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

Trabalho de Conclusão de Curso

AVALIAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES DAS UTIs DA MATERNIDADE ESCOLA JANUÁRIO CICCO

André Luiz Teixeira Correia

Natal/RN
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

AVALIAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES DAS UTIs DA MATERNIDADE ESCOLA JANUÁRIO CICCO

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: André Luiz Teixeira Correia

Orientador: Profa. Dra. Beatriz Stransky Ferreira.

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

Natal/RN

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

AVALIAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES DAS UTI'S DA MATERNIDADE ESCOLA JANUÁRIO CICCO

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

Prof. Dr. Hélio Roberto Hekis _____

UFRN – Avaliador Interno

Natal/RN

2018

DEDICATÓRIA

Dedico este Trabalho à memória de meu avô
Manoel Correia de Lima, por ser um exemplo
de ser humano em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida e por me dá forças para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais e meus irmãos, que apesar da distância do dia a dia, sempre me apoiaram e incentivaram. Pelos exemplos que foram em minha vida, me tornando uma pessoa melhor. Por todo amor e carinho.

À minha namorada, por sempre acreditar em mim, me incentivando e dando forças para continuar na luta. Por todo auxilio, paciência e companheirismo.

Aos meus familiares e amigos, por toda torcida e o apoio recebido.

À minha orientadora Beatriz Stransky, por se dispor a me orientar, por sempre estar disponível para minhas duvidas, por toda paciência e ensinamentos. Ao meu co-orientador Cayo Leal, por todo o suporte e considerações ao longo do trabalho.

Aos funcionários do setor de Engenharia Clínica da Maternidade Escola Januário Cicco, por todos os ensinamentos e contribuição no meu crescimento profissional.

A todos os professores e funcionários do departamento de Engenharia Biomédica, por todos os conhecimentos e ensinamentos transmitidos ao longo da graduação.

E a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para minha formação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 8
LISTA DE TABELAS 9
LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS 10
RESUMO 11
ABSTRACT 12
1. INTRODUÇÃO 13
2. OBJETIVOS 15
2.1 GERAL 15
2.2. ESPECÍFICOS 15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16
3.1. ENGENHARIA CLÍNICA 16
3.1.1 Engenharia Clínica no Brasil 16
3.1.2. Atribuições do Engenheiro Clínico 18
3.2. EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES 19
3.3. MANUTENÇÃO 21
3.3.1 Histórico 22
3.3.2 Tipos de manutenção 23
3.3.2.1 Manutenção Corretiva 24
3.3.2.2 Manutenção Preventiva 26
3.3.2.3 Manutenção Preditiva 28
3.4. CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS 30
3.4.1 Priorização de atendimento corretivo conforme a criticidade 32
3.5. MATERNIDADE ESCOLA JANUÁRIO CICCO 32
3.5.1 UTI Materna 33
3.5.2 UTI Neonatal 33
4. METODOLOGIA 35
4.1. DEFINIÇÃO DO MÉTODO A SER ADOTADO 35
4.2.1. Função 36
4.2.2. Risco Físico 37
4.2.3. Grau de Importância "ABC" 37
4.2. AQUISIÇÃO DE DADOS 38
4.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO 39

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 41
5.1. CLASSIFICAÇÃO DOS EMHs EM FAMILIAS 41
5.2. CÁLCULO DA CRITICIDADE 43
5.3. TEMPO PARA ATENDIMENTO 47
5.4. DISCUSSÃO 48
6. CONCLUSÕES 49
7. REFERÊNCIAS 50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Papel do Engenheiro Clínico e suas relações multidisciplinares. Adaptado de (ANTUNES et al., 2002). 19
Figura 2 - Ciclo de vida das Tecnologias em Saúde. Adaptado de (SÔNEGO, 2007). . 20
Figura 3 - Tipos de Manutenção. Adaptado de (FARINHA, 1997). 24
Figura 4 - Rotina da manutenção corretiva dentro de um EAS. Fonte: do autor. 26
Figura 5 - Rotina da manutenção preventiva dentro de um EAS. Fonte: do autor..... 28
Figura 6 - Comparativo de custos entre os tipos de manutenções. Fonte: Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN). 30
Figura 7 - Inventario UTI Materna. Fonte: Setor de Engenharia Clínica/MEJC. 39
Figura 8 - Classificação dos EMHs dos setores UTI Materna e UTI Neonatal, de acordo com grau de criticidade. Fonte: do autor. 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Pontuação da Função 36
Tabela 2- Pontuação do Risco Físico 37
Tabela 3 – Pontuação do Grau de Importância ABC 38
Tabela 4 – Classificação dos Equipamentos da UTI Materna em famílias 41
Tabela 5 – Classificação dos Equipamentos da UTI Neonatal em famílias 42
Tabela 6 – Criticidade dos Equipamentos 43
Tabela 7 – Criticidade dos Equipamentos por setor (UTI Materna) 45
Tabela 8 – Criticidade dos Equipamentos por setor (UTI Neonatal) 45
Tabela 9 – Priorização do atendimento 47

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABEClin – Associação Brasileira de Engenharia Clinica

ACCE – College of Clinical Engineering

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CV – Ciclo de Vida

EAS – Estabelecimento Assistencial de Saúde

EBSERH – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares

EC – Engenharia Clínica

EMH – Equipamento Médico-Hospitalar

MC – Manutenção Corretiva

MEJC – Maternidade Escola Januário Cicco

MP – Manutenção Preventiva

MPd – Manutenção Preditiva

OMS – Organização Mundial de Saúde

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UTI – Unidade de Terapia Intensiva

CORREIA, André Luiz Teixeira. **Avaliação do grau de criticidade dos Equipamentos Médico-Hospitalares das UTIs da Maternidade Escola Januário Cicco.** Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 54p., 2018.

RESUMO

O Engenheiro Clínico é responsável pelo gerenciamento dos Equipamentos Médico-Hospitalares (EMH) dentro de um Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS). Para garantir a qualidade dos serviços prestados dentro da instituição, é essencial contar com um programa de manutenção capaz de garantir o bom funcionamento dos equipamentos e prolongar seu tempo de uso. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é priorizar o atendimento das manutenções corretivas dos EMHs existente nas UTI Materna e UTI Neonatal da Maternidade Escola Januário Cicco (MEJC), Natal/RN, através da avaliação do grau de criticidade dos EMH, aumentando assim sua disponibilidade. Para isso, foram obtidos dados quantitativos dos EMHs através do inventário disponibilizado pelo setor de Engenharia Clínica da MEJC e o grau de criticidade de cada equipamento foi definido levando em conta sua função, risco e importância. Com os resultados obtidos, foi determinada a priorização do atendimento corretivo para cada faixa de criticidade (alta, média e baixa criticidade), permitindo minimizar os riscos e impactos causados por falhas ocorridas nos EMHs. Com isso pode-se concluir que a definição de prioridades através da criticidade é de fundamental para garantir uma manutenção corretiva eficiente.

Palavras-chave: Criticidade. Engenharia Clínica. Equipamento Médico-Hospitalar. Manutenção.

CORREIA, André Luiz Teixeira. **Evalution of the degree of criticality of the Medical-Hospital Equipment of the ICU's Maternidade Escola Januário Cicco.** Conclusion Work Project, Biomedical Enginnering Bachelor Degree, Federal University of Rio Grande do Norte, 54p., 2018.

ABSTRACT

The Clinical Engineer is responsible for the management of Medical-Hospital Equipment in a Health Care Facility. In order to guarantee the quality of the services provided in the institution, it is essential to have a maintenance program that is capable of ensuring the proper functioning of the equipment and prolonging its lifespan In this context, the objective of the present study is to prioritize the corrective maintenance of the existing Medical-Hospital Equipment in the Maternal and Neonatal ICU of the Maternidade Escola Januário Cicco, Natal / RN, by evaluating the degree of criticality of the EMH, thus increasing its availability. For this, quantitative data were obtained from the equipment through the inventory provided by the Clinical Engineering sector of the MEJC. Therefore, the degree of criticality of each equipment present in the evaluated sectors was defined, taking into account their function, risk and importance. With the results obtained, the prioritization of corrective maintenance was determined for each criticality range (high, medium and low criticality), allowing to minimize the risks and impacts caused by failures occurring in Medical-Hospital Equipment. Finally, it was concluded that defining priorities through criticality is essential to ensure efficient corrective maintenance.

Palavras-chave: Clinical Engineering. Criticality. Maintenance. Medical-Hospital Equipment.

1. INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia tem produzido técnicas que visam melhorar a qualidade de vida das pessoas de diversas formas. Na área da saúde não é diferente, onde ocorrem diversas mudanças, principalmente no que diz respeito aos equipamentos médico-hospitalares (EMHs), os tornando cada vez mais sofisticados. Esse desenvolvimento tecnológico trás consigo uma grande contribuição através de novos exames, diagnóstico e tratamentos.

Segundo a definição da Organização Mundial de saúde (OMS), os EMHs são equipamentos que necessitam de manutenção, calibração, treinamento de usuário e desativação. Eles são empregados para fins específicos de diagnóstico, tratamento ou reabilitação de doença ou lesão, podendo ser manuseado sozinho ou combinado com algum acessório ou peça (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011). Os EMHs são fundamentais para o bom funcionamento de um Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS), influenciando na excelência dessas instituições e sendo essencial no tratamento, diagnóstico e reabilitação do paciente. Além disso, os pacientes estão em constante contato com uma variedade de EMHs, desde equipamentos de apoio até equipamentos sofisticados de diagnostico por imagem (AMORIM, 2014). Logo, é essencial que estejam em perfeito estado para que seu uso não cause problemas ao operador ou paciente, além de prejuízos para a instituição.

Dentro de o ambiente hospitalar, o Engenheiro Clínico é o profissional responsável por todo o gerenciamento dos EMHs, e entre suas principais atribuições referente aos equipamentos, estão: aquisição, instalação, manutenção e descarte. A *American College of Clinical Engineering* (ACCE) define o Engenheiro clínico como: “Profissional que apoia e promove cuidado de pacientes, aplicando habilidades de engenharia e gestão à tecnologia na saúde”. No Brasil esse perfil profissional é relativamente novo, se comparado com alguns países da Europa e os EUA, sendo que os primeiros profissionais foram formados somente a partir do final da década de 80 e início da década de 90. Como uma das atribuições do Engenheiro Clínico, as manutenções dos EMHs contribuem para aumentar a vida útil do equipamento e permiti aumentar sua disponibilidade para uso. De acordo com Patton (1998) a manutenção é “todas as ações necessárias para conservar um item ou restaurá-lo a uma condição específica”.

Dentre todos os tipos de manutenções, a mais antiga e mais utilizada até hoje pelos setores de Engenharia Clínica (EC) é a manutenção corretiva. Ela é utilizada em caráter de

urgência, por não ser programada e consiste em restaurar as condições inicias e ideais de utilização do equipamento. Neste sentindo, o processo de manutenção se mostra uma ferramenta importante para a gestão dos EMHs. Porém, na maioria das instituições esse processo ocorre de maneira falha, pois não existe uma organização estabelecida ou que leve em consideração algum critério para priorizar o atendimento dos EMHs existentes.

A classificação dos EMHs quanto a sua criticidade permite criar uma excelente ferramenta de gestão da manutenção, levando em conta as características do EAS e o impacto dos equipamentos na instituição e direcionando os esforços e recursos, nas diferentes abordagens e tipos de manutenção (PIRES *et al*., 2018).

Marques *et al* (2006) define um equipamento crítico como aquele que se apresenta um maior grau de complexidade na solução de defeitos, ou que estabelece dificuldades de acesso para eventuais ações corretivas, ou ainda, não possui equipamento reserva instalado. Porém, nem todo equipamento tem a mesma criticidade, podendo variar de acordo com variáveis estabelecidas. Portanto, equipamentos de alta criticidade que estejam parados (quebrados) são capazes de causar grande impacto dentro de um EAS, como a paralisação de leitos, suspensão de procedimentos cirúrgicos ou até perda de recursos financeiros. Assim, os esforços da manutenção devem ter o foco prioritariamente nestes equipamentos (SIGMA, 2018).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo determinar o grau de criticidade dos equipamentos utilizados nas UTI's (Unidade de Terapia Intensiva) Materna e Neonatal da Maternidade Escola Januário Cicco (MEJC), visto que nenhum trabalho desse tipo foi realizado nesta instituição. As UTIs Materna e Neonatal foram escolhidas devido a sua importância estratégica e por conterem equipamentos de mais variadas funções e características. Com isso, será possível priorizar o atendimento da manutenção corretivas dos EMHs, a fim de aumentar o tempo de disponibilidade desses equipamentos dentro dos setores e minimizar o impacto gerado por algum defeito.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Esse trabalho tem como objetivo avaliar o grau de criticidade dos equipamentos médico-hospitalares da UTI materna e UTI neonatal da Maternidade Escola Januário Cicco, Natal/RN, a fim de priorizar o atendimento das manutenções corretivas destes setores, aumentando assim o tempo de disponibilidade dos equipamentos.

2.2. ESPECÍFICO

- Realizar levantamento dos equipamentos médico-hospitalares existentes na UTI Materna e na UTI Neonatal;
- Organizar os equipamentos médico-hospitalares em famílias;
- Definir os critérios de criticidade e seus pesos;
- Classificar os equipamentos quanto aos critérios estabelecidos;
- Determinar a criticidade de cada equipamento;
- Definir a priorização do atendimento corretivo conforme a criticidade.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. ENGENHARIA CLÍNICA

A Engenharia Clínica (EC) é considerada pelo Ministério da Saúde como a subárea da Engenharia Biomédica que atua nos Estabelecimentos Assistências de Saúde (EAS) aplicando métodos de engenharia e conhecimentos de gerenciamento aplicados aos equipamentos médico-hospitalares (EMH) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002). Sendo um dos principais objetivos tornar a tecnologia médica uma ferramenta capaz de ser utilizada de melhor maneira possível, proporcionando alta qualidade e segurança para os pacientes e os profissionais de saúde com diminuição de custos (FERREIRA, 2001).

De acordo com a *American College of Clinical Engineering* (ACCE), "O Engenheiro Clínico é aquele profissional que aplica e desenvolve os conhecimentos de engenharia e práticas gerenciais às tecnologias de saúde, para proporcionar uma melhoria nos cuidados dispensados ao paciente" (ANTUNES *et al.*, 2002).

O papel dos engenheiros clínicos na saúde foi mudando significantemente ao longo dos anos, passando de um profissional responsável apenas pela manutenção dos equipamentos, para um profissional interdisciplinar capaz de interagir com outros profissionais. Garantindo que os EMHs funcionem em perfeitas condições, que os custos sejam reduzidos e as normas respeitadas. (TERRA *et al.*, 2014).

3.1.1. Engenharia Clínica no Brasil

No Brasil, a EC foi implantada com um atraso de aproximadamente 30 anos em relação aos EUA e à Europa, sendo introduzida pelos aspectos financeiros, devido ao elevado custo de manutenção dos equipamentos e seus acessórios (ANTUNES *et al*., 2002).

Em 1989 o Ministério do Bem-estar e da Previdência Social estimou que de 20 a 40% dos EMHs no Brasil estavam desativados por falta de peças, consertos, suprimentos ou até instalação. Quando as manutenções eram realizadas, estas ficavam sob-responsabilidade dos fabricantes e representantes, monopolizando o setor (WANG; CALIL, 1991). Outros fatores impulsionaram a formação de um nicho de mercado para os profissionais da EC, tais como: falta de recursos humanos qualificados; burocracia quanto a testes de equipamentos e importação de peças; falta de cooperação dos representantes ou fabricantes dos EMHs quanto à aquisição de documentos técnicos e de peças (RAMIREZ; CALIL, 2000).

As autoridades brasileiras passaram a estudar estes problemas relacionados à administração dos EMHs a partir da década de 90, expandindo os debates sobre o assunto, promovendo intercambio de informações, participando de reuniões internacionais e colaborando com outros países (TERRA *et al.*, 2014). Ainda na década de 90 são aprovadas as normas NBR-IEC 601-1 e NBR-IEC 601-2, as primeiras normas de segurança voltadas para equipamentos médicos no Brasil, que determinaram a certificação compulsória dos EMHs. Essa certificação significa que os equipamentos a serem comercializados eram inspecionados pelo INMETRO, com o intuito de avaliar as conformidades de acordo com a norma (SOUZA *et al.*, 2012).

No ano de 1991 foi fundada a Faculdade de Tecnologia da Saúde, que tinha o objetivo de formar novos profissionais denominados de "Tecnólogos da Saúde" com um curso de três anos. Já entre os anos de 1993 e 1994 foram iniciados, em quatros universidades, programas voltados para a formação de engenheiros clínicos, além de cursos anuais de especialização em EC financiados pelo Ministério da Saúde. Na mesma época foram criados mestrados e doutorados, além da engenharia biomédica, resultando na certificação de nove engenheiros clínicos brasileiros pela Comissão Internacional de Certificação (*International Certification Commission*) (BRITO, 2004).

No dia 26 de janeiro de 1999, foi criada a partir da Lei nº 9782 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), uma agencia reguladora vinculada ao Ministério da Saúde. A partir de sua fundação, a ANVISA deu inicio a um programa com o intuito de desenvolver agentes especializados em vigilância sanitária para trabalhar com dispositivos médico-hospitalares, sendo alguns desses agentes engenheiros clínicos (BRITO, 2004).

Com o objetivo de consolidar a profissão e qualificar os profissionais relacionados à EC, no ano de 2003, na Cidade de São Paulo foi criada a Associação Brasileira de Engenharia Clínica (ABEClin). Desde sua criação a ABEClin promove a EC através de debates, cursos, congressos e reuniões (ABEClin, 2016).

Segundo Morais (2004), apesar da introdução da EC no Brasil ser um grande desafio, devido principalmente a limitações financeiras e profissionais qualificados, foi observada a procura cada vez maior dos EAS por serviços de EC para realização de manutenções e gerenciamento dos EMHs. Com a ampliação e modernização dos parques tecnológicos nos EAS, tornou-se indispensável à presença de um profissional qualificado (FILHO; CALDAS; NETO, 2015).

3.1.2. Atribuições do Engenheiro Clínico

De acordo com Shaffer (1985), o engenheiro clínico é o profissional responsável dentro de o ambiente hospitalar por todo o gerenciamento do parque tecnológico biomédico, administrando as conexões entre os EMHs e pacientes, com objetivo de garantir um uso seguro do equipamento, melhorando a qualidade do atendimento e reduzindo custos.

Dentre as responsabilidades que o profissional de EC possui, podemos citar: aquisição de novos dispositivos, peças de reposição e acessórios; treinamentos dos profissionais responsáveis pelo manuseio dos EMHs; gerenciamento de entrada e saída dos equipamentos; gerenciamento de riscos; manutenção; entre outras atribuições (HEGARTY, 2014). Outra importante função do engenheiro clínico é a criação de cronogramas de manutenção preventiva, realizando calibração, inspeção, troca de peças e acessórios, com intuito de aumentar a segurança e a vida útil do equipamento (MEDEIROS, 2015).

Hoje em dia, os profissionais de EC participam de equipes de prestação de serviços da saúde e fazem parte de grupos interdisciplinares. Neste ambiente, o profissional tem o papel de ajudar e contribuir com as praticas com diversos profissionais de saúde, administração hospitalar, agências regulatórias e terceiros. Deve certificar que os equipamentos estejam em perfeitas condições de uso, sejam respeitados as normas e os padrões técnicos e que custos sejam reduzidos (TERRA *et al.*, 2014).

Por se relacionar rotineiramente com diversos outros setores, dentro e fora do EAS, o engenheiro clínico deve desenvolver um conhecimento multidisciplinar além de uma boa comunicação com outros profissionais, sendo essa uma condição fundamental para uma fácil implementação de soluções (ANTUNES *et al*., 2002).

Na figura 1, podemos visualizar o papel do engenheiro clínico e sua atuação multidisciplinar.

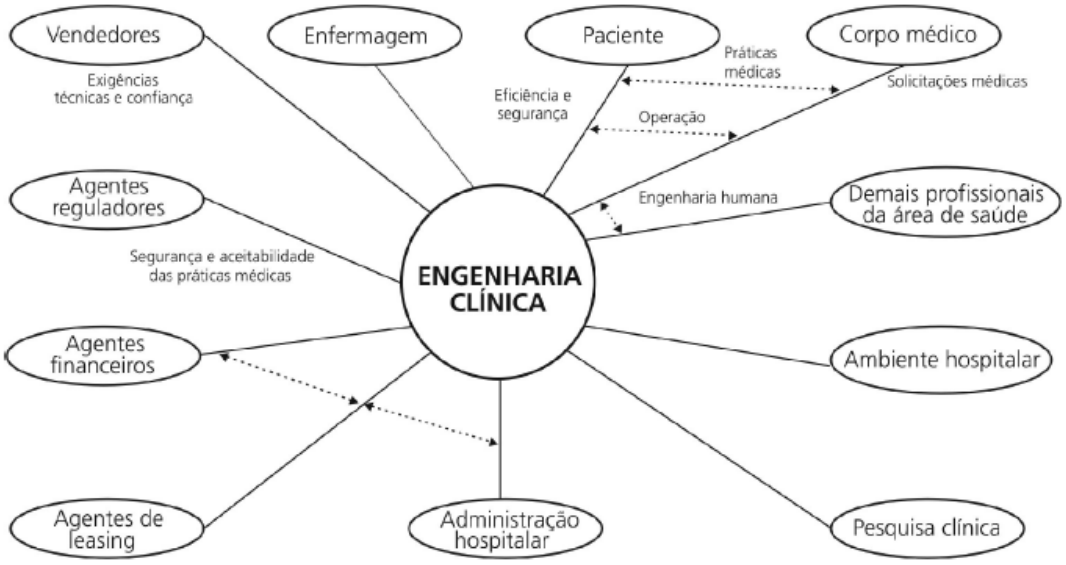

Figura 1 - Papel do Engenheiro Clínico e suas relações multidisciplinares. Adaptado de (ANTUNES et al., 2002).

Para atuar dentro de um EAS como engenheiro clinico, basta o profissional possuir um curso de engenharia ou outro curso nível superior e uma especialização em EC (DAVID *et al*., 2003).

3.2. EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Assim como os medicamentos e outras tecnologias em saúde, os EMHs são fundamentais para os cuidados dos pacientes que deles necessitam. De acordo com a definição da ANVISA (2018), os EMHs são equipamentos utilizados na saúde com objetivo médico, fisioterapêutico, odontológico ou laboratorial, utilizados para terapia, diagnóstico, reabilitação ou monitorização de seres humanos e, ainda para fins de estética e embelezamento.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), o EMH é um dispositivo médico que necessita de manutenção, calibração, treinamento de usuário e desativação. São equipamentos empregados para fins específicos de diagnóstico, tratamento ou reabilitação de doença ou lesão, podendo ser manuseado sozinho ou combinado com algum acessório ou peça. Neste caso, são excluídos dispositivos implantáveis e uso único (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011).

Dentro dos EAS existem variados tipos de EMH, onde podem ser classificados conforme o seu princípio de funcionamento (mecânica, eletrônica, radiação, ótica,

eletromecânica) ou por sua utilização médico-hospitalar (diagnóstico, laboratório, apoio, imagem) (CALIL; TEIXEIRA, 1998).

Ainda de acordo com Calil & Teixeira (1998), existe outra classificação que se relaciona com a complexidade do equipamento, sendo agrupados em equipamentos de baixa, média e alta complexidade:

- *Alta complexidade: Equipamentos que necessitam de técnicos qualificados e com treinamento especifico. Exemplos: Ultrassom (diagnóstico por imagem), ressonância magnética e tomógrafos, etc.*
- *Média complexidade: Equipamentos que necessitam de técnicos com formação básica e treinamento voltado para execução de reparo. Exemplos: Monitor cardíaco, eletrocardiógrafo, incubadora, centrifuga, etc.*
- *Baixa complexidade: Equipamentos que necessitam de técnicos sem especialização em equipamentos médicos e o treinamento é bastante simples. Exemplos: Esfigmomanômetro, balança mecânica, berço aquecido, etc.*

Um ponto importante é conhecer o ciclo de vida (CV) das tecnologias referentes aos EMHs, pois esse conhecimento é fundamental para melhor planejar os recursos necessários durante sua utilização, além de buscar medidas com intuito de prolongar a duração do CV dos equipamentos, sejam através de manutenção e/ou treinamentos. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

A figura 2 mostra as fases do CV de uma tecnologia, a partir de sua inovação até seu período de obsolescência.

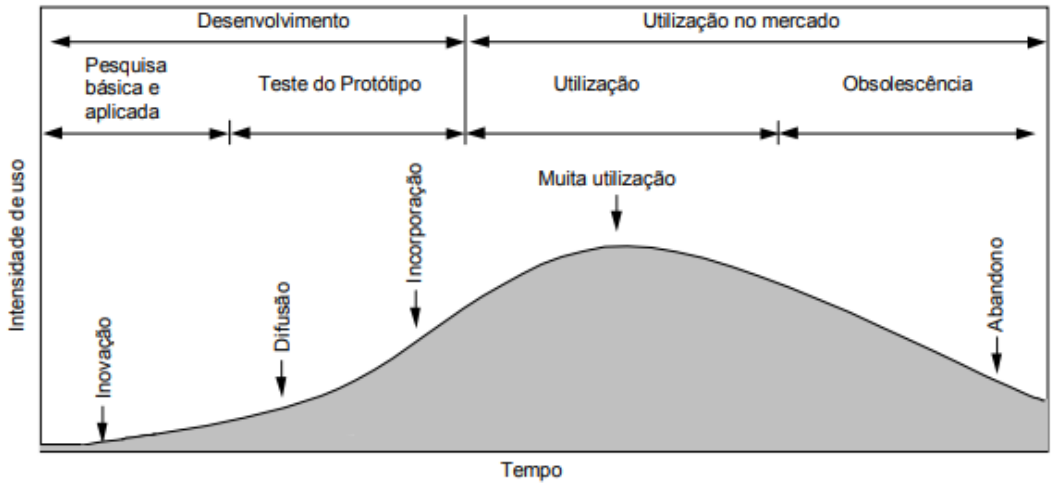

Figura 2 - Ciclo de vida das Tecnologias em Saúde. Adaptado de (SÔNEGO, 2007).

A fase de inovação é o período onde realiza a invenção da tecnologia, se elabora o projeto e a prototipagem e finaliza com a primeira utilização prática. Na difusão, há o lançamento da tecnologia. Nesta fase os primeiros usos permitem identificar alterações técnicas necessárias para que, sejam feitas correções, e assim seja estabelecida a tecnologia. Em seguida, ocorrerá a fase de utilização da tecnologia, onde o gerenciamento correto deverá prolongar ao máximo essa fase, consequentemente aumentando a vida útil da tecnologia. Por fim, quando se observa indicativos de desgaste e obsolescência, mostrasse necessário o descarte ou substituição da tecnologia (SANTOS, 2009).

Dessa forma, é importante conhecer toda á historia do equipamento utilizado na EAS, sua vida útil e seu nível de obsolescência, sua família ou grupo a que pertence, à perspectiva de substituição ao longo da manutenção, enfim, conhecer tudo do equipamento para que possa contribuir para sua manutenção, para que se possa obter qualidade e segurança no resultado do trabalho (CALIL, 2014).

3.3. MANUTENÇÃO

As demandas do mercado e a velocidade com que as mudanças ocorrem estão exigindo das empresas que seus equipamentos e suas instalações estejam acessíveis o máximo de tempo possível, tendo em vista que a não disponibilidade do maquinário pode causar prejuízo na produção e diminuir a competitividade das organizações. Assim, a manutenção tem o objetivo de básico de preservar os equipamentos e instalações disponíveis e confiáveis (MACEDO, 2011).

Existem diversas definições no que se diz respeito à manutenção, porém, todas elas convergem para o mesmo significado. De acordo com a norma brasileira ABNT-NBR 5462-1994 de Confiabilidade e mantenabilidade, manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Mirshawka e Olmedo (1993) definem a manutenção como “um conjunto de ações que permitam manter ou estabelecer um bem dentro de um estado específico ou como uma medida para assegurar um determinado serviço”. Patton (1998) definiu a manutenção como “todas as ações necessárias para conservar um item ou restaurá-lo a uma condição específica”.

Para Tavares (1996), a manutenção é constituída de todas as ações essências para que um item seja conservado ou restaurado, fazendo com que permaneça de acordo com sua condição estabelecida.

A manutenção objetiva a redução total ou parcial das funções do equipamento, prolongando assim o seu tempo de vida útil, porém ela não consegue evitar o desgaste natural do equipamento, que ocorre devido ao tempo e frequência de uso (MAGALHÃES, 2011).

De maneira geral, pode-se dizer que a manutenção apresenta duas funções gerais, onde a primeira delas consiste em reparar ou restaurar um equipamento, sistema ou item que por alguma razão tenha deixado de desempenhar sua função. A segunda função consiste em garantir que um equipamento ou sistema siga funcionando dentro do limite de suas funções pré-estabelecida (ELIAS, 2002).

3.3.1 Histórico

A preservação de instrumentos e ferramentas é uma pratica observada desde os primórdios da civilização, porém, a função manutenção surge mais efetivamente durante o século XVI, com a invenção das primeiras máquinas têxteis. Durante essa época, quem projetava as máquinas treinava os usuários para operarem e consertarem, intercedendo somente em casos mais complexos. O operador era o mantenedor – mecânico. Apenas no século XIX quando as máquinas passam a ser movidas, também, por motores elétricos, é que surge o mantenedor eletricista (WYREBSKI, 1997).

A consequente evolução das formas de manutenção se deu devido à necessidade de manter em operação, todo e qualquer equipamento, ferramenta e dispositivo para uso no trabalho, em épocas de paz ou em tempos de guerra (WYREBSKI, 1997).

Essas condições eram favoráveis para a adoção da forma mais rudimentar, baseada na intervenção pós-falha, sendo uma manutenção não planejada, conhecida como manutenção corretiva (MC) (LUCATELLI, 2002).

A Segunda Guerra Mundial foi responsável por um grande impulso na evolução da manutenção, sendo um marco importante para a mudança dos seus conceitos. Nessa época houve um grande aumento na busca por bens de todos os tipos, enquanto isso diminuía drasticamente a mão de obra industrial, levando a um aumento da mecanização (ELIAS, 2002). A partir desse momento, o tempo de parada das máquinas, consequentemente a redução da produção, passou a ser visto como prejuízo para a indústria, logo, podiam e deviam ser prevenidas. Surge assim o primeiro conceito de manutenção preventiva (MP), consistindo pela ideia de substituição sistemática dos itens com base em períodos ou ciclos predeterminados (LUCATELLI, 2002).

Até meados da década de 60, a MP se baseava em intervenções realizadas no equipamento em tempos pré-estabelecidos, caso houvesse necessidade, era realizada a MC (MORAIS, 2004).

Durante a década de 70, houve um grande aumento no crescimento da mecanização e automação, consequentemente aumentou a complexidade dos equipamentos e a probabilidade de falhas dos sistemas. Essa evolução surgiu devido às novas exigências do mercado cada vez mais globalizado e competitivo, exigindo que as falhas fossem evitadas, para garantir a produtividade e a qualidade do produto (MORAIS, 2004).

A busca da utilização eficiente dos equipamentos existentes até o seu limite fez surgir o conceito da manutenção baseada nas condições, conhecida como manutenção preditiva (MPd), onde é monitorado o estado das maquinas, permitindo antecipar a provável ocorrência de falhas (WYREBSKI, 1997).

3.3.2 Tipos de manutenção

As particularidades do sistema no qual será aplicada a manutenção é o que define um tipo ou outro a ser utilizado. Além do mais, não existe uma unanimidade entre os autores em relação às terminologias atuais (LUCATELLI, 2002).

Brito (2003) considera dois tipos de manutenção base, a manutenção planejada e a não planejada. A manutenção planejada é feita com objetivo de prevenir a ocorrência de algum defeito, dá-se o nome de preventiva, podendo ser sistêmica, preditiva ou condicionada. A manutenção não planejada ocorre em situações que ocorrem avarias no equipamento, sendo chamada de manutenção curativa ou corretiva e paliativa.

Kardec *et al* (2002) consideram os principais tipos de manutenção como: corretiva planejada, corretiva não planejada, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção. Para Lafraia (2001), a manutenção é classificada principalmente como corretiva e preventiva.

De acordo com Ramirez, Caldas e Santos (2002) as classificações dos tipos de manutenção são: corretiva, preventiva (distribuída em preditiva, condicional e sistemática ou programada), de melhoria e proativa. Já para Herpich e Fogliatto (2013), a manutenção é classificada como corretiva, preventiva e preditiva.

Por fim, para a norma europeia British Standard EN 13306:2001, existem doze tipos de manutenção:

- Manutenção Corretiva;

- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Programada;
- Manutenção Predeterminada;
- Manutenção Baseada em Condição;
- Manutenção Remota;
- Manutenção Adiada;
- Manutenção Imediata;
- Manutenção On-line;
- Manutenção Local;
- Manutenção do Operador.

Nesta seção iremos abordar os três principais tipos de manutenção que ocorrem com mais frequências nos EAS, à manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva como visto na figura 3 abaixo.

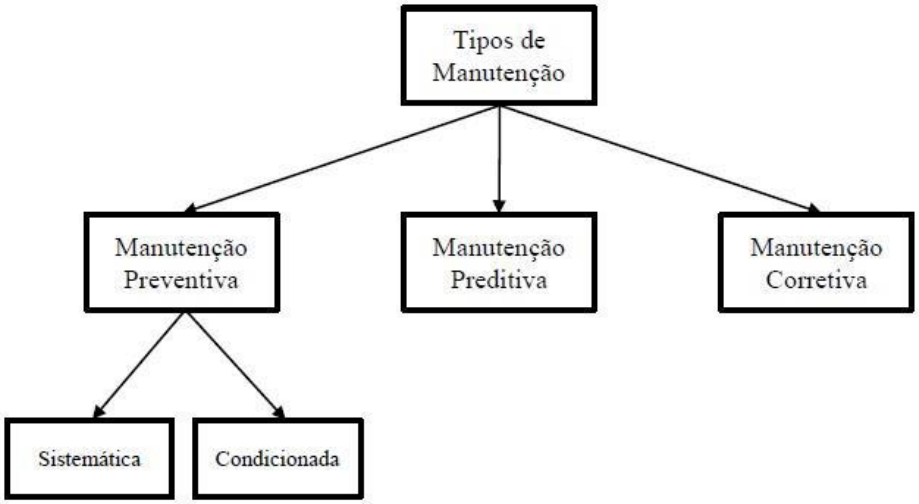

Figura 3 - Tipos de Manutenção. Adaptado de (FARINHA, 1997).

3.3.2.1 Manutenção Corretiva

A MC é a forma mais antiga de todas as manutenções e também a mais utilizada em equipamentos e sistemas. É conhecida por ações não planejadas necessárias para retomar o funcionamento do equipamento com problema (CARVALHEIRO, 2016). Segundo a norma

europeia British Standard EN 13306:20016 a MC é “a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

Para Borges (2009), a MC gera custos elevados, pois causa perdas de produção e grande dano no equipamento. Com isso, esse tipo de manutenção é considerado a ultima opção para se realizar uma manutenção, quando realmente necessita de trocas de peças e ajustes mais drásticos.

A MC apresenta sempre caráter de urgência, pelo fato de não ser programada, pode interromper um diagnostico ou tratamento de um paciente, gerando um prejuízo para o tratamento dispensando ao paciente ou até prejuízos com a perda de produção. (AZEVEDO, 2011).

De acordo com Azevedo (2011), as vantagens da MC são: não ser necessário realizar uma rotina periódica de acompanhamentos dos equipamentos e as trocas de peças só ocorre no fim do seu CV. Já suas desvantagens são: aumento do risco de acidente, maior custo, diminuição do CV e da confiabilidade do equipamento, além da paralisação do equipamento.

Para que ocorra uma MC dentro de uma EAS é necessário que o setor do equipamento notifique o setor responsável pela manutenção, iniciando assim a sua rotina. A figura 4 mostra um exemplo de fluxograma de uma rotina de MC dentro de um EAS.

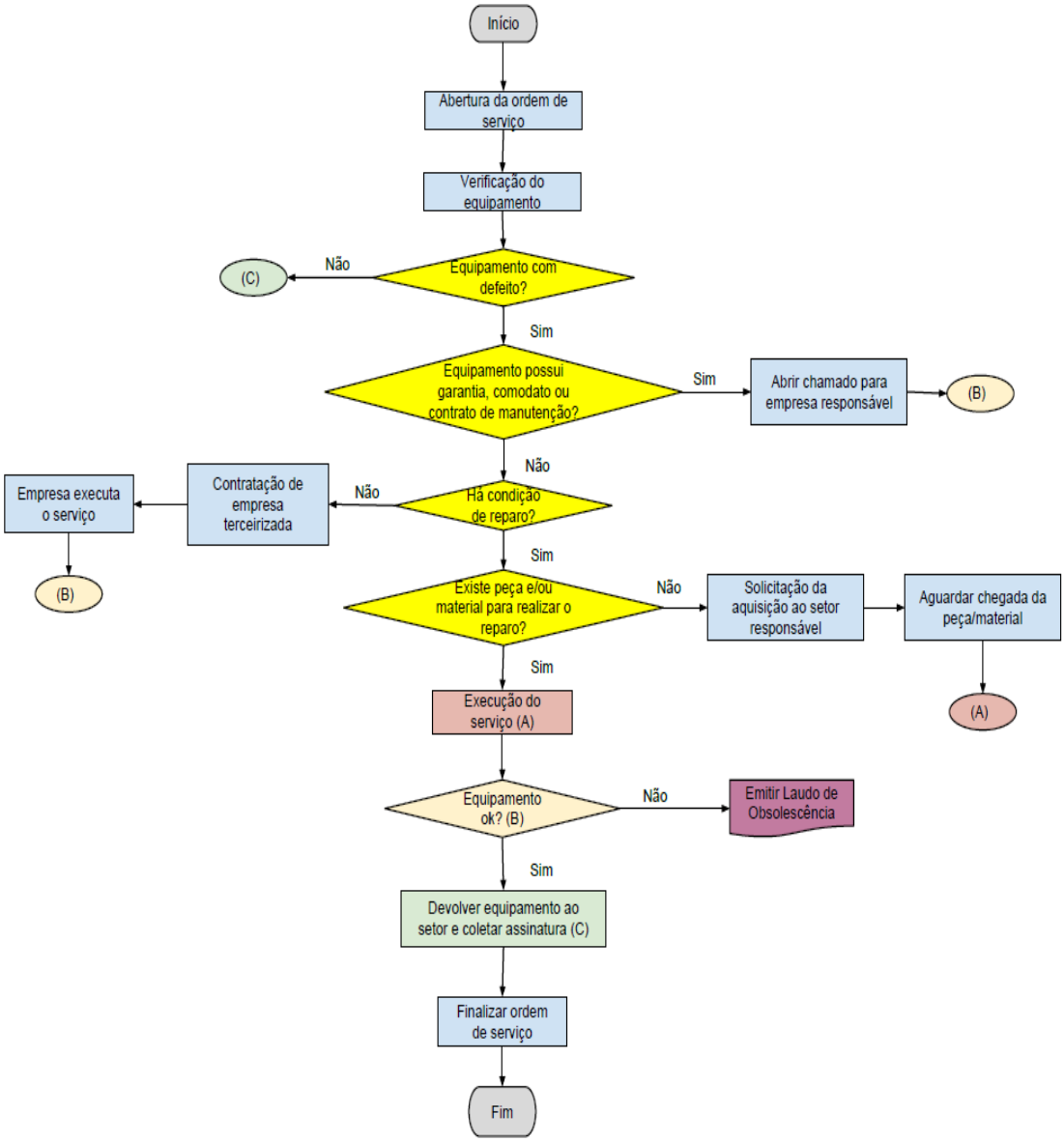

Figura 4 - Rotina da manutenção corretiva dentro de um EAS. Fonte: do autor.

3.3.2.2 Manutenção Preventiva

A MP é um tipo de manutenção executada em intervalos de tempo pré-estabelecidos, através de ações programadas ou de acordo com alguns critérios estabelecidos, buscando a redução da probabilidade de falhas ou do desgaste operacional de um item (ABNT, 1994).

Os procedimentos executados durante a MP buscam prolongar a vida útil do equipamento, entre eles podemos citar realização de testes funcionais, aferição e calibração, inspeção geral, substituição de peças quando necessário (MANSO, 2012). O conteúdo das ações ou critérios estabelecidos devem ser os mais completos possíveis, fazendo com que as

ações praticadas sejam capazes de prevenir falhas e prolongar a vida útil do equipamento (WHO, 2011).

Segundo Masmoudi *et al* (2016), as atividades de MP podem ser divididas em duas categorias distintas, manutenção baseada na condição e manutenção baseada no tempo. Na manutenção baseada em condição é necessário realizar um levantamento regular das condições do sistema durante sua operação. Os dados levantados podem ser analisados através de modelos estatísticos, relacionando as variáveis medidas ao estado de saúde do equipamento e o restante da sua vida útil.

Já na manutenção baseada em tempo, o equipamento é periodicamente averiguado e mantido, de acordo com os requisitos do fabricante ou dos órgãos regulatórios e suportados por classificação de ricos e sistemas de gerenciamento de manutenção (MASMOUDI *et al.*, 2016).

As vantagens desse tipo de manutenção são o aumento da confiabilidade, através da segurança dos pacientes e operadores (MAEOKA *et al.*, 2002) e também da redução dos custos, devido a diminuição dos consertos, prolongando a vida útil do equipamento (SWANSON, 2001). Já as suas principais desvantagens são a troca das peças antes do seu fim da vida útil e o maior número de interferências em relação a MC (AZEVEDO, 2011).

A princípio a MP pode até ser visto como a forma de manutenção menos pratica avaliando o ponto de vista financeiro, porém, deve-se observar que o custo de parar equipamentos ou sistemas de forma programada pode ser mais vantajoso do que uma parada por falha ou por qualidade baixa dos produtos ou serviços (LINS, 2009).

A figura 5 mostra um exemplo de fluxograma de uma rotina de MP dentro de uma EAS.

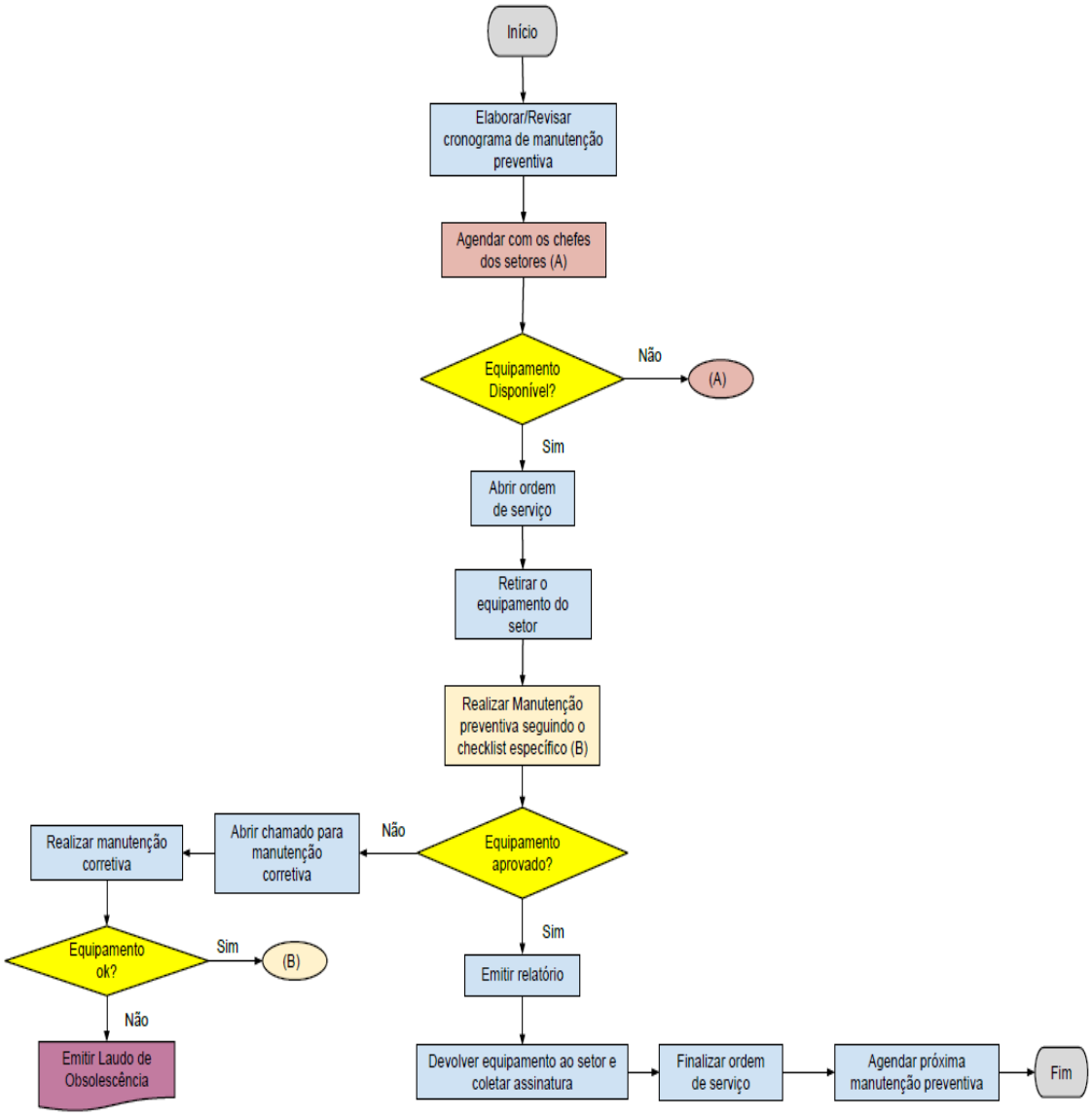

Figura 5 - Rotina da manutenção preventiva dentro de um EAS. Fonte: do autor.

3.3.2.3 Manutenção Preditiva

De acordo com Xenos (2014), a MPd consiste em realizar acompanhamentos periódicos em equipamentos ou maquinas através de dados recolhidos por meio de monitoramento ou inspeções. Esse tipo de manutenção avalia o tempo de vida útil dos componentes bem como as condições durante um certo período de tempo.

Abreu, Bandeira e Gianelli (2010) definem os objetivos da MPd como:

- Eliminar desmontagens desnecessárias do equipamento para inspeção;
- Prolongar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Definir antecipadamente a necessidade de manutenção numa peça especifica;

- Impedir o aumento dos danos;
- Minimizar o trabalho de emergência não planejado;
- Determinar antecipadamente as interrupções de uso em equipamentos que necessitem de manutenção;
- Aumentar o grau de confiança de desempenho.

A MPd promove o prolongamento da operação dos equipamentos e a intervenção acontece a partir de dados obtidos e não em suposições (OTANI; MACHADO, 2008), privilegiando a disponibilidade à medida que não promove intervenções nos equipamentos em uso (KARDEC *et al.*, 2002).

Para a realização desse tipo de manutenção existem algumas técnicas, como: inspeção visual, monitoramento de processos, analise de óleo e da estrutura da peça, estudo de análise de vibração e da superfície, leitura de instrumentos do item, termografia, entre outros (LINS, 2009).

Conforme Setúbal (2017), existem algumas condições básicas para adotar as técnicas de MPd, como:

- As falhas devem ser procedentes de causas que possam ser monitoradas e sua progressão acompanhada;
- Os equipamentos ou sistemas devem permitir algum tipo de medição ou monitoramento;
- Os equipamentos ou sistemas devem fazer jus a esse tipo de ação, em razão dos custos envolvidos;
- Seja criado um programa de acompanhamento, análise e diagnostico sistematizado.

Existem uma série de pontos positivos na MPd, dentre eles estão: previsão de falhas com antecedência, diminuição de riscos de acidentes e paradas no sistema, maior produtividade e rendimento, redução dos prazos e custos de manutenção (OTANI; MACHADO, 2008).

Segundo Nepomuceno (1989), parar uma máquina ou equipamento para realizar a verificação se o mesmo apresenta boas condições de operar com desempenho satisfatório durante um longo período de tempo, é do ponto de vista econômico um procedimento

inadmissível. Porém, aguardar que ocorra alguma falha no equipamento ou na máquina para só então repara-la, pode dar início a um procedimento catastrófico economicamente.

De acordo com a figura 6, podemos visualizar um comparativo entre os três tipos de manutenções mais utilizados atualmente.

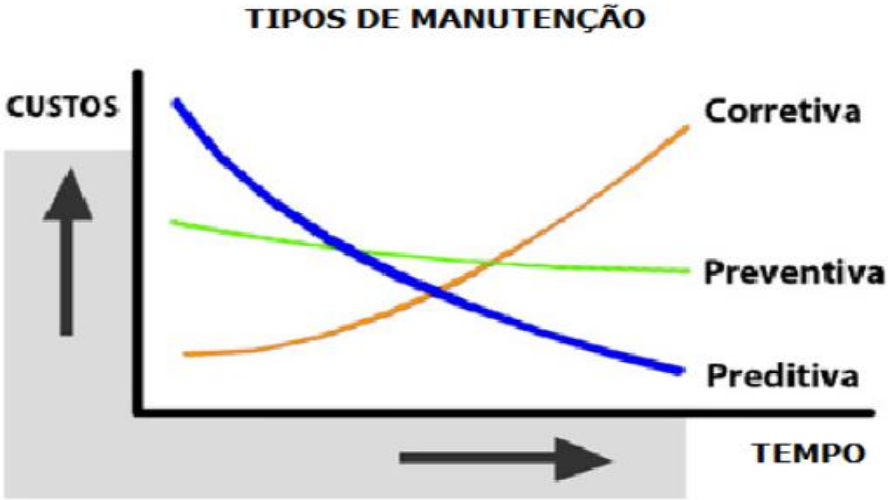

Figura 6 - Comparativo de custos entre os tipos de manutenções. Fonte: Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN).

Percebe-se uma curva exponencial decrescente na MPd, mostrando que quando uma empresa ou EAS promove esse tipo de manutenção a longo e médio prazo à uma tendência a se gastar menos com reparos ou trocas de peças. Se comparando com as MP e MC a MPd tem um custo benefício altíssimo (SETÚBAL, 2017).

3.4. CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS

Os processos produtivos nas empresas são organizados em hierarquia de prioridades em relação às necessidades de seus clientes, uma vez que as necessidades do mercado são voláteis e mudam constantemente. Logo, a prioridade dos processos produtivos pode ser alterada e a manutenção precisa estar atenta a estas mudanças para viabilizar a máxima confiabilidade e disponibilidade das instalações e equipamentos (MACEDO, 2011).

De acordo com Marques *et al* (2006), um equipamento crítico é aquele em que se apresenta um maior grau de complexidade na solução de defeitos, ou o que fisicamente estabelece dificuldades de acesso para eventual ação corretiva, ou ainda, não possui equipamento reserva instalado. Quanto maior for o impacto causado pela falha de um equipamento dentro do processo produtivo, mas crítico ele se torna (MACEDO, 2011).

Nem todo equipamento tem a mesma criticidade, alguns podem variar sem verdadeiramente afetar a assistência e/ou a segurança dos pacientes como dos profissionais, como é o caso de equipamentos que possuem quantidade suficiente ou são utilizados ocasionalmente. Em contrapartida, existem equipamentos que, obrigatoriamente devem estar em bom estado de funcionamento, esses são os equipamentos críticos. Assim, os esforços da manutenção devem ter o foco prioritariamente nestes equipamentos (SIGMA, 2018).

Para Pinto (2002), os equipamentos necessitam ser monitorados de acordo com seu grau de criticidade, levando em conta fatores como: importância no processo produtivo, valor do equipamento, segurança, custo de intervenção, existência ou não de equipamentos reservas, entre outros. Ainda de acordo com o autor, são definidos pesos para os determinados critérios estabelecidos que assumam uma escala, podendo variar de não crítico até crítico.

Em meio a diversos métodos distintos para determinar o grau de criticidade dos equipamentos, vale ressaltar alguns deles, que apesar de utilizarem diferentes critérios partem do mesmo principio. Primeiro, atribui-se pontuações aos critérios definidos, em seguida definem a classificação dos equipamentos de acordo com cada critério, para enfim determinarem a classe de criticidade que cada equipamento pertence.

O método descrito por Fabro (2003) relata a técnica de Avaliação Numérica de Relações Funcionais de Mudge e utiliza os critérios: risco ambiental, risco de acidente, índice de falhas, tempo entre reparos, custo de manutenção, gargalo e sistema informatizado.

Já a proposta de Fuentes (2006) baseia-se em duas etapas, primeiramente avalia-se um indicador de criticidade e em seguida é feita uma comparação das condições reais de cada par de variáveis. São utilizados os critérios: Fator de velocidade de manifestação da falha, fator de segurança do pessoal e do ambiente, fator de custos da parada de produção e fator de custos de reparação.

A Equipacare (2018), utiliza um método baseado na RDC nº 185, de 22 de outubro de 2001, que visa flexibilizar a classificação dos equipamentos de acordo com as especificidades dos EAS, utilizando os critérios: Função, Risco físico e Grau de importância.

Por fim, há a classificação ABC com a priorização de maquinas e equipamentos, sendo bastante utilizado, através de um fluxograma do tipo decisório baseado em critérios de criticidade estabelecidos, como: Segurança e meio ambiente, qualidade do produto, condição de operação, condições de entrega, índice de paradas – confiabilidade e manutenibilidade (CYRINO, 2016).

3.4.1 Priorização de atendimento corretivo conforme a criticidade

De acordo com Pires *et al* (2018), o grande desafio para definir um método para realizar a gestão da manutenção está ligado diretamente à definição da melhor solução aplicável ao negocio, em razão das varias concepções que podem ser aplicadas.

A estratégia de definição dos equipamentos quanto a sua criticidade, demonstra ser uma excelente ferramenta para a gestão da manutenção, influenciando diretamente no planejamento das ações, levando em conta as características do EAS e o impacto destes equipamentos no resultado do negócio. Permitindo assim, direcionar os esforços e recursos, nas diferentes abordagens e tipos de manutenção (EQUIPACARE, 2018; PIRES *et al*., 2018).

A partir da classificação de criticidade, são determinadas abordagens e ações associadas à estratégia de manutenção. Logo, para cada classe de criticidade é determinado o tipo de manutenção, como a manutenção preditiva, preventiva e corretiva, além da definição da abordagem adequada, que pode ser baseado em, tempo determinado, monitoramento, condições pré-definidas, inspeções ou quebra (HERPICH; FOGLIATTO, 2013).

Segundo Campos Júnior (2006), a criticidade é um modo de priorizar os equipamentos para definir como serão desenvolvidos os serviços de manutenção. Logo, a correta classificação da criticidade de um equipamento permite escolher de uma maneira mais eficácia qual tipo de manutenção adotar, seja ela preventiva ou corretiva, de forma a potencializar a aplicação dos recursos disponíveis, como peças, pessoal e na tentativa de diminuir os custos (BRITO, 2003).

3.5. MATERNIDADE ESCOLA JANUÁRIO CICCO

A Maternidade Escola Januário Cicco (MEJC) foi fundada em 1928, com o nome de Maternidade de Natal, só depois foi transformada em hospital escola, alterando assim sua nomenclatura para a atual. A MEJC se destaca por ser uma entidade de Assistência, Ensino, Pesquisa e Extensão em saúde, pertencendo à rede de saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e vinculada ao Ministério da Educação e Ministério da Saúde. A partir do ano de 2013 ela passa a ser administrada pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH),

De acordo com a EBSERH (2018), a missão da maternidade é “Promover de forma integrada e humanizada a assistência, ensino, pesquisa e extensão com ênfase em gestação de alto risco, ginecologia especializada e reprodução humana, atendendo aos princípios da ética e da justiça social.”

Sua infraestrutura é composta por 141 leitos; 22 consultórios ambulatoriais; 01 anfiteatro e 01 Centro de Estudos, ocupando uma área total equivalente a 7.787 m². A maternidade funciona 24h e conta com UTI Neonatal, UTI Materna, Centro Obstétrico, Banco de Leite Humano, Mamografia, Ultrassonografia, Emergência Obstétrica, Ambulatório, Enfermarias e serviços de apoio. Além de auxiliar na formação de profissionais da saúde através do ensino, da pesquisa e extensão em obstetrícia, com estágios para alunos de graduação e programas de residência médica e multiprofissional (EBSERH, 2018).

3.5.1 UTI Materna

A UTI Materna conta com uma equipe multiprofissional formada por médicos, enfermeiros, psicólogos, fisioterapeutas, farmacêuticos, fonoaudiólogos, assistentes sociais e técnicos de enfermagem. Suas principais indicações são para pacientes que exigem maiores cuidados intensivos, como complicações cirúrgicas ou anestésicas, hemorragia pós-parto, hipertensão arterial e diabetes controlada (EBSERH, 2018).

Sua estrutura conta com 06 leitos, onde 01 é utilizado para isolamento. Além de dispor de terapia nutricional, aparato de radiografia portátil, serviço de ultrassonografia e serviço de ecodopplercardiografia (EBSERH, 2018).

Dentre os principais EMHs que se encontram no setor, podemos citar: Bomba de Infusão, Cama Elétrica, Cardioversor Detector Fetal, Eletrocardiógrafo, Monitor Multiparamétrico, Ventilador Pulmonar, entre outros.

3.5.2 UTI Neonatal

A UTI Neonatal é um serviço de internação encarregado pelos cuidados integrais aos recém-nascidos graves ou potencialmente graves, contando com uma equipe multiprofissional especializada. Garantindo a permanência e o livre acesso a mãe e o pai, informação da evolução do paciente e visita dos familiares (EBSERH, 2018).

A UTI Neonatal possui 20 leitos distribuídos em 02 UTI’s, a UTIN 1 com 10 leitos e a UTIN 2 com 10 leitos. Cada leito conta com equipamentos específicos e tecnologia adequada à terapia e ao diagnostico dos recém-nascidos graves ou com risco de morte, além de estrutura física que cumpre as normas estabelecidas para as unidades de terapia intensiva neonatal (EBSERH, 2018).

Dentre os principais EMHs que se encontram no setor, podemos citar: Berço Aquecido, Bomba de Infusão, Cardioversor, Fototerapia, Incubadora, Monitor Multiparamétrico, Raio-X Portátil, Ventilador Pulmonar, entre outros.

4. METODOLOGIA

Este trabalho se enquadra em uma classificação de pesquisa aplicada, com uma abordagem tanto quantitativa quanto qualitativa, uma vez que as informações levantadas são utilizadas para gerar um classificador que irá expressar uma medida mensurável da criticidade dos EMHs.

4.1. DEFINIÇÃO DO MÉTODO A SER ADOTADO

O método escolhido para a realização desse trabalho foi o utilizado pela empresa Equipacare, que é uma metodologia adaptada da RDC nº 185/2001. Dentre todos os métodos pesquisados, este foi escolhido, pois além de abranger parâmetros para avaliar função e risco, leva em consideração a importância estratégica do equipamento dentro do EAS, se tornando uma ferramenta compatível com as necessidades apresentadas pela MEJC.

Nesta metodologia os equipamentos são classificados de acordo com:

- Função;
- Risco Físico;
- Grau de Importância ABC.

Para o cálculo da criticidade, cada equipamento é analisado de acordo com sua classificação, recebendo assim uma pontuação, que no final são somados para obter o valor "C" de criticidade, como mostra a equação 1.

$$\mathbf{C = F + RF + ABC} \qquad [1]$$

Onde:

C: Criticidade

F: Função

RF: Risco Físico

ABC: Grau de Importância ABC

A partir dos valores de C, que variam da escala de 4 a 27, são estabelecidos os graus de criticidades a que os EMHs podem se enquadrar:

- Baixa Criticidade – 4 a 11.
- Média Criticidade – 12 a 18.
- Alta Criticidade – 19 a 27.

4.1.1. Função

A primeira classificação dos EMHs é quanto sua função, podendo ser classificado dentre as cinco funções existentes:

- Suporte a Vida – Equipamentos utilizados para da sustentação a vida do paciente, após insuficiência de órgãos vitais. Exemplos: Ventilador Pulmonar, cardioversor e aparelho de anestesia.
- Terapia – Equipamentos com finalidade de auxiliar tratamentos de doenças, e abrange a substituição ou modificação da anatomia ou processo fisiológico. Normalmente aplicam algum tipo de energia ou troca com o corpo do paciente. Exemplos: Bisturi Elétrico, Berço Aquecido e Incubadora.
- Diagnóstico – Equipamentos utilizados para auxilio ao procedimento clínico, atribuídos à detecção de informações do organismo humano. Exemplo: Monitor Multiparamétrico, Aparelho de Raio-X e Cardiotacógrafo.
- Análise – Equipamentos utilizados em meio laboratorial, sendo utilizados na analise de materiais seja genético ou sintético. Exemplos: Centrífuga, Microscópio Óptico e Analisador de Hemoglobina.
- Equipamento de apoio – São equipamentos utilizados para dar suporte a procedimentos cirúrgicos, terapêuticos ou de diagnóstico. Exemplos: Maca hospitalar, Aspirador Cirúrgico e Foco Clínico.

A tabela 1 mostra a pontuação para a classificação da criticidade.

Tabela 1– Pontuação da Função

Função (Ptc)
Suporte a Vida (10)
Terapia (8)
Diagnóstico (6)
Análise (4)
Equipamento de Apoio (2)

Fonte: do autor

4.1.2. Risco Físico

A segunda classificação dos EMHs se refere ao risco físico que o equipamento pode causar ao operador e/ou paciente, podendo ser classificado dentre as quatro opções a seguir e pontuada de acordo com a tabela 2:

- Morte – Equipamentos que quando falham, podem ocasionar a morte do paciente. Exemplos: Cardioversor, Ressuscitador e Ventilador pulmonar.
- Injúria – Equipamentos que quando falham, geram danos permanentes ao operador ou paciente e tornam o processo de tratamento impraticável. Exemplo: Bisturi Elétrico.
- Terapia ou Diagnóstico Falho – Equipamentos que quando falham, podem ocasionar um diagnóstico impreciso ou uma terapia inapropriada. Exemplos: Eletrocardiógrafo, Centrifuga e Fototerapia.
- Sem Risco – Equipamentos que quando falham, não geram riscos para o paciente ou operador. Exemplos: Balança, Negatoscópio e Cama Elétrica.

Tabela 2- Pontuação do Risco Físico

Risco Físico (Ptc)
Morte (7)
Injúria (5)
Terapia ou Diagnóstico Falho (3)
Sem Risco (1)

Fonte: do autor

4.1.3. Grau de Importância "ABC"

A terceira classificação do EMH se refere ao grau de importância ABC, baseada no teorema de Pareto, permitindo avaliar o impacto de cada equipamento e sua prioridade estratégica dentro do EAS em três grupos:

- Grau A – Equipamentos que possuem geralmente um maior valor de aquisição, onde sua falta impacta diretamente na interrupção do serviço e na perda de receitas. São impossíveis de serem trocados em curto espaço de tempo, por

serem únicos na instituição ou por serem de difícil mobilidade. Exemplos: Hemodinâmica, Ressonância Magnética e Tomógrafo.

- Grau B – Equipamentos que possuem valor de aquisição intermediário e dispõem de equipamentos similares na instituição, sendo possível uma troca de forma mais rápida. Podem impactar diretamente no cuidado ao paciente, interrompendo o funcionamento de um leito ou até cancelando uma cirurgia. Exemplos: Mesa Cirúrgica, Monitor Multiparamétrico e Bomba de Infusão.
- Grau C – Equipamentos que possuem baixo valor de aquisição, facilmente substituível devido a inúmeros similares dentro da instituição ou ao seu baixo custo. A falta do equipamento não provoca paralisação nos serviços. Exemplos: Esfigmomanômetro, Berço em Acrílico e Estetoscópio.

A classificação da criticidade se dá de acordo com a tabela 3.

Tabela 3 – Pontuação do Grau de Importância ABC

Grau de Importância ABC (Ptc)
Grau A (10)
Grau B (5)
Grau C (1)

Fonte: do autor

4.2. AQUISIÇÃO DE DADOS

O primeiro passo foi obter os dados quantitativos dos equipamentos existentes dentro dos setores avaliados. Assim, foi disponibilizado pelo setor de EC da Maternidade o inventario mais recente dos EMHs, com dados referentes à data de 29/06/2018. Esse documento contém os dados de todos os equipamentos que fazem parte do parque tecnológico da maternidade, com informações do nome do equipamento, modelo, fabricante, patrimônio, entre outras.

Podemos visualizar na figura 07 o inventário fornecido pelo setor de Engenharia Clinica do setor UTI Materna.

RELATÓRIO DE EQUIPAMENTOS (BASE INSTALADA)							
UNIDADE/CLIENT MATERNIDADE ESCOLA JANUARIO CICCO							
SETOR:UTI MATERNA							
EQUIPAMENTO	MODELO	FABRICANTE	TAG	NS	PATRIMÔNIO	LOCALIZAÇÃO	SITUAÇÃO
Bomba de Infusao	Infusomat Compact	B.Braun	-	C93033	-		Operacional
Bomba de Infusao	Infusomat Compact	B.Braun	-	C93008	-		Operacional
Bomba de Infusao	Infusomat Compact	B.Braun	-	C93024	-		Operacional
Bomba de Infusao	Infusomat Compact	B.Braun	-	C92551	-		Operacional
Cadeira Ginecologica	Unique	WEM	228.341	00270	228.341		Operacional
Cama Elétrica	Sem modelo	Hill Rom	043.132	HRP002616585	043.132		Operacional
Cama Elétrica	Sem modelo	Hill Rom	043.131	HRP002616580	043.131		Operacional
Cama Elétrica	Sem modelo	Hill Rom	043.136	HRP002618149	043.136		Operacional
Cama Elétrica	Sem modelo	Hill Rom	043.134	HRP002617165	043.134		Operacional
Cama Elétrica	Sem modelo	Hill Rom	043.135	HRP002617564	043.135		Operacional
Cama Elétrica	HM-2006	Hospimetal	-	00035097000001 001	-		Operacional
Cardioversor	VIVO	Cmos Drake	031.100	315067261	031.100		Operacional
Detector Fetal Dopler	DF-50 MC	Medcir	031.022	MC1654	031.022		Operacional
Eletrocardiografo	SE-3	Edan	227.046	309053M13C034 50095	227.046		Operacional
Monitor multiparametro	Vita 600	Alfamed	043.291	V600000044	043.291		Operacional
Monitor multiparametro	Vita 600	Alfamed	043.296	V600000049	043.296		Operacional
Monitor multiparametro	Vita 600	Alfamed	043.294	V600000047	043.294		Operacional
Monitor multiparametro	Vita 600	Alfamed	043.295	V600000048	043.295		Operacional
Monitor multiparametro	Vita 600	Alfamed	043.293	V600000046	043.293		Operacional
Monitor multiparametro	Vita 600	Alfamed	043.292	V600000045	043.292		Operacional
Umidificador	MR810	Fisher & Paykel	-	070719004509	-		Operacional
Umidificador	MR810	Fisher & Paykel	-	081209010489	-		Operacional
Umidificador	MR810	Fisher & Paykel	-	080918001979	-		Operacional
Umidificador	MR810	Fisher & Paykel	-	070719004508	-		Operacional
Umidificador	MR810	Fisher & Paykel	-	121212016456	-		Operacional
Umidificador	MR810	Fisher & Paykel	-	121212016449	-		Operacional
Ventilador Pulmonar	DX-3010	Dixtal	227.466	07101033 1070A1V	227.466		Operacional
Ventilador Pulmonar	DX-3010	Dixtal	227.535	07101034 1070A1V	227.535		Operacional
Ventilador Pulmonar	DX-3010	Dixtal	227.534	08101107 1070A1V	227.534		Operacional

Figura 7 - Inventario UTI Materna. Fonte: Setor de Engenharia Clínica/MEJC.

Foram coletados os dados referentes aos equipamentos existentes somente na UTI materna e na UTI Neonatal, em um total de 255 equipamentos analisados. Destes equipamentos, 44 são utilizados na UTI Materna e 211 na UTI Neonatal.

A fim de agrupar equipamentos que possuam características similares e desempenha o mesmo papel, os EMHs foram divididos em famílias. Essa divisão ocorreu para que os equipamentos possam ser avaliados independentes de marca ou modelo. Todos os 255 EMHs foram agrupados em 22 tipos de famílias, devidamente registrados.

4.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO

Para determinar a criticidade de cada família de EMH, foi necessário realizar um estudo de cada equipamento, para avaliar sua função, risco físico e grau de importância ABC, evitando atribuir parâmetros errados. Assim, cada uma das 22 famílias de EMH foi analisada separadamente com o suporte do setor de Engenharia Clínica da MEJC.

Primeiro foi atribuída à função em que cada família de equipamentos se encaixa e atribuído a sua devida pontuação. Em seguida, foi determinado o risco físico que os equipamentos poderiam causar aos pacientes e/ou operadores. Por fim, avaliou-se o grau de importância ABC que cada equipamento tinha dentro da instituição.

Após atribuição dos parâmetros e suas respectivas pontuações, os dados obtidos foram documentados e foi realizado o cálculo da criticidade de cada família de equipamentos a partir da equação 1. Após o cálculo realizado, cada família foi classificada através do seu grau de criticidade.

Por fim, foi estabelecido o tempo máximo para que ocorra o atendimento corretivo de cada nível de criticidade, estabelecendo dessa forma uma regra de priorização para a Engenharia Clínica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos após realizar a classificação dos EMHs em famílias, a classificação dos critérios estabelecidos, o grau de criticidade de cada família e seu tempo máximo para o atendimento corretivo.

5.1. CLASSIFICAÇÃO DOS EMHs EM FAMÍLIAS

As classificações dos equipamentos médico-hospitalares em famílias são mostradas nas tabelas 4 e 5, respectivamente, a UTI Materna e a UTI Neonatal.

Tabela 4 – Classificação dos Equipamentos da UTI Materna em famílias

Tipo de Família	Quantidade
Aspirador Cirúrgico	2
Balança Adulta	1
Bomba de Infusão	18
Cama Elétrica	6
Cardioversor	1
Detector Fetal	1
Eletrocardiógrafo	1
Monitor Multiparamétrico	6
Umidificador	4
Ventilador Pulmonar	4
Total de equipamentos	**44**

Fonte: do autor

Tabela 5 – Classificação dos Equipamentos da UTI Neonatal em famílias

Tipo de Família	Quantidade
Aspirador Cirúrgico	3
Balança Pediátrica	2
Berço Aquecido	4
Bomba de Infusão	70
Bomba de Seringa	10
Cardioversor	1
Centrífuga	1
Eletrocardiógrafo	1
Fototerapia	25
Incubadora	20
Incubadora de Transporte	2
Monitor Multiparamétrico	23
Negatoscópio	1
Oxímetro de Pulso	3
Raio-X Portátil	1
Ressuscitador (Babypuff)	2
Ultrassom	1
Umidificador	22
Ventilador Pulmonar	19
Total de equipamentos	**211**

Fonte: do autor

Ao todo, foram classificados 255 equipamentos, divididos em 22 famílias. Na UTI Materna existem 44 equipamentos divididos em 10 famílias e na UTI Neonatal existem 211 equipamentos divididos em 19 famílias.

5.2. CÁLCULO DA CRITICIDADE

Foi criada uma planilha com todas as famílias de equipamentos com sua classificação de acordo com os critérios de Função, Risco Físico e Grau de Importância ABC, além da sua criticidade, calculada a partir da equação [1].

Para facilitar a visualização, cada grau de criticidade foi definido com uma cor específica:

- Vermelho – Alta Criticidade;
- Amarelo – Média Criticidade;
- Verde – Baixa Criticidade.

A tabela 6 mostra a criticidade de cada família de equipamentos presente nos setores analisados.

Tabela 6 – Criticidade dos Equipamentos

Tipo de Família	Função (Ptc)	Risco Físico (Ptc)	Grau de Importância ABC (Ptc)	Criticidade
Aspirador Cirúrgico	Apoio (2)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	6
Balança Adulta	Apoio (2)	Sem Risco (1)	C (1)	4
Balança Pediátrica	Apoio (2)	Sem Risco (1)	C (1)	4
Berço Aquecido	Terapia (8)	Morte (7)	B (5)	20
Bomba de Infusão	Terapia (8)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	12
Bomba de Seringa	Terapia (8)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	12
Cama Elétrica	Apoio (2)	Sem Risco (1)	B (5)	8
Cardioversor	Suporte a Vida (10)	Morte (7)	A (10)	27
Centrífuga	Análise (4)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	B (5)	12

Detector Fetal	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)		10
Eletrocardiógrafo	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	B (5)		14
Fototerapia	Terapia (8)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)		12
Incubadora	Terapia (8)	Morte (7)	A	10	25
Incubadora de Transporte	Terapia (8)	Morte (7)	A	10	25
Monitor Multiparamétrico	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	B	5	14
Negatoscópio	Apoio (2)	Sem Risco (1)	C	1	4
Oxímetro de Pulso	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C	1	10
Raio-X Pórtatil	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	A	10	19
Ressuscitador (Babypuff)	Suporte a Vida (10)	Morte (7)	B	5	22
Ultrassom	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	B	5	14
Umidificador	Apoio (2)	Sem Risco (1)	C	1	4
Ventilador Pulmonar	Suporte a Vida (10)	Morte (7)	B	5	22

Fonte: do autor

Ao todo foram analisadas 22 famílias de equipamentos nos setores de UTI Materna e UTI Neonatal, onde 7 famílias são de alta criticidade, 7 de média criticidade e 8 de baixa criticidade. Para uma melhor visualização e organização dos dados, foi analisado cada setor separadamente, assim vemos que na UTI Materna existem 2 famílias de alta criticidade, 3 de média criticidade e 5 de baixa criticidade, como mostrado na tabela 7.

Tabela 7 – Criticidade dos Equipamentos por setor (UTI Materna)

Tipo de Família	Função (Ptc)	Risco Físico (Ptc)	Grau de Importância ABC (Ptc)	Criticidade
Cardioversor	Suporte a Vida (10)	Morte (7)	A (10)	27
Ventilador Pulmonar	Suporte a Vida (10)	Morte (7)	B (5)	22
Bomba de Infusão	Terapia (8)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	12
Eletrocardiógrafo	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	B (5)	14
Monitor Multiparamétrico	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	B (5)	14
Aspirador Cirúrgico	Apoio (2)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	6
Balança Adulta	Apoio (2)	Sem Risco (1)	C (1)	4
Cama Elétrica	Apoio (2)	Sem Risco (1)	B (5)	8
Detector Fetal	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	10
Umidificador	Apoio (2)	Sem Risco (1)	C (1)	4

Fonte: do autor

Já na UTI Neonatal existem 7 famílias de alta criticidade, 7 de média criticidade e 5 de baixa criticidade, como mostrado na tabela 8.

Tabela 8 – Criticidade dos Equipamentos por setor (UTI Neonatal)

Tipo de Família	Função (Ptc)	Risco Físico (Ptc)	Grau de Importância ABC (Ptc)	Criticidade
Berço Aquecido	Terapia (8)	Morte (7)	B (5)	20
Cardioversor	Suporte a Vida (10)	Morte (7)	A (10)	27
Incubadora	Terapia (8)	Morte (7)	A (10)	25
Incubadora de Transporte	Terapia (8)	Morte (7)	A (10)	25
Raio-X Pórtatil	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	A (10)	19

Ressuscitador (Babypuff)	Suporte a Vida (10)	Morte (7)	B (5)	22
Ventilador Pulmonar	Suporte a Vida (10)	Morte (7)	B (5)	22
Bomba de Infusão	Terapia (8)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	12
Bomba de Seringa	Terapia (8)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	12
Centrífuga	Análise (4)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	B (5)	12
Eletrocardiógrafo	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	B (5)	14
Fototerapia	Terapia (8)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	12
Monitor Multiparamétrico	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	B (5)	14
Ultrassom	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	B (5)	14
Aspirador Cirúrgico	Apoio (2)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	6
Balança Pediátrica	Apoio (2)	Sem Risco (1)	C (1)	4
Negatoscópio	Apoio (2)	Sem Risco (1)	C (1)	4
Oxímetro de Pulso	Diagnóstico (6)	Terapia ou Diagnóstico Falho (3)	C (1)	10
Umidificador	Apoio (2)	Sem Risco (1)	C (1)	4

Fonte: do autor

Por fim, a Figura 8 mostra a criticidade em porcentagem das famílias de equipamentos por setor.

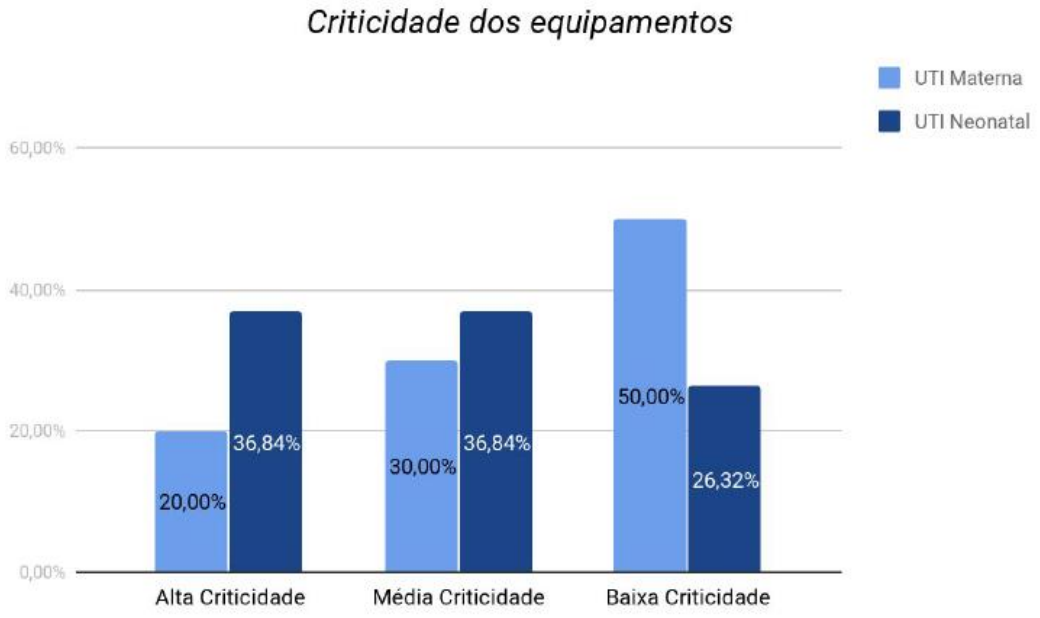

Figura 8 - Classificação dos EMHs dos setores UTI Materna e UTI Neonatal, de acordo com grau de criticidade. Fonte: do autor.

5.3. TEMPO PARA ATENDIMENTO

Para que ocorra uma minimização do prejuízo da instituição quanto ao serviço prestado à população, é necessário tornar a MC mais eficiente. Desta forma, foi determinado o tempo máximo para que o setor de EC possa realizar o atendimento corretivo dos EMHs de acordo com sua faixa de criticidade, evitando que leitos sejam fechados ou que procedimentos suspensos devido à quebra do EMH, causando prejuízo aos pacientes (Tabela 9).

Tabela 9 – Priorização do atendimento

Criticidade	Priorização
Alta Criticidade	Atendimento imediato ou até no máximo 60 minutos, especialmente quando o equipamento estiver sendo utilizado pelo paciente. Os técnicos que estiverem em manutenção de equipamentos de menor criticidade devem ser transferidos para o de maior criticidade.
Média Criticidade	Atendimento até no máximo 90 minutos. Do mesmo modo, quando os técnicos estiverem em manutenção de equipamentos de menor criticidade devem ser transferidos para o de maior criticidade.
Baixa Criticidade	Atendimento realizado de acordo com a disponibilidade dos técnicos, feito até no máximo 180 minutos.

Fonte: do autor

5.4. DISCUSSÃO

A criticidade dos equipamentos é fator determinante na gestão da manutenção, levando em consideração as características e os objetivos dos EAS, permitindo priorizar o atendimento das MC, minimizando os riscos e impactos causados dentro da instituição, tanto para os pacientes quanto para os funcionários. Sua aplicação poderá gerar ganhos para a MEJC, permitindo a maior disponibilidade dos EMHs dentro dos setores, evitando que procedimentos e exames sejam suspensos ou leitos fechados.

Uma forma de por em prática esse estudo seria através de adesivos com sistema de cores, onde cada cor representaria um nível de criticidade e esses adesivos seriam colocados nos EMHs. Assim, a equipe responsável pela manutenção seria instruída a olhar a cor do adesivo do equipamento e saberia sua criticidade, sem precisar consultar nenhuma planilha ou tabela. Para avaliação dessa metodologia, poderá ser analisado o tempo médio em que ocorre cada atendimento através das Ordens de Serviços disponibilizadas no setor de EC, verificando desta forma se a equipe está seguindo os critérios de priorização estabelecidos ou não.

A metodologia para classificar o grau de criticidade dos equipamentos utilizada neste trabalho pode ser aplicada em outros EAS, levando em consideração que os critérios usados podem variar de acordo com a realidade de cada instituição. Porém, a regra de priorização das MC não pode ser generalizada, visto que os tamanhos das equipes técnicas variam, assim como o grau de serviços médicos prestados por cada instituição, além dos critérios de criticidade ser dependente da experiência dos responsáveis pela manutenção. Outra forma utilização da metodologia seria realizar a priorização das MP através da classificação da criticidade dos EMHs.

Vale destacar que a criticidade dos EMHs é uma ferramenta mutável, pois se for realizada a aquisição de novos equipamentos que antes eram únicos ou ocorram contratações de mais técnicos, o grau de criticidade poderá ser alterado. Logo, é importante que a instituição atualize periodicamente as classificações dos equipamentos e suas respectivas pontuações. Podendo também introduzir novos critérios, caso achem necessário.

Por fim, os EMHs de alta criticidade devem receber um maior cuidado da equipe de EC, não que os outros equipamentos não possam causar problemas, porém, os de alta criticidade causam grande impacto na rotina da instituição por serem únicos ou que existam poucos de reserva, além da sua importância ao atendimento do paciente.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo priorizar o atendimento das manutenções corretivas a partir do grau de criticidade dos EMHs, a fim de aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos. Tendo em vista que tal analise não tinha sido realizada anteriormente na MEJC, todos os objetivos propostos foram alcançados de forma satisfatória, pois foi estabelecida a priorização dos EMHs a partir da análise de sua criticidade. Logo, podemos concluir que:

- Definir prioridades através do estabelecimento da criticidade dos EMHs é de fundamental importância para garantir uma manutenção corretiva eficiente, possibilitando direcionar os esforços e recursos para os equipamentos mais críticos, o que antes não tinha, aumentando assim a sua disponibilidade;
- Cada EAS tem diferentes características, sendo necessário definir a forma de priorização do atendimento corretivo de acordo com os objetivos da instituição;
- A metodologia usada mostrou-se viável e com bons resultados, permitindo hierarquizar a criticidade dos EMHs das UTI's da Maternidade Escola Januário Cicco.
- Caso aplicado, este trabalho poderá gerar vários benefícios para o setor de Engenharia Clínica, como maior disponibilidade dos equipamentos.

Para trabalhos futuros pode-se sugerir a utilização dessa metodologia para avaliar o grau de criticidade de todos os equipamentos utilizados da Maternidade Escola Januário Cicco. Além disso, a inclusão de outras informações nesta metodologia, como custo de paragem do equipamento e confiabilidade, pode melhorar ainda mais a avaliação e definição do grau de criticidade dos EMHs, gerando benefícios concretos na gestão de um Estabelecimento Assistencial de Saúde.

7. REFERÊNCIAS

ABEClin. Associação Brasileira de Engenharia Clínica – ABEClin. 2018. Disponível em: <http://www.abeclin.org.br>. Acesso em: 07 de novembro de 2018.

ABREU, G.; BANDEIRA, G.; GIANELLI, R. **Vibração e ruído em manutenção preditiva**. (Trabalho universitário) Bauru: 2010. 22f.

AMORIM, A. S. Equipamento médico-hospitalar: aspectos de financiamento e gestão no ministério da saúde. 2014. 230 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Coletiva, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

ANTUNES, E. V. et al. A engenharia clínica como estratégia na gestão hospitalar. **Gestão da tecnologia biomédica: tecnovigilância e engenharia clínica**, ANVISA, 2002, cap. 4.

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: 09 de novembro 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Confiabilidade e Mantenabilidade - terminologia.** NBR 5462, Rio de Janeiro, 1994.

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

BORGES, M. C. et al. **Implantação de Sistema Informatizado para Planejamento e Controle da Manutenção – Empresa Vileflex**. 2009, 91p. Curso Superior de Tecnologia – Manutenção Industrial, Universidade Vale do Rio Doce - Univale, Governador Valadares, 2009.

BRITISH STANDARD. **Maintenance Terminology**, BS EN 13306, 2001.

BRITO, M. **Manutenção:** Manual Pedagógico PRONACI. Portugal: Aep, 2003.

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.

CALIL, S. J. **Planejamento e Gestão (para equipamentos médico Hospitalares)**. Campinas: Departamento de Engenharia Biomédica, 2014.

CALIL, S. J; TEIXEIRA, M. S. **GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS HOSPITALARES.** 11. ed. São Paulo: Fundação Peirópolis, 1998. 127 p.

CAMPOS JÚNIOR, E. E. **Reestruturação da área de planejamento, programação e controle na gerência de manutenção portuária - CVRD**. 2006. 75 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2006.

CARVALHEIRO, C. G. **Avaliação da Gestão da Manutenção de Equipamentos Hospitalares.** 2016. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Biomédica, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2016.

CYRINO, L. **Classificação ABC de Máquinas e Equipamentos.** 2016. Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/classificacao-abc/>. Acesso em: 21 de novembro de 2018.

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

EBSERH. **Maternidade Escola Januário Cicco – MEJC – UFRN.** EBSERH – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares. Disponível em: <www.ebserh.gov.br/web/mejc-ufrn>. Acesso em: 08 de novembro de 2018.

ELIAS, G. A. **Metodologia para Desenvolvimento de Protocolos para Controle de Qualidade de Equipamentos Eletromédicos após Manutenção Corretiva.** 2002. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

EQUIPACARE. **Como priorizar a manutenção de equipamentos médicos pelo método criticidade**. Disponível em <http://equipacare.com.br/manutencao-de-equipamentos-criticidade/>. Acesso em: 14 de Junho de 2018.

FABRO, E. **Modelo para planejamento de manutenção baseado em Indicadores de criticidade de processo**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

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.

FILHO, J. S. C.; CALDAS, A. de J. M.; NETO, M. L. da C. **A importância da engenharia clínica nas instituições de saúde: experiência em um hospital público federal**. Brasil, 2015.

FUENTES, F. F. S. **Metodologia para inovação da gestão da manutenção industrial**. Tese de Doutorado. PPEM, Universidade Federal de Santa Catarina. 2006.

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.

HERPICH, C; FOGLIATTO, S. F. **Aplicação de FMECA para Definição de Estratégias de Manutenção em um Sistema de Controle e Instrumentação de Turbogeradores**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, 2013.

KARDEC, A. et al. **Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 160p

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 388p.

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.

LUCATELLI, M. V. **Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em Equipamentos Médico-Hospitalares**. Florianópolis, 2002. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

MACEDO, M. A. S. **Contribuição metodológica para a determinação da criticidade de equipamentos na gestão da manutenção.** 106 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.

MAEOKA, G. K. et al. Metodologia para Avaliação de Desfibriladores e Cardioversores. **XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica: Anais de trabalhos completos**, 2002. v. 2, p. 46–50.

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

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.

MARQUES, A. et al. **Os principais equipamentos utilizados nas empresas de beneficiamento de mármore e granito, suas funções e importância no processo**. In: XIII SIMPEP, Bauru, 2006.

MASMOUDI, M. et al. **Decision Support Procedure for Medical Equipment Maintenance Management**. Journal of Clinical Engineering, 2016. v. 41, n. 1, p. 19–29.

MEDEIROS, C. B. S. de. **A Engenharia Clínica e seus indicadores no Hospital Universitário Onofre Lopes**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

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, 86.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção**. Brasília – DF: Ministério da Saúde, 2002.

MIRSHAWKA, V; OLMEDO, N. L. **Manutenção – Combate aos custos da não eficácia – a vez do Brasil**. São Paulo: Editora MAKRON Books- MacGraw Hill, 1993.

MORAIS, V. C. **Metodologia de Priorização de Equipamentos Médico-hospitalares em Programas de Manutenção Preventiva**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

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.

PATTON, J. D. **Maintainability and Maintenance Management**. 2a Edição – Instrument Society of America, 1988. 446p.

PINTO, C. V. **Organização e Gestão da Manutenção**. MONITOR, 2002. 256p.

PIRES, C. et al. **Importância da Criticidade de Equipamentos na Gestão da Manutenção**. Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2018.

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.

RAMIREZ, E. F. F; CALDAS, E. C; SANTOS, P. R. **Manual Hospitalar de Manutenção Preventiva**. Editora da Universidade Estadual de Londrina - Londrina, 2002. 180p.

SANTOS, F. A. **Proposta de sistema para obtenção de indicador de apoio no processo de decisão de substituição de tecnologia médico-hospitalar**. 2009. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SETÚBAL, D. F. **SIMPRED: SISTEMA PARA AUXÍLIO NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM APARELHOS DE ANESTESIA**. 2017. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

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.

SIGMA. **Fluxos Básicos para Controle de Manutenção**. Disponível em: <http://www.centralsigma.com.br/arquivos/ebooks/Fluxos_Basicos_para_Controle_de_Manutencao.pdf>. Acesso em: 14 novembro de 2018.

SÔNEGO, F. S. **Estudo de métodos de avaliação de tecnologias em saúde aplicada a equipamentos eletromédicos**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SOUZA, D. B.; MILAGRE, S. T.; SOARES, A. B. Avaliação Econômica da Implantação de um Serviço de Engenharia Clínica em Hospital Público Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**. v. 28, p. 327-336, 2012.

SWANSON, L. **Linking maintenance strategies to performance**. International Journal of Production Economics, 2001. v. 70, n. 3, p. 237–244.

TAVARES, L. A. **Exelencia na manutenção – estratégias para otimização e Gerenciamento.** 2 Ed. Salvador, 1996. 160p.

TERRA, T. G. et al. **Uma Revisão dos Avanços da Engenharia Clínica no Brasil,** Disciplinarum Scientia. Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 47-61, 2014.

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

WHO, M. Device Technical Series. **Medical equipment maintenance programme overview**. [S.l.]: [s.n.], 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Medical equipment maintenance programme overview**. (WHO Medical device technical series). 2011.

WYREBSK, J. **Manutenção Produtiva Total. Um Modelo Adaptado**. 1997. 135 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** 2. ed. Falconi, 2014. 312 p.