



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
CURSO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

JOÃO BERNARDO DE ARAÚJO NETO

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS
EM UM HOSPITAL DE OFTALMOLOGIA**

Recife
2023

JOÃO BERNARDO DE ARAÚJO NETO

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS
EM UM HOSPITAL DE OFTALMOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Biomédico.

Orientadora: Prof.^a Marilú Gomes Netto Monte da Silva, D.Sc.

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Araújo Neto, João Bernardo de.

Avaliação do grau de criticidade de equipamentos médicos em um
hospital de oftalmologia / João Bernardo de
Araújo Neto. - Recife, 2023.

55

Orientador(a): Marilú Gomes Netto Monte da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Biomédica -
Bacharelado, 2023.

1. Classificação. 2. Criticidade. 3. Engenharia Clínica. 4. Oftalmológico. I.
Silva, Marilú Gomes Netto Monte da . (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

JOÃO BERNARDO DE ARAÚJO NETO

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS
EM UM HOSPITAL DE OFTALMOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Biomédico.

Aprovado em: 28/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Marilú Gomes Netto Monte da Silva
Orientadora e examinadora interna
Universidade Federal de Pernambuco

Me. Maria Karoline da Silva Andrade
Examinadora externa

*Dedico este trabalho à minha pequena cachorra Mila (in memoriam), por ter sido minha
inspiração, motivação, amparo e minha maior companheira.*

Agradecimentos

Agradeço profundamente aos meu pais, minha noiva e demais familiares, pela paciência e compreensão ao longo deste ciclo, e às demais pessoas que desempenharam papéis essenciais na realização deste trabalho e no meu desenvolvimento acadêmico.

Agradeço à minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Marilú Gomes, pelo seu constante apoio, orientação e dedicação ao longo deste processo. Sua sabedoria e expertise em engenharia clínica foram fundamentais para o sucesso deste trabalho, e sou imensamente grato por sua orientação.

Agradeço também às Engenheiras Rafaela Araújo e Karoline Andrade. Suas contribuições valiosas e ensinamentos em engenharia clínica ao longo do meu período de estágio foram essenciais para minha compreensão e vivência deste campo. Suas mentorias e conhecimentos, outrora compartilhados, foram inestimáveis para este projeto.

Agradeço ao Engenheiro Augusto César por compartilhar seus conhecimentos em tecnologias médicas para oftalmologia. Sua expertise foi uma fonte valiosa de informações que enriqueceram significativamente este trabalho.

Este trabalho não teria sido possível sem a contribuição e o apoio de todos vocês. Obrigado.

Resumo

A Engenharia Clínica é o ramo da Engenharia Biomédica responsável pela gestão de todo o ciclo de vida dos Equipamentos Médico Hospitalares (EMHs), partindo da incorporação e gerindo as rotinas de intervenções técnicas do equipamento, até o momento do desfazimento. Para assegurar uma gestão de alta qualidade que contribua para reduzir o tempo de inatividade dos EMHs, com foco na prevenção de falhas nos dispositivos que afetam significativamente o atendimento aos pacientes e a receita da instituição, é crucial estabelecer critérios de priorização. Esses critérios têm o propósito de organizar a realização de intervenções técnicas pela equipe de engenharia clínica. Dito isso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a criticidade dos EMHs em um Hospital de Oftalmologia e definir critérios de priorização no atendimento técnico. A metodologia empregada consistiu no levantamento de dados do inventário de equipamentos médicos cadastrados no Software de Gerenciamento da instituição e o cálculo do grau de criticidade de cada um deles foi realizado com base em critérios como Função, Risco Físico e Grau de Importância ABC. A partir do resultado observado, foi possível atualizar a base de dados do sistema e definir critérios de priorização com base na criticidade e no tempo médio de atendimento, além de definir rondas de avaliação periódica de EMHs críticos, a fim de prevenir paradas. Concluiu-se que o processo de avaliação de criticidade de EMHs é de suma importância para uma gestão e atendimento otimizado de EMHs em um hospital oftalmológico.

Palavras-chave: Classificação; Criticidade; Engenharia Clínica; Oftalmológico.

Abstract

Clinical Engineering is the branch of Biomedical Engineering responsible for managing the entire lifecycle of Medical and Hospital Equipment (MHE), starting from their acquisition and overseeing the routines of technical equipment interventions until their disposal. To ensure high-quality management that contributes to reducing MHE downtime, with a focus on preventing failures in devices that significantly impact patient care and the institution's revenue, it is crucial to establish prioritization criteria. These criteria aim to organize the scheduling of technical interventions by the clinical engineering team. Therefore, the present work aims to evaluate the criticality of MHE in an Ophthalmology Hospital and define prioritization criteria for technical support. The methodology employed involved collecting data from the inventory of medical equipment registered in the institution's Management Software, and the calculation of the degree of criticality for each of them was based on criteria such as Function, Physical Risk, and Importance Level (ABC). Based on the observed results, it was possible to update the system's database and establish prioritization criteria based on criticality and average response time, as well as define periodic assessment rounds for critical MHE to prevent downtime. It is concluded that the process of evaluating the criticality of MHE is of utmost importance for optimizing the management and support of MHE in an ophthalmological hospital.

Keywords: Classification; Criticality; Clinical Engineering; Ophthalmological.

Lista de Figuras

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Ciclo de vida das tecnologias em saúde..... | 19 |
| Figura 2. | Fluxograma para a atividade de manutenção corretiva | 20 |
| Figura 3. | Exemplo de lista de EMHs ativos no software de gestão | 28 |
| Figura 4. | Distribuição de tipos de EMHs no Centro de Diagnósticos..... | 34 |
| Figura 5. | Distribuição de tipos de EMHs no setor de Cardiologia | 34 |
| Figura 6. | Distribuição de tipos de EMHs no CME | 35 |
| Figura 7. | Distribuição de tipos de EMHs no setor de Farmácia | 35 |
| Figura 8. | Distribuição de tipos de EMHs no Centro cirúrgico..... | 36 |
| Figura 9. | Distribuição de tipos de EMHs no no Ambulatório Oftalmológico de Catarata..... | 36 |
| Figura 10. | Distribuição de tipos de EMHs no Ambulatório Oftalmológico de Retina 37 | |
| Figura 11. | Distribuição de tipos de EMHs no Ambulatório oftalmológico de Glaucoma 37 | |
| Figura 12. | Criticidade resultante de cada tipo de EMH..... | 47 |
| Figura 13. | Distribuição percentual de criticidades em cada setor | 48 |
| Figura 14. | Atualização de criticidade dos EMHs no software de gestão..... | 49 |

Lista de Tabelas

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 1. | Pontos por função..... | 25 |
| Tabela 2. | Pontos por tipo de risco | 26 |
| Tabela 3. | Pontuação por importância ABC..... | 27 |
| Tabela 4. | Faixas de classificação da criticidade | 27 |
| Tabela 5. | Agrupamento de equipamentos por tipo | 30 |
| Tabela 6. | Agrupamento de equipamentos por setor de origem..... | 33 |
| Tabela 7. | Criticidade resultante de cada tipo de equipamento | 39 |
| Tabela 8. | Tempo de atendimento por grau de criticidade..... | 50 |

Lista de Símbolos e Siglas

| | |
|---------|---|
| ABEClín | Associação Brasileira de Engenharia Clínica |
| ACCE | American College of Clinical Engineering |
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| CV | Ciclo de Vida |
| EAS | Estabelecimentos Assistenciais de Saúde |
| EC | Engenharia Clínica |
| EMH | Equipamento Médico Hospitalar |
| ES | Estabelecimento de Saúde |
| MC | Manutenção Corretiva |
| MP | Manutenção Preventiva |
| TMEF | Tempo Médio Entre Falhas |

Sumário

| | |
|--|-----------|
| Capítulo 1 Introdução | 13 |
| 1.1. Objetivos | 14 |
| 1.2. Estrutura do trabalho | 14 |
| Capítulo 2 Fundamentação teórica | 16 |
| 2.1. Engenharia Clínica | 16 |
| 2.2. Ciclo de vida de equipamentos médicos | 17 |
| 2.3. Intervenções técnicas | 19 |
| 2.3.1. Manutenção Corretiva | 20 |
| 2.3.2. Manutenção Preventiva | 21 |
| 2.4. Gestão de Equipamentos Oftalmológicos | 21 |
| 2.5. Grau de Criticidade | 22 |
| Capítulo 3 Metodologia | 24 |
| 3.1 Descrição do método | 24 |
| 3.2 Aquisição e organização dos dados | 27 |
| 3.3 Aplicação do método | 28 |
| Capítulo 4 Resultados | 30 |
| 4.1 Categorização de EMHs por tipo | 30 |
| 4.2 Quantificação de EMHs por setor (origem) | 33 |
| 4.3 Avaliação da criticidade | 38 |
| 4.4 Análise das distribuições de criticidade | 47 |
| 4.5 Priorização e Tempo de Atendimento | 49 |
| Capítulo 5 Conclusão | 51 |
| Referências | 52 |

Capítulo 1

Introdução

A engenharia tem como sua principal missão aplicar métodos científicos e empíricos em prol do benefício humano, buscando melhorias em diversas áreas da vida. No contexto da engenharia clínica, seu papel é aprimorar a gestão dos equipamentos médico-hospitalares (EMHs) em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), por meio de medidas preventivas e corretivas.

Nesses EAS, onde há uma grande variedade de setores e uma quantidade expressiva de equipamentos, é comum enfrentar alta demanda por intervenções técnicas corretivas, resultando em equipamentos temporariamente fora de uso durante as análises e ajustes. Em cenários onde o número de técnicos disponíveis não é o suficiente para atender todas as intervenções necessárias, torna-se essencial estabelecer uma política de priorização de atendimentos. Isso visa determinar quais equipamentos e setores devem ser atendidos prioritariamente, evitando que manutenções menos urgentes ocupem o tempo da equipe técnica em detrimento de chamados mais críticos e iminentes.

Para efetuar essa priorização de atendimentos, é necessário definir a criticidade dos equipamentos, avaliando a importância relativa de cada dispositivo no EAS. Assim, torna-se fundamental estabelecer um protocolo de priorização, com critérios claros para atribuir níveis de criticidade a cada equipamento gerido pela engenharia clínica (ISGH, 2020), o que atualmente não é realizado na instituição de saúde oftalmológica em análise neste trabalho.

No contexto de um hospital oftalmológico, a utilização de um método para calcular o grau de criticidade dos equipamentos médicos revela-se de extrema importância, especialmente considerando as especificidades dos equipamentos utilizados nessa área especializada. Essa abordagem proporcionará uma gestão mais eficiente do fluxo de atendimentos para manutenções corretivas e preventivas, resultando em uma significativa redução do tempo em que os equipamentos permanecem inativos no EAS. Com isso, a instituição estará mais bem preparada para oferecer um atendimento oftalmológico de excelência aos pacientes, garantindo a disponibilidade e o funcionamento adequado dos equipamentos médicos

essenciais para os procedimentos diagnósticos e terapêuticos. Além disso, a implementação desse método permitirá que a equipe da engenharia clínica concentre seus esforços nos equipamentos mais críticos, otimizando os recursos disponíveis e promovendo um ambiente de cuidados com maior eficácia e segurança para os pacientes.

1.1. Objetivos

O presente trabalho objetiva conduzir uma avaliação da criticidade do conjunto de dispositivos médicos que compõem o parque tecnológico de um hospital oftalmológico em Pernambuco. No intuito de complementar as informações de criticidade no *software* de gerenciamento utilizado no setor de engenharia clínica, além de contribuir durante a tomada de decisão de quais EMHs devem receber prioridade no atendimento de manutenção corretiva.

Os objetivos específicos do projeto são:

- Levantar a base de dados de equipamentos médicos cadastrados no estabelecimento assistencial de saúde estudado;
- Organizar a base em diferentes tipos de equipamentos;
- Definir os critérios para o cálculo da criticidade e os respectivos pesos com base na metodologia adotada;
- Calcular a criticidade para os diferentes tipos de dispositivos;
- Executar a classificação dos dispositivos médicos com a aplicação do método;
- Definir a priorização da execução de manutenções corretivas de acordo com a criticidade determinada.

1.2. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. Neste Capítulo 1, é apresentada uma introdução ao trabalho, onde são expostas as motivações do trabalho e seus objetivos.

O Capítulo 2 traz a fundamentação teórica, onde é realizada a revisão de outras pesquisas e discussões de trabalhos realizados na mesma área deste.

O Capítulo 3 por sua vez, apresenta a metodologia escolhida para realização da aquisição e análise dos dados que constituem o objeto de estudo.

No Capítulo 4, são apresentados os resultados da aplicação do método, além de sua discussão. Por fim, no Capítulo 5, são expostas as conclusões obtidas com a realização deste trabalho.

Capítulo 2

Fundamentação teórica

2.1. Engenharia Clínica

A engenharia clínica (EC), enquanto ramo da engenharia biomédica, destina-se a ser aplicada em ambientes clínicos e hospitalares, onde se concentram as mais diversas tecnologias biomédicas. Com o surgimento datado do século XX, esta área da engenharia teve seu início nos Estados Unidos da América, em meados de 1960, em um período marcado por um grande desenvolvimento tecnológico de equipamentos, de exames, de monitoramento e processos cirúrgicos, fazendo surgir a necessidade da formação profissionais qualificados para prestação de suporte técnico para essa nova gama de aparelhos (VIEIRA, 2023).

No Brasil, a necessidade da implantação da engenharia clínica teve seus principais indícios entre 1980 e 1990, uma vez que na década de 80 foram evidenciados diversos problemas devido à falta de políticas claras de administração e gerenciamento de equipamentos médicos, especialmente para aqueles que tinham tecnologias mais avançadas à época (BRONZINO, 2004). Neste período, em respostas às dificuldades encontradas, as autoridades brasileiras deram início aos estudos dos problemas de planejamento e administração dos equipamentos médicos observados, através de participações em reuniões internacionais e da troca de informações e cooperação com outros países (TERRA et al., 2014). Um outro evento importante para a introdução da engenharia clínica no Brasil aconteceu no ano de 1991, onde seis engenheiros brasileiros participaram da primeira oficina de engenharia clínica, em Washington, EUA. Nesse mesmo ano foi fundada no país a Faculdade de Tecnologia da Saúde, formando os primeiros profissionais chamados de “Técnicos de saúde”, através de um curso de 3 anos de duração. Conseqüentemente, a partir de 1993, a área de engenharia clínica entrou em fase de crescimento no mercado de trabalho brasileiro (BRONZINO, 2004).

Mais um pilar para a firmação da engenharia clínica no Brasil surgiu com a consolidação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em 1999, e a sua mobilização para a elaboração de programas extensivos voltados ao desenvolvimento de profissionais especializados em vigilância sanitária direcionada para os equipamentos eletromédicos (VIEIRA, 2023).

A consolidação da engenharia clínica como profissão e o processo de qualificação de profissionais na área ganhou ainda mais força no ano de 2003, com a criação da Associação Brasileira de Engenharia Clínica (ABEClín), em São Paulo, sendo ela a responsável por promover debates, cursos, congressos e reuniões no âmbito da EC (CORREIA, 2018).

Bronzino (2014) destaca que é correto afirmar que os engenheiros clínicos atuam em ambientes com diversos profissionais da área de saúde, proporcionando mudanças e melhorias em estabelecimentos de saúde, e assim atuando como um profissional interdisciplinar. Atualmente, o engenheiro clínico é tido como o responsável por empregar a inteligência para inicialmente planejar e organizar o setor e, em seguida, realizar a execução das devidas manutenções e soluções (ANTUNES, 2002).

2.2. Ciclo de vida de equipamentos médicos

Como bem definido pelo American College of Clinical Engineering (ACCE), o engenheiro clínico é o “Profissional que apoia e promove cuidado de pacientes, aplicando habilidades de engenharia e gestão à tecnologia na saúde”. Esse profissional atua como responsável pela gestão do parque de equipamentos médico-hospitalares (EMH) dentro dos Estabelecimentos de Saúde (ES) durante todo o ciclo de vida dessas tecnologias biomédicas, o qual se subdivide nos processos de: aquisição, recebimento, testes de aceitação, treinamento, manutenção e alienação (ANTUNES, 2002).

O conhecimento do ciclo de vida das tecnologias médicas de uma instituição é um ponto importante no momento do planejamento da gestão de recursos destinados ao EMH durante sua implantação e utilização. Uma representação gráfica do ciclo de vida de um equipamento médico é representada na Figura 1.

Um dos papéis do engenheiro clínico é observar as inovações tecnológicas a fim de sugerir mudanças nos procedimentos e no equipamento médico-hospitalar,

com o objetivo de levar o melhor atendimento, uma maior agilidade e precisão, além de mais segurança na instituição de saúde (BAJUR, 2023). Nesse contexto, a inovação é tida como a primeira fase do ciclo de vida de um EMH, onde são desenvolvidas novas tecnologias e realizadas avaliações voltadas à sua eficácia e segurança, além do custo-benefício, como uma Tecnologia em Saúde (TS).

A fase seguinte do ciclo, na Difusão inicial, o equipamento entra em fase de aceitação, onde são realizadas as avaliações da efetividade, os impactos econômicos e sociais, e se apresentam os cálculos de custo-efetividade (SÔNIGO, 2007). Vale salientar que o custo-efetividade é uma política que busca retratar uma proporção de custos em termos monetários com os impactos e benefícios gerados para a sociedade.

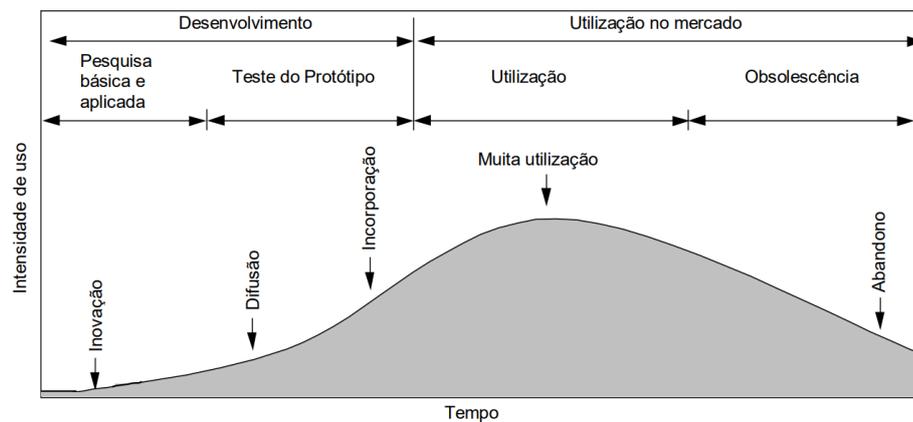
Na terceira fase, definida como incorporação, é onde acontece o reconhecimento da tecnologia médica, por parte do setor, e a execução das atividades que devem estar pré-definidas dentro da rotina de aquisição do EAS, sendo elas os estudos de mercado que considerem, ao menos: a necessidade que dá origem ao processo para se incorporar o equipamento, o perfil do Estabelecimento Assistencial de Saúde, a demanda por serviços que justifique a aquisição desejada, a produção necessária para atendê-la e o estudo da oferta de serviços já disponíveis (EBSERH, 2020). Vale ressaltar que o grau de criticidade da Tecnologia em Saúde pode ser definido já no momento de incorporação da mesma.

A fase de utilização, considerada a quarta etapa do ciclo de vida dos EMHs, é onde os equipamentos já incorporados à instituição passam a ser utilizados em larga escala sendo aplicados às finalidades e modo de uso aprovados pela ANVISA e definidos pelo fabricante. Durante o uso, vários são os aspectos a serem considerados e dentre eles deve-se mencionar os seguintes parâmetros: rastreabilidade, treinamento operacional, segregação de equipamentos inseguros, proteção radiológica e procedimentos escritos (EBSERH, 2020). É nesse estágio do CV que acontecem as intervenções técnicas (manutenção preditiva, manutenção corretiva, manutenção preventiva, testes de segurança elétrica, inspeção, ensaios clínicos e calibração), atividade que confere uma maior duração do período de utilizada, i.e., um maior tempo de vida útil.

O fim do ciclo de vida do equipamento médico-hospitalar é marcado pela fase de abandono, ou obsolescência, que pode acontecer por uma série de motivos, estando entre eles, o fim da vida útil do EMH, a deterioração em razão do tempo de

uso ou o fim da sua utilidade para o EAS (BAJUR, 2023). O processo de inativação da TS é definido pelo engenheiro clínico, com a emissão de um parecer técnico de obsolescência, após a percepção do enquadramento do equipamento dentro dos critérios de inativação já citados, ou ainda quando aplicável os seguintes critérios de validação do descarte de um EMH: avaliação de obsolescência tecnológica (tecnologia ultrapassada), alto custo de manutenção (relação custo x efetividade), descontinuidade pelo fabricante (EBSERH, 2020).

Figura 1. Ciclo de vida das tecnologias em saúde



Fonte: (SÔNIGO, 2007)

2.3. Intervenções técnicas

A intervenção técnica se conceitua como o “ato de intervir tecnicamente sobre um equipamento com o intuito de verificação, análise ou manutenção visando a manutenção de suas características funcionais.” (EBSERH, 2020). É importante que o EAS mantenha uma equipe técnica com os conhecimentos específicos necessários para a execução de manutenção e correção das características ligadas à identidade, integridade, qualidade, segurança e desempenho dos Equipamentos Médico-Hospitalares (EBSERH, 2020).

Dentre as intervenções técnicas executadas no EAS em estudo, as Manutenções Corretivas (MC) e Manutenções Preventivas (MP) são as mais frequentes e que, portanto, ocupam o maior volume de ordens de serviços (OS) do setor de engenharia clínica.

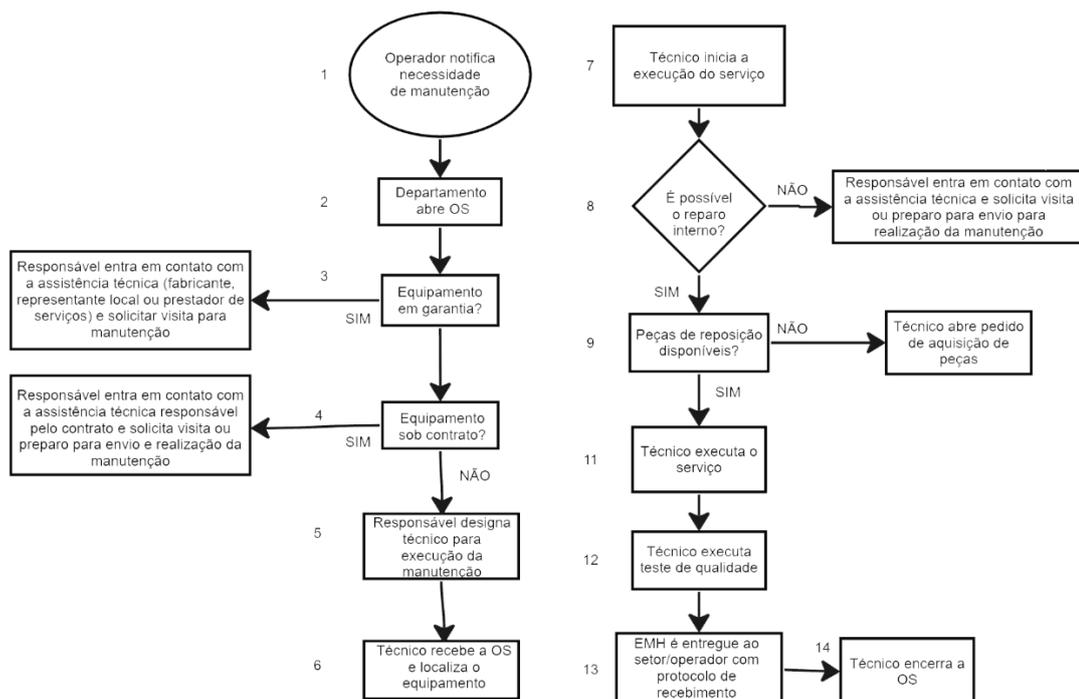
2.3.1. Manutenção Corretiva

A Manutenção Corretiva pode ser definida como “o processo de ações realizadas com o objetivo de corrigir uma falha ocorrida na utilização do equipamento ou do seu sistema, nas condições especificadas de funcionamento” (ISGH, 2022). No atendimento dos chamados de MC recebidos pelo setor de engenharia clínica, deve-se considerar a priorização de equipamentos com maior grau de criticidade.

Vale reiterar que as intervenções do tipo corretiva devem ser sempre consideradas como urgentes, uma vez que, por não ser planejada, ela pode interromper um tratamento ou diagnóstico, trazendo prejuízos à instituição, como a perda de produção, a perda do comprometimento do tratamento aplicado ao paciente ou ainda a perda do cliente (AZEVEDO, 2011).

Todas as etapas do processo de uma MC em um EMH podem ser definidas através de um fluxograma, como exposto na Figura 2, onde são demonstradas cada uma das atividades dentro desse fluxo, sendo a etapa inicial de responsabilidade do operador do equipamento, que deve realizar a abertura do chamado para o setor de EC, e se desenvolvendo até o encerramento da Ordem de Serviço (OS) correspondente, por parte do técnico responsável.

Figura 2. Fluxograma para a atividade de manutenção corretiva



Fonte: Adaptado de (CALIL, 1998)

2.3.2. Manutenção Preventiva

A Manutenção Preventiva (MP) por sua vez é uma manutenção geral no EMH que envolve a limpeza, verificação geral de seus acessórios, verificação dos parâmetros de funcionamento e realização de ajustes, se necessário (ISGH, 2022).

Este tipo de intervenção técnica contribui para a diminuição do tempo de inatividade do equipamento relacionado às falhas e, por consequência, leva a redução dos custos operacionais o que aumenta a produtividade do equipamento. Além disso, a rotina de manutenção preventiva possibilita que a equipe técnica do setor de engenharia clínica possa agir de maneira prévia na execução de ajustes, ao invés de ações reativas, como acontece nas intervenções do tipo corretiva (AZEVEDO, 2011).

Diferente das manutenções corretivas, a MP possui periodicidade de execução, que pode variar conforme diversos parâmetros, como: o tipo de EMH e as suas condições de operação; a facilidade de realizar a MP no equipamento, ou seja, equipamentos com manutenções mais complexa exigem mais tempo; ou ainda a frequência de utilização do equipamento (equipamentos bastante utilizados vão necessitar de mais atenção, ou seja, uma MP mais frequente) (CALIL, 1998).

2.4. Gestão de Equipamentos Oftalmológicos

Os equipamentos médicos oftalmológicos, que têm apresentado constantes evoluções tecnológicas, são efetivamente destinados à realização de diagnósticos de patologias oftalmológicas de maneira mais precisa, à execução de exames de fundo de olho e pressão intraocular, à realização de refrações minuciosas para o paciente e ao desenvolvimento microcirúrgico (SANTOS, 2016).

Sendo a engenharia clínica um dos principais meios que propicia um atendimento de maior qualidade, graças ao seu potencial de gerenciamento do parque de equipamentos médicos, no âmbito da oftalmologia a presença da EC é igualmente necessária na execução da gestão desses dispositivos. Como ferramenta no gerenciamento de equipamentos oftalmológicos, Santos (2016) cita em seu trabalho uma divisão dessas tecnologias através das seguintes categorias: tecnologia básica, tecnologia avançada e tecnologia de ponta.

A tecnologia básica agrupa os seguintes equipamentos oftalmológicos: auto refrator (mede o erro refrativo do olho), refrator (Refrator de Greens), oftalmoscópio

direto (fundoscopia), oftalmoscópio indireto (binocular), projetor automático de optotipos (tela de acuidade visual), lensômetro (medição da dioptria de lentes oculares), lâmpada de fenda (avaliação anterior e posterior do olho por meio de uma fenda de luz), tonômetro de sopro (medição da pressão intraocular com aplicação de jato de ar), tonômetro de aplanção (medição da pressão intraocular por achatamento da córnea), retinoscópio (avaliar a refração do olho), cadeira oftalmológica (acomoda os pacientes) e coluna oftalmológica (suporte articulado para posicionamento correto do refrator de Greens e lâmpada de fenda).

Já a tecnologia avançada é composta por: retinógrafo (fotografia de retina, nervo ótico e fundo de olho), campímetro (medição da visão periférica), ecógrafo A e B (avaliação de fundo de olho quando existe opacidade), paquímetro (medição da espessura de córnea), topógrafo de córnea (analisa relevos e curvatura da córnea), microscópio especular (análise da densidade e qualidade do endotélio corneano), YAG Laser (limpeza de lente intraocular após implantada cirurgicamente) e laser oftalmológico (tratamento de glaucoma, retinopatia diabética e correções refrativas). Por sua vez, dentro da tecnologia de ponta se classificam os seguintes equipamentos: eletrorretinografia (avaliação da resposta da retina aos estímulos luminosos), terapia fotodinâmica (tratamento de vasos anormais em fundo de olho), biomicroscopia ultrassônica (exame de estrutura anterior do globo ocular) e tomografia por coerência ótica (visualização e análise de estruturas oculares).

2.5. Grau de Criticidade

O atendimento de EMHs por parte da equipe técnica de engenharia clínica (EC) pode ser otimizado através da definição dos critérios de priorização de equipamentos. Essa prioridade atribuída aos EMHs, por sua vez, é diretamente dependente do nível de criticidade definida para o aparelho eletromédico em questão. Para isso, se faz necessário que a EC implemente protocolos de priorização, indicando a criticidade de cada uma das tecnologias médicas sob responsabilidade da equipe, sendo essas normativas baseadas na portaria Nº 2043 de 12/12/94 – MS (ISGH, 2020).

Há diversos parâmetros importantes a serem considerados durante a classificação da criticidade de um equipamento, e entre eles estão: função do equipamento, disponibilidade de reserva no hospital, local ou serviço onde é

utilizado, possibilidade de reparo em um determinado espaço de tempo, facilidade de peças de reposição e manutenção corretiva na localidade (ISGH, 2020).

É possível encontrar na literatura uma certa variedade de metodologias para classificação do grau de criticidade de dispositivos médicos, o que fornece aos setores de EC interessados na implementação desse protocolo uma gama de possibilidades.

A metodologia definida por Fabro (2003) utiliza uma técnica de Avaliação Numérica de Relações Funcionais de Mudge e aplica os seguintes critérios: risco ambiental, risco de acidente, índice de falhas, tempo entre reparos, custo de manutenção, gargalo e sistema informatizado (CORREIA, 2018).

Uma segunda metodologia relevante é a apresentada pela Equipacare (2023), na qual são considerados critérios como: Função, Risco físico e Grau de importância. A partir desses parâmetros e do método, é possível definir uma classificação de criticidade adaptável a realidade de cada estabelecimento assistencial de saúde. Vale ressaltar que tal protocolo de classificação foi embasado pela RDC nº 185, de 22 de outubro de 2001 (ANVISA, 2001).

Um protocolo de classificação muito citado em literaturas que trabalham a classificação do grau de criticidade de EMHs é o método ABC com a priorização de máquinas e equipamentos, que consiste na utilização de um fluxograma para a decisão do nível de criticidade, tendo por base os seguintes critérios: segurança e meio ambiente, qualidade do produto, condição de operação, condições de entrega, índice de parada, confiabilidade e manutenibilidade (CYRINO, 2016).

Capítulo 3

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido em um EAS especializado na área de oftalmologia. No intuito de avaliar a criticidade dos equipamentos médicos da instituição, tanto os especializados em oftalmologia quanto os equipamentos de gerais e de monitoramento que complementam o atendimento aos pacientes de oftalmologia, foi selecionada a metodologia de classificação utilizada pela Equipacare.

3.1 Descrição do método

A metodologia apresentada pela Equipacare (2015), se mostra mais vantajosa, em relação aos demais métodos citados neste trabalho, tendo em vista que o método foi desenvolvido objetivando flexibilizar a classificação de modo que atenda às especificidades de diferentes tipos de instituições (EQUIPACARE, 2015).

Esse método utiliza uma pontuação para classificar o grau de criticidade de cada tipo de equipamento, o que significa que é um sistema de classificação tanto quantitativo quanto qualitativo. Para isso, são utilizados três parâmetros para classificar os dispositivos médicos, sendo eles a Função, Risco Físico e o Grau de importância ABC.

A classificação do equipamento quanto a Função é composta por cinco itens de classificação, sendo eles definidos da seguinte maneira:

- Suporte à vida: aqueles equipamentos utilizados para sustentação do paciente em vida, após falha ou insuficiência de um ou mais órgãos vitais;
- Terapia: são equipamentos direcionados para tratamentos de patologias, incluindo também os procedimentos de substituição ou modificação da anatomia ou de processos fisiológicos do organismo humano. Em geral, são definidos como equipamentos de terapia aqueles EMHs que aplicam alguma forma de energia em pacientes;

- Diagnóstico: equipamentos utilizados para aquisição de informações fisiológicas ou anatômicas do organismo humano, visando auxiliar nos procedimentos clínicos;
- Análise: aparelhos utilizados no âmbito laboratorial e correlatos ou dispositivos de informática médica;
- Equipamento de apoio: equipamentos dedicados a dar suporte em procedimentos de saúde (diagnósticos, cirúrgicos e/ou terapêuticos).

Cada um dos itens associados a Função do equipamento possui uma pontuação, que podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1. Pontos por função

| Função | Pontos |
|----------------------|--------|
| Suporte à vida | 10 |
| Terapia | 8 |
| Diagnóstico | 6 |
| Análise | 4 |
| Equipamento de apoio | 2 |

Fonte: Adaptado de (Equipacare, 2015)

Em relação a classificação quanto ao Risco Físico, há três itens que a constituem, sendo eles o risco de morte, injúria, e terapia ou diagnóstico falho. A definição de quais equipamentos se encaixam em cada item são embasadas nas seguintes descrições:

- Morte: a falha do equipamento pode ocasionar a morte do paciente;
- Injúria: um erro no equipamento pode causar dano permanente ao paciente ou operador do EMH;
- Terapia ou Diagnóstico falho: A falha do equipamento pode induzir a diagnósticos errôneos ou a terapias impróprias.

A pontuação associada a cada um dos itens é exposta na Tabela 2.

Tabela 2. Pontos por tipo de risco

| Risco | Pontuação |
|--------------------------------|-----------|
| Morte | 7 |
| Injúria | 5 |
| Terapia ou diagnósticos falhos | 3 |
| Sem risco | 1 |

Fonte: Adaptado de (Equipacare, 2015)

O terceiro e último critério de classificação é o Grau de importância ABC, uma metodologia que ajuda a destacar dispositivos médicos que possuem maior grau de importância para o EAS, mesmo que estejam em poucas quantidades. Neste método, há três diferentes itens de classificação, sendo eles os graus A, B e C, cujas definições são:

- Grau A: grupo de equipamentos em que a parada do EMH ocasiona problemas diretos no funcionamento da instituição ou na perda de receita. Se encaixam nesse nível os equipamentos de maior valor de aquisição e a sua substituição em um curto espaço de tempo é dada como impossível, por ser o único exemplar no EAS ou por ser equipamento fixo;
- Grau B: onde se enquadram os EMHs que geram impactos no suporte ao paciente, e podendo levar a interrupção do funcionamento de leitos e levando a cancelamentos de cirurgias. Em geral são equipamentos com um custo de aquisição intermediário e que a instituição possui mais de um exemplar;
- Grau C: faixa em que se enquadram os equipamentos cuja falta não causam paradas no atendimento fornecido pela instituição. Esses equipamentos são facilmente substituíveis em um curto espaço de tempo, tanto pelo baixo custo quanto por haver inúmeros EMHs de mesmo tipo no EAS.

A pontuação definida para cada um dos itens da classificação ABC é demonstrada na Tabela 3.

Tabela 3. Pontuação por importância ABC

| Importância ABC | Pontuação |
|-----------------|-----------|
| Grau A | 10 |
| Grau B | 5 |
| Grau C | 1 |

Fonte: Adaptado de (Equipacare, 2015)

Após a classificação de cada um dos equipamentos em todos os três critérios, os valores são aplicados na Equação 1 e, assim, é definida a criticidade (C), baseada no somatório dos pontos referentes a cada parâmetro de classificação, Função (F), Risco Físico (RF) e Grau de importância ABC (ABC).

$$C = F + RF + ABC \quad (1)$$

Considerando o somatório da Equação 1, nota-se que o menor valor possível é igual a 4, enquanto o maior valor possível é igual a 27, possibilitando assim a definição de uma faixa de criticidade, conforme é exposto na Tabela 4.

Tabela 4. Faixas de classificação da criticidade

| Criticidade | Faixa de pontuação |
|-------------------|--------------------|
| Baixa Criticidade | 4 a 11 |
| Média Criticidade | 12 a 18 |
| Alta Criticidade | 19 a 27 |

Fonte: Adaptado de (Equipacare, 2015).

3.2 Aquisição e organização dos dados

A equipe de engenharia clínica do estabelecimento assistencial de saúde em análise utiliza um sistema informatizado para a gestão do parque tecnológico médico.

A relação de equipamentos médicos, inclusive os oftalmológicos, foi obtida diretamente do *software*, cujo último inventário foi realizado entre dezembro de 2022 e janeiro de 2023 e passou por atualizações após inspeções técnicas realizadas em abril de 2023.

Na Figura 3 é demonstrado que o *software* de gestão fornece o inventário dos EMHs nele cadastrado. Por meio do *software* é possível obter a relação de tipos de equipamentos, marcas e modelos, além dos setores em que se encontram e das quantidades de cada EMH.

Figura 3. Exemplo de lista de EMHs ativos no software de gestão

| Equipamento/Setor |
|--|
| BIÔMETRO IOL MASTER 500 (CARL ZEISS) CENTRO DE DIAGNÓSTICO - TÉRREO |
| CADEIRA OTORRINO-OFTALMOLÓGICA SEM MODELO (SEM FABRICANTE) CENTRO DE DIAGNÓSTICO - TÉRREO |
| CADEIRA OTORRINO-OFTALMOLÓGICA SEM MODELO (SEM FABRICANTE) CENTRO DE DIAGNÓSTICO - TÉRREO |
| CÂMERA DIGITAL FOTO-CIENTÍFICA DC-3 (TOPCON) CENTRO DE DIAGNÓSTICO - TÉRREO |
| CAMPÍMETRO HFA 7451 (CARL ZEISS) CENTRO DE DIAGNÓSTICO - TÉRREO |
| CAMPÍMETRO 710 SERIES (CARL ZEISS) CENTRO DE DIAGNÓSTICO - TÉRREO |
| CAMPÍMETRO HFA3 850 (CARL ZEISS) CENTRO DE DIAGNÓSTICO - TÉRREO |
| CAMPÍMETRO HFA3 850 (CARL ZEISS) CENTRO DE DIAGNÓSTICO - TÉRREO |
| CAMPÍMETRO HFA 7451 (CARL ZEISS) CENTRO DE DIAGNÓSTICO - TÉRREO |
| LÂMPADA DE FENDA SL7DS (SLIT LAMP MICROSCOPE) CENTRO DE DIAGNÓSTICO - TÉRREO |

Fonte: Do autor.

Desta forma, foi realizada, a partir do acesso ao *software*, a aquisição de dados dos equipamentos presentes em cada um dos setores ativos na sede do EAS, tanto dos oftalmológicos quanto daqueles que prestam suporte à vida e complementam a avaliação da aptidão de pacientes para procedimentos cirúrgicos. Totalizando uma quantidade de 411 equipamentos médicos, classificados em 57 tipos de equipamentos, não sendo feita a distinção quanto a marcas e modelos.

3.3 Aplicação do método

Uma vez realizado o levantamento das informações do parque de equipamentos, a continuidade do trabalho se dá com a aplicação da metodologia adotada para a avaliação do grau de criticidade de cada tipo de EMH. Foram considerados tanto os oftalmológicos quanto àqueles de suporte a vida e monitoramento, que são essenciais em quaisquer hospitais gerais ou especializados.

A definição da criticidade de cada tipo de equipamento se deu por meio da análise da função, risco físico e grau de importância ABC de cada um dos equipamentos para a instituição, proporcionando o tabelamento das pontuações atribuídas aos critérios de classificação.

Assim, cada um dos dispositivos ativos no EAS pôde ter sua criticidade definida juntamente à equipe de engenharia clínica local, por meio da aplicação das pontuações levantadas, na Equação 1.

Com a criticidade definida para cada EMH, o *software* de gestão utilizado, que contém a funcionalidade para preenchimento da criticidade de cada equipamento, foi atualizado com o grau de prioridade definida neste estudo.

Capítulo 4

Resultados

Neste capítulo são exibidos os resultados obtidos após cada etapa do estudo: coleta de dados (lista de EMHs ativos) com categorização por tipo, e suas respectivas quantidades no EAS; quantificação de dispositivos por origem (setor); classificação do grau de criticidade de cada um desses tipos de dispositivos; análise das criticidades; e definição de tempo de atendimento para priorização no atendimento.

4.1 Categorização de EMHs por tipo

Após a coleta da lista de EMHs ativos na instituição de estudo, esses dispositivos foram categorizados e quantificados, conforme pode ser visto na Tabela 5. A nomenclatura utilizada foi baseada na denominação pré-estabelecida na instituição.

Tabela 5. Agrupamento de equipamentos por tipo
(continua)

| TIPO DE EMH | QUANTIDADE |
|--------------------------------|------------|
| ABERRÔMETRO | 1 |
| APARELHO DE ANESTESIA | 4 |
| ASPIRADOR CIRÚRGICO | 3 |
| AUTOCLAVE DE BANCADA/CASSETE | 7 |
| AUTOCLAVE HORIZONTAL | 2 |
| AUTO REFRATOR | 6 |
| BIÔMETRO | 8 |
| BISTURI ELÉTRICO | 5 |
| BOMBA DE INFUSÃO DE SERINGA | 1 |
| CADEIRA ODONTOLÓGICA | 2 |
| CADEIRA OTORRINO-OFTALMOLÓGICA | 31 |
| CAMA HOSPITALAR ELÉTRICA | 1 |

Tabela 5. Agrupamento de equipamentos por tipo

(continua)

| TIPO DE EMH | QUANTIDADE |
|--|------------|
| CÂMARA DE CONSERVAÇÃO DE VACINAS / IMUNOHEMATO | 1 |
| CAMPÍMETRO | 5 |
| CARDIOVERSOR | 1 |
| COLUNA OFTALMOLÓGICA | 27 |
| CRIOCAUTÉRIO | 1 |
| DEFIBRILADOR EXTERNO AUTOMÁTICO (DEA) | 1 |
| DESUMIDIFICADOR DE AMBIENTE | 2 |
| ECOCARDIÓGRAFO | 2 |
| ELETROCARDIÓGRAFO | 2 |
| ESFIGMOMANÔMETRO | 5 |
| ESTATIVA PARA ANESTESIA | 5 |
| ESTERILIZADORA A PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO | 1 |
| ESTETOSCÓPIO | 3 |
| FACOEMULSIFICADOR | 8 |
| FOCO CIRÚRGICO MÓVEL | 2 |
| INCUBADORA BIOLÓGICA | 2 |
| LÂMPADA DE FENDA | 34 |
| LASER CIRÚRGICO | 1 |
| LASER OFTALMOLÓGICO | 4 |
| LAVADORA ULTRASSÔNICA | 1 |
| LENSÔMETRO | 3 |
| MACA CIRÚRGICA | 23 |
| MEDIDOR DO POTENCIAL DE ACUIDADE VISUAL (PAM) | 4 |
| MESA ELEVATÓRIA | 32 |
| MICROSCÓPIO CIRÚRGICO | 12 |

Tabela 5. Agrupamento de equipamentos por tipo
(conclusão)

| TIPO DE EMH | QUANTIDADE |
|---|------------|
| MICROSCÓPIO ESPECULAR | 2 |
| MONITOR MULTIPARAMÉTRICO | 25 |
| OFTALMOSCÓPIO BINOCULAR INDIRETO | 18 |
| PAQUÍMETRO | 1 |
| PAQUÍMETRO ULTRASSÔNICO | 1 |
| REFRATÔMETRO | 2 |
| REFRATOR DE GREENS | 22 |
| REFRIGERADOR VITRINE VERTICAL | 1 |
| RETINOGRAFO | 9 |
| RETINOSCÓPIO | 5 |
| SELADORA | 2 |
| SISTEMA DE VISUALIZAÇÃO 3D | 3 |
| SISTEMA DE VITRECTOMIA | 4 |
| SISTEMA OFTALMOLÓGICO DE FOTOTERAPIA ULTRAVIOLETA | 2 |
| TELA DE ACUIDADE VISUAL | 22 |
| TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA | 2 |
| TONÔMETRO COMPUTADORIZADO | 2 |
| TONÔMETRO DE APLANAÇÃO | 27 |
| TOPÓGRAFO DE CÓRNEA | 4 |
| ULTRASSOM OFTALMOLÓGICO | 5 |

Fonte: Do autor.

Como resultado, foram observados 57 tipos de EMHs, totalizando 411 dispositivos a serem classificados quanto ao seu grau de criticidade no EAS.

Nota-se também que entre as descrições dos tipos de equipamentos, aparecem por vezes EMHs de mesmo tipo nomeados de maneira diferente, o que pode fazer o agrupamento parecer bastante generalizado, mas é, na verdade, funcional para o hospital em estudo, frente ao fato de que essas são as exatas descrições utilizadas no EAS e já usuais há tempos na rotina da equipe de Engenharia Clínica local.

4.2 Quantificação de EMHs por setor (origem)

No intuito de observar a concentração das criticidades setorialmente, foi realizado o levantamento da quantidade de equipamentos médicos do EAS por origem (setor), conforme exposto na Tabela 6.

Tabela 6. Agrupamento de equipamentos por setor de origem

| ORIGEM | QUANTIDADE |
|---------------------------------------|------------|
| CENTRO DE DIAGNÓSTICOS | 43 |
| CENTRO CIRÚRGICO | 118 |
| CME | 15 |
| FARMÁCIA | 2 |
| CARDIOLOGIA | 7 |
| AMBULATÓRIO OFTALMOLÓGICO DE RETINA | 67 |
| AMBULATÓRIO OFTALMOLÓGICO DE GLAUCOMA | 37 |
| AMBULATÓRIO OFTALMOLÓGICO DE CATARATA | 122 |

Fonte: Do autor.

É fácil observar que, entre os 8 setores definidos, o Ambulatório Oftalmológico de Catarata e o Centro Cirúrgico se destacam com as maiores quantidades de equipamentos, possuindo um quantitativo de 122 e 118, respectivamente.

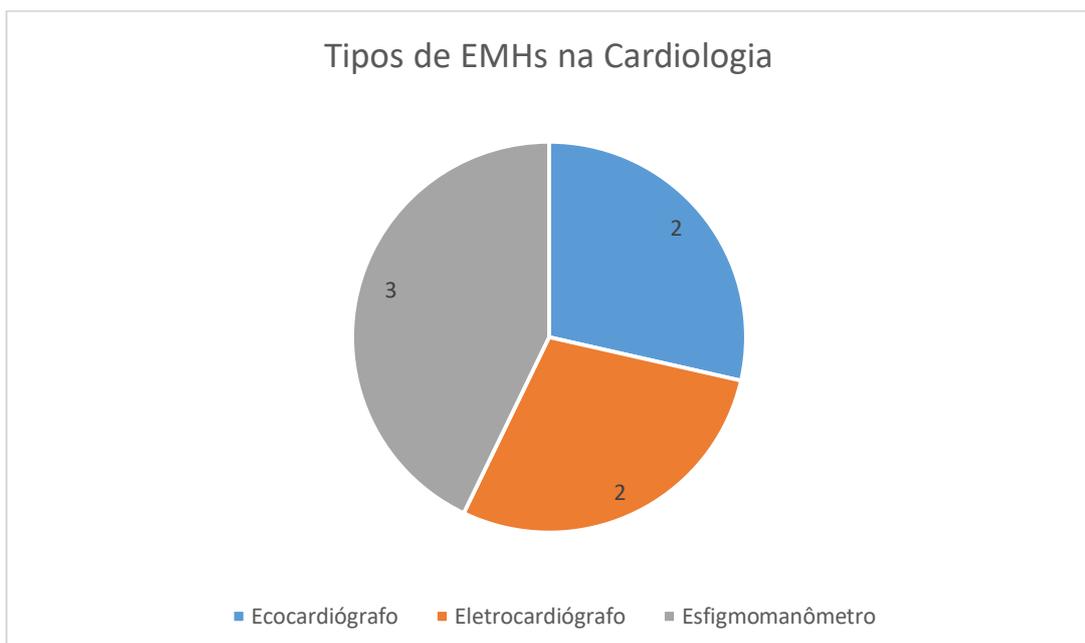
As Figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 mostram a distribuição dos tipos de EMHs da Tabela 5 em cada um dos 8 locais de origem dos equipamentos.

Figura 4. Distribuição de tipos de EMHs no Centro de Diagnósticos



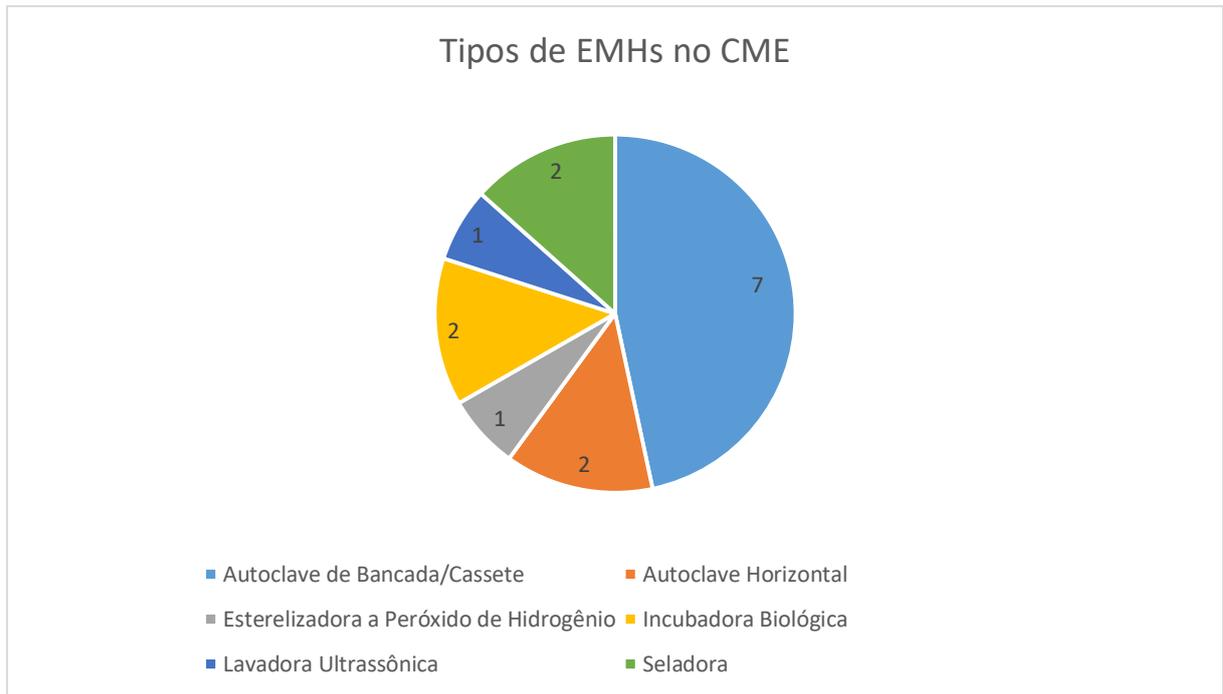
Fonte: Do autor.

Figura 5. Distribuição de tipos de EMHs no setor de Cardiologia



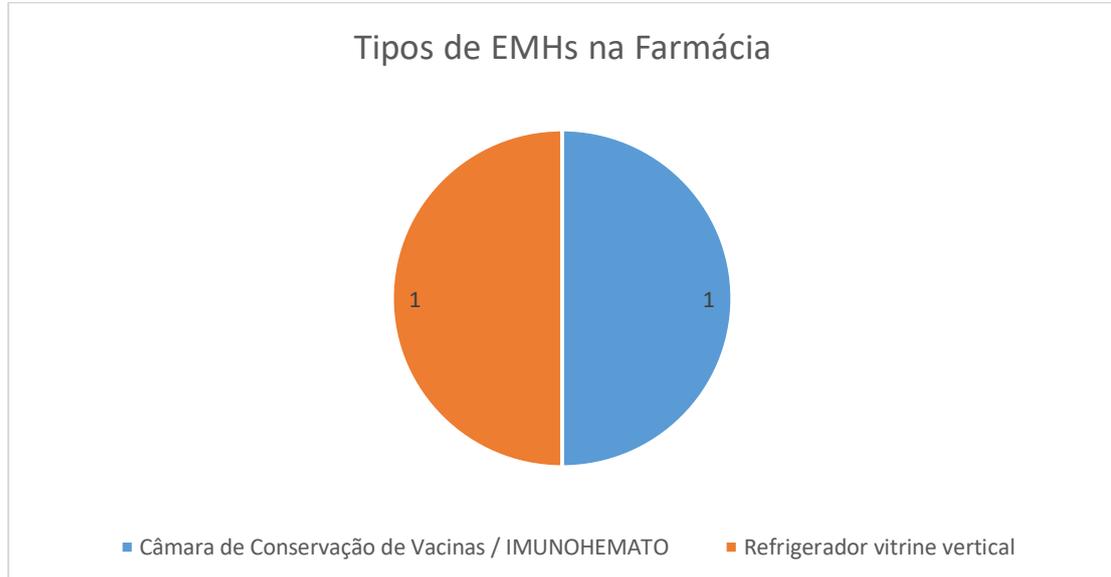
Fonte: Do autor.

Figura 6. Distribuição de tipos de EMHs no CME



Fonte: Do autor.

Figura 7. Distribuição de tipos de EMHs no setor de Farmácia



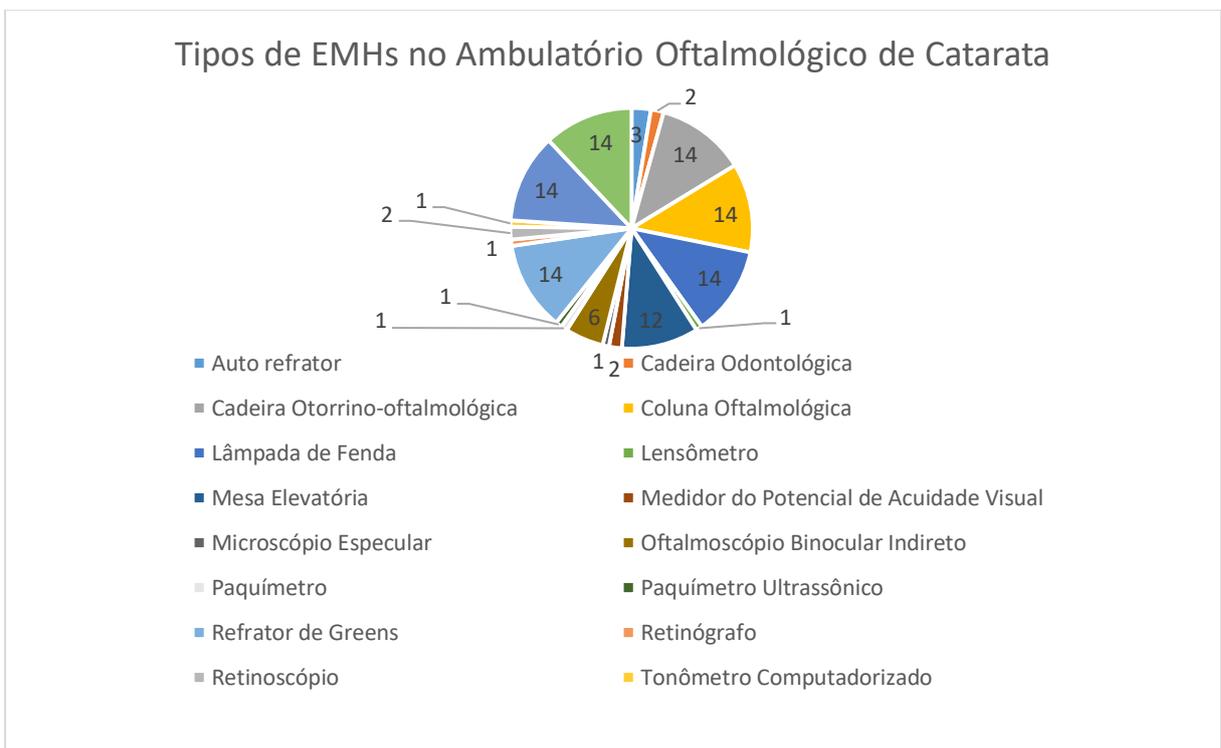
Fonte: Do autor.

Figura 8. Distribuição de tipos de EMHs no Centro cirúrgico



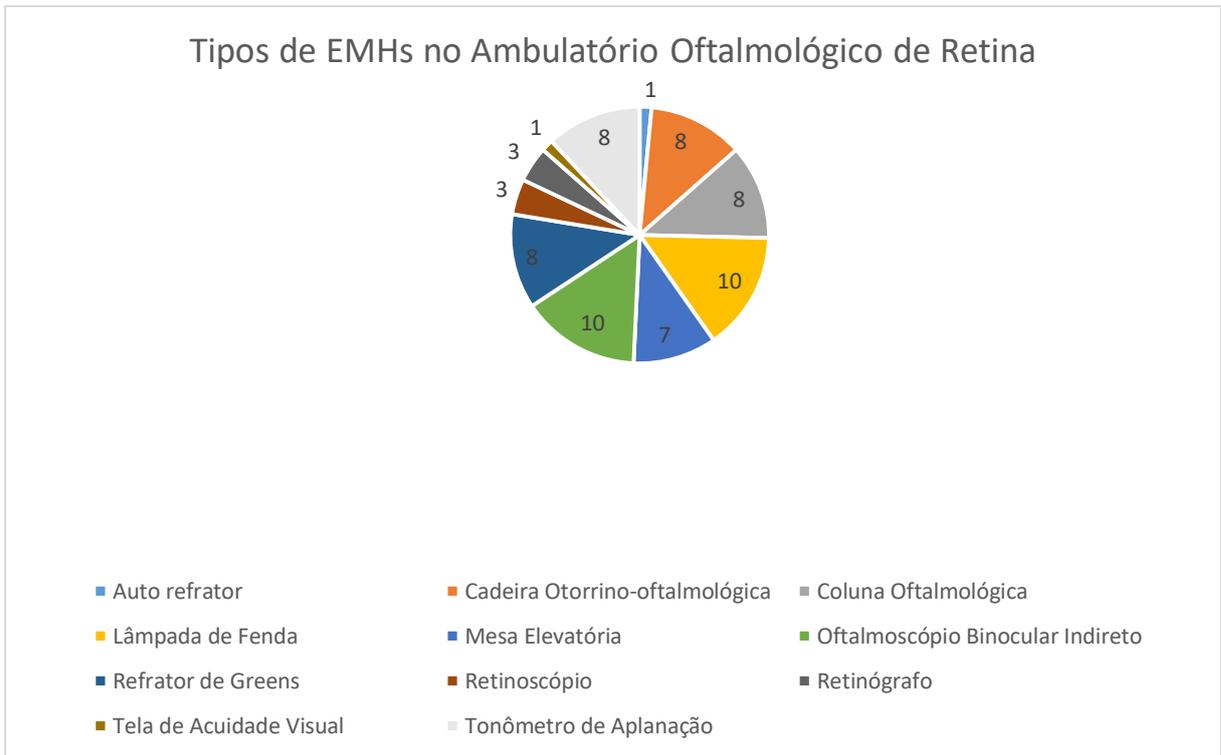
Fonte: Do autor.

Figura 9. Distribuição de tipos de EMHs no no Ambulatório Oftalmológico de Catarata



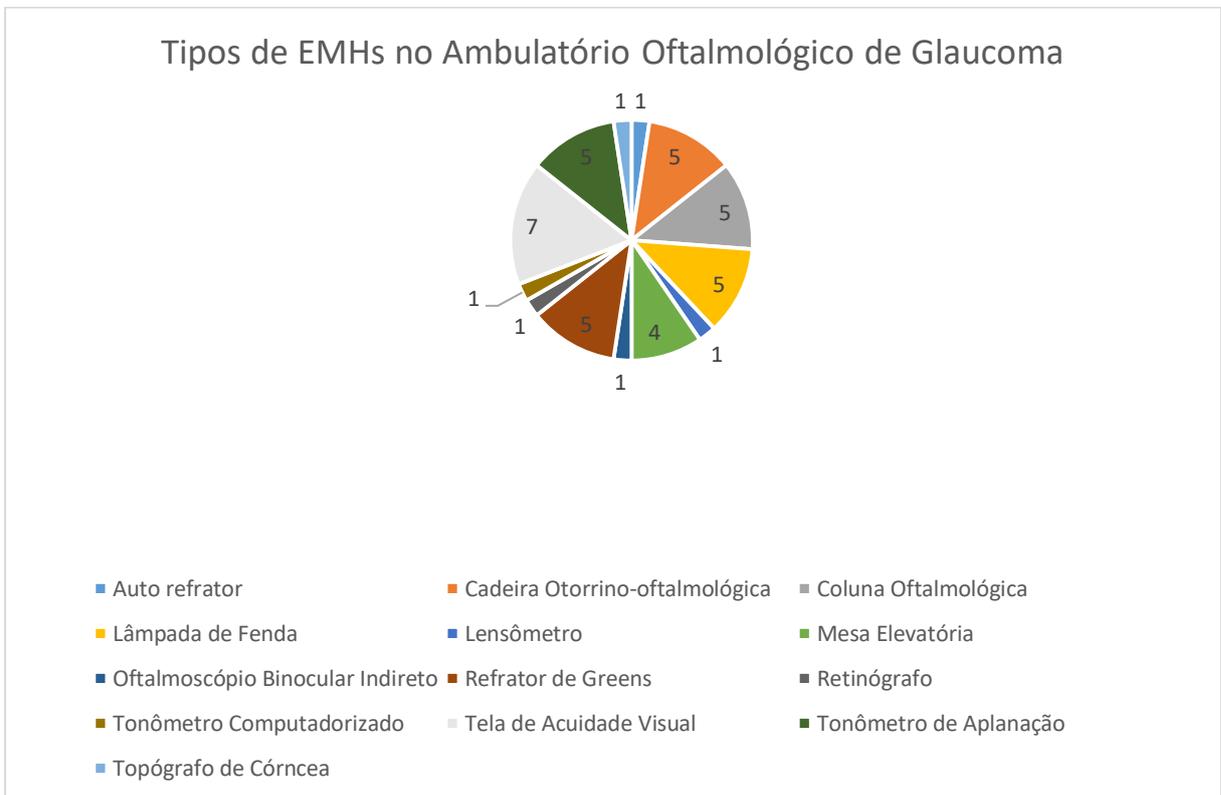
Fonte: Do autor.

Figura 10. Distribuição de tipos de EMHs no Ambulatório Oftalmológico de Retina



Fonte: Do autor.

Figura 11. Distribuição de tipos de EMHs no Ambulatório oftalmológico de Glaucoma



Fonte: Do autor.

4.3 Avaliação da criticidade

Na avaliação da criticidade foram utilizados os critérios apresentados na metodologia, os quais abrangem diversas áreas funcionais, diferentes graus de risco físico e de importância para a instituição e na prestação do serviço, por exemplo:

1. Função
 - a. Suporte a vida (10 pontos): Suporte Ventilatório;
 - b. Terapia (8 pontos): Correção de grau, Fotocoagulação a laser, Corte e coagulação, Cauterização e Fragmentação de estruturas oculares;
 - c. Diagnóstico (6 pontos): Cardiopatias, Aberrações oculares, Erros de refração e Alta pressão intraocular;
 - d. Análise (4 pontos): Análises hematológicas e Exames de imunologia;
 - e. Equipamento de apoio (2 pontos): Acomodação do paciente, Desinfecção e Esterilização.
2. Risco físico
 - a. Morte (7 pontos): Falha durante desfibrilação, falha em suporte ventilatório e Volume corrente na ventilação insuficiente;
 - b. Injúria (5 pontos): Perda de visão permanente (cegueira), Perda de visão periférica, Queimaduras e Redução da acuidade visual;
 - c. Terapia ou diagnósticos falhos (3 pontos): Refração ocular incorreta, PIO incorreta, lesões de córnea, erros de aferição, choques elétricos e doses de fármacos errôneas;
 - d. Sem risco (1 pontos): Não apresenta risco físico ao paciente, utiliza indicadores biológicos, ou estrutura não condutora de energia elétrica.
3. Importância ABC
 - a. Grau A (10 pontos): equipamentos que apresentam alto custo de aquisição (acima de R\$100.000) e/ou equipamento impossível de ser substituído, seja por ser fixo ou por possuir poucos exemplares (quantidade ≤ 2);
 - b. Grau B (5 pontos): equipamentos que apresentam custo intermediário (Entre R\$30.000 e R\$100.000) de aquisição e/ou podem ser razoavelmente substituídos, por possuir outros exemplares ($7 \geq$ quantidade ≥ 3);

- c. Grau C (1 ponto): equipamentos que apresentam custo baixo de aquisição (abaixo de R\$30.000) e/ou podem facilmente ser substituídos, por possuir vários exemplares (quantidade > 7).

Com a aplicação do método, e da Equação 1, à base de dados levantada e demonstradas na Tabela 5, foram observados os resultados que são expostos na Tabela 7. Nessa tabela são detalhados os critérios de Função, Risco Físico e importância ABC de cada um dos 57 tipos de equipamentos, juntamente à pontuação total da criticidade de cada um.

A fim de facilitar a visualização e interpretação das criticidades resultantes, foi estabelecida uma correlação entre os níveis de criticidade (alto, médio e baixo) e cores (vermelho, amarelo e verde), de acordo com a seguinte relação:

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

Tabela 7. Criticidade resultante de cada tipo de equipamento
(continua)

| Tipo de EMH | Função (pontuação) | Risco Físico (pontuação) | Importância ABC (pontuação) | Criticidade (C) |
|--------------------------|------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|
| ABERRÔMETRO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (19) |
| APARELHO DE ANESTESIA | Suporte à vida (10) | Morte (7) | Grau B (5) | ALTA (22) |
| ASPIRADOR CIRÚRGICO | Terapia (8) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau B (5) | MÉDIA (16) |

Tabela 7. Criticidade de cada tipo de equipamento
(continua)

| Tipo de EMH | Função (pontuação) | Risco Físico (pontuação) | Importância ABC (pontuação) | Criticidade (C) |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| AUTOCLAVE DE BANCADA/CASSETE | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau B (5) | BAIXA (8) |
| AUTOCLAVE HORIZONTAL | Equipamento de apoio (2) | Injúria (5) | Grau A (10) | MÉDIA (17) |
| AUTO REFRATOR | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau B (5) | MÉDIA (14) |
| BIÔMETRO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau C (1) | BAIXA (10) |
| BISTURI ELÉTRICO | Terapia (8) | Injúria (5) | Grau B (5) | MÉDIA (18) |
| BOMBA DE INFUSÃO DE SERINGA | Terapia (8) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (21) |
| CADEIRA ODONTOLÓGICA | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau C (1) | BAIXA (4) |
| CADEIRA OTORRINO-OFTALMOLÓGICA | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau C (1) | BAIXA (4) |
| CAMA HOSPITALAR ELÉTRICA | Equipamento de apoio (2) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau B (5) | BAIXA (10) |

Tabela 7. Criticidade de cada tipo de equipamento
(continua)

| Tipo de EMH | Função (pontuação) | Risco Físico (pontuação) | Importância ABC (pontuação) | Criticidade (C) |
|--|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| CÂMARA DE CONSERVAÇÃO DE VACINAS / IMUNOHEMATO | Equipamento de apoio (2) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | MÉDIA (15) |
| CAMPÍMETRO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau B (5) | MÉDIA (14) |
| CARDIOVERSOR | Terapia (8) | Morte (7) | Grau A (10) | ALTA (25) |
| COLUNA OFTALMOLÓGICA | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau C (1) | BAIXA (4) |
| CRIOCAUTÉRIO | Terapia (8) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (21) |
| DEFIBRILADOR EXTERNO AUTOMÁTICO (DEA) | Terapia (8) | Morte (7) | Grau A (10) | ALTA (25) |
| DESUMIDIFICADOR DE AMBIENTE | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau A (10) | MÉDIA (13) |
| ECOCARDÍOGRAFO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (19) |
| ELETROCARDÍOGRAFO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (19) |

Tabela 7. Criticidade de cada tipo de equipamento
(continua)

| Tipo de EMH | Função (pontuação) | Risco Físico (pontuação) | Importância ABC (pontuação) | Criticidade (C) |
|---|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| ESFIGMOMANÔMETRO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau C (1) | BAIXA (10) |
| ESTATIVA PARA ANESTESIA | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau A (10) | MÉDIA (13) |
| ESTERILIZADORA A PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO | Equipamento de apoio (2) | Injúria (5) | Grau A (10) | MÉDIA (17) |
| ESTETOSCÓPIO | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau C (1) | BAIXA (4) |
| FACOEMULSIFICADOR | Terapia (8) | Injúria (5) | Grau B (5) | MÉDIA (18) |
| FOCO CIRÚRGICO MÓVEL | Equipamento de apoio (2) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | MÉDIA (15) |
| INCUBADORA BIOLÓGICA | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau A (10) | MÉDIA (13) |
| LÂMPADA DE FENDA | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau C (1) | BAIXA (10) |
| LASER CIRÚRGICO | Terapia (8) | Injúria (5) | Grau A (10) | ALTA (23) |

Tabela 7. Criticidade de cada tipo de equipamento
(continua)

| Tipo de EMH | Função (pontuação) | Risco Físico (pontuação) | Importância ABC (pontuação) | Criticidade (C) |
|---|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| LASER OFTALMOLÓGICO | Terapia (8) | Injúria (5) | Grau B (5) | MÉDIA (18) |
| LAVADORA ULTRASSÔNICA | Equipamento de apoio (2) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | MÉDIA (15) |
| LENSÔMETRO | Análise (4) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau B (5) | MÉDIA (12) |
| MACA CIRÚRGICA | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau C (1) | BAIXA (4) |
| MEDIDOR DO POTENCIAL DE ACUIDADE VISUAL (PAM) | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau B (5) | MÉDIA (14) |
| MESA ELEVATÓRIA | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau C (1) | BAIXA (4) |
| MICROSCÓPIO CIRÚRGICO | Equipamento de apoio (2) | Injúria (5) | Grau B (5) | MÉDIA (12) |
| MICROSCÓPIO ESPECULAR | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (19) |
| MONITOR MULTIPARAMÉTRICO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau C (1) | BAIXA (10) |

Tabela 7. Criticidade de cada tipo de equipamento
(continua)

| Tipo de EMH | Função (pontuação) | Risco Físico (pontuação) | Importância ABC (pontuação) | Criticidade (C) |
|-------------------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|
| OFTALMOSCÓPIO BINOCULAR INDIRETO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau C (1) | BAIXA (10) |
| PAQUÍMETRO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (19) |
| PAQUÍMETRO ULTRASSÔNICO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (19) |
| REFRATÔMETRO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (19) |
| REFRATOR DE GREENS | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau C (1) | BAIXA (10) |
| REFRIGERADOR VITRINE VERTICAL | Equipamento de apoio (2) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | MÉDIA (15) |
| RETINOGRAFO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau B (5) | MÉDIA (14) |
| RETINOSCÓPIO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau B (5) | MÉDIA (14) |

Tabela 7. Criticidade de cada tipo de equipamento

(continua)

| Tipo de EMH | Função (pontuação) | Risco Físico (pontuação) | Importância ABC (pontuação) | Criticidade (C) |
|--|--------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|
| SELADORA | Equipamento de apoio (2) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | MÉDIA (15) |
| SISTEMA DE VISUALIZAÇÃO 3D | Equipamento de apoio (2) | Sem Risco (1) | Grau A (10) | MÉDIA (13) |
| SISTEMA DE VITRECTOMIA | Terapia (8) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (21) |
| SISTEMA OFTALMOLÓGICO DE FOTOTERAPIA ULTRAVIOLETA | Terapia (8) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (21) |
| TELA DE ACUIDADE VISUAL | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau C (1) | BAIXA (10) |
| TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (19) |
| TONÔMETRO COMPUTADORIZADO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau A (10) | ALTA (19) |
| TONÔMETRO DE APLANAÇÃO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau C (1) | BAIXA (10) |

Tabela 7. Criticidade de cada tipo de equipamento

(conclusão)

| Tipo de EMH | Função (pontuação) | Risco Físico (pontuação) | Importância ABC (pontuação) | Criticidade (C) |
|----------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------|--------------------|
| TOPÓGRAFO DE CÓRNEA | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau B (5) | MÉDIA (14) |
| ULTRASSOM OFTALMOLÓGICO | Diagnóstico (6) | Terapia ou Diagnósticos Falhos (3) | Grau B (5) | MÉDIA (14) |

Fonte: Do autor.

Ao final do processo de cálculo de criticidade de cada um dos tipos de equipamentos descritos, foram obtidos um total de 17 tipos de equipamentos de alta criticidade, 24 de média e 16 tipos de baixa criticidade.

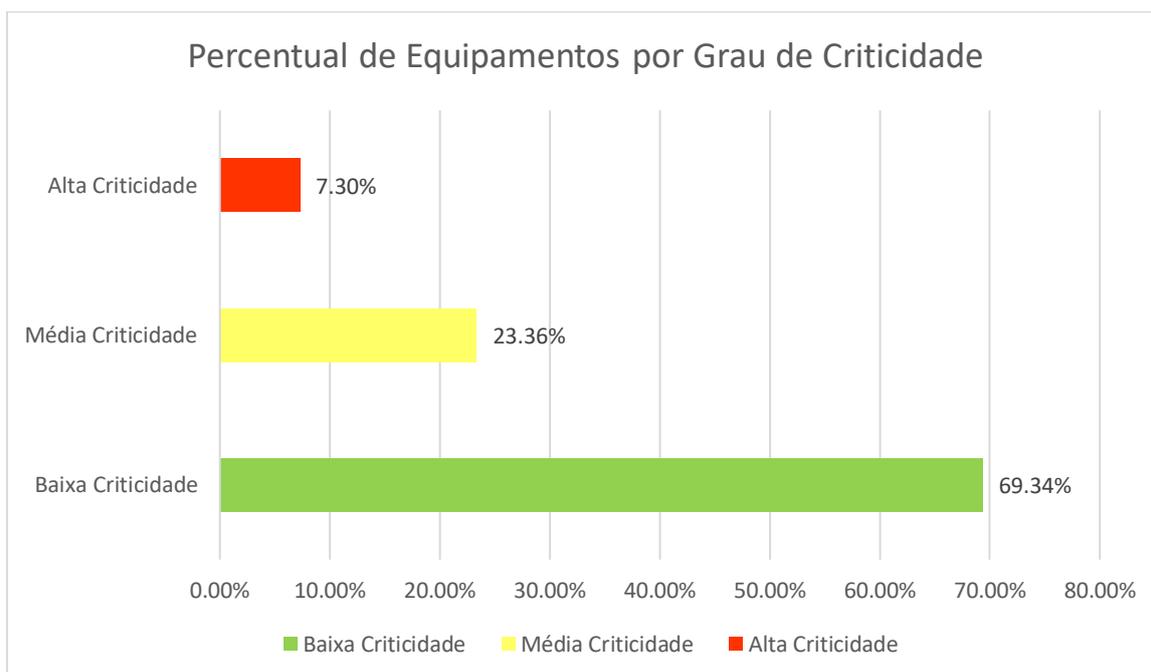
Aqui é importante que seja discutida a classificação de alguns equipamentos em específico, como os Desumidificadores de Ambiente, que embora sejam equipamentos de baixo custo, acabam sendo classificados com o grau A, devido ao fato de que existem apenas dois exemplares na instituição e em uso contínuo e simultâneo, a fim de manter o ambiente controlado ininterruptamente. E a bomba de infusão de seringa que apesar do baixo custo, acabou sendo classificada com o grau A, devido a existência de apenas um exemplar na instituição.

Um outro ponto é a diferença entre os riscos físicos da Autoclave de Cassete e da Autoclave Horizontal, que embora sejam equipamentos utilizados para a mesma finalidade, têm porte e manuseios diferentes. Enquanto a Autoclave de Cassetes opera com uma bandeja conectada na caldeira, preenchendo todo o espaço onde acontece o aquecimento e, assim não dando margem para que o operador consiga colocar a mão em contato com a região; a Autoclave Horizontal possibilita que o operador venha a colocar a mão dentro da câmara, podendo ocasionar sérias queimaduras e esmagamento pela porta elevatória, incidentes dos quais há histórico na instituição.

4.4 Análise das distribuições de criticidade

Uma vez definida a quantidade de tipos de equipamentos por criticidade e possuindo a relação total de equipamentos, é possível definir o percentual de cada um dos graus de criticidade dentro do parque de equipamentos médicos em análise. O resultado aqui descrito é exposto na Figura 12.

Figura 12. Criticidade resultante de cada tipo de EMH

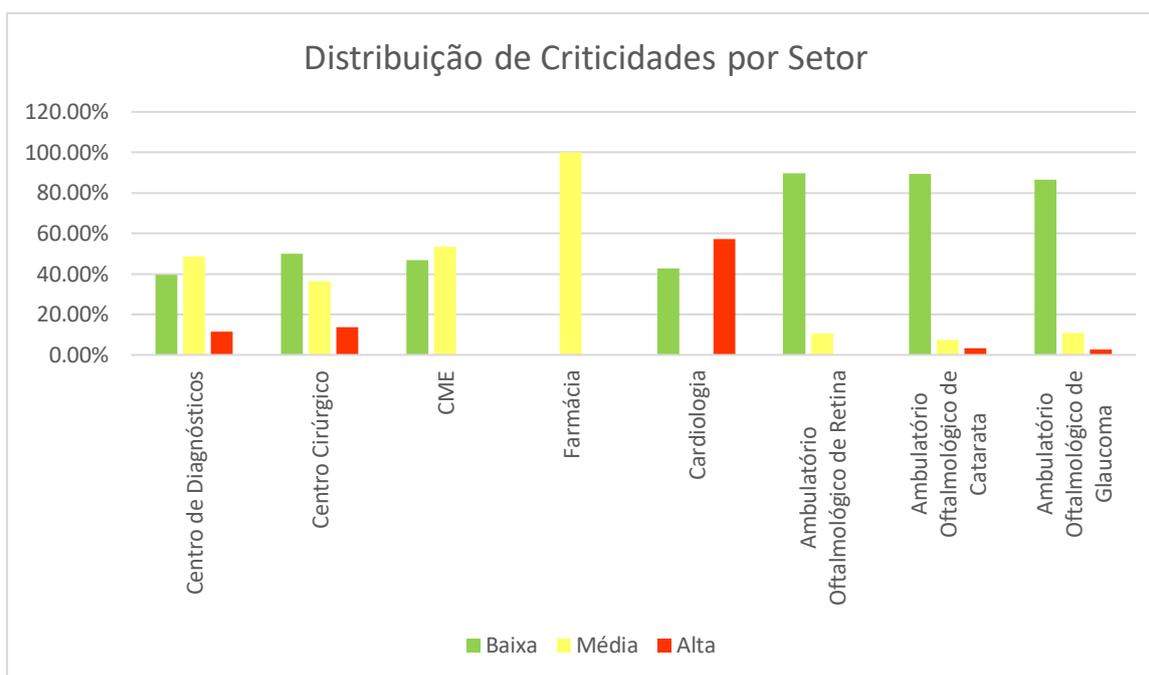


Fonte: Do autor.

Dentre os 411 equipamentos totais, 69,34% se classificam como sendo de Baixa Criticidade, o que totaliza 285 equipamentos dentro dessa faixa. Enquanto os percentuais de Média e Alta criticidade correspondem a um total de, respectivamente, 96 e 30 equipamentos médicos hospitalares.

Uma segunda análise realizada foi a de distribuição de criticidades por origem, onde foram levantados os percentuais de equipamentos de cada faixa de criticidade presentes em cada um dos setores, a fim de observar quais faixas de criticidades são predominantes em cada um deles. Na Figura 13 é demonstrado um gráfico com a distribuição supracitada.

Figura 13. Distribuição percentual de criticidades em cada setor



Fonte: Do autor.

Como pode ser visto na Figura 13, a Cardiologia, o Centro de Diagnósticos e o Centro Cirúrgico são os setores onde há maior percentual de equipamentos classificados como sendo de alta criticidade, entre aqueles cadastrados no setor, sendo a Cardiologia o de maior percentual. Entretanto, foi observado que o quantitativo de EMHs de alta criticidade no Centro Cirúrgico é bem superior ao volume de equipamentos de alta criticidade presentes no setor de Cardiologia, uma vez que o primeiro tem 16 dispositivos médicos de criticidade alta, contra apenas 4 aparelhos na Cardiologia e, portanto, sendo o setor com maior número de equipamentos de alta criticidade, ou seja, o setor de maior criticidade na instituição analisada.

Em Contrapartida, ambos os ambulatórios possuem percentuais semelhantes de equipamentos de baixa criticidade, se destacando o Ambulatório Oftalmológico de Catarata, que possui um maior quantitativo de EMHs nessa faixa de criticidade. Já entre as maiores, a Farmácia é a unidade com maior proporção de equipamentos considerados de baixa criticidade, visto que todos os equipamentos no setor estão dentro dessa faixa e levam esse percentual a 100%.

O maior volume de equipamentos de alta criticidade, visto nos resultados do estudo, foi determinante na tomada de decisão de rotinas de engenharia clínica,

onde foi possível estabelecer, juntamente ao chefe de Engenharia Clínica local, a execução de uma ronda diária no setor com maior quantidade de equipamentos críticos, isto é, no Centro Cirúrgico. Em relação aos demais setores, com menor concentração de equipamentos de alta criticidade, mas que ainda sim os tem presente, foi estabelecida uma ronda setorial a cada quinzena do mês.

4.5 Priorização e Tempo de Atendimento

Partindo do intuito inicial do trabalho, onde foi proposta a utilização de uma classificação de criticidade de EMHs para guiar o processo de priorização de intervenções técnicas, sejam de corretivas ou programadas, e utilizando os dados levantados na Tabela 10, foi possível construir uma planilha devidamente legendada com as criticidades correspondentes de cada um dos tipos de equipamento, além do tempo indicado para atendimento, item a ser discutido mais à frente.

Uma vez calculada a criticidade de cada um dos tipos de equipamentos relacionados para análise e feita a sua classificação, conforme a Tabela 7, foi possível definir no software de gerenciamento utilizado na Engenharia Clínica do EAS o grau de criticidade de cada um dos equipamentos, conforme demonstrado na Figura 14. A inserção dessa classificação no sistema norteia a priorização no atendimento por parte da equipe técnica local ao receber requisições de serviço (chamado) no sistema de gestão.

Figura 14. Atualização de criticidade dos EMHs no software de gestão



Figura 14 mostra a interface de um software de gestão de equipamentos. O formulário está preenchido com os seguintes dados:

- Situação: PRÓPRIO
- Descrição: 6 AUTOCLAVE HORIZONTAL
- Modelo: 368 6410/GS/V/2P/TS/SV (CISA)
- Fabricante: CISA
- Reg. ANVISA: 8011870900
- Validade: [campo vazio]
- Valor de Substituição: 350.005,17
- Criticidade: MÉDIA
- Tipo de Localização: Setor (selecionado)
- Setor: 1453 CME (1453)

Existem também opções para Inativo, Imobilizado, Foto e Remover.

Fonte: Do autor.

Entre os indicadores de desempenho de uma engenharia clínica, há um definido como o Tempo de Atendimento, que corresponde ao tempo contado do momento da abertura da requisição de serviço, por parte do setor, até a execução da primeira intervenção técnica, isto é, o primeiro atendimento para a análise das queixas descritas no chamado.

Na instituição em estudo, existe uma meta mensal para um Tempo Médio de Atendimento a intervenções corretivas, menor ou igual a 4 horas. Partindo do pressuposto de que o prazo de 4 horas é o tempo máximo que a equipe técnica deve levar até realizar o atendimento, e visando definir um critério de priorização concreto e baseado em uma diretriz interna já consolidada, foi definido, em conjunto com a Engenharia Clínica do EAS, e em comum acordo com as chefias dos demais setores, o estabelecimento de uma relação entre o grau de criticidade dos tipos de equipamentos e o Tempo de Atendimento a ser seguido para cada uma das classificações. A relação definida pode ser visualizada na Tabela 8.

Tabela 8. Tempo de atendimento por grau de criticidade

| Grau de Criticidade | Tempo de Atendimento |
|----------------------------|-----------------------------|
| Baixa Criticidade | 4 horas |
| Média Criticidade | 2 horas |
| Alta Criticidade | 30 minutos |

Fonte: Do autor.

O acordo firmado entre a Engenharia Clínica e os setores beneficiados com seus serviços, foi definido através de um “Contrato de Interação de Processo”, em que as áreas concordam com o tempo de atendimento estimado, visando fomentar a priorização do atendimento de equipamentos mais críticos para a instituição, cuja parada tende a ocasionar a interrupção dos fluxos internos do EAS, a suspensão de cirurgias e a prestação de suporte aos pacientes, além de trazer prejuízos financeiros ao hospital.

Capítulo 5

Conclusão

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de executar uma avaliação do grau de criticidade de equipamentos médicos. A partir disso, complementar a base de dados dos EMHs no Software de Gerenciamento e traçar planos de priorização na realização de manutenções corretivas com base na criticidade do aparelho. Isso visa reduzir o tempo de parada dos equipamentos que, quando inoperantes, trazem mais prejuízos à instituição, tanto financeiramente quanto em fluxos de atendimento ao paciente.

Dados os resultados observados, o preenchimento dos graus de criticidade no Software de Gerenciamento, o estabelecimento de um tempo médio de atendimento com base na criticidade dos equipamentos médicos hospitalares e a definição de rondas setoriais, pode-se concluir que os objetivos iniciais foram alcançados de forma satisfatória.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se implementar a metodologia com alguns outros critérios de classificação, como a quantidade de atendimentos diários por equipamento e indicadores como maior Tempo Médio Entre Falhas (TMEF), a fim de tornar o processo de classificação mais específico e flexível à realidade do hospital.

Referências

ANDRADE, K; BASTOS, K; KATZ, V; VALENTIM, A; **Manutenção de Equipamentos Médico-Hospitalares – Procedimentos Operacionais Padrão de Manutenção Preventiva, Calibração, Segurança Elétrica e Qualificação em Equipamentos de Saúde – 1ª edição**. EBSEH – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares, 2022.

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.

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

BAJUR, T. **Conheça o ciclo de vida do equipamento hospitalar**. Blog Arkmeds. Disponível em < <https://blog.arkmeds.com/2016/11/10/conheca-o-ciclo-de-vida-do-equipamento-hospitalar/> >. Acesso em: 20 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 2043, de 12 de dezembro de 1994.

BRONZINO, J. D. **Clinical Engineering: Evolution of a Discipline**. In: DYRO, J. Clinical Engineering Handbook. Elsevier Academic Press, 2004. Cap. 20. p. 69-72

CALIL, S. J. PAPEL DO ENGENHEIRO HOSPITALAR NAS INSTITUIÇÕES DE SAÚDE. Revista Brasileira de Engenharia, Vol. 7, N. 1, 1990.

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

CORREIA, A. L. T. **AVALIAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES DAS UTIs DA MATERNIDADE ESCOLA JANUÁRIO CICCÓ**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

CYRINO, L. Classificação ABC de Máquinas e Equipamentos. 2016. Disponível em: < <https://www.manutencaoemfoco.com.br/classificacao-abc/> >. Acesso em: 21 de junho de 2023.

EBSEH. **PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PADRÃO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA, CALIBRAÇÃO, SEGURANÇA ELÉTRICA E QUALIFICAÇÃO EM EQUIPAMENTOS DE SAÚDE**. Brasília, DF, 2022.

EBSEH (EMPRESA BRASILEIRA DE SERVIÇOS HOSPITALARES). **NORMA OPERACIONAL DE GESTÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS**. [s.l.], 2020.

EQUIPACARE. **Como priorizar a manutenção de equipamentos médicos pelo método criticidade.** Disponível em < <https://equipacare.com.br/manutencao-de-equipamentos-criticidade/> >. Acesso em: 21 de Junho de 2023.

ISGH (INSTITUIÇÃO DE SAÚDE E GESTÃO HOSPITALAR). **MANUAL: GERENCIAMENTO DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES.** [s.l.], 2020.

ISGH (INSTITUIÇÃO DE SAÚDE E GESTÃO HOSPITALAR). **MANUAL: ENGENHARIA CLÍNICA.** Fortaleza, 2022.

SANTOS, G. R. G. **AVALIAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES EM USO NUM HOSPITAL DA REGIÃO DE CATANDUVA – SP.** Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

SANTOS, C. R. S. **GESTÃO DE TECNOLOGIA EM OFTALMOLOGIA.** Dissertação (Mestrado em Oftalmologia e Ciências visuais). Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2016.

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.

TERRA, T. G., GUARIENTI, A., SIMÃO, E. M., & JÚNIOR, L. F. R. (2014). **Uma revisão dos avanços da Engenharia Clínica no Brasil.** *Disciplinarum Scientia/ Naturais e Tecnológicas*, 15(1), 47-61. Uma revisão dos avanços da Engenharia Clínica no Brasil | Terra | Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas (ufn.edu.br)

VIEIRA, C. S; FERNANDES, F. H. **Contexto histórico do avanço da engenharia clínica: Uma análise de sua implementação e relevância.** *Research, Society and Development*, v. 12, n. 3, e20212340201, 2023.