UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

Trabalho de Conclusão de Curso

TREINAMENTO EM EQUIPAMENTO MÉDICO-HOSPITALAR: DO CURSO À AVALIAÇÃO

Alice de Oliveira Barreto Suassuna

Natal/RN
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

TREINAMENTO EM EQUIPAMENTO MÉDICO-HOSPITALAR: DO CURSO À AVALIAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Graduado em Engenharia Biomédica.

Graduando: Alice de Oliveira Barreto Suassuna.

Orientador: Profa. Dra. Beatriz Stransky Ferreira.

Co-orientador: Eng. Me Cayo Eduardo Leal de Menezes.

Natal/RN

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

TREINAMENTO EM EQUIPAMENTO MÉDICO-HOSPITALAR: DO CURSO À AVALIAÇÃO

Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso:

Profa. Dra. Beatriz Stransky Ferreira _____

UFRN – Orientadora

Eng. Me Cayo Eduardo Leal de Menezes _____

MEJC – Co-orientador

Profa. Ma. Leila Raulino Câmara Cavalcati _____

IFRN – Avaliador externo

Natal/RN

2017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e meu irmão, meus maiores tesouros. Pelo grande incentivo nessa minha jornada de estudos. Mesmo estando distantes me deram força para concluir mais essa etapa da minha vida. Todo esforço é por vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter sido meu sustento nos momentos mais difíceis durante o curso e ter me mantido de pé quando não tinha mais forças. Sempre me acalmou com seu infinito amor, lembrando-me de que nunca estou só.

Aos meus pais e meu irmão, que mesmo distantes sempre se mantiveram perto, me escutando, rezando por mim, me incentivando e me amando. Sobretudo a minha mãe, Rita, que é minha maior inspiração.

À minha família que reside em Natal, principalmente meus tios Réia e Renato e meus primos Ramon e Renato, que sempre me ajudaram quando precisei, facilitando minha moradia aqui e a todos os outros que sempre acreditaram em mim.

Ao meu namorado Emanuel Mendes, que esteve comigo desde o início e sempre me auxiliou nas matérias mais difíceis, me ensinando e incentivando. Por todo auxílio, paciência e companheirismo.

À minha turma da Engenharia Biomédica, Amauri, Anaíra, Bruno, Edilson, Jéssica, Marcelo, Pedro, Ruana, Victor e Wedson, por todo apoio, todas as risadas e descontrações em meio a tantos trabalhos, provas e estresses e por serem a melhor turma que se pode ter.

Aos colegas do bacharelado em Ciências e Tecnologia (CeT), que dividiram comigo várias noites em claro e finais de semana de estudos, em especial a Camila Régia e Rayssa por toda a amizade desde o início.

À minha orientadora Beatriz Stransky, por aceitar a me orientar e por toda paciência, disponibilidade e ensinamentos. Ao meu co-orientador Cayo Eduardo, por suas considerações que foram fundamentais para a conclusão desse projeto.

Agradeço também à Maternidade Escola Januário Cicco (MEJC), por permitir a realização deste trabalho, em especial ao setor da Engenharia Clínica, representado pelas pessoas de Cayo Eduardo, Geraldo Barbosa e Gutemberg Bismarck, por toda contribuição no meu crescimento profissional.

A professora Leila Cavalcanti, por participar da banca examinadora e por ter permitido com que várias oportunidades surgissem pra mim no ano de 2016.

A todos os professores da Engenharia Biomédica e do Bacharelado em CeT, por todos os conhecimentos e ensinamentos transmitidos.

A todos meus amigos de vida que torcem por mim, me incentivam e sempre entenderam minha ausência, representados por Isadora Nadja e Maressa Paiva.

Sumário

LISTA DE FIGURAS **8**

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS **10**

RESUMO **11**

ABSTRACT **12**

1. INTRODUÇÃO **13**

2. OBJETIVOS **16**

2.1. GERAL 16

2.2. ESPECÍFICOS 16

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **17**

3.1 EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES 17

3.1.1 Ciclo de Vida dos Equipamentos Médico-Hospitalares 17

3.1.2 Manutenção 19

3.1.3 Calibração 22

3.1.4 Treinamentos 22

3.2 ENGENHARIA CLÍNICA 23

3.2.1 Histórico 23

3.2.2 Engenharia Clínica no Brasil 25

3.2.3 Engenheiro Clínico 26

3.3 BOMBAS DE INFUSÃO 28

3.3.1 Histórico 28

3.3.2 Funcionamento das bombas de infusão 29

3.3.3 Tipos de bombas de infusão 32

3.3.4 Principais problemas 35

4. METODOLOGIA **38**

4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS 38

4.2 REALIZAÇÃO DOS TREINAMENTOS 38

4.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS APÓS OS TREINAMENTOS E AVALIAÇÃO DO CURSO 39

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 41

5.1 DADOS COLETADOS ANTES DOS TREINAMENTOS 41

5.2 OS TREINAMENTOS E AVALIAÇÃO 43

5.3 DADOS COLETADOS DEPOIS DOS TREINAMENTOS 48

5.4 COMPARAÇÃO 48

5.6 DISCUSSÃO 49

6. CONCLUSÕES 51

7. REFERÊNCIAS 52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Frequência de falhas em Equipamentos Médico-Hospitalares. 14
Figura 2 - Fases do ciclo de vida das tecnologias médico-hospitalares. 18
Figura 3 - Subclasses de três das cinco fases do ciclo de vida de um equipamento. Adaptado de (ANTUNES *et al.*, 2002) 19
Figura 4 - Fluxograma da rotina da manutenção corretiva (AZEVEDO, 2011) 20
Figura 5 - Gestão de treinamento. Adaptado de (RIBEIRO, 2012) 23
Figura 6 - Diagrama que ilustra a interação do engenheiro clínico com outros profissionais. Adaptado de (ANTUNES *et al*., 2002) 27
Figura 7 - Motor de Passo (KALATEC) 30
Figura 8 - Representação do mecanismo peristáltico de infusão (SILVA JR, 2004) 30
Figura 9 - Representação do mecanismo de infusão peristáltica rotativo. Adaptado de (CALIL; TEIXEIRA, 2002) 31
Figura 10 - Representação do mecanismo de infusão peristáltica linear. Adaptado de (SILVA JR, 2004) 31
Figura 11 - Mecanismo de direcionamento de bomba de seringa. Adaptado de (BUTTON, 2002). 32
Figura 12 - Modelo de bomba de infusão peristáltica rotativa (CELM) 33
Figura 13 - Modelo de bomba de infusão peristáltica linear. Fonte da autora. 33
Figura 14 - Modelo de bomba de seringa. Fonte da autora. 34
Figura 15 - Modelo de bomba de infusão ambulatorial (DISETRONIC, 2003). 35
Figura 16 - Sensor de gotas utilizado nas bombas peristálticas lineares. Fonte da autora. 36
Figura 17 - Esquema de um sensor de gotas. Adaptado de (BUTTON, 2002) e encaixe de sensor de gotas ao equipo. Foto da autora. 37
Figura 18 - Questionário para avaliação dos treinamentos..... 40
Figura 19 - Equipamento alarmando Sensor Obstruído. Fonte da autora. 42
Figura 20 – Defeito relatado “Sensor Obstruído” e funcionando normalmente ao ser testado. Fonte da autora. 42
Figura 21 - Cabo que conecta a fonte externa ao equipamento desconectado. Fonte da autora. 43
Figura 22 - Treinamento para parte da equipe de saúde da UTI Neonatal. Fonte da autora. 44

Figura 23 – Respostas dos profissionais em relação à eficácia dos treinamentos..... 45
Figura 24 – Respostas dos profissionais sobre o quesito se o treinamento trouxe algo sobre o funcionamento do equipamento do qual não tinham conhecimento..... 45
Figura 25 – Frequência com que a equipe de saúde gostaria que se realizassem treinamentos em EMH..... 46
Figura 26 – Guia Rápido da bomba de infusão (Infusomat Compact)..... 47
Figura 27 – Comparação no número total de chamados de manutenção em BI antes e após os treinamentos..... 48
Figura 28 – Comparação no número de chamados falsos e verdadeiros, antes e após os treinamentos. 49

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACCE – *American College of Clinical Engineering*

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BI – Bomba de Infusão

CC – Corrente Contínua

CONITEC – Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no SUS

CV – Ciclo de Vida

EAS – Estabelecimento Assistencial de Saúde

EBSERH – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares

EC – Engenharia Clínica

EMH – Equipamento Médico-Hospitalar

FDA – *Food and Drug Administration*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

MC – Manutenção Corretiva

MEJC – Maternidade Escola Januário Cicco

MP – Manutenção Preventiva

MPd – Manutenção Preditiva

PIB – Produto Interno Bruto

SUS – Sistema Único de Saúde

UTI – Unidade de Terapia Intensiva

SUASSUNA, Alice de Oliveira Barreto. **Treinamento em Equipamento Médico-Hospitalar: do curso à avaliação.** Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 58p., 2017.

RESUMO

O profissional responsável pelo gerenciamento dos Equipamentos Médico-Hospitalares (EMH) dentro do ambiente hospitalar é o Engenheiro Clínico. Ele também é responsável pela aquisição, adequação e manutenção de todos os equipamentos. Vários estudos mostram que o maior número de falhas em EMH é proveniente de erro humano (COOPER *et al*., 1978; DONCHIN *et al*., 1995; ALVES, 2002; DE LIMA, 2011). Analisando tal situação, o presente estudo tem o objetivo de oferecer treinamento em bomba de infusão para a equipe médica (enfermeiros e técnicos de enfermagem) da Maternidade Escola Januário Cicco, Natal/RN, a fim de diminuir as ocorrências de falhas, sobretudo as provenientes de erro humano. Para isso, foram obtidos os números de ocorrência antes e após a realização dos treinamentos e feito uma comparação entre os resultados. Verificou-se uma queda de mais de 50% no número de serviços internos de manutenção, mostrando que os treinamentos são significativos dentro do ambiente hospitalar.

Palavras-chave: Equipamento Médico-Hospitalar. Bomba de Infusão. Manutenção. Treinamentos. Engenharia Clínica

SUASSUNA, Alice de Oliveira Barreto. **Training in Medical-Hospitalar Equipment: from course to evaluation.** Final Project, Biomedical Enginnering Bachelor Degree, Federal University of Rio Grande do Norte, 58p., 2017.

ABSTRACT

The professional in charge of the Medical-Hospitalar Equippment management within the hospital environment is the Clinical Engineer. He is also responsible for the acquisition, adequacy and maintenance of all equipment. Several studies have shown that the greatest number of failures in Medical-Hospitalar Equippment is due to human error (COOPER *et al*., 1978; DONCHIN *et al*., 1995; ALVES, 2002; DE LIMA, 2011). Analyzing this situation, the present study aims to provide a training in infusion pump to the medical staff (nurses and nursing technician) from the School Maternity Januário Cicco, Natal/RN, in order to reduce the failures occurrence, especially those resulting from human error. For this, the occurrence numbers were obtained before and after the training and a comparison was made between the results. There was a drop of more than 50% in the number of internal maintenance services, showing that the trainings are significant within the hospital environment.

Keywords: Medical-Hospitalar Equipment. Infusion pump. Maintenance. Trainings. Clinical Engineering.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, percebe-se que o desenvolvimento tecnológico tem buscado e produzido novos meios e técnicas que visem facilitar e melhorar a qualidade de vida do ser humano. O ambiente hospitalar também se insere nesse meio e é um dos setores que se beneficiam com esta evolução (ANTUNES et al., 2002).

Durante a década de 70, o avanço tecnológico na saúde trouxe consigo tecnologias refinadas, tais como a tomografia computadorizada, porém, junto dessas tecnologias surgiu também uma preocupação para os hospitais: os gastos para manter a vida útil desses equipamentos (ROGERS; LYNN, 2002).

De acordo com dados levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2013, o governo investiu R$ 190 bilhões ou 3,6% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro em saúde, sendo 2,8% desse total consumido no setor de saúde pública (R$ 149,9 bilhões) (IBGE, 2013). Parte desse consumo está relacionado ao parque tecnológico, ou seja, gastos com Equipamentos Médico-Hospitalares (EMH), dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs), que são hospitais, clínicas, maternidades e unidades básicas de saúde.

Equipamentos Médico-Hospitalares (EMHs) são aparelhos ou instrumentos de uso médico, odontológico ou laboratorial, indicados a fornecerem suporte a procedimentos diagnósticos, terapêuticos ou cirúrgicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002), e estes gastos se referem a compras, manutenção corretiva (MC), manutenção preventiva (MP), contratos com empresas, conserto, dentre outros.

Existem três tipos básicos de causas de falhas que ocorrem nesses equipamentos: erro humano, falha na tecnologia e fenômenos externos (DE LIMA, 2011). Além disso, percebeu-se que a ausência de grupos de manutenção interna e a grande escassez em treinamentos e qualificação de operadores resultam em outros problemas ligados ao manuseio de EMH (LOPES, 1993). Por exemplo, um estudo de caso realizado em um hospital de Sorocaba, São Paulo, examinou 81 esfigmomanômetros dos tipos de coluna de mercúrio e aneroide, quanto aos problemas apresentados de acordo com as causas das falhas mencionadas anteriormente. Observou-se que o maior número de ocorrência era proveniente de erro humano (DE LIMA, 2011), como a figura a seguir.

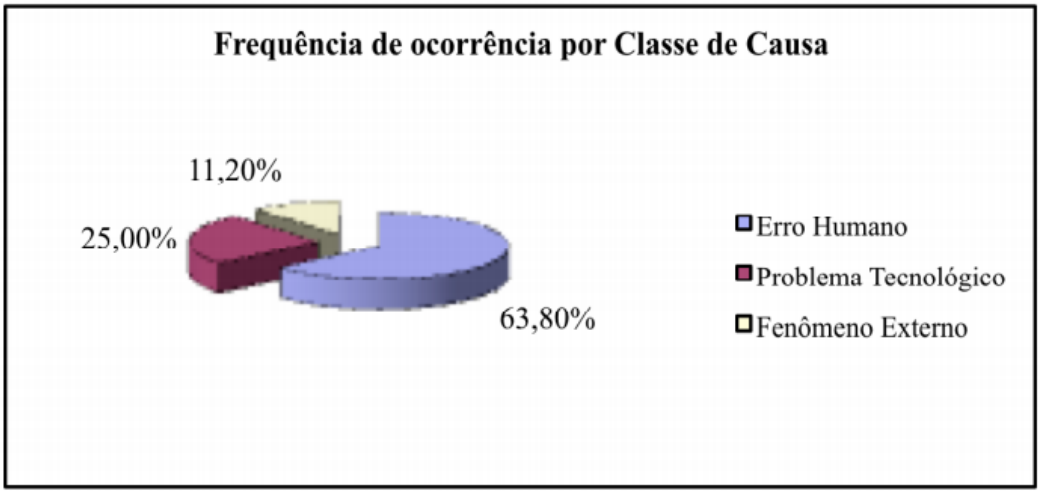

Figura 1 - Frequência de falhas em Equipamentos Médico-Hospitalares. (Adaptado de DE LIMA, 2011).

Diante de tais abordagens, verifica-se a necessidade da estruturação e implementação de uma equipe de gerenciamento desses recursos tecnológicos para buscar uma maior durabilidade no tempo de vida útil dos equipamentos, a fim de fornecer melhorias nos serviços ofertados (GOMES; DALCOL, 1999). Para tal questão, surge a Engenharia Clínica (EC), cujo foco é a gestão de tecnologias em saúde.

A EC começou a funcionar no Brasil na década de 80, instigada pelo alto número de equipamentos hospitalares que estavam sem funcionar devido a falta de peças, serviços e suplementos ou porque não eram instalados, incluindo também falta de manutenção e treinamento apropriado. Já em outros países, como nos Estados Unidos, a EC foi implementada pensando na segurança elétrica dos equipamentos, tendo em vista acidentes que já haviam ocorrido motivados por esse tipo de falha (WANG; CALIL, 1991).

Dessa forma, o *American College of Clinical Engineering* (ACCE, 2001) caracteriza o Engenheiro Clínico como: "*Um profissional que apoia e promove o cuidado de pacientes, aplicando habilidades de engenharia e gestão à tecnologia na saúde*". Um dos papéis do Engenheiro Clínico é promover treinamento dos equipamentos hospitalares e dar suporte às empresas que também o fazem. Segundo Malloupas (1986), o uso indevido de equipamentos provenientes da falta de treinamento dos operadores pode diminuir em cerca de 30-80% o seu tempo de vida.

O setor de Engenharia Clínica da Maternidade Escola Januário Cicco (MEJC) foi implementado em 2014 pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares

(EBSERH), porém antes disso, em 2007, já era realizado o gerenciamento dos EMH, tendo um técnico eletrônico como responsável, que gerenciava o parque tecnológico do hospital e também tratava da aquisição, manutenção, adequação e disposição dos EMH.

Tendo em vista o elevado número de ocorrência nas bombas de infusão, um EMH utilizado para infusão controlada de líquidos (drogas ou nutrientes) tanto via enteral quanto parenteral e muito utilizado dentro do ambiente hospital (CALIL; TEIXEIRA, 2002). Este trabalho tem o objetivo de fornecer treinamento à equipe que o opera, para assim diminuir o número de ocorrências, sabendo que a maioria são advindas da falta de informação dos profissionais que os manuseiam. Dessa forma, buscou-se minimizar os problemas relacionados às bombas de infusão e consequentemente reduzir uma parcela nos gastos com esse EMH e o tempo que o mesmo fica inutilizado fora do setor, tendo em vista que se trata de um equipamento em comodato, ou seja, o fabricante empresta o equipamento para o hospital, porém todos os acessórios necessários para o funcionamento da BI são comprados a esse fabricante, o que retarda a vinda de um especialista no equipamento para realizar as manutenções.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Oferecer um curso sobre a correta utilização das bombas de infusão lineares (Infusomat Compact) para a equipe de saúde (médicos, enfermeiros e técnicos de enfermagem) da Maternidade Escola Januário Cicco, Natal/RN, a fim de diminuir os falsos chamados provenientes da falta de informação das pessoas que operam esse tipo de equipamentos.

2.2. ESPECÍFICOS

- Realizar um levantamento do número de ocorrências de chamados nas bombas de infusão por um período de dois meses;
- Elaborar um treinamento com enfoque na utilização das bombas de infusão.
- Fornecer treinamento à equipe que manuseia tais equipamentos.
- Realizar o levantamento do número de chamados das bombas de infusão após o treinamento, por um mesmo período de tempo, para assim avaliar as mudanças que ocorreram.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), entende-se por equipamentos médico-hospitalares (EMHs) os equipamentos usados na saúde que tem por fim um objetivo médico, fisioterapêutico, odontológico ou laboratorial, empregados para terapias, diagnósticos, monitorização de seres humanos ou reabilitação.

Os diversos tipos de EMHs existentes nos EAS se classificam de acordo com seu princípio de funcionamento (radiação, mecânica, ótica, eletromecânica, eletrônica) e quanto à utilização médico-hospitalar (apoio, laboratório, imagem, diagnóstico) (CALIL; TEIXEIRA, 1998).

Existe ainda outra classificação que está relacionada com a sua complexidade, sendo separados em equipamento de baixa, média e alta complexidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013):

- *Baixa complexidade: equipamentos que não precisam que o elemento recursos humanos, ou seja, todos os profissionais envolvidos na assistência à saúde, possuam especialização em equipamentos médicos e requerem treinamentos bastante simples. Exemplo: esfigmomanômetro, banho-maria, berço aquecido.*
- *Média complexidade: equipamentos que necessitam de um treinamento mais apropriado e exigem um pessoal com formação básica. Exemplo: incubadora, centrífuga, eletrocardiógrafo.*
- *Alta complexidade: equipamentos que necessitam de técnicos com qualificação e com treinamentos especializados. Exemplos: ressonância magnética, tomógrafos, ultrassom (diagnóstico por imagem).*

3.1.1 Ciclo de Vida dos Equipamentos Médico-Hospitalares

Segundo Albonoz (2000), o conceito de Ciclo de Vida (CV), no que diz respeito a produtos e serviços, é um dos meios mais importantes para pesquisa e avaliação das tecnologias.

Um conceito de CV é de que todos os equipamentos nascem, crescem, alcançam certo nível de maturidade e depois tendem a parar. Consequentemente, as novas tecnologias acabam substituindo as antigas (TORRES, 1995). Assim, buscam-se sempre medidas que visem aumentar a duração do CV dos equipamentos, sejam com manutenções e/ou treinamentos.

O Ciclo de Vida de um EMH é dividido em fases que mostram toda a sua vida, desde a sua produção até seu descarte. Segundo Panerai *et al.* (1990), o CV de uma tecnologia médico-hospitalar pode ser classificada em cinco etapas, são elas: *Inovação, Difusão, Incorporação, Utilização e Descarte* (figura 2).

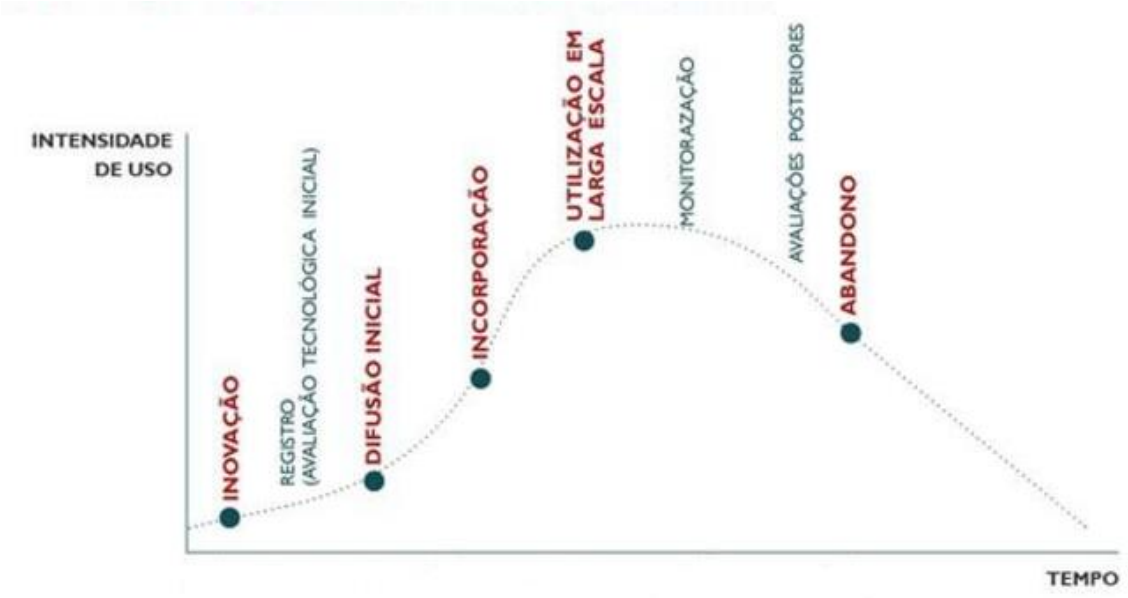

Figura 2 - Fases do ciclo de vida das tecnologias médico-hospitalares.

Adaptado de (CONITEC, 2014).

Do ponto de vista do usuário, as fases principais do CV do equipamento são a incorporação, utilização e descarte (ALBORNOZ, 2000). A figura 3 mostra as subclasses dessas três fases. Trazendo alguns procedimentos que surgem com o objetivo de prolongar o CV dos equipamentos, por exemplo, manutenções, treinamentos e calibrações.

Figura 3 - Subclasses de três das cinco fases do ciclo de vida de um equipamento. Adaptado de (ANTUNES *et al.*, 2002)

3.1.2 Manutenção

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1990), manutenção é a "combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida".

A manutenção está associada com os aspectos de segurança, custo, disponibilidade e qualidade. Assim, a sua função é uma maior disponibilidade com o custo mínimo, mantendo a qualidade e a segurança (LINS, 2009). A manutenção visa a redução da perda das funções do equipamento, seja total ou parcial, aumentado assim o seu tempo de vida útil, porém ela não evita o desgaste natural do equipamento, proveniente do tempo e da frequência do uso (MAGALHÃES, 2011).

Os tipos de manutenção caracterizam-se pela maneira como é realizada a intervenção no sistema. Podem ser classificadas em três tipos: Manutenção Corretiva (MC), Manutenção Preventiva (MP) e Manutenção Preditiva (MPd).

3.1.2.1 Manutenção Corretiva

É a forma mais antiga de manutenção. De uma maneira geral a manutenção corretiva se define como mecanismos realizados após uma falha que busca trazer de volta o funcionamento normal do equipamento. No caso dos equipamentos médicos, a

MC pode ser empregada quando estes já estão na ameaça de falha ou apresentando algumas falhas (MANSO, 2012). Portanto, a MC, como o próprio nome já diz, tem a função de corrigir um problema de funcionamento dos EMH ou sistema.

As vantagens da MC são: a não necessidade de uma rotina periódica de acompanhamento dos equipamentos e que a troca das peças ocorre apenas no fim do seu CV. Já as desvantagens são: maior custo, maior risco de acidentes, diminuição da vida útil e da confiabilidade do equipamento, paralisação inoportuna e/ou demorada (AZEVEDO, 2011). A figura 4 mostra um fluxograma da rotina da manutenção corretiva.

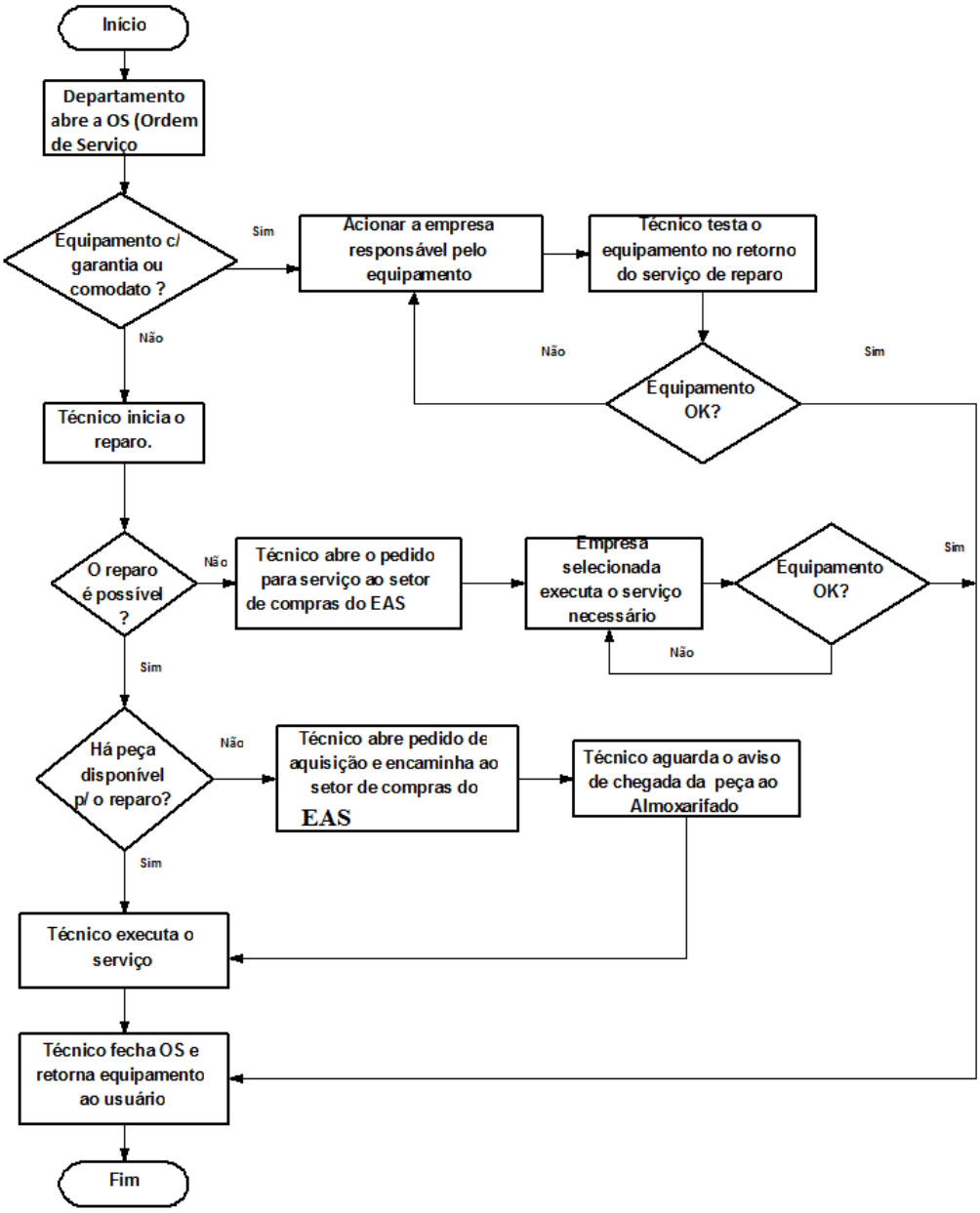

Figura 4 - Fluxograma da rotina da manutenção corretiva (AZEVEDO, 2011)

3.1.2.2 Manutenção Preventiva

Segundo a ABNT, manutenção preventiva é um tipo de manutenção que é efetuada em intervalos preestabelecidos ou então de acordo com critérios determinados, que busca a redução da probabilidade de falha ou o desgaste operacional de um item (ABNT, 1994).

Alguns procedimentos efetuados durante a MP que buscam o prolongamento da vida útil do equipamento são: inspeção geral, substituição de peças e acessórios da qual o ciclo de vida já tenha terminado, lubrificação, aferição e em seguida calibração do equipamento e realização dos testes funcionais (MANSO, 2012).

As vantagens da MP são: o aumento da confiabilidade e o prolongamento da vida útil do equipamento e a mesma pode ser programada. Já as desvantagens são: um maior número de interferências em relação a MC e a troca das peças antes do seu fim da vida útil (AZEVEDO, 2011).

3.1.2.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva surgiu na década de oitenta e é um tipo de manutenção que realiza a inspeção e o acompanhamento dos parâmetros e das variáveis de desempenho dos equipamentos, buscando determinar o momento correto da intervenção. A MPd possibilita um maior tempo de operação dos equipamentos e a intervenção acontece com base em dados e não em suposições (OTANI; MACHADO, 2008).

Existem algumas técnicas que são utilizadas para a realização desse tipo de manutenção. Estudo de análise de vibração, análise de óleo e da estrutura da peça, estudo de superfície, leitura de instrumentos do item e inspeção por termovisão são algumas dessas técnicas (LINS, 2009).

Segundo Otani e Machado (2008), a MPd apresenta uma série de pontos positivos, dentre eles estão: previsão de falhas com uma certa antecedência permitindo que os equipamentos sejam desativados em segurança, diminuição dos riscos de acidentes e parada do sistema, maior rendimento e produtividade, redução dos prazos e custos de manutenção pelo conhecimento prévio das falhas a serem corrigidas.

3.1.3 Calibração

De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), calibração é o conjunto de operações que estabelece a relação entre valores de grandezas padrão e valores indicados por alguma medição, seja por um instrumento ou um sistema de medição, representada por um material de referência.

A calibração é essencial para garantir a qualidade de funcionamento dos EMHs. No ambiente hospitalar, a maioria dos equipamentos devem ser calibrados, sobretudo pelo fato de que seus resultados estão diretamente ligados a diagnósticos médicos e um equipamento que apresenta falha por falta de calibração pode comprometer a vida dos pacientes (AZEVEDO, 2011).

3.1.4 Treinamentos

Após a aquisição e instalação de um equipamento hospitalar, é de suma importância que ocorra um treinamento para a equipe que o opera. Esses treinamentos são dados por um funcionário especializado da empresa responsável pela venda ou pelo engenheiro/técnico responsável pelos equipamentos do EAS. Na maioria dos casos o treinamento apenas na instalação do equipamento não é o suficiente, pelo fato de sempre estar entrando pessoas novas no local de trabalho ou por falta da prática de alguns, então a equipe de engenharia do EAS passa a ser a responsável por refazer esses treinamentos, de acordo com a demanda de cada setor.

Nesses treinamentos são abordados alguns pontos fundamentais, como: modo de funcionamento, montagem, limpeza do EMH, visualização externa, protocolos, dentre outros (DINIZ, 2016).

A falta de conhecimento dos operadores e profissionais é um dos principais motivos para que ocorra um baixo desempenho do equipamento. Na maioria das vezes, os fabricantes se importam somente com a comercialização do produto, esquecendo-se de proporcionar treinamentos e outros serviços que permitem o prolongamento da vida útil dos equipamentos (GONÇALVES, 2010). Assim, o treinamento é realizado com o intuito de precaver algum dano que seja proveniente de mau uso ou, até mesmo, minimizar os chamados que são ditos falsos.

A gestão de treinamentos envolvem alguns passos para que seja realizado de maneira que possa obter uma maior absorção da equipe, além de acompanhar o andamento do setor após os mesmos, como mostra a figura a seguir.

Figura 5 - Gestão de treinamento. Adaptado de (RIBEIRO, 2012)

3.2 ENGENHARIA CLÍNICA

3.2.1 Histórico

A Engenharia Clínica (EC) é uma das subáreas da Engenharia Biomédica. Esse setor é responsável pela gestão de todo o parque tecnológico dos EAS e tem como objetivo principal tornar a tecnologia médica em uma ferramenta que seja utilizada de uma melhor maneira possível, promovendo segurança e qualidade aos pacientes e profissionais da área da saúde com diminuição dos custos (FERREIRA, 2001).

Pode-se dizer que o ponta pé inicial para a EC ocorreu no dia 10 de janeiro de 1942 em St. Louis, com a formação de um curso de manutenção de equipamentos médicos que foi implantado pelas forças armadas. Alguns tempos depois, o curso virou a uma escola de manutenção de equipamentos médicos do exército na cidade de Denver, Colorado e pode ser aplicado na prática (GORDON, 1990).

Durante as décadas de 60 e 70 a evolução da tecnologia no ambiente hospitalar trouxe consigo um aumento nos custos com saúde, além disso, os equipamentos que eram comprados pelos hospitais não traziam instruções de como operá-los ou até mesmo consertá-los. Entretanto, um fato marcante que acontecia nos EUA e fez com que se pensasse na engenharia de manutenção como uma alternativa, foi a divulgação de uma notícia que mostrava um elevado número de mortes devido a choques elétricos relacionados com equipamentos médicos, cerca de três pessoas por dia ou 1200 por ano, tais dados foram divulgados pelo cirurgião Cari W. Walter, da *Harvard Medical School* (BRONZINO, 2004).

Somente em 28 de maio de 1976, o presidente dos Estados Unidos Gerald Ford aprovou a legislação PL 94-295, a qual exigia que os fabricantes de equipamentos médicos estabelecessem a eficácia e segurança dos seus produtos segundo a aprovação da *Food and Drug Administration* (FDA), antes de serem lançados no mercado. Tal acontecimento resultou na contratação imediata de mais de 300 engenheiros clínicos, fomentando os setores de engenharia clínica no âmbito hospitalar e nos escritórios da FDA. Ainda nessa mesma década foi criado o termo engenheiro clínico por César Cáceres e Thomas Hargest, o último foi certificado como o primeiro engenheiro clínico da história (RAMIREZ; CALIL, 2000).

No início da década de 90, foi fundado *o American College of Clinical Engineering* (ACCE) que é a única organização profissional dedicada unicamente a representar os interesses dos engenheiros clínicos. Essa organização tem como objetivo representar os interesses profissionais dos Engenheiros Clínicos, estabelecer um padrão de competência e promover a excelência em prática na EC, definir o conjunto de conhecimentos em que a profissão se baseia e promover a aplicação segura e eficaz de Ciência e Tecnologia ao atendimento ao paciente (RIDGWAY; JOHNSTON; McCLAIN, 2004).

Nessa mesma década, após a implantação da EC, o governo federal norte-americano começou a diminuir os custos com saúde. Assim, percebe-se que com o passar do tempo a ênfase que era dada à segurança nas décadas de 60 e 70, passou a ser dada para a eficácia e os custos na década de 90 (RAMIREZ; CALIL, 2000).

3.2.2 Engenharia Clínica no Brasil

A EC teve vigor no Brasil com uma defasagem de 30 anos em relação à Europa e aos Estados Unidos e foi introduzida pelas necessidades financeiras, tendo em vista os altos custos de manutenção dos equipamentos médicos e acessórios (ANTUNES *et al*, 2002).

No Brasil, no ano de 1989 o ministério do bem-estar e da Previdência Social presumiu que grande parte dos EMH (de 20 a 40%) estavam parados por faltas de peças, conserto, suprimentos ou até instalações (WANG; CALIL, 1991). A partir da década de 90, as autoridades brasileiras passaram a estudar estes problemas relacionados a administração de equipamentos médicos, expandindo os debates sobre tal assunto, participando de reuniões internacionais, colaborando com outros países e promovendo intercâmbios de informação (TERRA *et al.*, 2014).

Em 1991, foi instituída no Brasil a Faculdade de Tecnologia da Saúde (*Healthcare Technology College*) com um programa de três anos, que tinha como objetivo formar profissionais chamados "Tecnólogos da Saúde". Neste mesmo ano, seis engenheiros brasileiros participaram da primeira oficina avançada de Engenharia Clínica em Washington (BRITO, 2004).

Nos anos seguintes, entre 1993 e 1994, quatro universidades estaduais e federais iniciaram seus programas para formar engenheiros clínicos para a prática no Brasil. Além disso, o Ministério da Saúde financiou cursos anuais de especialização em engenharia clínica. Nesta mesma época surgiram também outros programas, como mestrados e doutorados em EC e Engenharia Biomédica, cursos técnicos e ocorreu ainda a certificação de nove engenheiros clínicos brasileiros pela Comissão Internacional de Certificação (*International Certification Commission*) (BRITO, 2004).

Ainda em 1994, após muitos debates e votações desde 1980, foram aprovada as primeiras normas nacionais de segurança para equipamentos eletromédicos: NBR-IEC 601-1 e NBR-IEC 601-2, tal acontecimento mostra que no Brasil já começou a haver uma preocupação maior com a segurança dos equipamentos. A partir desse momento, todos os equipamentos que eram comercializados em laboratórios credenciados e encaminhados para o Ministério da Saúde para registro na Vigilância Sanitária eram inspecionados pelo INMETRO para só assim poder ser comercializado (RAMIREZ; CALIL, 2000).

No dia 26 de janeiro de 1999, foi criada a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) pela Lei nº 9782, que é uma agência reguladora e está vinculada ao Ministério da saúde. Desde quando foi fundada, a ANVISA iniciou um intenso programa que visava o desenvolvimento de agentes especializados em vigilância sanitária para trabalhar na área de dispositivos eletromédicos. Muitos desses agentes eram Engenheiros Clínicos que participavam como professores nestes programas (BRITO, 2004).

Em 2003, foi fundada a Associação Brasileira de Engenharia Clínica (ABECLIN), que tinha o objetivo de incentivar, estabilizar, integrar e qualificar os profissionais que trabalham na área de EC, definir um modelo brasileiro de EC, impulsionar o desenvolvimento e divulgar a EC no Brasil, mediante a realização de debates, reuniões, congressos e cursos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA CLÍNICA, 2010).

A EC está notoriamente ganhando cada vez mais espaço no Brasil como uma profissão nova e independente, que é capaz de solucionar problemas difíceis e que acarretam despesas elevadas para o sistema de Saúde (WANG; CALIL, 1991).

3.2.3 Engenheiro Clínico

O Engenheiro Clínico é o profissional que atua na área da EC. Qualquer profissional que possua um curso de engenharia ou um nível superior pode se tornar um profissional desse tipo, desde que faça um curso de especialização na EC, assim, poderá atuar dentro de um EAS (DAVID, 2003).

Segundo a definição do ACCE o Engenheiro Clínico é: "*Um profissional que apoia e promove o cuidado de pacientes, aplicando habilidades de engenharia e gestão à tecnologia na saúde*" (AMERICAN COLLEGE OF CLINICAL ENGINEERING, 1991).

Dentro do ambiente hospitalar, o engenheiro clínico é o profissional responsável pelo gerenciamento de todo o parque tecnológico biomédico. É também o profissional que administra a conexão entre o pacientes e os equipamentos médicos, garantindo o uso seguro dos equipamentos tanto para os usuários quanto para os pacientes, visando sempre melhorar a qualidade e consequentemente a redução dos custos no que diz respeito à EMH (SHAFFER, 1985).

O profissional da EC possui algumas responsabilidades e atividades básicas, dentre elas podemos citar a aquisição de novos dispositivos, acessórios e peças de reposição; gerenciamento de entrada e saída de equipamentos; treinamento de pessoal da equipe médica, enfermagem e de saúde em geral para um uso seguro e correto dos equipamentos; manutenção e controle de qualidade técnica dos EMH; avaliar a relação custo-benefício de tecnologias médicas; entre outras funções (HEGARTY, 2014).

Antunes *et. al.* (2002), relata que o engenheiro clínico deve ter mais habilidades do que somente a técnica, tendo em vista que o setor de engenharia clínica se relaciona com diversos outros setores dentro e fora da unidade de saúde, como demonstra a Figura 6, sendo assim, é necessário que este profissional tenha um conhecimento multidisciplinar, seja comunicativo, seguro e tenha a capacidade de se relacionar com as pessoas e profissionais. Neste ambiente interdisciplinar, o profissional deve ajudar e contribuir com as práticas dos diversos profissionais da saúde, agências regulatórias, administração hospitalar e terceiros. Deve assegurar que os equipamentos estejam funcionando da maneira como é devida, em perfeitas condições, deve garantir que os custos sejam diminuídos e que as normas e padrões técnicos estão sendo respeitadas (TERRA *et al*., 2014).

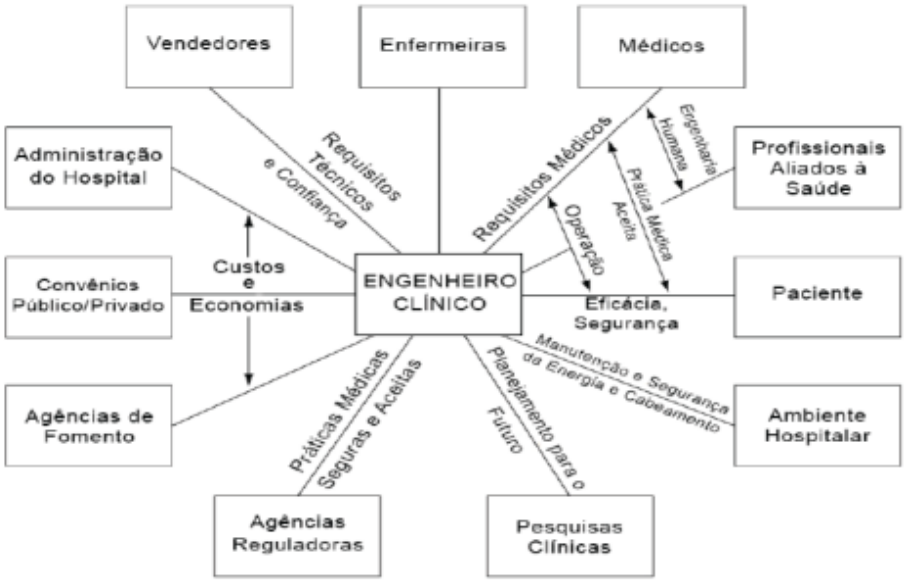

Figura 6 - Diagrama que ilustra a interação do engenheiro clínico com outros profissionais. Adaptado de (ANTUNES *et al*., 2002)

Atualmente percebe-se que o papel dos engenheiros clínicos na comunidade brasileira e no mundo mudou consideravelmente nas duas últimas décadas. Esta profissão está se tornando cada vez mais respeitada e considerada, situação que diverge de alguns anos atrás. Muitos hospitais e fabricantes têm uma equipe de EC composta por pelo menos um engenheiro clínico, que juntamente com a equipe atua visando a redução de perdas de recursos em gestão de tecnologia na saúde. Neste contexto, os engenheiros clínicos desempenham um papel fundamental como parte da equipe, pois decide e recomenda tecnologias específicas para serem adquiridas. Porém, no Brasil, esses profissionais ainda tem muito trabalho a fazer (BRITO, 2004).

3.3 BOMBAS DE INFUSÃO

Segundo ANVISA (2011), Bomba de Infusão (BI) é um equipamento indicado a regular a passagem de líquidos que serão infundidos no paciente sob pressão positiva gerada pela bomba.

Este equipamento é bastante utilizado nos EAS e está presente em vários setores do hospital, como nas Unidades de Terapia Intensiva (UTIs), na oncologia, emergência, unidade de queimados, algumas enfermarias, entre outros (ALVES, 2002).

3.3.1 Histórico

A história da terapia intravenosa iniciou-se a partir do descobrimento da circulação sanguínea, da fabricação da primeira agulha hipodérmica e da primeira transfusão de sangue, durante a época do Renascimento. Entretanto, foi somente no século 20 que essa prática foi se aprimorando, graças aos avanços na medicina (VENDRAMIM, 2007). Na década de 50, por exemplo, surgiu a administração de fluidos intravenosa e as medicações parenterais através de injeção (BUTTON, 2002). Apesar do avanço alcançado, em determinados tratamentos médico-hospitalares a infusão de medicamentos executada com o auxílio de seringas não apresentava a precisão e a eficácia necessária. Tendo em vista tal necessidade e buscando proporcionar uma melhora na eficiência do tratamento, surgiram as chamadas bombas de infusão em meados da década de 60 (BUTTON, 2002).

O primeiro dispositivo automático de infusão foi desenvolvido em 1963, o infusor cronométrico da Watkins. Tal dispositivo consistia em um mecanismo de

relógio que movimentava um cabeçote com roletes que comprimia um cateter e promoviam o deslocamento do líquido e foi denominado *chronofuser*. Durante a década de 70 ocorreu à inserção da eletrônica analógica aliada a motores de corrente contínua (CC) (BUTTON, 2002).

Posteriormente, na década de 80, inseriu-se a eletrônica digital (microcontroladores) aliada a motores de passo nos dispositivos de infusão. Já a década de 90 é caracterizada pelo desenvolvimento de sensores para controle em malha fechada (contendo realimentação da saída na entrada, visando assim à redução dos erros) de alguns sistemas de infusão. Iniciaram-se também nessa época o desenvolvimento de algoritmos de correção e modelamento do controle biológico (BUTTON, 2002).

3.3.2 Funcionamento das bombas de infusão

Há alguns modelos de BIs que possuem diferenças nos princípios de funcionamento e na exatidão das velocidades de infusão, embora algumas sejam semelhantes na aparência. Sendo assim, é importante ter sapiência do mecanismo de funcionamento de cada bomba que será utilizada (MOYLE & DAVEY, 2000).

Embora existam diferenças nas bombas devido ao seu funcionamento, deve-se lembrar de que todas usam pressão para infundir o líquido desejado no paciente, ou seja, o mecanismo se baseia em ocasionar a pressão de infusão para assim gerar o fluxo do fluido. Os principais mecanismos de infusão são: o peristáltico (rotativo e linear), por seringa e por pistão ou diafragma (BUTTON, 2002).

Um dispositivo fundamental para a realização da infusão é o motor de passo, que atua como força de direcionamento do fluido (SILVA JR, 2004).

3.3.2.1 Motor de passo

Para gerar uma força que servirá no direcionamento do fluido, os fabricantes das bombas de infusão utilizam um motor de passo (ALVES, 2002).

Os motores de passo são dispositivos eletromecânicos, Figura 7, que ao receberem pulsos elétricos transformam em movimentos mecânicos que produzem variações angulares discretas. Quando pulsos elétricos chegam aos terminais desses motores, em certa sequência, seu eixo é rotacionado em pequenos incrementos angulares chamados de “passos”. A velocidade com que esse eixo gira está relacionada com a frequência de pulsos recebida (BRITES; SANTOS, 2008).

Figura 7 - Motor de Passo (KALATEC)

3.3.2.2 Mecanismos de direcionamento

3.3.2.2.1 Peristáltico

Este mecanismo se baseia no movimento peristáltico que acontece no tubo digestório humano, que provoca o deslocamento do bolo alimentar. O princípio desse movimento parte da compressão de um tubo por onde passa o fluido que será infundido, mostrado na Figura 8. As bombas de infusão peristálticas podem ainda usar mecanismo rotativo ou linear (SILVA JR, 2004).

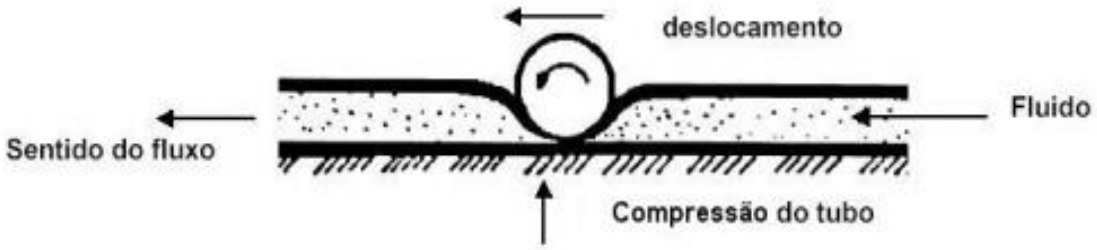

Figura 8 - Representação do mecanismo peristáltico de infusão (SILVA JR, 2004)

O mecanismo de direcionamento peristáltico rotativo é composto por um conjunto rotor-rolos que provocará uma sequência de compressões em um tubo flexível onde passa o fluido que será infundido. O motor de passo é responsável pela rotação do

conjunto. Neste mecanismo, os rolos alongam e pressionam o equipo, sobretudo na parte flexível do tubo (silicone), provocando o fluxo do fluido, figura a seguir (CALIL; TEIXEIRA, 2002).

Figura 9 - Representação do mecanismo de infusão peristáltica rotativo. Adaptado de (CALIL; TEIXEIRA, 2002)

Já no mecanismo de direcionamento peristáltico linear existe um batente na qual uma série de hastes comprime o equipo sobre ele, gerando um movimento ondulatório que é provocado por uma rosca sem fim, que por sua vez é ativada por um motor. Assim, o fluido é empurrado devido à compressão que é aplicada ao tubo (equipo) em posições consecutivas, figura 10 (SILVA JR, 2004).

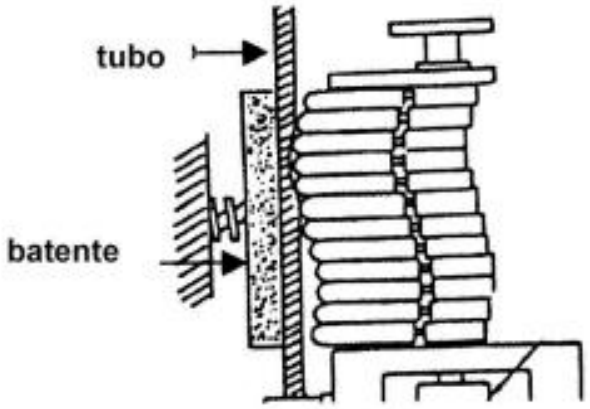

Figura 10 - Representação do mecanismo de infusão peristáltica linear. Adaptado de (SILVA JR, 2004)

3.3.2.2.2 Mecanismos por Seringa

Neste mecanismo utiliza-se uma seringa como um reservatório de líquido, garantindo assim um fluxo constante para pequenos volumes (menores que 100 ml) e uma alta precisão. (BUTTON, 2002).

Para a movimentação do êmbolo da seringa utiliza-se um mecanismo de rosca sem fim. A rotação de um motor de passo é transmitida a um fuso (rosca sem fim) que

empurra o êmbolo e consequentemente movimenta o fluido que está inserido dentro da seringa, figura 11. É comum, neste mecanismo, o emprego de um sistema constituído por molas ou gás comprimido para que seja possível empurrar o êmbolo com uma força constante, para assim produzir uma pressão de infusão constante (ALVES, 2002).

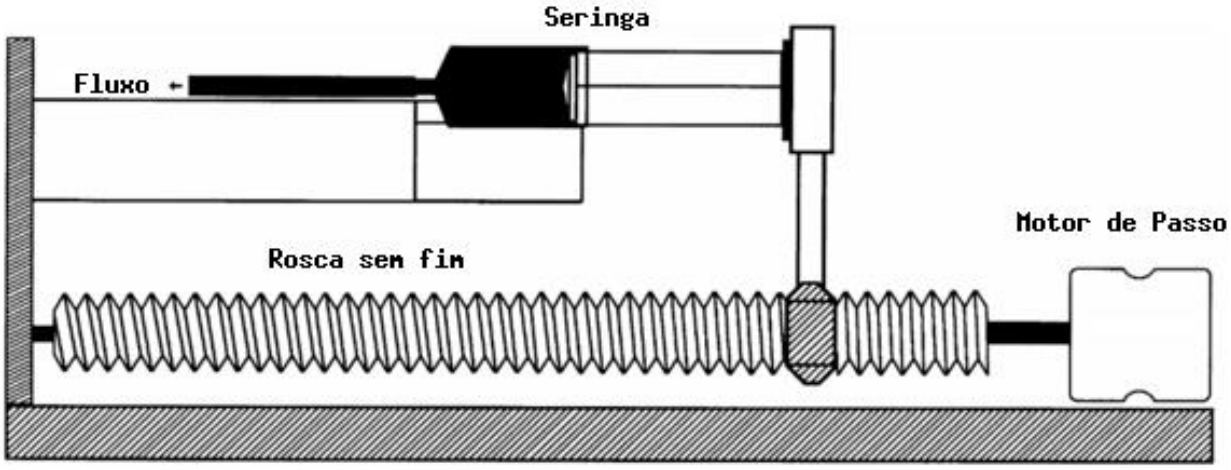

Figura 11 - Mecanismo de direcionamento de bomba de seringa. Adaptado de (BUTTON, 2002).

3.3.3 Tipos de bombas de infusão

Nos EAS utilizam-se três tipos de bombas de infusão, são elas: bombas de infusão volumétrica (linear ou rotativa), bombas de seringa e bombas de infusão ambulatorial (ALVES, 2002).

3.3.3.1 Bomba de infusão volumétrica

Bomba de infusão volumétrica é uma bomba onde a vazão, unidade de volume por, normalmente ml/h, é selecionada pelo operador (ABNT, 1999).

Este tipo de bomba pode se classificar em dois tipos de acordo com o mecanismo de infusão: peristáltica rotativa e peristáltica linear (CANELAS, 2003).

Figura 12 - Modelo de bomba de infusão peristáltica rotativa (CELM)

Figura 13 - Modelo de bomba de infusão peristáltica linear. Fonte da autora.

As BIs volumétricas têm por finalidade administrar fluidos intravenosos, e são utilizadas em locais onde são indicadas elevadas doses de drogas potentes e infusão delicada de pequenos volumes de fluidos, tais como UTIs e unidades pediátricas. Elas controlam a dose de medicamento ou da dieta a ser infundida no paciente. Essas bombas podem infundir a uma taxa de 0,1 ml/h até 999,9 ml/h, dependendo do modelo de cada fabricante (PHILLIPS, 2001).

3.3.3.2 Bomba de seringa

Segundo a ABNT (1999), bomba de seringa é um equipamento destinado para infundir líquidos ao paciente de maneira controlada e sob a ação simples de uma ou mais seringas, na qual a vazão é indicada pelo equipamento em unidade de volume por

tempo, após ser selecionada pelo operador. É usada para injeção de pequeníssimas doses de medicamentos.

Figura 14 - Modelo de bomba de seringa. Fonte da autora.

Bombas de seringa são mais indicadas para aplicações em unidades neonatais, pediatria e unidades de terapia intensiva, pois fornecem soluções intravenosas com baixa vazão e com alta precisão, garantindo uma maior exatidão, fluxo contínuo para pequenos volumes (até 100 ml) a uma taxa de infusão de 0,1 a 99,9 ml/h. Conseguem volumes bem menores de infusão, que não consegue nas bombas de infusão volumétrica. Há controle maior e mais segurança para o paciente (ECRI, 2001).

3.3.3.3 Bomba de infusão ambulatorial

Bomba de infusão ambulatorial é um equipamento que pode ser carregado pelo paciente e é indicado para a infusão controlada de líquidos no mesmo (ABNT, 1999).

Esse equipamento utiliza o mesmo princípio de funcionamento da bomba de seringa (ALVES, 2002). Podem também administrar os fluidos através de reservatórios compressíveis de pequenas dimensões, permitindo assim com que o equipamento seja portado pelo paciente, possibilitando-lhe iniciar o tratamento em sua própria residência (JUNIOR *et al.*, 2004).

Existem cinco tipos de bombas de infusão ambulatoriais, são elas:

- Tipo I: proporciona somente fluxo contínuo;
- Tipo II: proporciona somente fluxo não contínuo;
- Tipo III: permite administração discreta de bolus, ou seja, infusão em grande quantidade e uma vazão maior;

- Tipo IV: propicia fluxo contínuo com administração de bolus ou uma apresentação das características dos tipos I e II associados.
- Tipo V: bomba de perfil de infusão programável.

Figura 15 - Modelo de bomba de infusão ambulatorial (DISETRONIC, 2003).

Esse tipo de bomba tem a capacidade de administrar a maior parte das terapias de infusão, como por exemplo, hormônio de crescimento humano, quimioterapia, nutrição de parental, entre outros. Por funcionar com um sistema de bateria, a bomba de infusão ambulatorial apresenta algumas desvantagens, como um tempo de carga restrito e a necessita de um carregamento constante (ECRI, 2000).

3.3.4 Principais problemas

Os erros operacionais das bombas de infusão e as falhas de procedimento na mesma podem ocasionar o funcionamento inapropriado do equipamento, causando o não cumprimento da prescrição médica solicitada. Além do mais, tais falhas podem fazer com que o equipamento seja retirado para o setor de manutenção de forma desnecessária (ALVES, 2002).

De acordo com o relatório anual do *Emergency Care Research Institute* (ECRI*), Top 10 health technology hazards for 2014*, nos hospitais, os responsáveis pelas principais complicações médicas e causas de falhas são as bombas de infusão (ECRI, 2014).

Entre maio de 1989 e janeiro de 1997, realizou-se um estudo sobre os problemas envolvendo as bombas de infusão no Hospital Virgem Macarena de Sevilla (México) e os resultados mostraram que 14,26% dos problemas foram ocasionados devido à manipulação incorreta dos usuários, ou seja, erro operacional (LEJEUNE, 1999).

Outro estudo realizado entre 2001 e 2002 no Centro Local de Engenharia Clínica da Maternidade Carmela Dutra (Florianópolis, SC, Brasil), demonstrou que 48,41% dos problemas levantados nas ordens de manutenção corretiva em bombas de infusão têm relação com o mau uso dos equipamentos, tendo em vista que o problema de porta quebrada é proveniente do mau uso, como mostra a tabela 1 (ALVES, 2002).

Tabela 1 - Tipos de problemas levantados nas ordens de serviço de maio de 2001 a agosto de 2002. Adaptado de (ALVES, 2002).

Tipo do Problema	N	%
Uso incorreto	31	32.63
Porta quebrada	15	15.78
Sensor de gotas	05	5.26
Bateria sem carga	04	4.21
Fonte queimada	03	3.15
Sensor de ar	02	2.1
Fusível queimado	02	2.1
Cabo de alimentação	01	1.05
Teclado com defeito	01	1.05
Disponibilização e baixa de patrimônio	31	32.63

Como visto na Tabela 1 existem problemas corriqueiros com relação ao sensor de gotas. Alguns tipos de bombas possuem esse sensor de gotejamento, são as peristálticas rotativas e lineares, a figura 16 mostra um exemplo de um sensor de gotas utilizado nas bombas peristálticas lineares. Tal dispositivo tem a função de manter o controle das infusões (SILVA JR, 2004).

Figura 16 - Sensor de gotas utilizado nas bombas peristálticas lineares. Fonte da autora.

Ele é conectado junto à câmara de gotejamento que existe no equipo e é composto normalmente, por um LED, que emite um feixe de luz, e um componente fotossensível, como o fototransistor, como mostra a Figura 17 (BUTTON, 2002).

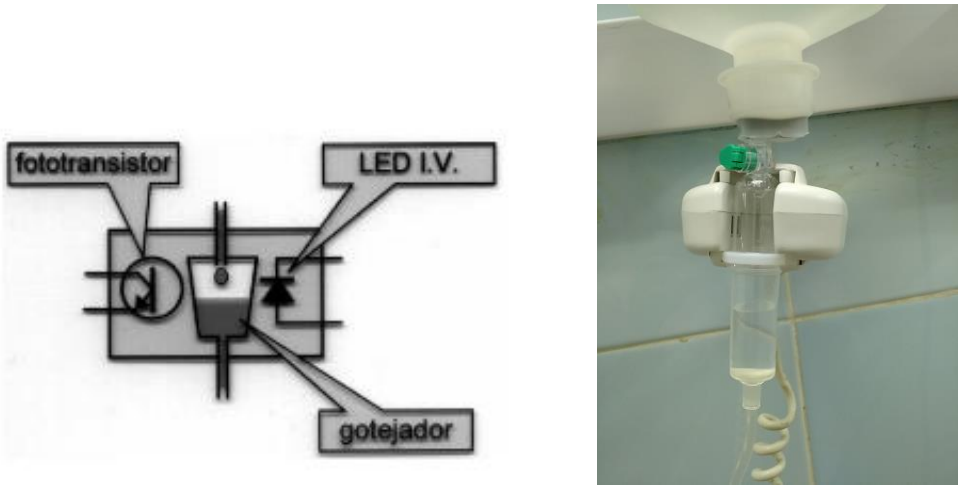

Figura 17 - Esquema de um sensor de gotas. Adaptado de (BUTTON, 2002) e encaixe de sensor de gotas ao equipo. Foto da autora.

Cada vez que ocorre o gotejamento o feixe de luz gerado pelo LED é interrompido e corta a corrente no fototransistor, o que gera um pulso. A frequência de pulsos é medida e comparada com o valor que foi selecionado pelo operador no painel de controle. Se a frequência estiver fora da faixa ajustada, o circuito soa o alarme (BUTTON, 2002).

Outro tipo de falha relacionada às bombas de infusão está associado ao uso do equipo, que é um acessório necessário para permitir que o fluido a ser infundido passe pelo equipamento e chegue ao paciente. Para cada modelo de BI há um equipo específico, variando de acordo com o fabricante, a não utilização do equipo correto pode acarretar em problemas nas bombas, como quebra ou não fixação do equipo principalmente realizando a infusão incorreta, podendo prejudicar o tratamento do paciente. Adicionalmente, as quedas também são fatores frequentes de falhas nas bombas (PHILLIPS, 2001).

Todos os equipamentos hospitalares, inclusive as bombas, devem ser manipulados por profissionais com treinamentos para evitar falhas provenientes do uso incorreto, devem oferecer de forma bem objetiva e clara uma análise dos riscos que tal equipamento traz para o paciente e deve passar por manutenções preventivas com certa frequência para evitar possíveis falhas na operação dos mesmos (PETAGNA; TANAKA, 2014).

4. METODOLOGIA

4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS

Os dados referentes aos chamados de manutenção das bombas de infusão foram obtidos no setor de Engenharia Clínica da Maternidade Escola Januário Cicco (MEJC). Todos os dados da pesquisa são referentes às bombas de infusão volumétrica linear Infusomat Compact, fabricadas pela empresa B. Bbraun, pois são as mais utilizadas no hospital em questão.

O controle dos chamados é feito em uma planilha onde é informado: (i) o equipamento, (ii) o setor solicitante, (iii) o defeito, (iv) se o serviço foi executado, (v) o procedimento realizado.

Sendo assim, foram coletados dados referentes aos números de ocorrências de falhas nas BI, durante o período de fevereiro à março de 2017, incluindo as seguintes informações: defeito apresentado e setor solicitante e, após a realização de testes, se esse defeito era verdadeiro ou se era apenas um falso chamado, ou seja, o equipamentos funciona normalmente com a realização dos teste, mostrando que não há nenhum defeito no equipamento.

4.2 REALIZAÇÃO DOS TREINAMENTOS

Após o levantamento dos dados, foi elaborado o curso "Treinamento em Bombas de Infusão", para a elaboração desse curso foi utilizado o Manual do equipamento e alguns vídeos, porém o mesmo foi realizado de forma oral e presencial para todas as equipes de saúde (enfermeiras, técnicos de enfermagem), dos seguintes setores: Enfermaria C, UTI Neonatal, UTI Materna e Centro Cirúrgico, tendo em vista que são os setores que mais utilizam esse tipo de equipamento. O curso foi disponibilizado para cada setor no período da manhã, em reunião com profissionais de outros turnos, com exceção da Enfermaria C, que por ser um setor sem histórico de treinamento nas BIs necessitou de maior atenção, tendo recebido os treinamentos nos períodos da manhã e da tarde.

Para cada setor o foco do curso foi dado de acordo com as demandas específicas e histórico de treinamentos, pois havia setor que nunca havia recebido treinamento em BIs. A Tabela 2 mostra os setores que receberam o curso e quais os tópicos abordados.

Tabela 2 - Setores que receberam o curso e os tópicos abordados em cada setor.

Setor	Histórico de Treinamento	Pontos abordados nos treinamentos
Centro Cirúrgico	**Já havia recebido treinamento anteriormente**	• Funções da programação da BI; • Solução de problemas relacionados ao alarme do sensor de gotas; • Como desabilitar o sensor de gotas; • Esclarecimento de dúvidas por parte dos operadores.
Enfermaria C	**Nunca havia recebido treinamento anteriormente**	• Limpeza; • Instalação do equipo; • Instalação do sensor de gotas; • Funções da programação da Bi; • Solução de problemas relacionados ao alarme do sensor de gotas; • Como desabilitar o sensor de gotas; • Esclarecimento de dúvidas por parte dos operadores.
UTI Materna	**Já havia recebido treinamento anteriormente**	• Solução de problemas relacionados ao alarme do sensor de gotas; • Como desabilitar o sensor de gotas; • Esclarecimento de dúvidas por parte dos operadores.
UTI Neonatal	**Já havia recebido treinamento anteriormente**	• Solução de problemas relacionados ao alarme do sensor de gotas; • Como desabilitar o sensor de gotas; • Esclarecimento de dúvidas por parte dos operadores.

4.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS APÓS OS TREINAMENTOS E AVALIAÇÃO DO CURSO

Para se avaliar a eficácia dos treinamentos, foram coletados dados referentes aos chamados de manutenção das BIs após a disponibilização do curso, no período de 14 de abril à 14 de junho de 2017, praticamente o mesmo tempo de coleta antes dos treinamentos (dois meses). Também foi realizado um questionário, apresentado na Figura 18, para os participantes do curso, com a finalidade de avaliar o mesmo e fazer uma pesquisa sobre outros equipamentos e frequência com que os profissionais teriam interesse em receber treinamentos.

Questionário para Avaliação

Treinamento de Bomba de Infusão (Infusomat Compact), oferecido dia __/__/__ na Maternidade Escola Januário Cicco, em Natal, RN.

Qual sua profissão?

( ) Enfermeiro(a)
( ) Técnico(a) de enfermagem
( ) Médico(a)
( ) Outra. Especificar_____

Qual a sua idade?

( ) Até 24 anos
( ) Entre 25 e 34 anos
( ) Entre 35 e 44 anos
( ) Entre 45 e 54 anos
( ) Acima de 55 anos

Você já havia recebido algum treinamento em equipamentos hospitalares? E em bomba de Infusão? Se sim, onde foi o treinamento? Ministrado por quem?

_____
_____

O treinamento foi satisfatório?

( ) Concordo totalmente
( ) Concordo em parte
( ) Indiferente
( ) Discordo em parte
( ) Discordo totalmente

O treinamento trouxe algo sobre o funcionamento do equipamento na qual você não tinha conhecimento?

( ) Concordo totalmente
( ) Concordo em parte
( ) Indiferente
( ) Discordo em parte
( ) Discordo totalmente

Em sua opinião, os treinamentos em equipamentos hospitalares deveriam ocorrer com que frequência?

( ) A cada 3 meses
( ) A cada 6 meses
( ) A cada 9 meses
( ) A cada 12 meses

Figura 18 - Questionário para avaliação dos treinamentos

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção está organizada de modo a mostrar o resultado dos chamados de falhas nas bombas de infusão (Infusomat Compact), no período anterior à disponibilização do curso, bem como mostrar a elaboração do curso e o desenvolvimento de um guia rápido elaborado com o objetivo de auxiliar a equipe de saúde do setor. Serão relatados também os resultados de avaliação do curso, mediante ao questionário passado para os participantes do mesmo. Após a apresentação desses resultados e dados antes dos treinamentos, serão mostrados os dados obtidos depois da disponibilização do curso, para fazer uma comparação entre os dois e avaliar o impacto do treinamento.

5.1 DADOS COLETADOS ANTES DOS TREINAMENTOS

As ocorrências relativas às BIs foram registradas no período de fevereiro à março de 2017. As ocorrências são mostradas na tabela 3, onde são especificados os defeitos relatados pelo setor solicitante da manutenção, a frequência desse tipo de defeito e se esse chamado foi verdadeiro ou falso.

Tabela 3 – Ocorrências de falhas nas BIs no período de fevereiro a março de 2017 (antes do treinamento)

Tipo do Problema	Número de ocorrências	Chamado Falso ou Verdadeiro
Sensor Obstruído	16	Falso
Porta quebrada	04	Verdadeiro
Com defeito/Sem funcionar	03	Falso
Problema na Fonte	02	Verdadeiro
Teclado com defeito	02	Verdadeiro
Problema na bateria	02	Verdadeiro
Não programa volume total	01	Falso
Alarmando ausência de gotas	01	Falso
Não liga	01	Falso
Alarmando gotas mínimo	01	Falso
Problema no alarme	01	Verdadeiro
Carcaça quebrada	01	Verdadeiro

Ao todo são 35 ocorrências nas BIs nos dois meses analisados, dos quais 23 são falsos chamados e 12 são verdadeiros. Dentre os problemas relatados, o mais frequente está ligado ao sensor de gotejamento (45% das vezes), identificado como “Sensor Obstruído”. Esse tipo de falha é na verdade um alarme mostrado no visor (Figura 19)

que ocorre quando o sensor não está conectado ao equipamento ou quando está mal posicionado e na programação o mesmo está habilitado. Desta forma podemos inferir que esta ‘falha’ é proveniente da falta de informação e/ou atenção das pessoas que manuseiam o equipamento, por isso considerado falso chamado.

Figura 19 - Equipamento alarmando Sensor Obstruído. Fonte da autora.

A figura abaixo mostra um caso de ocorrência relatando esse falso chamado, porém ao se proceder ao teste verifica-se o equipamento funcionando normalmente.

Figura 20 – Defeito relatado “Sensor Obstruído” e funcionando normalmente ao ser testado. Fonte da autora.

Outro problema proveniente da falta de informação e/ou atenção dos operadores é o identificado como “Não liga” e foi classificado como falso chamado, pois não se trata de um problema da BI. O equipamento utilizado no hospital possui uma fonte externa que o alimenta através de um cabo, se esse cabo não estiver bem conectado a alimentação não ocorrerá e o equipamento não ligará. A Figura 21 mostra esse caso percebido na sala de manutenção.

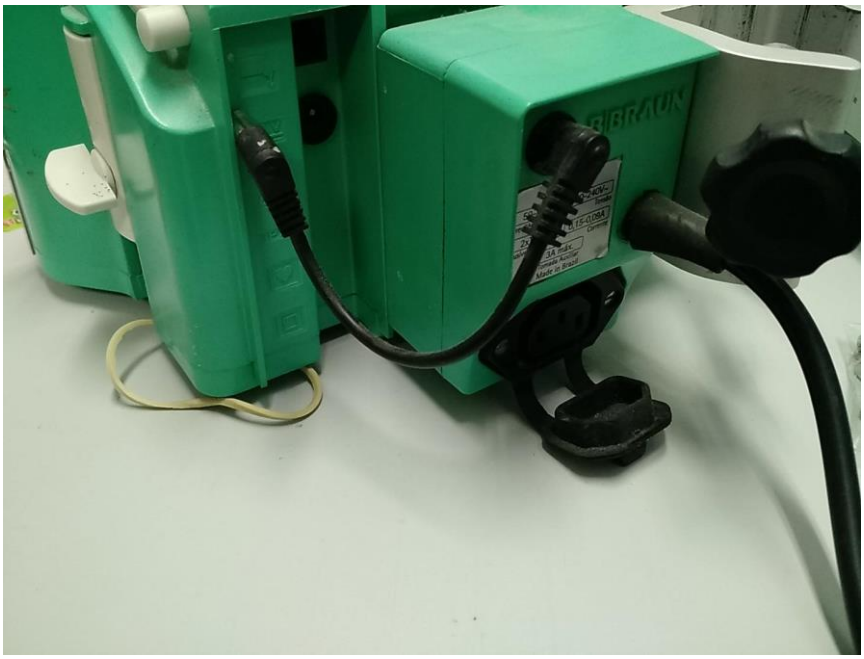

Figura 21 - Cabo que conecta a fonte externa ao equipamento desconectado. Fonte da autora.

5.2 OS TREINAMENTOS E AVALIAÇÃO

Como relatado na Tabela 2, na sessão de metodologia, cada setor recebeu um treinamento específico de acordo com sua necessidade. Esses treinamentos foram realizados visando a diminuição das ocorrências de falhas nas BIs, sobretudo dos falsos chamados provenientes da falta de informação. A Figura 22 mostra um momento do treinamento realizado para parte da equipe de saúde da UTI Neonatal, composta por enfermeiras e técnicas de enfermagem.

Figura 22 - Treinamento para parte da equipe de saúde da UTI Neonatal. Fonte da autora.

A avaliação do curso foi realizada mediante as respostas dos profissionais que receberam o treinamento e responderam o questionário, apresentado na Figura 18. Tendo em vista que apenas os profissionais da Enfermaria C receberam o curso completo, o questionário foi respondido pela equipe de saúde desse setor, tendo um total de 14 pessoas, incluindo a equipe da manhã e da tarde.

A análise das respostas mostrou que 65% da equipe nunca tinha recebido treinamento em EMH e nenhum profissional tinha recebido treinamento em bombas de infusão.

Quanto à eficácia do curso, dentre as respostas ao quesito "O treinamento foi satisfatório?", 92,9% das pessoas relataram que concordam totalmente que o curso foi plenamente satisfatório e 7,1% concordam em parte (Figura 23).

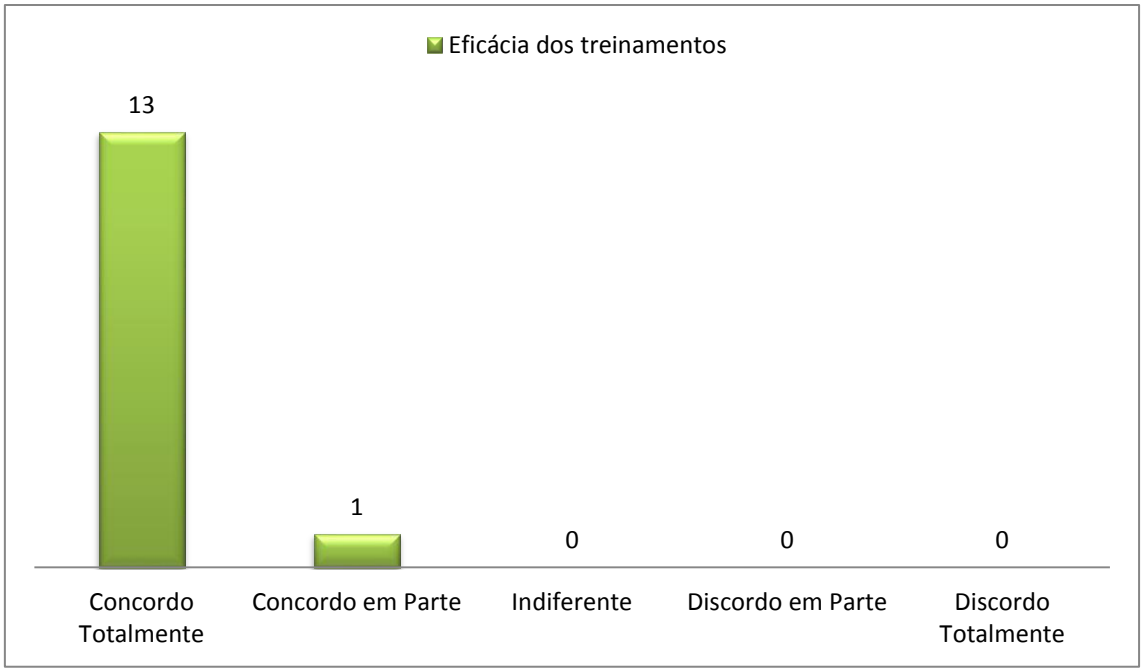

Figura 23 – Respostas dos profissionais em relação à eficácia dos treinamentos

No quesito "O treinamento trouxe alguma novidade para você sobre a utilização do equipamento?", 85,7% dos profissionais responderam que concordam totalmente que o curso trouxe algo da qual não tinham conhecimento e 14,3% concordam em parte (Figura 24).

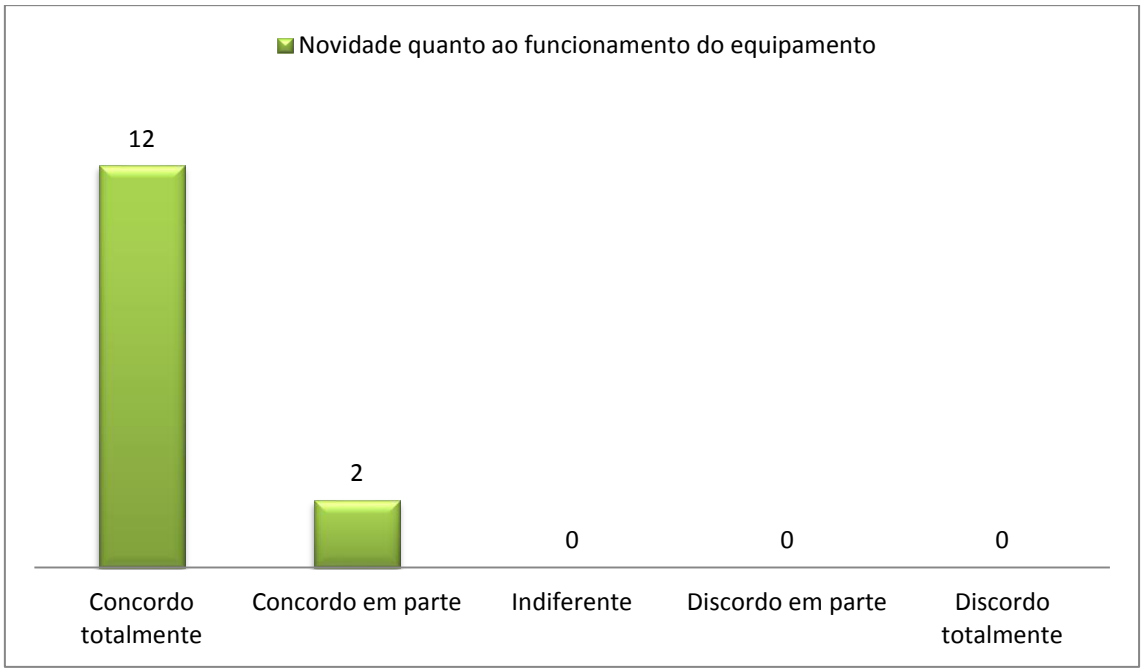

Figura 24 – Respostas dos profissionais sobre o quesito se o treinamento trouxe algo sobre o funcionamento do equipamento do qual não tinham conhecimento.

Em relação à frequência com que a equipe gostaria que os treinamentos ocorressem, a maioria (mais de 70%) gostaria que fossem a cada três meses, como mostrado na Figura 25. Além disso, gostariam de receber o treinamento sempre que chegar um equipamento novo no setor.

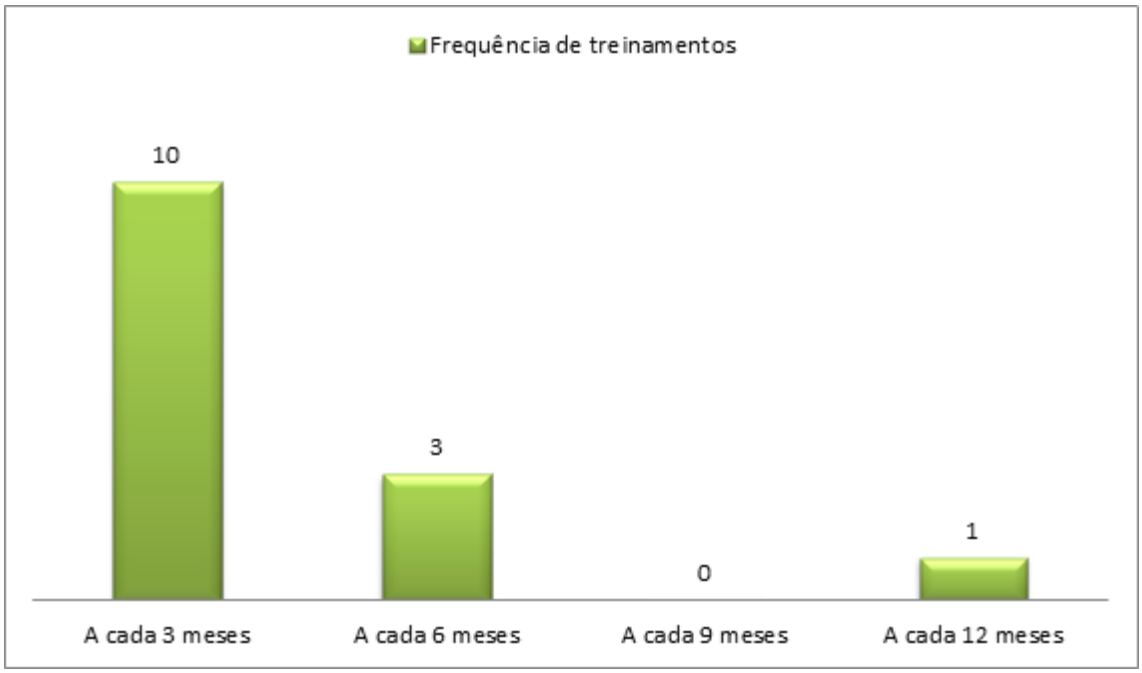

Figura 25 – Frequência com que a equipe de saúde gostaria que se realizassem treinamentos em EMH.

Além disso, a equipe mencionou algumas sugestões e críticas, dentre elas a elaboração de guias rápidos para facilitar o manuseio do equipamento em possíveis dúvidas que surgirem. No caso desse curso foi elaborado o "Guia Rápido em Bomba de Infusão (Infusomat Compact)", como mostrado na Figura 26. O mesmo será distribuído para os setores da MEJC que utilizam bombas de infusão e também será incluído no sistema de comunicação da Maternidade, facilitando assim os usuários diante de algumas dúvidas na programação do equipamento.

Guia Rápido da Bomba de Infusão (Infusomat Compact)

Programar Volume Total

F 2 Entre com os valores e em seguida pressione a tecla F novamente. Para corrigir pressione C

Programar Tempo de Infusão

F 4 Entre com os valores e em seguida pressione a tecla F. Para ativar essa função é necessário ter selecionado o volume total e não determinar a vazão.

Visualização de Volumes Acumulados

F 5 O visor apresentará o volume acumulado desde quando o equipamento foi ligado e o volume de cada infusão em curso.

Programar vazão em gotas/minuto

F 7 Entre com os valores e em seguida pressione a tecla F. Para ativar essa função é necessário ter selecionado o volume total e não determinar a vazão. (1 ml = 20 gotas).

Standby

F 8 Pause a infusão (stop) e pressione as teclas. Para aumentar o tempo de pausa pressione a tecla 9 e para diminuir a tecla 3. Para sair pressione novamente F – 8.

Função BOLUS

F 1 Pressione a tecla F e a tecla 1 e mantenha ambas pressionadas.

Entrar no Menu

F 0 Pressione as teclas em sequências e entre na opção Menu. Para selecionar as opções dentro do Menu é só clicar no número correspondente.

Habilitar e Desabilitar Sensor

F 0 Essa opção dá acesso ao Menu. Após, clica na tecla 2 – [2] Sensor – em seguida seleciona a opção desejada, 1 para habilitar e 2 para desabilitar.

Alterar vazão durante uma infusão

C Durante a infusão pressione a tecla C, digite o valor da nova vazão e em seguida pressione start.

OBS: no caso de alarme de Sensor Obstruído.

- Verificar se o sensor de gotas está posicionado corretamente no equipo, sem formar gotas na parte do equipo que se encaixa com o mesmo.
- Caso não tenha sensor no local, realizar a opção de desabilitar sensor.

Figura 26 – Guia Rápido da bomba de infusão (Infusomat Compact)

5.3 DADOS COLETADOS DEPOIS DOS TREINAMENTOS

A Tabela 4 mostra os números de ocorrências de falhas em BIs, obtidos após a disponibilização do curso. A tabela mostra as mesmas especificações que os chamados anteriores aos treinamentos. Observa-se um total de 10 ocorrências de falhas nas BIs, nos dois meses analisados, onde seis desses problemas são falsos chamados e quatro são verdadeiros.

Tabela 4 - Ocorrências de falhas nas BI no período de abril a maio de 2017 (após os treinamentos)

Tipo do Problema	Número de Ocorrências	Chamado Falso ou Verdadeiro
Problema na fonte	02	Verdadeiro
Sensor Obstruído	02	Falso
Não liga	01	Falso
Alarmando	01	Falso
Desligando	01	Falso
Com defeito	01	Falso
Porta quebrada	01	Verdadeiro
Visor piscando	01	Verdadeiro

5.4 COMPARAÇÃO

Comparando os resultando antes e depois dos treinamentos é possível perceber uma redução significativa nesses chamados de manutenção. A Figura 27 mostra a comparação desses resultados.

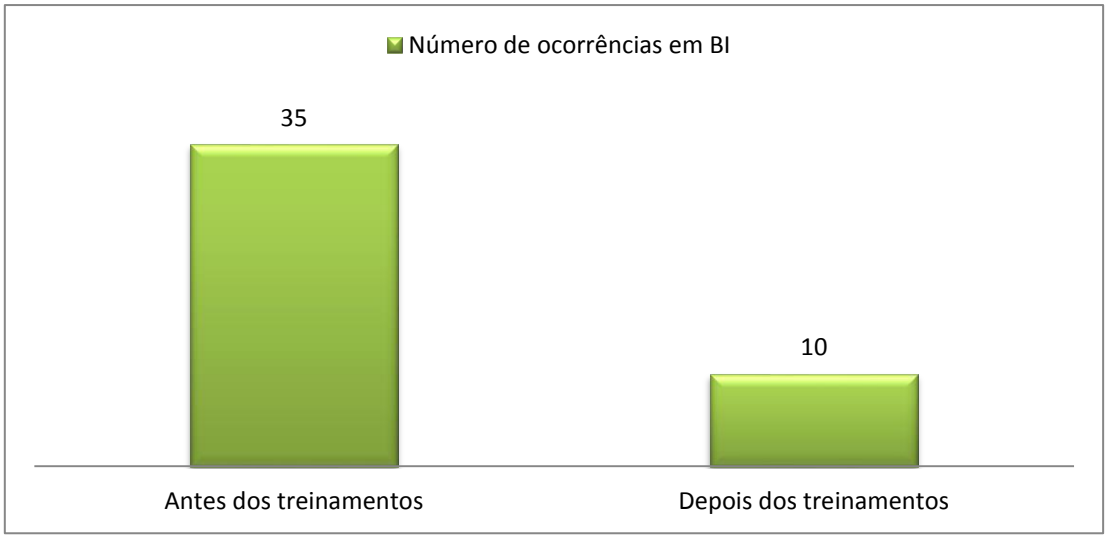

Figura 27 – Comparação no número total de chamados de manutenção em BI antes e após os treinamentos.

Pode-se observar também uma diminuição tanto nos falsos chamados quantos nos verdadeiros, a comparação dos mesmos é mostrada na Figura 28.

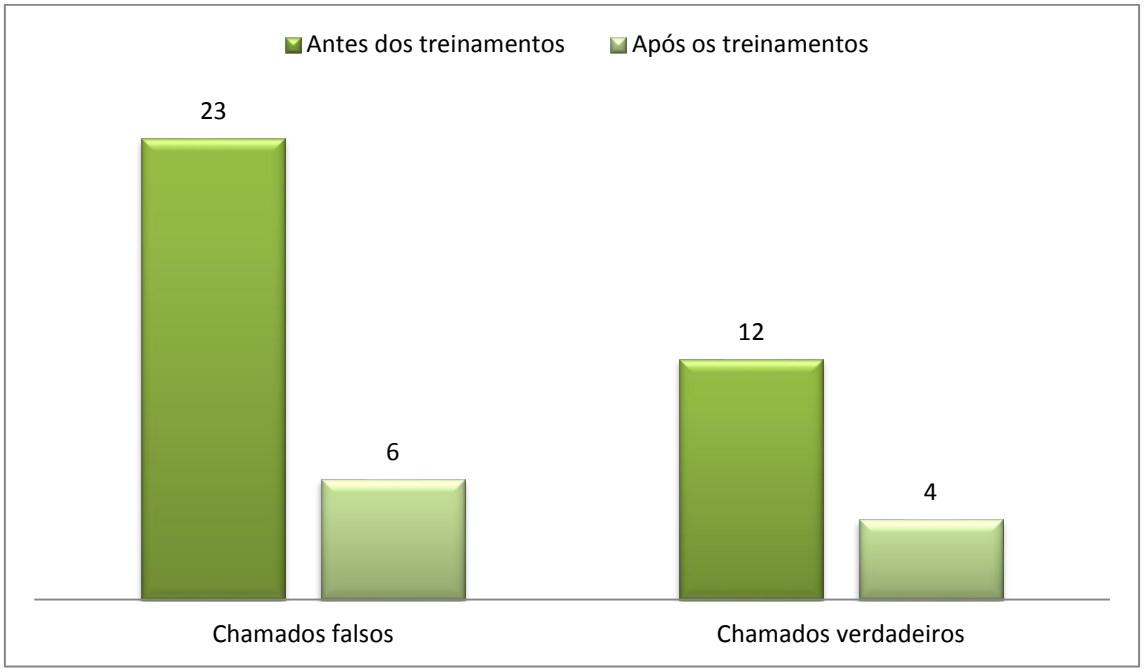

Figura 28 – Comparação no número de chamados falsos e verdadeiros, antes e após os treinamentos.

5.6 DISCUSSÃO

Assim, a realização deste curso reforça a indicação que se tem na literatura sobre treinamento em EMH. Este é um fator essencial para que o funcionamento dos equipamentos hospitalares ocorra dentro da normalidade e eficiência indicada pelos fabricantes. De acordo com estudos, um dos maiores problemas ocorridos em EMH são devido erro operacional ou mau uso, como mostra alguns estudos desenvolvidos (ALVES, 2002; COOPER *et al*., 1978; DONCHIN *et al*., 1995), reforçando que uma das principais maneiras de reduzir esses incidentes é treinando as equipes de saúde.

Na unidade de saúde onde foi desenvolvida este trabalho, embora algumas equipes já tivessem recebido treinamento neste tipo de BI antes, os chamados eram constantes em todos os setores, trazendo a necessidade de uma frequência nesses treinamentos e não apenas durante a sua instalação.

Os resultados mostram que no total, os números de ocorrências de falhas nas BIs caíram em 71%. Os treinamentos não reduziram apenas o que se chama de falso

chamado, mas também os verdadeiros, uma diminuição de 66% no número de ocorrências, fazendo com que se tenha um maior cuidado ao manuseá-los, diminuindo também os problemas relacionados aos danos provocados por quedas dos equipamentos. Em relação aos falsos chamados essa redução foi de 17 ocorrências (aproximadamente 74%), sobretudo no que diz respeito ao sensor obstruído, um dos tópicos abordados no curso que foi dado em todos os setores tendo em vista que era um problema ocorrido devido à falta de informação da equipe.

Estes dados mostram a importância de se treinar a equipe no ambiente hospitalar. Uma equipe bem treinada traz maior segurança tanto para os pacientes, quanto para os profissionais, sobretudo esse tipo de equipamento que é bastante utilizado na UTI Neonatal em recém-nascidos muitas vezes prematuros, que necessitam de infusão de dietas bastante delicadas e controladas. Além de proporcionar a diminuição de ocorrências e manutenções corretivas, o que consequentemente reduz custos.

Além disso, por se tratar de um equipamento em comodato, como já foi mencionado, a manutenção muitas vezes é demorada, pois é necessário a vinda do especialista da empresa. Assim, consequentemente, esses treinamentos também diminuíram o tempo de equipamento parado fora do setor de funcionamento. Em relação ao ganho no tempo de funcionamento dos equipamentos devido à diminuição de chamados e consequentemente retirada do mesmo para o setor de manutenção, estima-se um ganho de 3 a 4 horas de funcionamento por equipamento.

A avaliação também é fundamental para trabalhar o crescimento profissional dos colaboradores e é de suma importância um acompanhamento e monitorização dos resultados para obter um controle das mudanças ocorridas.

6. CONCLUSÕES

O trabalho apresentado teve como objetivo desenvolver e aplicar um treinamento com as equipes de saúde a fim de reduzir as ocorrências por falsos chamados de manutenção nas bombas de infusão (Infusomat Compact), bem como trazer mais economia ao hospital e aumentar a segurança dos funcionários que manuseiam este equipamento e dos pacientes. Os treinamentos buscam qualificar ainda mais a equipe de saúde, trazendo informação de funcionamento e como operar este tipo de EMH. Com base nos dados apresentados, o resultado alcançou com sucesso o objetivo proposto pelo trabalho, já que houve uma redução significativa (71%) nas ocorrências de falhas nas bombas de infusão.

Como trabalhos futuros pode-se sugerir a elaboração de formulários e a realização de um levantamento sobre os equipamentos que a equipe de saúde necessita de treinamentos para que a equipe de Engenharia Clínica ajude a organizar e promover a contínua qualificação dos funcionários e serviços do estabelecimento de saúde.

7. REFERÊNCIAS

ALBORNOZ, L. J. C. **Determinação do Ciclo de Vida útil de Equipamentos Médicos.** 2000. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

ALVES, M. A. C. **Bombas de infusão: operação, funcionalidade e segurança**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

AMERICAN COLLEGE OF CLINICAL ENGINEERING (St. Louis). **Clinical Engineer (defined).** 1991. Disponível em: <http://accenet.org/about/Pages/ClinicalEngineer.aspx>. Acesso em: 11 mar. 2017.

ANTUNES, E. V., **Gestão da tecnologia biomédica: tecnovigilância e engenharia clínica.** Paris: ed. Acodess, 2002.

ANVISA. **Regularização de Produtos - Produtos para a Saúde:** Classificação de Equipamentos. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/produtos-para-a-saude/produtos/classificacao-de-equipamentos>. Acesso em: 18 de maio 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA CLÍNICA. **Estatuto da ABECLIN.** 2010. 15 p. Disponível em < http://www.abeclin.org.br/> Acesso em: 04 de junho de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5262:1994: Confiabilidade e mantenabilidade.** Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; 1999. **Equipamento eletromédico – Parte 1 – Prescrições particulares para segurança de bombas e controladores de infusão.** Norma NBR IEC 60601-2-24. Rio de Janeiro.

AZEVEDO, F.S.; **Gestão de Equipamentos Médico – Hospitalares em estabelecimentos assistenciais de saúde;** Dissertação de Mestrado; ISCTE-IUL; Lisboa, 2011

BRITES, F. G.; SANTOS, V. P. de A.. **Motor de passo.** Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2008.

BRITO, L. F. M. **Clinical Engineering in Brazil.** In: DYRO, J. (Ed.) Clinical Engineering Handbook. 1 ed. Burlingto: Elsevier Academic Press, 2004. Cap. 20, p. 69-72.

BRONZINO, J. D. **Clinical Engineering: Evolution of a Discipline.** In: DYRO, J. D. et al. (Ed.) Clinical Engineering Handbook.. 1 ed. Burlingto: Elsevier Academic Press, 2004. Cap. 1, p. 4-12.

BUTTON, V. L. S. N. **Dispositivos de infusão**. Calil JS, organizadores. Equipamentos médico hospitalares e o gerenciamento da manutenção. Brasília: ANVISA, 2002.

CALIL, S. J.; TEIXEIRA, M. S.; **Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares.** Brasília: Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde, 2002. 379 p.

CANELAS, D. O.; HERMINI, A. H.; CLIQUET JR, A. **Metodologia para Avaliação de Desempenho Essencial de Bombas de Infusão**. Metrologia, 2003.

COMISSÃO NACIONAL DE INCORPORAÇÃO DE TECNOLOGIAS NO SUS (CONITEC). **Balanço e Novos Desafios; Estudos de Custos e Metodologia de Trabalho.** Brasília: Visual, 2014. Color.

COOPER, J. B. et al. **Preventable anesthesia mishaps: a study of human factors**. Anesthesiology, v. 49, n. 6, p. 399-406, 1978.

DAVID, Y.; VON MALTZAHN, Wolf W.; BRONZINO, Joseph D. **Clinical Engineering. Principles and Applications in Engineering Series.** Florida: Crc Press LLC, 2003.

DE LIMA, M. J. **Taxonomia dos modos e causas de falhas aplicadas na tecnovigilância de equipamentos médico-hospitalares.** Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde ISSN: 2236-1103, v. 4, n. 4, p. 32-41, 2011.

DINIZ, P. R.; **Catálogo Eletrônico para Verificação Informativa de Equipamentos Hospitalares.** 2016. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

DONCHIN, Y. et al. **A look into the nature and causes of human errors in the intensive care unit**. Quality and Safety in Health Care, v. 12, n. 2, p. 143-147, 2003.

EMERGENCY CARE RESEARCH INSTITUTE; 2000. **Infusion pumps, ambulatory; pumps, ambulatory, insulin.** Healthcare product comparison system.

EMERGENCY CARE RESEARCH INSTITUTE; 2001. **Infusion pumps, syringe**. Healthcare product comparison system.

EMERGENCY CARE RESEARCH INSTITUTE. **Top ten health technology hazards for 2014**. Adaptado de Health devices, Novembro 2013.

FERREIRA, F. R. **Proposta de Implementação de Indicadores em Estruturas de Engenharia Clínica - EEC.** 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

GOMES, L. C. N.; DALCOL, P. R. T.. **Gestão Tecnológica em unidades hospitalares: um estudo sobre importância e fatores relevantes**. Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1999.

GONÇALVES, M. B.; **Parâmetros para Aquisição de Equipamentos Hospitalares.** 2010. 17 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Clínica, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2010.

GORDON, G. J. **Hospital technology management: the tao of clinical engineering**. Journal of Clinical Engineering , v.15, n.2, p. 111-117, 1990

HEGARTY, F. J. et al. The Role of Clinical Engineers in Hospitals. Clinical Engineering: **A handbook for Clinical and Biomedical Engineers**. Elsevier, 2014, cap. 7.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Conta-satélite de saúde 2010 - 2013.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000024513312112015334910973600.pdf>. Acesso em: 11 março 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia.** CICMAC. Disponível em: <http://www.inmetro.rs.gov.br/cicmac/material_didatico/polig_vocab_internacional.pdf>. Acesso em: 22 de maio 2017.

LEJEUNE, J.; RODRÍGUEZ, M. F..; RÓMAN, J. R.; 1999. **Protocolo de Revisión de Bombas de Infusíon**. Revista Mexicana de Ingeiería Biomédica. v. XX, n.4 (dez.).

LINS, F. E.; **Modelo Multicritério para Priorização de Equipamentos Hospitalares para Manutenção Programada.** 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

LOPES, A. F., **Avaliação do Processo de Aquisição de Equipamentos Médicos**, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.

MAGALHÃES, B. F. T. **Manutenção de Equipamentos de Blocos Operatórios Caso do CHVNG/E.** Bragança, 2011. p. 8-16.

MALLOUPAS, A. '**WHO: Strategy and proposed action concerning maintenance of hospital and medical equipment**', WHO, Geneva, 1986.

MANSO, J. M. D.; **Práticas de Gestão de Equipamentos Médicos no Hospital da Luz.** 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção: capacitação a distância** / Ministério da Saúde , Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde, Projeto REFORSUS. – Brasília, DF, 2002.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 4, DE 4 DE FEVEREIRO DE 2011:** Definições. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2980296/RDC_04_2011_COMP.pdf/f6862b3a-0f3c-41ee-b013-8e866f8960b7>. Acesso em: 27 mar. 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretrizes metodológicas: elaboração de estudos para avaliação de equipamentos médicos assistenciais.** Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Ciência e Tecnologia. Brasília - DF, 2013. p.15, 16, 40-42, 53, 86.

MOYLE, J.T.B.; DAVEY,A.; 2000. **Equipamentos em anestesia**. 4.ed. Porto Alegre, Editora : ARTMED.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008.

PANERAI, R. B.; MOHR, J. P.; **Evaluacion de Tecnologias en Salud - Metodologias para Países en Desarollo.** Washington Organizacion Panamericana de La Salud. Organizacion Mundial de La Salud, 1990.

PETAGNA, M.; TANAKA, H.. **Identificação das causas de falha em bombas de infusão no ambiente hospitalar**. In: CBEB, 24., 2014, Uberlândia. Anais... . Uberlândia: Sbeb, 2014. p. 1849 - 1852.

PHILLIPS, L. D;. 2001. **Manual de Terapia Intravenosa**. 2a ed. Porto Alegre : Artmed.

RAMIREZ, E. F. F; CALIL, S. J. **Engenharia clínica: Parte I - Origens (1942-1996)**. Semina: Ci. Exatas/ Tecnol. Londrina, v. 21, n. 4, p. 27-33, dez. 2000

RIBEIRO, M. B.; **A Importância do Treinamento para a Equipe de Enfermagem.** São Paulo: Visual, 2012. 20 slides, color.

RIDGWAY M. G; JOHNSTON G. I; McCLAIN J.P. **History of Engineering and Technology in Health Care** In: DYRO, J. (Ed.) Clinical Engineering Handbook. 1 ed. Burlingto: Elsevier Academic Press, 2004. Cap. 2, p. 7-10.

ROGERS, L.T., LYNN JR, B.S. **Hospital-based technology assessment**. Journal of Clinical Engineering, v.27, n.4, p.276-279, 2002.

SHAFFER, M. J. Clinical engineering cost-effectiveness measurements in the USA. **Medical and biological engineering and computing**, v. 23, n. 6, p. 505-510, 1985.

SILVA JR., A. M.; **Sistema para avaliação da funcionalidade de bombas de infusão**. 2004.

TERRA, T. G. et al. **Uma revisão dos avanços da Engenharia Clínica no Brasil.** Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas, v. 15, n. 1, p. 47-61, 2014.

TORRES, N.; **Competitividade Empresarial com a Tecnologia de Informação.** São Paulo: Makron Books, 1995.

VENDRAMIM, P.; PEDREIRA, M. da L. G.; PETERLINI, M. A. S.. **Cateteres centrais de inserção periférica em crianças de hospitais do município de São Paulo**. Revista Gaúcha de Enfermagem, v. 28, n. 3, p. 331, 2007.

WANG, B.; CALIL, S. J.. **Clinical engineering in Brazil: current status**. Journal of clinical engineering, v. 16, n. 2, p. 129-136, 1991.