modos.

- *LOW* – Botão para corte preciso com poucas faíscas;
- *PURE* – Botão para corte preciso com pouca ou nenhuma hemóstase (modo atribuído por defeito);
- *BLEND* – Permite um corte mais lento.

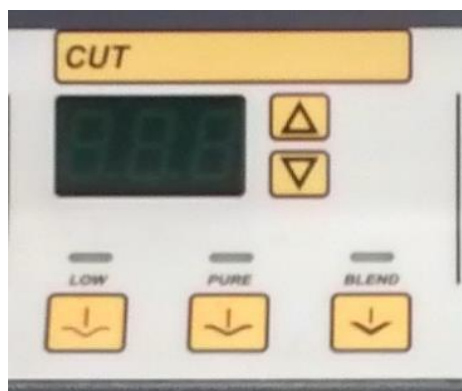


Figura 39 – Função de corte do eletrobisturi (*Fonte própria*)

No entanto caso o utilizador pretenda selecionar a função de coagulação (Figura 40) vai ser iluminado o nome “COAG”, emitindo um aviso sonoro para dizer que o modo de funcionamento foi alterado. Neste painel podem-se ver as seguintes indicações:

- *Desiccate (LOW)* – Permite dissecar a área do tecido que está em contacto direto com o elétrodo, destruindo a área do tecido sem faíscas ou corte;
- *Fulgurante (MED)* – Coagula o tecido com faíscas através do ar;

- *Spray* – Permite fazer uma coagulação uniforme de uma área de tecido, funcionalidade ideal para grandes áreas de fulguração com penetração mínima.



Figura 40 – Função de coagulação do eletrobisturi (*Fonte própria*)

Ao realizar manutenção preventiva a estes equipamentos, inicia-se sempre com a realização de um teste automático ao equipamento, em que é emitido um sinal sonoro caso este seja concluído com sucesso. De seguida, para concluir esta manutenção, deve se cumprir os seguintes procedimentos ilustrado na Figura 41.

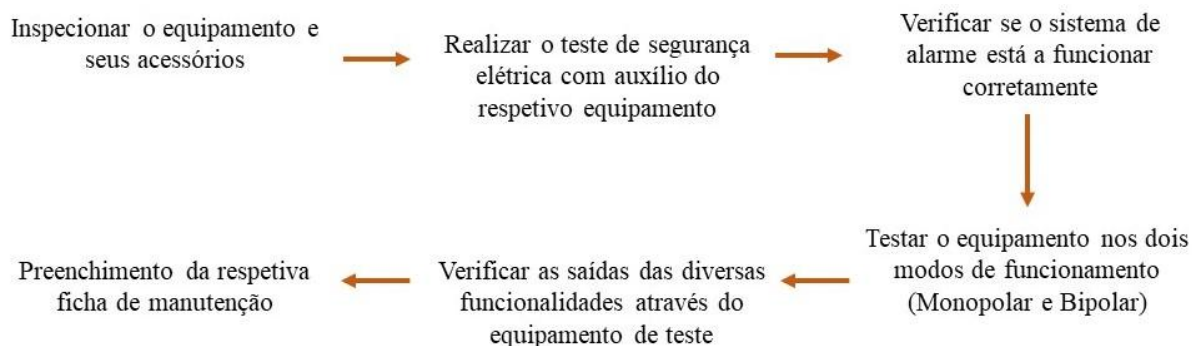


Figura 41 – Manutenção preventiva a Eletrobisturis

5. – Aplicações Móveis de Suporte à Manutenção Preventiva

Para o desenvolvimento destas aplicações foi utilizado um programa da *Microsoft* denominado de *PowerApps* (Figura 42). De acordo com *PowerApps* (2019), a partir deste é possível criar e partilhar uma ampla gama de aplicações digitais e fluxos de trabalho, de forma automatizada, melhorando os processos manuais que, por vezes, se encontram desatualizados. Através da utilização de uma plataforma de desenvolvimento em blocos (Figura 43), que não exige a criação de código de programação, é possível a integração e distribuição de dados de modo a resolver os problemas relacionados com a área comercial, contribuindo para uma maior produtividade das instituições.



Figura 42 – Logotipo do *Microsoft PowerApps* (*PowerApps*, 2019)

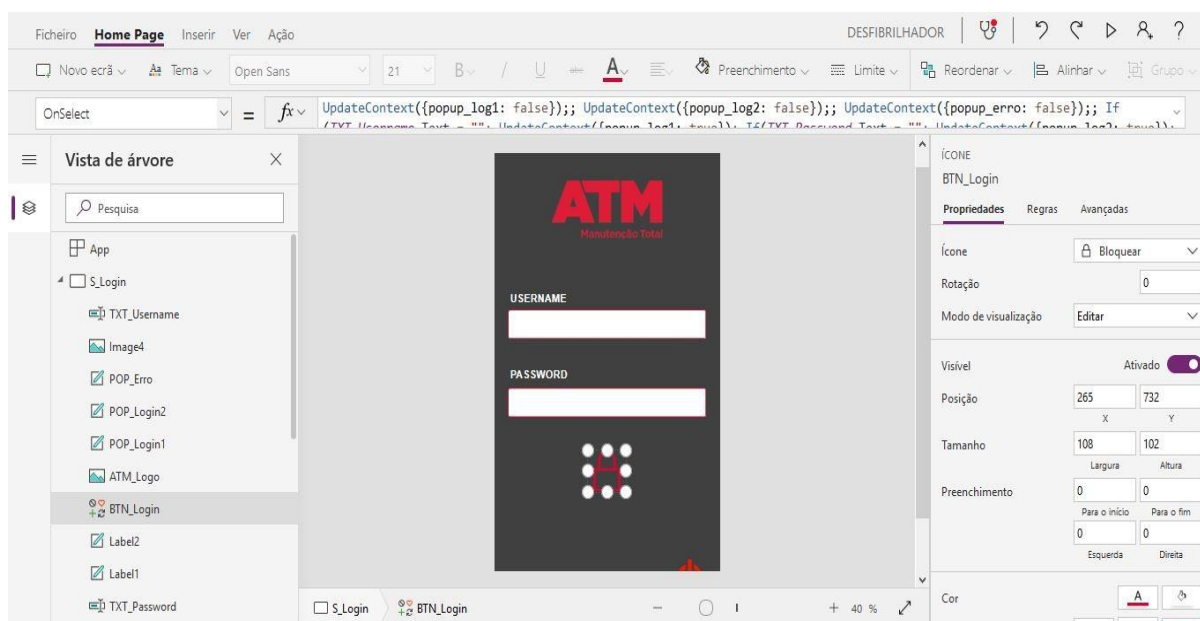


Figura 43 – Menu de desenvolvimento de aplicações (*Fonte própria*)

No decorrer dos últimos três meses do estágio na ULSM, com a supervisão do Engenheiro Nuno Bastos, foram desenvolvidas cinco aplicações (Figura 44), sendo que destas a aplicação relativa aos desfibrilhadores já tinha uma base anteriormente iniciada pelo Engenheiro Nuno Bastos, que permitem uma gestão de manutenção preventiva. A criação dessas aplicações vieram para dar suporte às intervenções técnicas realizadas, uniformizando, desta forma, a técnica de registos e contribuindo para a evolução da gestão de manutenção.



Figura 44 – Menu do PowerApps com as aplicações desenvolvidas (*Fonte própria*)

Dentro das funcionalidades implementadas, está incluída a inserção dos dados nos diferentes formulários do aplicativo (foram criadas aplicações para os desfibrilhadores, cardiocógrafos e eletrobisturis) que, anteriormente, teriam de ser introduzidos nas fichas de manutenção preventiva. Foi criada também uma aplicação que permitisse a gestão de utilizadores, de inventários e de equipamentos de teste (aplicação “BACK_OFFICE”) e ainda uma aplicação para a gestão das folhas de obra utilizadas (aplicação “FOLHA_OBRA”). Relativamente às aplicações dos equipamentos, este formato digital portátil serve de apoio ao preenchimento das fichas de manutenção, aquando da realização das intervenções, e permite visualizar e editar os dados introduzidos relativos aos procedimentos anteriormente efetuados. Em relação às aplicações de gestão tanto de utilizadores, inventários e equipamentos de teste como de folhas de obra é possível adicionar e editar novos dados de acordo com o pretendido pelo utilizador. Os dados inseridos nas aplicações são guardados em ficheiros *Microsoft Excel* em *cloud*, que posteriormente facilita o acesso de outras aplicações à informação aqui armazenada. Por exemplo, no caso do registo de um novo utilizador e posterior gravação destes novos dados,

este utilizador ao iniciar sessão em qualquer das restantes aplicações, origina uma busca aos dados existentes em rede para permitir o acesso deste novo membro à utilização das aplicações de suporte à manutenção.

De uma forma geral, o modo de funcionamento das aplicações relativas aos equipamentos segue um fluxo idêntico, sendo que estas arrancam com o início de sessão, seguido de um menu onde a aplicação se pode ramificar na parte de criação ou edição de manutenções preventivas (Figura 45).



Figura 45 – Menu principal das aplicações relativas aos equipamentos (*Fonte própria*)

De seguida, tendo em conta essa escolha, são apresentados os diversos formulários (Figura 46) relativos às informações da ficha de manutenção, os dados de cliente e do equipamento, os resultados da intervenção, as observações e o resultado da sua conformidade. Para concluir o preenchimento dos dados necessários para a elaboração da ficha de manutenção automática é preciso uma assinatura do responsável para posterior gravação de todos os dados inseridos (Figura 47). Posto isto, pudemos verificar que o conteúdo que foi utilizado para a elaboração destas aplicações foi semelhante entre si, tendo sido realizadas alterações nos parâmetros dos formulários das verificações qualitativas e quantitativas, que são executadas durante as manutenções preventivas aos diferentes equipamentos.

(a) **Dados Gerais**

CLIENTE
SERVIÇO
EQUIPAMENTO
MARCA
MODELO
S/N
INVENTÁRIO

Avançar

(b) **Verificações Quantitativas**

Ensaio de ECG

ECG 30bpm ($\pm 5\%$)
ECG 60bpm ($\pm 5\%$)
ECG 80bpm ($\pm 5\%$)
ECG 120bpm ($\pm 5\%$)
ECG 180bpm ($\pm 5\%$)

ALARME ECG INFERIOR PROGRAMADO ($\pm 5\%$)
ALARME ECG INFERIOR MEDIDO ($\pm 5\%$)
ALARME ECG SUPERIOR PROGRAMADO ($\pm 5\%$)
ALARME ECG SUPERIOR MEDIDO ($\pm 5\%$)

Voltar Avançar

(a)

(b)

Verificações Quantitativas

Medições de Energia (J)

CONTINUIDADE DAS PÁS ($\leq 0,15\Omega$)
LIMITE ENERGIA PÁS INTERNAS PROG. ($\leq 50J$)
LIMITE ENERGIA PÁS INTERNAS MED. ($\leq 50J$)
ENERGIA MINÍMA PROGRAMADA ($\pm 4J$)
ENERGIA MINÍMA MEDIDA ($\pm 4J$)
ENERGIA INTERMÉDIA PROGRAMADA ($\pm 15\%$)
ENERGIA INTERMÉDIA MEDIDA ($\pm 15\%$)
ENERGIA MÁXIMA PROGRAMADA ($\pm 15\%, \geq 250J$)
ENERGIA MÁXIMA MEDIDA ($\pm 15\%, \geq 250J$)

Voltar Avançar

(c)

Figura 46 – Aplicação dos desfibriladores – (a) Formulário dos dados gerais; (b) Formulário das verificações quantitativas acerca dos ensaios de ECG; (c) Formulário das verificações quantitativas acerca das medições de energia (*Fonte própria*)



Figura 47 – Menu de assinatura do responsável (*Fonte própria*)

Em relação à aplicação de gestão esta não tem a função de gerar um documento de forma automática, mas sim alterar as diferentes tabelas da base de dados. É possível gerir os utilizadores das aplicações, definir a *password* de início de sessão e as permissões a que têm acesso, introduzir novos inventários e eliminar quando estes são abatidos e o mesmo se aplica quando estamos perante equipamentos de teste (Figura 48).



Figura 48 – Diferentes ramos de funcionalidades da aplicação de gestão (*Fonte própria*)

De maneira a se perceber o modo de utilização destas aplicações, aquando do desenvolvimento das mesmas foi realizado um manual de utilizador que tem como objetivo ajudar o técnico a proceder ao correto funcionamento das aplicações móveis de suporte à manutenção. Este documento está exposto em anexo ao presente relatório para consulta.

6. – Conclusão

A realização deste estágio revelou-se uma ferramenta fundamental para mobilizar um conjunto de conhecimentos adquiridos previamente, permitindo a consolidação, a aquisição e a melhoria dos conhecimentos teóricos e práticos na área da Eletromedicina e manutenção hospitalar. O contacto com várias situações a nível técnico, nomeadamente, a oportunidade de presenciar e realizar intervenções de manutenção a variados equipamentos em diferentes hospitais, possibilitaram o enriquecimento da formação enquanto estudante de mestrado e futuro profissional de engenharia.

Após o contacto com diferentes realidades foi possível constatar que o trabalho técnico se torna mais sustentável quando realizado em equipa com profissionais de outros departamentos, tais como profissionais da gestão de manutenção, profissionais de saúde e os fabricantes dos equipamentos. Desta forma, e graças à inovação tecnológica na área da eletromedicina, é possível garantir uma oferta de serviços eficaz, rápida e económica, indo de encontro com o objetivo da empresa e as necessidades do cliente.

Com a experiência proveniente do estágio, conclui-se que a realização de intervenções de manutenção preventiva devem seguir um conjunto de etapas idênticas entre si, sendo elas a identificação dos dados relativos ao equipamento e ao cliente, seguido da realização dos testes quantitativos e qualitativos, finalizando com as observações ao equipamento e avaliação do seu estado de funcionalidade e conformidade, de acordo com as normas estabelecidas para o dispositivo em questão. Relativamente às intervenções de manutenção corretiva não é possível estabelecer um conjunto de etapas semelhantes entre si que solucionem o problema identificado, dado a origem da avaria poder ser proveniente de diferentes falhas no equipamento. No entanto, verificou-se que a experiência dos técnicos proporciona uma resolução mais assertiva na identificação da causa da avaria e, posteriormente, na reparação do equipamento em tempo útil.

Em suma, o aluno acredita ter alcançado os objetivos definidos para este estágio, uma vez que adquiriu competências e conhecimentos na área de instrumentação biomédica, nomeadamente na realização de manutenção a equipamentos hospitalares e respetiva gestão.

Referências Bibliográficas

- Ahmed, M. (2017). *Total Quality Management (TQM) in Maintenance Management of Medical Equipment of Combined Military Hospital (CMH)*.
- ANVISA. (2019). *Agência Nacional de Vigilância Sanitária*. Obtido em maio de 2019, de http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/produtos-para-a-saude/produtos/classificacao-de-equipamentos?fbclid=IwAR2cIkJSLCFFkwtTZ1tFV5buZ8Moven785PLYQkdDKeCJVSO_zl_sS9nX14
- APCER. (2019). *APCER*. Obtido em maio de 2019, de <https://www.apcergroup.com/pt/certificacao>
- ATM. (2019). *ATM Manutenção Total*. Obtido em fevereiro de 2019, de <https://atmtotal.com>
- Badnjevic, A., Cifrek, M., Magjarevic, R., & Dzemic, Z. (2018). *Inspection of Medical Devices*. Series in Biomedical Engineering.
- Brito, M. (2003). *Manual Pedagógico PRONACI Manutenção*. AEP - Associação Empresarial de Portugal.
- Bronzino, J. (2006). *Medical Devices and Systems*. Taylor & Francis Group, LLC.
- Cabral, M. (2019). *Serviço Nacional de Saúde*. Obtido em abril de 2019, de <http://www.ulsm.min-saude.pt/institucional/qualidade/>
- Cabrita, C. P., & Cardoso, A. J. (2015). Conceitos e definições de falha e avaria nas normas portuguesas de manutenção NP EN 13306:2007 e NP EN 15341:2009.
- CuffLink. (dezembro de 2007). *CuffLink NIBP Analyzer Operators Manual*. Obtido em maio de 2019, de Fluke Biomedical: <http://assets.fluke.com/manuals/Cufflinkomeng0100.pdf>
- Dyro, J. (2004). *The Clinical Engineering Handbook*. Elsevier Academic Press.
- Electrosurgery, Q.-E. I. (2019). *QA-ES II Electrosurgery Analyzer*. Obtido em abril de 2019, de Fluke Biomedical: https://www.flukebiomedical.com/products/biomedical-test-equipment/electrosurgery-analyzers/qa-es-ii-electrosurgery-analyzer?fbclid=IwAR0AkOh_72DkfmFeg2f6ibZ4UoWTOg1Dike4VPcy8ztwQZpX5gn3JLuJknQ

- Ezzeddine, W., Schutz, J., & Rezg, N. (2015). *Modeling of a Management and Maintenance Plan for Hospital Beds*. Springer International Publishing Switzerland 2015.
- Fernandes, F. (dezembro de 2017). *ATM. Pela manutenção do crescimento*. Obtido em maio de 2019, de <https://www.dinheirovivo.pt/starcompany/atm-pela-manutencao-do-crescimento/?fbclid=IwAR3reW1uzxGNJnAJTgwnvGb23mkM8cMqQwesCrhtHTWxavIPIS7qZd9GPew>
- Fregatti, C., Oliveira, D., & Filho, J. (2015). *Sistema de Gestão de Manutenção Preventiva e Corretiva em Equipamentos Hospitalares*. (1).
- Gehrke, L. (2007). *Engenharia na Saúde*. Obtido em março de 2019, de <https://engenharianasaude.wordpress.com/2009/01/27/ciclo-de-vida-de-equipamentos-medico-hospitalares/>
- Gerônimo, M., Leite, B., & Oliveira, R. (2017). *Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso*. pp. 167-183.
- Gomes, T. (2019). *Mensagem do Presidente*. Obtido em abril de 2019, de Serviço Nacional de Saúde: <http://www.ulsm.min-saude.pt/category/institucional/mensagem-do-presidente/>
- IDA-5. (abril de 2013). *IDA-5 Infusion Device Analyzer Users Manual*. Obtido em maio de 2019, de Fluke Biomedical: https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/ida5_umeng0200.pdf?fbclid=IwAR08ufgaAhzoJNAxb5sRvvggA82uAMXLPLI_LypluU7p2H8e9yA2C6SAIgO4
- IEC60601-1. (2005). *Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for basic safety and essential performance*. IEC.
- IEC60601-2-2. (1998). *Medical electrical equipment – Part 2-2: Particular requirements for the safety of high frequency surgical equipment*. Obtido em abril de 2019, de <https://www.sis.se/api/document/preview/124857/?fbclid=IwAR2Y5uhx3-3Rhs5r54ZDmOxxa9E-ehq664-DEbmeOptNcXK6oLpptNeUe1A>
- IEC60601-2-21. (2009). *Medical Electrical Equipment —Part 2-21: Particular requirements for the basic safety and essential performance of infant radiant warmers*. Obtido em abril de 2019, de ANSI/AAMI/IEC: https://my.aami.org/aamiresources/previewfiles/6012210904_preview.pdf?fbclid=IwAR2cIkJSLCFFkwwkTZ1tFV5buZ8Moven785PLYQkdDKcCJVSO_zl_sS9nX14

- IEC60601-2-24. (fevereiro de 1998). *Medical electrical equipment – Part 2-24: Particular requirements for the safety of infusion pumps and controllers*. Obtido em maio de 2019, de https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec60601-2-24%7Bed1.0%7Den.pdf?fbclid=IwAR0TzumK5ZNRJrIVACsHp8SevgHDJalrQ84YqhTWyH34Q3OpO0pM2cHNZ-c
- IEC60601-2-25. (maio de 1999). *Medical electrical equipment –Part 2-25: Particular requirements for the safety of electrocardiographs*. Obtido em abril de 2019, de <https://www.sis.se/api/document/preview/125131/?fbclid=IwAR3jSfEIEEXEais3quACXErp5T235tgGm4XW5XmjbrOoGEH4atqmT1om0NGs>
- IEC62353. (2007). *Medical Electrical Equipmment - Recurrent Test and Test After Repair of Medical Electrical Equipment*. Obtido em maio de 2019, de <https://archive.org/details/gov.in.is.iec.62353.2007/page/n3>
- ISO. (2019). *International Organization for Standardization*. Obtido em março de 2019, de <https://www.iso.org/benefits-of-standards.html>
- ISO 9000, N. P. (2015). *Sistemas de gestão da qualidade, Fundamentos e vocabulário*. Instituto Português da Qualidade.
- ISO14971. (2007). *Medical devices — Application of risk management to medical devices*. Obtido em abril de 2019, de <https://www.sis.se/api/document/preview/908419/?fbclid=IwAR0TzumK5ZNRJrIVACsHp8SevgHDJalrQ84YqhTWyH34Q3OpO0pM2cHNZ-c>
- Marques, J. (2016). Breve abordagem à relevância das definições normalizadas para os tipos e estratégias de manutenção.
- Matosinhos, C. M. (2012). *ULSM - Hospital Pedro Hispano*. Obtido em janeiro de 2019, de http://www.cm-matosinhos.pt/pages/242?news_id=2121
- Medical, R. (2019). *A Practical Guide to IEC 62353*. Obtido em maio de 2019, de http://www.rigelmedical.com/userfiles/lp-downloads/Rigel-Medical-A-Practical-guide-to-IEC-62353.pdf?fbclid=IwAR0zHRBlaxnK1niPPRPcfFpiU9nHWhFyhI-8WfA9FpfeI_ucSS1ta7ns2CE
- Medicinalia. (2019). *Medicinalia Cormédica - A Wefen Company*. Obtido em junho de 2019, de <http://www.medicinalia-cormedica.pt/>

- Ministério da Saúde.* (dezembro de 2013). Obtido em abril de 2019, de Instrução Normativa N° 09:
http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/int0009_26_12_2013.pdf?fbclid=IwAR2YUikefbz7pTKfy3Xgw-tdPsP-3vIF130zil2x9Ceji2pm7Ubky1430bc
- NP 4492, N. P. (2010). *Requisitos para a prestação de serviços de manutenção.* Instituto Português da Qualidade.
- Philips. (março de 2005). Obtido em maio de 2019, de SERVICE GUIDE Measurements and MonitoringM3/M4 Monitors:
http://incenter.medical.philips.com/doclib/enc/fetch/2000/4504/577242/577243/577247/582636/582882/M3046A__M3_M4_Patient_Monitoring__Service_Guide_%28ENG%29.pdf%3Fnodeid%3D1031149%26vernum%3D-2
- PowerApps. (2019). *PowerApps.* Obtido em abril de 2019, de Microsoft:
<https://powerapps.microsoft.com/pt-pt/build-powerapps/>
- Relatório de Governo Societário.* (2017). Obtido em março de 2019, de http://www.ulsm.min-saude.pt/wp-content/uploads/sites/16/2018/02/ULSM_Relatorio-governo-societario_2017.pdf
- Simões, F. (2018). *NP EN 13306 (2007) terminologia.* Obtido em abril de 2019, de <https://www.passeidireto.com/arquivo/57020680/np-en-013306-2007-terminologia>
- SNS. (2019). *Missão, Atribuições e Legislação.* Obtido em maio de 2019, de Serviço Nacional de Saúde: <http://www.ulsm.min-saude.pt/category/institucional/missao/>
- Sônego, F. (2007). *Estudos de Métodos de Avaliação de Tecnologias em Saúde Aplicada a Equipamentos Eletromédicos.*
- UNI-SIM, R. (março de 2010). *Rigel UNI-SIMHand-Held Vital Signs Simulator.* Obtido em fevereiro de 2019, de Rigel Medical:
http://www.rigelmedical.com/downloads/370a564_rigel_uni_sim_manual_v2.pdf?fbclid=IwAR04eLDPeFGBe_zx4ep0PNeBDaDylANGFPdGGrUhsa9qn1kVnjnnN0PSA5c
- VT305. (janeiro de 2013). *VT305 Gas Flow Analyzer Users Manual.* Obtido em abril de 2019, de Fluke Biomedical:
https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/vt305_umeng0100_0.p

df?fbclid=IwAR0TzumK5ZNRJrIVACsHp8SevgHDJalrQ84YqhTWyH34Q3OpO0pM
2cHNZ-c

WHO. (2011). *Medical equipment maintenance programme overview*. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.

Anexo – Fichas de Manutenção

FICHA DE MANUTENÇÃO

OBRA: _____

DIRECÇÃO: _____ / _____

CLIENTE: _____

O. SERVIÇO / ACTIV. Nº: _____

| | | | |
|-----------------------------|-----------------|--|--|
| FICHA DE MANUTENÇÃO | | ELECTROBISTURI | |
| 33.1-02-804-01 (2008-03-18) | | | |
| EQUIPAMENTO: _____ | MARCA: _____ | MODELO: _____ | |
| N.º SÉRIE: _____ | N.º INV.: _____ | NIVEL: 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> | |



| COMPONENTES DO EQUIPAMENTO | |
|----------------------------|-----------|
| N.º SÉRIE | DESCRIÇÃO |
| | |
| | |
| | |

| EQUIPAMENTOS DE ENSAIO UTILIZADOS | | | | |
|-----------------------------------|-------|--------|-----------|--|
| ARTIGO | MARCA | MODELO | N.º SÉRIE | CERTIFICAÇÃO |
| AEV | | | | CONTROLADO <input type="checkbox"/> ____/____/____ |
| AEV | | | | CONTROLADO <input type="checkbox"/> ____/____/____ |
| AEV | | | | CONTROLADO <input type="checkbox"/> ____/____/____ |
| AEV | | | | CONTROLADO <input type="checkbox"/> ____/____/____ |

| VERIFICAÇÕES QUALITATIVAS | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| | CONFORME | NÃO CONFORME |
| <input type="checkbox"/> INSPECÇÃO VISUAL / LIMPEZA TÉCNICA | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> FIXAÇÃO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> CARRO DE TRANSPORTE / TRAVÕES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> TOMADA DE ALIMENTAÇÃO / CABO DE ALIMENTAÇÃO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> AUTOMÁTICO / FUSÍVEL | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> CABOS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> CONECTORES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> FILTROS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> CONTROLES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> INDICADORES / DISPLAY | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> MONITOR DE CONTINUIDADE DO CABO DE DISPERSÃO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> SINAIS ACÚSTICOS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> PEDAL DE COMANDO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> CARACTERÍSTICAS DE PROTECÇÃO ESPECIAIS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| VERIFICAÇÕES QUANTITATIVAS | | | |
|---|------------|--------------------------|--------------------------|
| | | CONFORME | NÃO CONFORME |
| <input type="checkbox"/> ENSAIOS DE SEGURANÇA ELÉCTRICA | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> POTÊNCIA DE SAÍDA – MONOPOLAR (comparar com especificações do fabricante) | PROGRAMADO | | |
| | MEDIDO | | |
| <input type="checkbox"/> CORTE – ENSAIO 1 | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> CORTE – ENSAIO 2 | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

EXECUTADO _____

DATA ____/____/____

VERIFICADO _____

DATA ____/____/____

Pág. 1 / 2

| VERIFICAÇÕES QUANTITATIVAS | | | | | |
|----------------------------|--|------------|--------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | POTÊNCIA DE SAÍDA – MONOPOLAR (comparar com especificações do fabricante) | PROGRAMADO | MEDIDO | CONFORME | NÃO CONFORME |
| <input type="checkbox"/> | CORTE – ENSAIO 3 | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | CORTE – ENSAIO 4 (MÁX) | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | COAGULAÇÃO – ENSAIO 1 | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | COAGULAÇÃO – ENSAIO 2 | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | COAGULAÇÃO – ENSAIO 3 | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | COAGULAÇÃO – ENSAIO 4 (MÁX) | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | POTÊNCIA DE SAÍDA – BIPOLAR (comparar com especificações do fabricante) | | | | |
| <input type="checkbox"/> | CORTE – ENSAIO 1 | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | CORTE – ENSAIO 2 | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | CORTE – ENSAIO 3 | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | CORTE – ENSAIO 4 (MÁX) | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | COAGULAÇÃO – ENSAIO 1 | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | COAGULAÇÃO – ENSAIO 2 | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | COAGULAÇÃO – ENSAIO 3 | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | COAGULAÇÃO – ENSAIO 4 (MÁX) | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | TESTE DE ISOLAMENTO | | | | |
| <input type="checkbox"/> | TERRA – CHASSI – CORTE | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | TERRA – CHASSI – COAGULAÇÃO | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | TERRA – ELÉCTRODO NEUTRO – CORTE | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | TERRA – ELÉCTRODO NEUTRO – COAG | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | TERRA – ELECTRODO ACTIVO – CORTE (apenas de classe CF (I▼)) | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | TERRA – ELECTRODO ACTIVO – COAG. (apenas de classe CF (I▼)) | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| RESUMO | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | SIM | NÃO |
| LIMPEZA | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| CALIBRAÇÕES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| LUBRIFICAÇÕES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAL | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| OBSERVAÇÕES |
|-------------|
| |
| |
| |
| |

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| EQUIPAMENTO OPERACIONAL | <input type="checkbox"/> OK |
|-------------------------|-----------------------------|

EXECUTADO

DATA

VERIFICADO

DATA

FICHA DE MANUTENÇÃO



DBRA: _____

DIRECÇÃO: ____/____

CLIENTE: _____

O. SERVIÇO / ACTIV. Nº: _____

| | | | |
|---|-------------------------------|--|--|
| FICHA DE MANUTENÇÃO 33.1-02-805-01 (2008-03-18) | EQUIPAMENTO DE INFUSÃO | | |
| EQUIPAMENTO: _____ | MARCA: _____ | MODELO: _____ | |
| N.º SÉRIE: _____ | N.º INV.: _____ | NIVEL: 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> | |

| COMPONENTES DO EQUIPAMENTO | |
|----------------------------|-----------|
| N.º SÉRIE | DESCRIÇÃO |
| | |
| | |
| | |
| | |

| EQUIPAMENTOS DE ENSAIO UTILIZADOS | | | | |
|-----------------------------------|-------|--------|-----------|--|
| ARTIGO | MARCA | MODELO | N.º SÉRIE | CERTIFICAÇÃO |
| AE\ | | | | CONTROLADO <input type="checkbox"/> ____/____/____ |
| AE\ | | | | CONTROLADO <input type="checkbox"/> ____/____/____ |
| AE\ | | | | CONTROLADO <input type="checkbox"/> ____/____/____ |
| AE\ | | | | CONTROLADO <input type="checkbox"/> ____/____/____ |

| VERIFICAÇÕES QUALITATIVAS | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| | CONFORME | NÃO CONFORME |
| <input type="checkbox"/> INSPECÇÃO VISUAL / LIMPEZA TÉCNICA | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> FIXAÇÃO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> TOMADA DE ALIMENTAÇÃO / CABO DE ALIMENTAÇÃO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> AUTOMÁTICO / FUSÍVEL | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> CABOS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> CONECTORES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> CONTROLES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> BATERIA / CARREGADOR | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> INDICADORES / DISPLAY | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> ALARMES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> MECANISMO BLOQUEAMENTO DE FLUXO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> CHAMADA DE ENFERMEIRA | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> SINAIS ACÚSTICOS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| VERIFICAÇÕES QUANTITATIVAS | | | | CONFORME | NÃO CONFORME |
|----------------------------|-------------------------------------|------------|--------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | ENSAIOS DE SEGURANÇA ELÉCTRICA | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | PROGRAMADO | MEDIDO | | |
| <input type="checkbox"/> | ENSAIO DE DÉBITO (±5%) – 1º ENSAIO | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | VOLUME DE INFUSÃO (±5%) – 1º ENSAIO | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

EXECUTADO

DATA

VERIFICADO

DATA

Pág. 1 / 2

| VERIFICAÇÕES QUANTITATIVAS | | | | |
|----------------------------|---|--------|--------------------------|--------------------------|
| | PROGRAMADO | MEDIDO | CONFORME | NÃO CONFORME |
| <input type="checkbox"/> | TEMPO DE INFUSÃO – 1º ENSAIO | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | BACK PRESSURE – 1º ENSAIO | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | ENSAIO DE DÉBITO (±5%) – 2º ENSAIO | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | VOLUME DE INFUSÃO (±5%) – 2º ENSAIO | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | TEMPO DE INFUSÃO – 2º ENSAIO | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | BACK PRESSURE – 2º ENSAIO | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | MEDIDO | TEMPO | |
| <input type="checkbox"/> | PRESSÃO MÁXIMA (±1 psi da especificação do fabricante) | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| RESUMO | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | SIM | NÃO |
| LIMPEZA | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| CALIBRAÇÕES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| LUBRIFICAÇÕES | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAL | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| OBSERVAÇÕES |
|-------------|
| |
| |
| |
| |

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| EQUIPAMENTO OPERACIONAL | <input type="checkbox"/> OK |
|-------------------------|-----------------------------|

EXECUTADO

DATA

VERIFICADO

DATA

Pág. 2 / 2