UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

INSTITUITO DE TECNOLOGIA

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E BIOMÉDICA

ÉVANY FERREIRA CABRAL

A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO NA OCORRÊNCIA DE ERROS NO USO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS HOSPITALARES

BELÉM/PA

2024

ÉVANY FERREIRA CABRAL

A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO NA REDUÇÃO DE ERROS NO USO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS HOSPITALARES

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Biomédica pela Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Petrônio Vieira Júnior

BELÉM/PA

2024

ÉVANY FERREIRA CABRAL

A INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO NA REDUÇÃO DE ERROS NO USO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS HOSPITALARES

Trabalho de Conclusão de Curso orientado pelo Prof. Dr. Petrônio Vieira Júnior, apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Biomédica pela Universidade Federal do Pará.

Data de aprovação: 6 / novembro / 2024

Conceito: Excelente

Banca Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
PETRONIO VIEIRA JUNIOR
Data: 06/11/2024 11:04:48-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Petrônio Vieira Júnior
Universidade Federal do Pará

gov.br Documento assinado digitalmente
ALAN SOVANO GOMES
Data: 06/11/2024 21:54:55-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Alan Sovano Gomes
Universidade Federal do Pará

DEMETRIUS POVEDA MARQUES:06428305844
Assinado de forma digital por DEMETRIUS POVEDA MARQUES:06428305844
Dados: 2024.11.07 14:12:38 -03'00'

Eng. Me. Demetrius Poveda Marques
Engemed Engenharia Clínica

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde e sabedoria durante todo o período da minha formação acadêmica. À minha família, pelo apoio incondicional e incentivo nos momentos essenciais. À Brenda, minha companheira, que prestou um papel fundamental me incentivando. Aos meus amigos Lucas e Thiago, pela parceria ao longo dessa jornada. Agradeço também ao meu orientador, Prof. Dr. Petrônio Vieira Júnior, pela orientação, paciência e ensinamentos que foram fundamentais para a realização deste trabalho. Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste projeto.

RESUMO

O presente trabalho examina os impactos do treinamento contínuo na redução de erros no uso de equipamentos médicos hospitalares, destacando a importância da capacitação dos profissionais de saúde para garantir a segurança do paciente e a eficácia dos dispositivos. A revisão integrativa da literatura demonstra que a falta de treinamento adequado está diretamenteligada a falhas operacionais, o que compromete a disponibilidade e desempenho dos equipamentos. A pesquisa também explora a aplicação de normas brasileiras, como a NBR ISO10015 e a NBR 15943:2011, que padronizam os processos de capacitação técnica, além de tecnologias de ensino e metodologias de planejamento, como o ciclo PDCA, LCM e FMEA, que contribuem para a melhoria contínua da operação dos dispositivos e a redução de incidentes. Conclui-se que a implementação de treinamentos estruturados e avaliações constantes são fundamentais para minimizar erros e otimizar o uso de equipamentos em ambientes clínicos.

Palavras-chave: Equipamentos médicos hospitalares, treinamento, redução de erros, segurança do paciente, normas técnicas, capacitação contínua.

ABSTRACT

This study examines the influence of continuous training on reducing errors in the use of hospital medical equipment, emphasizing the importance of healthcare professional trainingto ensure patient safety and equipment efficiency. The integrative literature review shows that inadequate training is directly linked to operational failures, compromising the availability andperformance of medical devices. The research also explores the application of Brazilianstandards, such as NBR ISO 10015 and NBR 15943:2011, which standardize technical trainingprocesses, as well as teaching technologies and planning methodologies like the PDCA, LCM and cycle FMEA. These tools contribute to the continuous improvement of device operation and thereduction of incidents. It concludes that structured training programs and constant evaluations are essential to minimize errors and optimize equipment use in clinical environments.

Keywords: Hospital medical equipment, training, error reduction, patient safety, technical standards, continuous education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases do ciclo de vida de um equipamento 15

Figura 2 – Tipos de Manutenção 20

Figura 3 – Fatores associados a Educação continuada.....40

Figura 4 – FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos).....44

Figura 5 – Gerenciamento do Ciclo de Vida (LCM).....45

Figura 6 – Ciclo PDCA.....45

Figura 7 – Relação de melhoria entre tecnologias de ensino e ferramentas de planejamento..46

LISTA DE SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
EMH	Equipamentos Médico-Hospitalares
EC	Engenharia Clínica
TS	Tecnologia em Saúde
EAS	Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
CS	Cuidados em Saúde
GTMH	Gestão de Tecnologias Médico-Hospitalares
MP	Manutenção Preventiva
MC	Manutenção Corretiva
MPd	Manutenção Preditiva
NBR	Norma Brasileira
MTBF	*Mean Time Between Failures*
MTTR	*Mean Time to Repair*
EPS	Educação Permanente em Saúde

SUMÁRIO

1 TREINAMENTO PARA MELHORIA NA DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS HOSPITALARES 9

1.1 INTRODUÇÃO: NECESSIDADE DE TREINAMENTO 9

1.2 OBJETIVOS 10

1.3 JUSTIFICATIVA 11

1.4 METODOLOGIA 11

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO 12

2 GERENCIAMENTO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS HOSPITALARES 14

2.1 ENGENHARIA CLÍNICA E O GERENCIAMENTO DE EQUIPAMENTOS 14

2.2 ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO: INTERVENÇÕES E DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS 18

2.3 INDISPONIBILIDADES POR MAU USO 23

2.4 TREINAMENTO PARA MELHORIA CONTINUADA 26

3 EFEITOS DO USO INADEQUADO DOS EQUIPAMENTOS MÉDICOS HOSPITALARES 29

3.1 MAU USO: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS 29

3.2 MONITOR MULTIPARAMÉTRICO 30

3.2.1 3.2.1 Descrições e Funcionamento 30

3.2.2 Recomendações do Fabricante 31

3.2.3 Incidentes Mais Comuns 32

3.3 BOMBA DE INFUSÃO 33

3.3.1 Descrições e Funcionamento 33

3.3.2 Recomendações do Fabricante 33

3.3.3 Incidentes Mais Comuns 34

3.4 VENTILADOR PULMONAR 34

3.4.1 Descrições e Funcionamento 35

3.4.2 Recomendações do Fabricante 35

3.4.3 Incidentes Mais Comuns 36

3.5 CARDIOVERSOR 36

3.5.1 Descrições e Funcionamento 37

3.5.2 Recomendações do Fabricante 37

3.5.3 Incidentes Mais Comuns 38

3.6 NORMATIVAS E DIRETRIZES 38
4 PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA 41
4.1 CAPACITAÇÕES E TREINAMENTOS 41
4.2 NORMAS BRASILEIRAS ESSENCIAIS PARA TREINAMENTOS 41
4.2.1 NBR ISO 10015 42
4.2.2 NBR 15943:2011 42
4.3 TECNOLOGIAS DE ENSINO 43
4.3.1 Ensino Presencial 43
4.3.2 Simulação Realística 43
4.3.3 Realidade Virtual 43
4.3.4 Vídeo Treinamento 43
4.3.5 Seleção da Tecnologia 43
4.4 TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO 44
4.4.1 Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) 44
4.4.2 *Life Cycle Management* (LCM) 45
4.4.3 PDCA 45
4.5 AVALIAÇÃO DO APRENDIZADO 45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 47
REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS 12

1 TREINAMENTO PARA MELHORIA NA DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS HOSPITALARES

1.1 INTRODUÇÃO: NECESSIDADE DE TREINAMENTO

Com o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos médico-hospitalares (EMHs), observa-se o surgimento de uma demanda crescente na área da saúde por novas tecnologias, que possibilita melhorar a qualidade de vida da população em geral, juntamente com uma grande integração de tecnologias nas mais variadas áreas do conhecimento. Este cenário permitiu o desenvolvimento de equipamentos e produtos médico-hospitalares que possam contribuir com a qualidade da assistência à saúde, proporcionando um aumento considerável na quantidade e na variedade dos EMHs instalados nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) (ANTUNES et al., 2002).

O crescimento da diversidade das tecnologias em saúde está provocando um impacto na infraestrutura e principalmente nos fatores humanos atrelados aos sistemas de atenção à saúde, levando à ocorrência de Eventos Adversos nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) em todo o mundo devido ao grau de complexidade dos novos dispositivos. A saúde, por definição da Organização Mundial da Saúde (OMS) representa um estado físico, mental e social de bem-estar humano, e as tecnologias em saúde, consistem em uma abordagem ampla que inclui dispositivos, medicamentos, vacinas, procedimentos e sistemas, com a finalidade de melhorar a qualidade de vida da população (WHO, 2017a).

Como consequência deste salto tecnológico, os operadores desses equipamentos, que são profissionais e técnicos de saúde, necessitam de treinamentos e capacitações e reciclagens com o objetivo de serem orientados não somente sobre sua utilização, mas também sobre os procedimentos de preservação desses dispositivos.

Segundo Cristine S. (2008), o desafio das últimas décadas tem sido minimizar os custos hospitalares e, ao mesmo tempo, fornecer serviços de saúde que minimizem os riscos para os pacientes e profissionais que manuseiam equipamentos e estão envolvidos nesses cuidados.

É necessário ressaltar que, mesmo o operador recebendo treinamento adequado e constante, existem fatores ambientais e características típicas do comportamento humano, além de fadiga e/ou estresse, que levam a reduzir a ‘Confiabilidade Humana’. É sempre importante levar em consideração o ‘Fator Humano’, visando evitar sérios problemas operacionais de uso e manutenção existentes em todas as fases de um sistema. A ‘Confiabilidade Humana’ no uso de equipamentos pode ser definida como sendo a probabilidade de um trabalho ou tarefa ser

completada com êxito por uma pessoa em qualquer momento da operação do equipamento, dentro de um período mínimo determinado (SEIXAS, 2012).

Alguns especialistas observaram que a “confiabilidade dos elementos humanos” nas operações dos equipamentos vem diminuindo, mesmo com o aumento da “confiabilidade dos equipamentos” obtida pelo uso de tecnologia mais moderna empregada nos EMHs (SEIXAS, 2012). Outro fator que contribui para essa necessidade é despreparo do operador que também pode levar ao mau uso do EMH. Caso esses não sejam devidamente treinados, poderão realizar ações que podem causar danos a longo prazo ao equipamento ou ao paciente. Além da falta de habilidades que leva a quebras de equipamentos, a falta de conhecimento do operador pode levar a solicitações de manutenção corretiva para o equipamento, resultando em indisponibilidade do mesmo.

Portanto, o treinamento dos profissionais de saúde que operam esses equipamentos deve ser feito por profissionais qualificados, como técnicos ou engenheiros clínicos responsáveis pela gestão de EMHs, aperfeiçoando as qualificações dos operadores, expandindo seus conhecimentos para outras áreas e conferindo maior segurança ao paciente e qualidade dos cuidados de saúde.

1.2 OBJETIVOS

OBJETIVOS GERAIS

Descrever a influência dos treinamentos de capacitação da equipe assistencial de saúde na redução de erros durante o uso de equipamentos médicos hospitalares.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar a relação entre a falta de treinamento adequado e a ocorrência de erros no manuseio de equipamentos médicos em ambientes hospitalares;
- Analisar os principais desafios e obstáculos que podem surgir na implementação de programas de treinamento voltados para a redução de erros no uso de equipamentos médicos;
- Propor recomendações práticas com base nas descobertas para melhorar a eficácia dos programas de treinamento e, assim, reduzir a incidência de erros no ambiente hospitalar.

1.3 JUSTIFICATIVA

No Brasil, os eventos adversos são os responsáveis pelo segundo maior número de óbitos, o que equivale a 829 mortes por dia, segundo pesquisa realizada pelo Instituto de Estudos de Saúde Suplementar (INSTITUTO DE ESTUDOS DE SAÚDE SUPLEMENTAR, 2017). Quando uma falha atinge o paciente ocasionando em dano (seja esta lesão leve ou grave), é caracterizado por evento adverso (DIREÇÃO-GERAL DA SAÚDE, 2011; ANVISA, 2009). A ocorrência desses Eventos Adversos nos EAS representa um risco para a segurança do paciente e é um problema nacional e internacional devido à alta incidência.

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

Tendo em vista o papel do profissional de saúde no manuseio da tecnologia empregada para os tratamentos de cuidados em saúde (CS) fica evidenciada a necessidade de melhoria operacional tanto para garantir maior disponibilidade de equipamentos médicos quanto para garantir a segurança de pacientes e operadores durante a utilização dessa tecnologia. Para atingir esse fim é imprescindível a realização de treinamentos levando em consideração infraestrutura, tecnologia e recursos humanos, que são os pilares base do modelo dos processos tecnológicos em saúde. Desse modo, este trabalho visa apresentar uma análise dos efeitos do treinamento na redução de erros no uso de equipamentos médicos hospitalares visando prevenir a ocorrência desses eventos adversos. E com isso, contribuir com discussões da importância de capacitação contínua e abordagem de treinamento para melhorar a segurança do paciente, a qualidade do serviço e a eficiência hospitalar.

1.4 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura. Este tipo de estudo se caracteriza pelo seguimento de um método minucioso de procura, seleção e avaliação das pesquisas frente a relevância e validade desejada (KNAFL, 2005). O trabalho inicia com a identificação de

palavras-chave relevantes para a temática, considerando termos como engenharia clínica, falha operacional, treinamento em saúde, mau uso, entre outros. Essas palavras-chave são cruciais para refinar a busca nas bases de dados selecionadas. As bases de dados confiáveis e abrangentes foram escolhidas para conduzir a revisão literária. O Google Acadêmico, Scielo e PubMed são priorizados, além de outras bibliotecas nacionais, garantindo uma análise ampla e detalhada das pesquisas relacionadas. Critérios rigorosos são estabelecidos para a seleção dos artigos a serem incluídos na revisão. São considerados artigos que abordam diretamente a relação entre treinamento da equipe assistencial e falhas operacionais no manuseio de equipamentos médicos hospitalares. Artigos duplicados, fora do escopo ou de baixa qualidade metodológica são excluídos. Os artigos selecionados são minuciosamente analisados, com atenção especial para a metodologia empregada, resultados obtidos e conclusões. A síntese das informações é realizada de forma a identificar padrões, tendências e lacunas no conhecimento. Com base nos artigos revisados, é desenvolvido um contexto teórico que destaca a importância do treinamento na redução de erros associados a falhas operacionais em equipamentos médicos hospitalares. A análise e síntese dos artigos são discutidas de maneira crítica, destacando as contribuições mais relevantes para a compreensão do tema. As conclusões são formuladas considerando as evidências encontradas e apontando para possíveis direções futuras de pesquisa.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos. Na introdução é apresentada a contextualização do problema de pesquisa, os objetivos da monografia, sua justificativa e a metodologia utilizada. O segundo capítulo refere-se à fundamentação teórica do trabalho, em que foram apresentados os processos da Engenharia Clínica (EC) que fundamentam a abordagem de aspectos críticos do gerenciamento de equipamentos médicos, desde a seleção e introdução de novos dispositivos até a manutenção eficiente, prevenção de mau uso e investimento contínuo em treinamento para aprimoramento e redução de quebras. O terceiro contempla uma compreensão abrangente dos tópicos abordados no capítulo, oferecendo *insights* sobre os riscos associados ao uso inadequado de equipamentos médicos e ressaltando a importância do seguimento correto das recomendações dos fabricantes e das normativas vigentes. O quarto capítulo apresenta uma síntese que oferece uma visão abrangente do Programa de Educação Continuada, destacando a importância do planejamento, execução e avaliação de treinamentos para o desenvolvimento constante dos profissionais e a garantia de

eficiência do serviço hospitalar. Espera-se que esta revisão literária ofereça uma visão abrangente sobre os efeitos dos treinamentos na redução de erros no uso de equipamentos médicos hospitalares, fornecendo subsídios importantes para a área de engenharia clínica e contribuindo para o aprimoramento das práticas de treinamento na assistência à saúde.

2 GERENCIAMENTO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS HOSPITALARES

2.1 ENGENHARIA CLÍNICA E O GERENCIAMENTO DE EQUIPAMENTOS

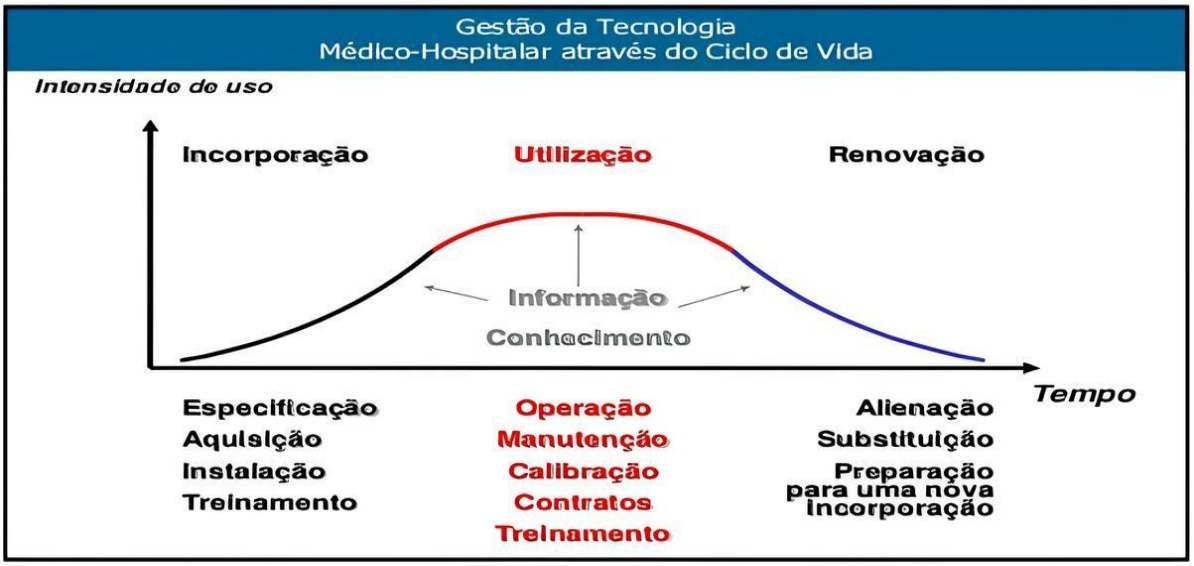
A Engenharia Clínica (EC) é um campo do conhecimento que deriva da engenharia biomédica e que foca na gestão de tecnologias em saúde, mais especificamente, equipamentos médico hospitalares (EMH). Conforme definido pelo Manual para Regularização de Equipamentos Médicos da Anvisa (2017), define-se como EMH aqueles equipamentos de uso em saúde, com finalidade médica, odontológica, laboratorial ou fisioterápica, utilizado direta ou indiretamente para diagnóstico, terapia, reabilitação ou monitorização de seres humanos, e, ainda, os com finalidade de embelezamento e estética (EBSERH, 2018).

A EC surgiu há cerca de 40 anos para gerenciar e integrar a implantação da tecnologia médica e forma adequada à prática clínica (KHALAF et al., 2013). No Brasil, foi estabelecida com um atraso de aproximadamente 30 anos em relação à Europa e aos Estados Unidos. Sua introdução no país foi impulsionada pela necessidade financeira, devido aos altos custos de manutenção dos equipamentos médicos e acessórios (ANTUNES, 2002). Este campo surgiu em resposta à crescente necessidade de uma gestão eficiente e sustentável dos recursos tecnológicos no setor da saúde.

A Engenharia Hospitalar atua no gerenciamento de todas as instalações hospitalares que mantem a instituição e os seus equipamentos em funcionamento, portanto, os profissionais da área estão interligados dentre as diversas atividades executadas, algumas delas são: o gerenciamento de manutenções e de riscos tecnológicos; a avaliação tecnológica; a participação nos projetos de instalações hospitalares; a garantia de qualidade nos treinamentos; e a manutenção corretiva e preventiva, dentre outras atividades (ANVISA, 2000b).

A complexidade dos processos de gestão de um parque tecnológico depende não só da quantidade de equipamentos, mas também do nível de tecnologia utilizada. Isso mostra a importância desses dispositivos para a sobrevivência e o tratamento do paciente. O Setor de EC hospitalar é responsável por observar o ciclo de tecnologia dos equipamentos (Figura 1) do ponto de vista da tecnologia médica, e não apenas pela manutenção. Por outro lado, a EC sendo responsável pela gestão dos equipamentos médicos, gerência o ciclo de vida dos equipamentos desde a especificação e avaliação da tecnologia para aquisição, avaliação de infraestrutura hospitalar, incorporação, instalação, treinamentos, controle e segurança, intervenções técnicas, até o descarte do equipamento ao final de sua vida útil.

Figura 1- Fases do ciclo de vida de um equipamento.



Fonte – Anvisa (2000b, p. 6).

Após a aquisição e instalação de um equipamento hospitalar, é de suma importância queocorra um treinamento para a equipe que o opera. Esses treinamentos são dados por um funcionário especializado da empresa responsável pela venda e pelo engenheiro clínico responsável pelos equipamentos do EAS (Estabelecimento Assistencial de Saúde), (SUASSUNA, 2019).

Dyro (2004), cita que os engenheiros clínicos, além de responsabilidade na realização dainspeção, manutenção e calibração de equipamentos médicos, participam da crescente demandade controle de custos, de otimização na utilização dos recursos, da verificação de atendimento aos requisitos regulatórios, enfatizando que a atuação da EC vai além da manutenção técnica, englobando também a educação dos profissionais de saúde quanto ao uso correto e seguro dosequipamentos, por meio dos treinamentos e da gestão de um ambiente tecnológico cada vez mais complexo.

Um programa eficaz de gerenciamento de equipamentos exige planejamento, gestão e execução adequadas levando em consideração os recursos financeiros, materiais e humanos e visando ao funcionamento ótimo dos equipamentos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011). Ainda, na organização do programa a instituição deve documentar a estrutura organizacional, as atribuições e as responsabilidades dos profissionais envolvidos nas atividades de gerenciamento, bem como implementar um

programa de educação continuada para estes profissionais. Recomenda-se que o responsável pela elaboração do programa seja denível superior e registrado no respectivo conselho de classe (OLIVEIRA, 2009). Geralmente, os profissionais que desempenham estas atividades são engenheiros biomédicos ou engenheirosclínicos.

A EC desempenha um papel crucial no setor de saúde, assegurando que os equipamentosmédicos estejam em pleno funcionamento, atendendo às normas de segurança e desempenho. Neste contexto, o gerenciamento eficiente de equipamentos torna-se essencial para garantir a qualidade dos serviços prestados. No cerne desse processo, destaca-se a necessidade detreinamento contínuo para lidar com a introdução de novos equipamentos, garantindo assim a eficácia e segurança no ambiente clínico.

Conforme Margotti (2012), o processo de gerenciamento de equipamentos na EC envolvevárias etapas, especialmente a fase de aquisição, onde é crucial avaliar não apenas a eficácia clínica do equipamento, mas também a sua interoperabilidade com sistemas já existentes, os requisitos regulamentares e os custos associados. Uma análise detalhada desses fatores permite decisões informadas, alinhadas às necessidades específicas da instituição de saúde.

A aquisição de novos equipamentos demanda um planejamento cuidadoso para sua instalação e integração no ambiente hospitalar. Segundo Oliveira e Silva (2012), a EC desempenha um papel fundamental nesse processo, coordenando a instalação estratégica do equipamento, sua conexão com os sistemas de informação hospitalar e a realização de treinamentos adequados para a equipe clínica. Essa atuação promove um fluxo de trabalho eficiente, e garante uma coleta segura de dados. Além disso, o treinamento adequado não apenasminimiza o risco de erros operacionais, mas também otimiza o uso do equipamento, garantindoque suas capacidades sejam plenamente exploradas para benefício dos pacientes.

O treinamento para equipamentos novos na área da EC deve ser abrangente e adaptado às características específicas de cada dispositivo. Isso inclui não apenas a operação básica, mastambém procedimentos de manutenção de rotina, resolução de problemas e, quando necessário,intervenções de suporte avançado. A abordagem de treinamento deve ser interdisciplinar, envolvendo não apenas técnicos de EMH, mas também profissionais de saúde que terão interação direta com o equipamento.

De acordo com Silva e Seiffert (2009), dentro das instituições de saúde, a

Enfermagem tem um papel fundamental na organização da infraestrutura necessária para garantir a execução segura e eficiente dos procedimentos médicos e de enfermagem. Ademais, realiza atividades assistenciais, fornece orientações e promove educação preventiva, com o intuito de fomentar oautocuidado e auxiliar na reintegração social do paciente.

A maioria dos EAS possui um departamento denominado “educação continuada ou contínua” ou “educação em serviço”, que necessita de recursos naturais, financeiros, materiaise, sobretudo, humanos para o desempenho de suas atividades. Nos cuidados de saúde, os processos educativos têm como objetivo o aperfeiçoamento dos profissionais por meio de diversas atividades designadas, de modo geral, como capacitações, treinamentos e cursos emergenciais ou pontuais, que são estruturados e contínuos. Nesse sentido, é preciso que os processos promovam não apenas interação entre áreas do conhecimento, mas também entre profissionais dessas áreas (SILVA et al, 1989).

Dessa forma, a Educação Continuada consiste em uma série de práticas que visam promover alterações específicas nos paradigmas predominantes de formação e cuidados em saúde. Trata-se de um processo que tem como meta oferecer ao indivíduo a oportunidade de adquirir conhecimentos, possibilitando assim seu pleno desenvolvimento profissional e pessoal,levando em conta o contexto institucional e social. (BEZERRA, 2003).

A Educação Permanente tem avançado em sua concepção e no âmbito dos sistemas de saúde. Trata-se de um processo contínuo que visa ao desenvolvimento integral dos profissionaisda área, utilizando as experiências do ambiente de trabalho, o cotidiano do ambiente clínico e a análise de problemas reais. Dessa forma, promove-se uma aprendizagem significativa, baseada em situações concretas e cotidianas, consideradas ideais para o crescimento profissional e a melhoria das práticas de saúde (HADDAD et al, 1989).

As empresas devem buscar a capacitação e o desenvolvimento de seus quadros, pois observa-se que, atualmente nas organizações hospitalares, o contraste entre necessidades e realidade é acentuado. Desse modo, um programa de educação voltado aos profissionais de enfermagem requer um planejamento dinâmico, participativo, interdisciplinar com objetivos definidos, buscando atender diretamente as necessidades da organização e dos profissionais.

A implementação eficaz do treinamento requer uma colaboração estreita entre os fabricantes dos equipamentos, a equipe de EC e os profissionais de saúde. Os fabricantes
desempenham um papel crucial ao fornecer materiais de treinamento abrangentes, manuais deusuário claros e suporte técnico contínuo. A engenharia atua como facilitadora desse processo,personalizando o treinamento conforme necessário e garantindo que todos os aspectos técnicossejam devidamente abordados.

A abordagem de treinamento deve ser adaptada à realidade do ambiente clínico, levando em consideração horários de pico e a necessidade de evitar comprometer o atendimento ao paciente. Além disso, métodos de treinamento inovadores, como simulações práticas, treinamento online e etc., podem ser incorporados para aumentar a eficácia do processo, proporcionando um ambiente seguro para o aprendizado que permita a reflexão sobre erros e desempenho, promovendo, assim, uma mudança comportamental positiva.

A avaliação contínua do treinamento é fundamental para detectar falhas e adaptar o programa de forma eficiente. Ao integrar metodologias como o ciclo PDCA, torna-se possívelimplementar mudanças em pequena escala e avaliar seu impacto antes de uma implementaçãomais ampla, enquanto os feedbacks regulares da equipe clínica garantem uma análise constante do desempenho após a introdução de novos equipamentos, promovendo ajustes contínuos paramelhorar a eficácia do treinamento (RAPIN et al., 2023).

Sendo assim, em um cenário onde a tecnologia médica está em constante evolução, o treinamento adequado para equipamentos novos é uma peça-chave desse quebra-cabeça, garantindo que a introdução de tecnologias inovadoras seja acompanhada por uma equipe capacitada e pronta para proporcionar o mais alto padrão de cuidados aos pacientes. O investimento contínuo em treinamento é essencial para manter a competência da equipe, garantindo a segurança e eficácia na utilização de equipamentos médicos avançados.

2.2 ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO: INTERVENÇÕES E DISPONIBILIDADE DEEQUIPAMENTOS

Em um mercado em frequente transformação, onde novas metas surgem continuamente,é fundamental que as empresas invistam em ferramentas que aprimorem o gerenciamento da manutenção. Isso não só eleva a qualidade e prolonga a vida útil dos

equipamentos, mas também contribui para aumentar a eficiência na prestação de serviços. (KARDEC, A.; NASCIF,J.,2004).

A manutenção hospitalar tem como principal objetivo preservar as instalações e equipamentos contra a deterioração precoce por meio de serviços e intervenções sistemáticas, promovendo o mais alto nível de eficiência operacional, com a menor necessidade de reparos corretivos. Isso assegura que a instituição hospitalar mantenha suas atividades essenciais de forma contínua, com qualidade, segurança e funcionalidade. A confiabilidade e disponibilidade dos sistemas e dispositivos médicos em um ambiente clínico podem ser decisivas para salvar vidas. Por esse motivo, é fundamental que os equipamentos estejam prontos para uso imediato (INBEC PÓS-GRADUAÇÃO - ENGENHARIA, ARQUITETURA, 2019).

Segundo Kardec e Nascif (2019), a engenharia de manutenção é uma abordagem que engloba um conjunto de atividades estratégicas para garantir a máxima performance dos equipamentos e instalações. Ao implementar programas de manutenção preventiva, preditiva e corretiva, essa área busca eliminar falhas inesperadas, otimizar a gestão de materiais e desenvolver um plano de manutenção personalizado para cada ativo, visando aumentar a vida útil e a confiabilidade dos sistemas. Além disso, promove um ambiente clínico proativo na gestão dos ativos e essa transformação implica em investir em tecnologia, bem como na capacitação de pessoal agregando no desenvolvimento de equipes altamente qualificadas.

A rápida evolução dos dispositivos médicos, que se tornam cada vez mais complexos, como no caso de ressonâncias magnéticas, tomografias computadorizadas, etc., exige uma atenção redobrada quanto à sua manutenção. A manutenção preventiva, preditiva e corretiva, desempenham papéis cruciais para assegurar que esses equipamentos operem de maneira eficaz,minimizando falhas que podem comprometer diagnósticos e tratamentos e, consequentemente,a segurança do paciente.

Para garantir o pleno funcionamento dos hospitais, é essencial que a manutenção esteja presente em praticamente todas as suas atividades. O êxito de uma cirurgia não depende apenasda equipe médica, mas também do estado de conservação e funcionamento seguro dos dispositivos utilizados. Dessa forma, os pacientes estão constantemente dependentes de tecnologia, e qualquer falha nos equipamentos pode resultar em consequências graves (FARIA,1999).

As intervenções na manutenção de EMH não se limitam apenas ao reparo de falhas, mas também englobam ações preventivas, tais como inspeções regulares, calibrações e atualizações de software. Essas práticas visam prevenir a ocorrência de problemas, minimizando assim os períodos de inatividade dos dispositivos. Na EC, profissionais especializados em eletrônica,
mecânica e tecnologia da informação colaboram para criar um ambiente no qual os equipamentos estão sempre prontos para atender às necessidades dos profissionais de saúde.

A manutenção é geralmente categorizada com base em diferentes critérios e deve ser executada levando em consideração tanto o estado do equipamento quanto o motivo que gerou a necessidade de intervenção, para garantir a eficácia da ação e a segurança operacional.

“Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item” (NBR 5462, 1994, p. 7). Dessa forma é definida a Manutenção Preventiva (MP), sendo assim, essa desempenha um papel preponderante na garantia da disponibilidade dos equipamentos médicos. Ao antecipar possíveis falhas e realizar intervenções programadas, os engenheiros clínicos contribuem significativamente para a continuidade dos serviços de saúde.Além disso, a aplicação de protocolos de manutenção específicos para cada tipo de equipamentoassegura um ciclo de vida mais longo e eficiente, reduzindo custos associados à substituição prematura.

Por outro lado, tem-se a definição de Manutenção Corretiva (MC), “manutenção efetuadaapós a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida” (NBR 5462, 1994, p. 7). Logo, essa é primordial quando ocorrem falhas inesperadas. A prontidão para identificar e resolver problemas de forma rápida e eficiente é essencial para evitar impactos negativos na prestação de cuidados aos pacientes. Nesse sentido,a EC atua como uma ponte entre os profissionais de saúde e os técnicos de manutenção, facilitando a comunicação e a resolução ágil de questões relacionadas aos equipamentos médicos.

Há ainda a Manutenção Preditiva (MPd), definida como “manutenção que permitegarantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir aomínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva” (NBR

5462, 1994, p. 7). Por sua vez, permite antecipar quando um componente está se aproximando do fim de sua vidaútil, facilitando a programação de substituições ou reparos das peças.

Este método é amplamente reconhecido e é visto como superior aos demais, graças à suautilização de tecnologia para prever as condições do equipamento. Em virtude disso, requer uma equipe mais ampla e com maior especialização. Para que possa ser implementado, é essencial que o equipamento tenha a capacidade de monitorar algum parâmetro fundamental
(XENOS, 2014). Na Figura 2, são apresentados os tipos de manutenção definidos de acordocom a NBR 5462/1994.

Figura 2 – Tipos de Manutenção.

Fonte – Tipos de Manutenção de acordo com a NBR 5462. (2018) (adaptado).

Em instituições de saúde, a escolha da estratégia de manutenção adequada é crucial paragarantir a qualidade e a continuidade dos serviços prestados aos pacientes. Segundo (TELES, 2018), as diferentes modalidades de manutenção estão associadas a um conjunto de estratégiasque visam otimizar a disponibilidade dos equipamentos, reduzir custos e minimizar o impactonas atividades assistenciais. Essas estratégias, que são em média sete, estão descritas como:

- Melhorias da Engenharia de Manutenção: modificação nos processos, equipamentos e instalações para diminuir custos de manutenção e elevar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos;
- Manutenção Preditiva Instrumentada: serviço **planejado** e **programado**

realizado para **identificar** e **quantificar** falha potencial;

- Manutenção Preditiva Sensitiva: serviço **planejado** e **programado** realizado para identificar **falha potencial**;
- Manutenção Preventiva Condicional: serviço **planejado** e **programado**

realizado após **falha potencial** identificada;

- Manutenção Preventiva Sistemática (baseada no tempo): serviço **planejado** e

programado realizado sem **falha potencial** identificada;

- Manutenção Corretiva Programada: serviço **programado** realizado após **falhafuncional;**
- Manutenção Corretiva Reativa: serviço **não planejado** realizado após **falhafuncional**.

É importante também destacar os conceitos que caracterizam falha potencial e falha funcional. A falha potencial é um estado intermediário entre o funcionamento normal e a falha completa de um equipamento. Se caracteriza por sinais sutis que indicam uma deterioração gradual do desempenho. A identificação precoce dessas falhas é fundamental para evitar que evoluam para falhas funcionais, que podem causar paradas não programadas e prejuízos significativos. A falha funcional, por sua vez, representa a incapacidade total do equipamento de cumprir sua função e exige intervenções corretivas imediatas (TELES, 2017).

A implementação de tecnologias emergentes na área também desempenha um papel fundamental na otimização das intervenções de manutenção. Sistemas de monitoramentoremoto, sensores inteligentes e análise de dados em tempo real possibilitam uma abordagem proativa, identificando padrões de desempenho e antecipando necessidades de manutenção. Isso não apenas reduz os custos operacionais, mas também contribui para a disponibilidade contínua dos equipamentos médicos.

Além dos aspectos técnicos, a EC lida com desafios específicos relacionados à interaçãodos equipamentos com o ambiente hospitalar e as equipes de saúde. A capacidade de compreender as demandas clínicas, interpretar as necessidades dos profissionais de saúde e traduzi-las em intervenções de manutenção eficazes é uma habilidade chave nesse campo. A colaboração interdisciplinar entre engenheiros, médicos e enfermeiros é essencial para assegurar que a manutenção seja realizada de maneira eficiente, sem comprometer a

qualidadedo atendimento ao paciente.

Em síntese, a Engenharia de Manutenção, com foco na intervenção e disponibilidade de equipamentos médicos hospitalares, destaca-se como uma ferramenta essencial para a funcionalidade eficaz dos serviços de saúde. A EC desempenha um papel crucial na gestão hospitalar, sendo responsável pelo gerenciamento de dispositivos médicos e aplicação de habilidades de engenharia para otimização de recursos (PEIXOTO et al., 2021). Sua importância se estende à segurança do paciente, com uma integração da equipe multiprofissional contribuindo para uma assistência mais segura e para o aprimoramentocontínuo da qualidade dos cuidados de saúde (MARREIROS, A.; SANTOS D., 2024).

2.3 INDISPONIBILIDADES POR MAU USO

Para uma abordagem mais assertiva sobre as indisponibilidades causadas por mau uso é imprescindível tratar a respeito da conceituação de disponibilidade, nesse caso, aplicada ao ambiente hospitalar. Quando falamos em disponibilidade de um equipamento, estamos nos referindo à sua prontidão para funcionar sempre que necessário. A NBR 5462 define essa medida como a capacidade de um equipamento executar sua função em um determinado momento ou período, considerando tanto sua confiabilidade (probabilidade de não falhar) quanto sua mantenabilidade (facilidade de reparo).

Em termos práticos, a disponibilidade é calculada como uma porcentagem que indica quanto tempo o equipamento esteve disponível para uso em um determinado intervalo. Essa métrica é crucial, pois permite avaliar a eficiência dos ativos, identificar pontos de melhoria e reduzir custos associados a paradas não programadas. De modo objetivo, a disponibilidade é calculada da seguinte forma:

$$Disponibilidade = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTTR+MTBF}} * 100$$

Para determinar essa equação, o método apresentado por Dombrysk (2024), toma como base a NBR 5462, onde:

- MTBF (*Mean Time Between Failures*): é o tempo médio entre falhas, que representa a média de tempo que o equipamento opera sem apresentar falhas.

- MTTR (*Mean Time to Repair*): é o tempo médio para reparo, que indica quantotempo, em média, é necessário para realizar o reparo do equipamento após uma falha.

Portanto, a disponibilidade é um indicador chave para avaliação de performance e permitea tomada de decisões para implementação de ações com a finalidade de melhoria na eficiênciae na confiabilidade dos sistemas de saúde.

O uso inadequado de equipamentos médicos em instalações de saúde pode levar ao aumento dos custos de manutenção e à redução da disponibilidade. Análises têm mostrado que a implementação de programas de manutenção preventiva e a priorização de equipamentos combase em fatores como taxas de falha, viabilidade de manutenção e importância para a missão da instituição podem melhorar a segurança e a qualidade do atendimento (MORAIS, V.;MUHLEN, S., 2004).

A incorporação de tecnologias cada vez mais sofisticadas nos hospitais, embora ofereça inúmeros benefícios, também traz consigo riscos de complicações. Erros no manuseio de equipamentos, falta de manutenção regular e a ausência de capacitação adequada dos profissionais da saúde podem resultar em eventos adversos e comprometer a qualidade da assistência. No manual de segurança da ANVISA (2015, p. 39) foi apontado que cerca de 35%dos eventos adversos registrados em um hospital universitário estavam associados ao uso de equipamentos médicos. Diante desse cenário, torna-se urgente a necessidade de aprofundar as pesquisas sobre as causas desses problemas e adotar medidas eficazes para mitigar seus impactos, como a elaboração de protocolos de segurança e a implementação de programas de treinamento contínuo.

O treinamento adequado dos profissionais de saúde é um dos pilares fundamentais para o funcionamento eficiente dos EMH. Entretanto, a indisponibilidade desses equipamentos muitas vezes está diretamente relacionada ao treinamento insuficiente ou inadequado dos usuários. Profissionais mal treinados podem não compreender totalmente as funcionalidades dos equipamentos, resultando em manipulações inadequadas e, consequentemente, em falhas funcionais.

Treinar profissionais de saúde e residentes no manuseio adequado de equipamentos é crucial para reduzir os custos de manutenção e garantir o uso seguro (BARBOSA, F.; FERRAZ,N., 2021). O gerenciamento eficaz da manutenção, incluindo o uso de ferramentas de qualidade e métodos observacionais, pode ajudar a identificar e abordar as principais

causas de quebras de equipamentos (GERÔNIMO et al., 2017). A disponibilidade dos equipamentos médicos não se resume apenas à operacionalidade técnica, também está intrinsecamente ligada à segurança dos pacientes.

A falta de treinamento para profissionais de saúde impacta significativamente a segurança do paciente de diversas maneiras. A inadequação na formação pode levar ao manuseio incorreto e ao uso indevido dos equipamentos, resultando em complicações sérias, e de acordo com dados da ANVISA (2015), em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) até 30% das ocorrências são atribuídas a esse tipo de erro. Além disso, erros na administração de medicamentos, como taxas de infusão ou dosagens incorretas, estão frequentemente relacionados à falta de familiaridade dos profissionais com os equipamentos e protocolos necessários. Essa situação não apenas aumenta a incidência de erros, mas também pode gerar estresse e ansiedade nos profissionais, comprometendo ainda mais sua capacidade de tomada de decisão e interação com os pacientes.

Em muitos casos, a formação oferecida aos profissionais de saúde sobre o uso de equipamentos médicos é superficial e não abrange todas as nuances das tecnologias disponíveis. É preciso considerar também a alta rotatividade do pessoal de saúde atuante no setor, pois a ausência da prática diária e a falta de atualização constante diante das inovações tecnológicas contribuem significativamente para o mau uso desses dispositivos, impactando diretamente na sua disponibilidade para o atendimento aos pacientes.

De acordo com Pivato (2021), a ausência de treinamento adequado também compromete a adesão a protocolos de segurança, elevando o risco de eventos adversos relacionados às tecnologias médicas. A falta de formação pode resultar em uma desumanização nas relações entre médicos e pacientes, onde o foco excessivo na tecnologia prejudica a interação humana e a confiança do paciente. Portanto, é fundamental que haja um investimento contínuo em educação e capacitação para os profissionais de saúde, a fim de minimizar os riscos associados ao uso de tecnologias médicas e promover a segurança do paciente.

Conforme abordado anteriormente, o mau uso frequente além de causar danos ao paciente, também acelera o desgaste dos equipamentos, tornando necessárias manutenções mais frequentes e onerosas. A negligência na realização de MP e MC também é uma das principais causas da indisponibilidade de EMH. Como esses processos são interdependentes, a indisponibilidade pode levar a atrasos nos procedimentos médicos,

comprometendo a eficácia dos tratamentos e aumentando o tempo de recuperação dos pacientes. Isso não apenas gera impactos negativos na saúde dos indivíduos atendidos, mas também contribui para um sistemade saúde menos eficiente e mais oneroso.

Logo, fica evidente que a indisponibilidade de EMH devido ao mau uso é um problema sério que pode comprometer a qualidade do atendimento. Para solucionar essa questão, é fundamental investir em programas de capacitação contínua para os profissionais de saúde, como objetivo de garantir que utilizem os equipamentos de forma correta e eficiente. Além disso, a implementação de um plano de manutenções programadas é essencial para prolongar a vida útildos equipamentos e reduzir o tempo de inatividade. A combinação dessas medidas, aliada à criação de políticas que incentivem a responsabilidade no uso dos EMH, contribui para um sistema de saúde mais robusto e confiável, garantindo a disponibilidade dos equipamentos sempre que necessário.

2.4 TREINAMENTO PARA MELHORIA CONTINUADA

O treinamento é uma estratégia eficaz para desenvolver competências, promovendo tanto o aumento da produtividade quanto a inovação. Além disso, contribui para a padronização de processos, melhora a segurança na execução de atividades e auxilia na redução de custos. Comuma orientação adequada, os profissionais conseguem aperfeiçoar suas habilidades e conhecimentos, resultando em um desempenho mais eficiente e gerando melhores resultados para a organização de modo geral (FURINI, A. 2018).

O treinamento e o desenvolvimento contínuos das equipes de saúde são cruciais para melhorar a qualidade do serviço e reduzir quebras de equipamentos em unidades médicas. Estudos destacam a importância da educação continuada para aprimorar as competências profissionais e atingir os objetivos organizacionais (LEPESTEUR, 2024). Apontam ainda que treinamento e manutenção adequados de equipamentos médicos são cruciais para reduzir errose melhorar o desempenho hospitalar.

A Educação Permanente em Saúde (EPS) deve ser encarada como uma ferramenta vital para capacitar os profissionais, permitindo que eles se atualizem e desenvolvam suas competências em um ambiente em constante evolução. Segundo Lepesteur (2024), a formação contínua não apenas amplia o conhecimento dos profissionais, mas também favorece a criaçãode um modelo de cuidado mais eficiente e humanizado, evidenciando a necessidade de uma educação que vá além das limitações do sistema vigente.

Algumas pesquisas indicam desafios na gestão da força de trabalho em saúde, incluindocontratos de trabalho de curta duração, treinamento complementar limitado em atenção primária à saúde e iniciativas insuficientes de educação permanente (GLERIANO et al., 2021).Abordar essas questões por meio de programas de treinamento direcionados e práticas de gestãoaprimoradas pode levar a melhorias significativas na prestação de serviços de saúde e na manutenção de equipamentos.

Um estudo realizado entre 2011 e 2015 (BRASIL, 2016), destaca que a viabilidade da execução desse processo de capacitação da equipe de saúde está intrinsecamente ligada à implementação da EPS, que promove a troca de experiências e a colaboração entre os diversosatores sociais, incluindo profissionais de saúde, gestores, usuários e equipe técnica da EC. Essaabordagem sugere que a formação continuada deve ser um processo dinâmico e participativo, capaz de se adaptar às necessidades específicas de cada equipe e contexto, promovendo um ambiente de aprendizado contínuo e colaborativo. Entre as formas de execução dessas ações, destacam-se a realização de workshops, seminários e encontros de capacitação que permitirama participação ativa dos profissionais envolvidos. De acordo com Brito et al. (2022), as atividades foram estruturadas para facilitar a discussão de casos práticos e a análise do cotidiano laboral, promovendo um ambiente positivo para o aprendizado.

Os EMH são projetados para fornecer diagnósticos precisos, intervenções seguras e monitoramento eficaz. O desconhecimento ou o uso inadequado desses equipamentos resulta não apenas em erros operacionais, implicando diretamente na elevada frequência de quebras, mas também em riscos à segurança do paciente.

A melhoria contínua na área da saúde é um objetivo constante, e a capacitação desempenha um papel chave nesse processo. Ao investir em programas de treinamento, as instituições de saúde promovem uma cultura de aprendizado constante entre seus profissionais,garantindo que eles estejam atualizados com as últimas tecnologias e melhores práticas. No contexto dos equipamentos médicos, essa ação permite que os profissionais se familiarizem com as atualizações de software, ajustes de configuração e protocolos de segurança, contribuindo para um uso mais eficiente e seguro desses dispositivos.

As quebras frequentes de equipamentos médicos não apenas comprometem a continuidade do atendimento aos pacientes, mas também resultam em custos significativos paraas instituições de saúde. Logo, treinamentos específicos sobre a operação adequada

desses dispositivos têm o potencial de reduzir substancialmente o número de falhas e, consequentemente, aumentar a durabilidade dos equipamentos. Profissionais devidamente treinados são capazes de identificar e corrigir problemas menores antes que evoluam para falhasmais graves, evitando interrupções não planejadas nos serviços de saúde.

Um exemplo é o uso da educação baseada em simulação, que preenche lacunas em conhecimento e habilidade ao fornecer cenários realistas onde os profissionais de saúde podemaplicar conhecimento teórico em ambientes controlados e sem riscos. Isso demonstrou melhorarhabilidades técnicas e não técnicas, bem como melhorar o desempenho da equipe em ambientesclínicos (BRAZIL et al., 2019). Além disso, incorporar recursos multimídia e casos clínicos reais ajuda a contextualizar o treinamento, tornando-o mais relevante e envolvente para os participantes. Estudos sugerem que esse tipo de treinamento prático é altamente eficaz para melhorar a retenção e a aplicação de novos conhecimentos na prática diária (MCGAGHIE et al., 2011). Além disso, a interação com os fabricantes de equipamentos durante o treinamento fornece *insights* em primeira mão sobre a funcionalidade do dispositivo e a solução de problemas, aumentando ainda mais a relevância contextual dos programas de treinamento(YALE SCHOOL OF MEDICINE, 2023).

À medida que as instituições de saúde reconhecem a importância da capacitação específica, estão não apenas protegendo seus investimentos em tecnologia, mas também elevando os padrões de atendimento e promovendo uma cultura de excelência na assistência médica.

3 EFEITOS DO USO INADEQUADO DOS EQUIPAMENTOS MÉDICOS HOSPITALARES

3.1 MAU USO: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

O mau uso de equipamentos médicos hospitalares é um problema recorrente que afeta diretamente a segurança e a qualidade do atendimento à saúde. Muitos incidentes estão associados à falta de treinamento adequado, erro humano, ou desconhecimento sobre o funcionamento dos dispositivos. Estudos indicam que o manuseio incorreto pode resultar em erros críticos, como falhas na aplicação de ventiladores, desfibriladores e monitores multiparâmetros, impactando negativamente a saúde dos pacientes e sobrecarregando os profissionais de saúde (SANTOS et al., 2021). Além disso, as consequências podem ser desdedanos leves até lesões graves ou óbito, dependendo do equipamento envolvido.

A relevância do tema está na urgência de garantir que os profissionais de saúde estejam devidamente preparados para operar equipamentos complexos. A má utilização está diretamente ligada à falta de capacitação e reciclagem contínua dos profissionais, especialmentediante da rápida evolução tecnológica na área da saúde (SILVA et al., 2020). Além decomprometer o bem-estar dos pacientes, o mau uso pode acarretar custos elevados para as instituições, seja pela necessidade de reparos, substituição de equipamentos danificados ou eventos adversos decorrentes de falhas que causaram danos aos pacientes.

O evento adverso é caracterizado como qualquer ocorrência não desejada relacionada aouso de um produto ou procedimento de saúde, que pode resultar em danos ou risco ao paciente,mesmo que o uso tenha sido realizado corretamente. Esse tipo de evento pode estar ligado a erros de medicação, falhas em equipamentos médicos ou procedimentos inadequados. Oobjetivo principal da notificação e investigação de eventos adversos é prevenir a repetição e melhorar a segurança no ambiente de saúde, minimizando riscos e promovendo um cuidado mais seguro (ANVISA, 2020).

Exemplos concretos reforçam a gravidade da questão. Um estudo realizado em hospitaisbrasileiros revelou que cerca de 25% dos eventos adversos em UTI estavam relacionados ao uso inadequado de equipamentos, especialmente monitores cardíacos e ventiladores (OLIVEIRA et al., 2022). Outro exemplo envolve a utilização incorreta de bombas de infusão,que resultou em doses incorretas de medicamentos administrados a pacientes, aumentando o risco de complicações. Esses casos demonstram como o erro

humano, quando aliado à falta detreinamento, pode ser prejudicial tanto ao paciente quanto à equipe clínica.

Como solução, é essencial implementar um plano de ação que contemple treinamento contínuo, tanto teórico quanto prático, aliado a programas de simulação e avaliação regular dashabilidades dos profissionais de saúde. Além disso, a integração de tecnologias de suporte à decisão clínica, como sistemas de alerta e dispositivos inteligentes, pode minimizar erros operacionais (FERREIRA et al., 2023). A promoção de uma cultura de segurança nas instituições de saúde também é fundamental, incentivando a notificação de eventos adversos para a melhoria contínua dos processos.

Diante da relevância do tema, os próximos tópicos desta análise irão se concentrar em quatro tipos específicos de equipamentos médicos hospitalares que desempenham papéis essenciais no suporte à vida e estão presentes em todas as Unidades de Terapia Intensiva (UTI):o monitor multiparamétrico, a bomba de infusão, o ventilador pulmonar e o cardioversor. A escolha desses equipamentos se justifica pela alta criticidade de seu uso no cuidado intensivo, sendo indispensáveis para a monitoração e intervenção contínua em pacientes graves. Cada capítulo trará uma descrição detalhada do funcionamento de cada dispositivo, incluindo as recomendações de fabricantes para o uso correto e seguro, além de uma análise dos incidentesmais comuns relacionados a esses equipamentos. Com isso, buscamos reforçar a importância do treinamento adequado e do conhecimento técnico como pilares para minimizar erros e garantir a segurança do paciente no ambiente hospitalar.

3.2 MONITOR MULTIPARAMÉTRICO

O monitor multiparamétrico é um dos dispositivos mais fundamentais na prática médica,sendo utilizado para acompanhar e exibir, em tempo real, diversos parâmetros vitais de pacientes, como frequência cardíaca, saturação de oxigênio, pressão arterial e temperatura. Surgiu a partir da evolução dos primeiros monitores cardíacos desenvolvidos no início do século XX, em resposta à necessidade crescente de acompanhamento contínuo em unidades deterapia intensiva. Esse dispositivo, ao longo das décadas, foi ganhando sofisticação, incorporando novos sensores e algoritmos que permitem uma avaliação precisa e simultânea devários parâmetros. Hoje, ele é amplamente utilizado em hospitais e centros de saúde ao redor do mundo, contribuindo significativamente para a tomada de decisões clínicas rápidas einformadas (SOUZA, R.; PEREIRA, M., 2018).

3.2.1 Descrições e Funcionamento

O monitor multiparamétrico opera integrando diferentes sensores que captam sinais fisiológicos do paciente, os quais são processados e exibidos em um display central. Esses dispositivos são compostos por módulos configuráveis, permitindo a personalização de acordocom as necessidades clínicas, como a inclusão de capnografia em pacientes intubados. O monitor multiparâmetros opera através da integração de diversos sensores e sistemas deprocessamento de dados.

Cada parâmetro vital é monitorado por meio de tecnologias específicas que coletam sinais fisiológicos e os convertem em informações utilizáveis para profissionais de saúde. Por exemplo, a frequência cardíaca é medida através de eletrodos colocados no tórax do paciente, que detectam os sinais elétricos do coração (FUSTER, 2011). A pressão arterial é geralmente medida por um esfigmomanômetro eletrônico que utiliza um manguito inflável para detectar aspressões sistólica e diastólica (WEBER ET AL., 2014). A saturação de oxigênio é monitoradapor meio de um oxímetro de pulso, que utiliza luz infravermelha para medir a oxigenação do sangue (CHAN ET AL., 2013). Não limitados, tem-se também eletrocardiograma (ECG) que utiliza eletrodos posicionados na pele do paciente para detectar a atividade elétrica do coração. A temperatura corporal (TC) é medida por termômetros eletrônicos que utilizam sensores de temperatura, como termistores ou termopares. A Frequência Respiratória (FR) pode ser monitorada através da análise de variações na impedância torácica ou pelo uso de sensores de fluxo de ar. Logo, cada um desses parâmetros requer tecnologias específicas para sua medição.

3.2.2 Recomendações do Fabricante

Ambiente de uso

Os monitores multiparamétricos são indicados para utilização em ambientes hospitalares controlados, como unidades de terapia intensiva, salas de cirurgia e emergências. O equipamento deve operar em áreas onde a temperatura e a umidade estejam dentro dos limitesrecomendados, geralmente entre 10°C e 40°C, e com umidade relativa de 15% a 95%, sem condensação.

Manuseio e Limpeza

O manuseio adequado deve seguir as orientações fornecidas no manual do fabricante, que inclui evitar quedas e impactos que possam danificar os sensores ou o

display. Para a limpeza, é recomendada a utilização de soluções desinfetantes não abrasivas, sendo proibido ouso de água em excesso ou produtos corrosivos, a fim de preservar a integridade dos componentes eletrônicos.

Compatibilidade e Interferências

Em termos de compatibilidade, os monitores devem ser conectados a outros dispositivos hospitalares apenas quando houver certificação de interoperabilidade. Interferências eletromagnéticas devem ser evitadas, e o equipamento precisa ser posicionado distante de fontes que possam causar distúrbios nos sinais, como aparelhos de raio-X e ressonância magnética (ANVISA, 2020).

3.2.3 Incidentes Mais Comuns

Entre os incidentes mais comuns envolvendo monitores multiparamétricos estão falhas na calibração, erros de leitura causados por mau posicionamento dos sensores, e alarmes falsos. A falha de calibração, em especial, pode resultar em dados imprecisos, afetando diretamente atomada de decisões clínicas. O mau posicionamento de eletrodos ou do oxímetro de pulso também é uma das principais causas de erros de leitura, muitas vezes resultando em alarmes falsos ou leituras inconclusivas. Além disso, a falta de manutenção preventiva pode ocasionar sobrecargas no sistema elétrico ou desgaste nos cabos e conectores, aumentando o risco de falhas durante o uso clínico (BRASIL, 2020). A Anvisa recomenda que sejam realizadas revisões periódicas e que todos os incidentes sejam devidamente reportados e investigados, visando melhorar a segurança no uso desses equipamentos.

Em um exemplo notificado à Anvisa, um hospital relatou a falha de um monitor multiparamétrico que interrompeu a captação dos sinais vitais de um paciente durante uma cirurgia. A falha foi causada por uma sobrecarga no sistema de alimentação elétrica do dispositivo, que não estava corretamente aterrado, conforme exigido pelas normas. Felizmente,a equipe médica conseguiu identificar o problema e restaurar o funcionamento do monitor semmaiores complicações, mas o incidente destacou a importância de seguir rigorosamente as recomendações de segurança elétrica descritas pelo fabricante (ANVISA, 2020).

Outro incidente relatado envolveu um monitor multiparamétrico que apresentou leiturasincorretas da pressão arterial durante o acompanhamento de um paciente em estado

crítico. Após investigação, foi constatado que o manguito utilizado para medir a pressão estava desgastado, o que interferiu na precisão das medições. O evento levou à troca imediata do manguito e a uma revisão de todos os componentes dos monitores em uso na instituição, conforme orientado pelas boas práticas de manutenção preventiva (ANVISA, 2021).

3.3 BOMBA DE INFUSÃO

A bomba de infusão é um dispositivo médico amplamente utilizado em ambientes hospitalares para administrar líquidos, como medicamentos, nutrientes ou soluções de reidratação, de maneira controlada e precisa ao paciente. Seu desenvolvimento ao longo do século XX foi impulsionado pela necessidade de garantir um fluxo exato de substâncias, fundamental em tratamentos críticos, como quimioterapia e terapias intravenosas prolongadas. Essas bombas evoluíram significativamente, adotando tecnologias mais avançadas que garantem maior precisão e segurança na administração de fluidos, sendo reguladas por normasnacionais e internacionais, como as impostas pela ANVISA no Brasil, que estabelece critériosrigorosos para seu uso e comercialização.

3.3.1 Descrições e Funcionamento

As bombas de infusão podem ser classificadas em diversos tipos, como bombas peristálticas, volumétricas ou de seringa, cada uma delas indicada para diferentes usos clínicos. O princípio de funcionamento desses dispositivos consiste na administração programada de umfluido ao paciente por meio de um controle eletrônico que regula o fluxo e o volume, garantindo uma infusão contínua ou intermitente, conforme a necessidade clínica. A maioria das bombas de infusão modernas possui alarmes e mecanismos de segurança integrados para evitar erros dedosagem, oclusões e vazamentos, promovendo assim uma maior segurança para o paciente. Além disso, esses dispositivos são programáveis para ajustar a taxa de fluxo, de acordo com a prescrição médica, evitando a administração inadequada de medicamentos (ANVISA, 2020), (SANTOS, A; SILVA, M., 2019).

3.3.2 Recomendações do Fabricante

Ambiente de uso

As bombas de infusão são projetadas para operar em ambientes hospitalares e

ambulatoriais, com controle de temperatura e umidade adequados. Recomenda-se que o ambiente seja livre de vibrações e quedas bruscas de energia, que podem comprometer o funcionamento do dispositivo (LIFEMED, 2021).

Manuseio e Limpeza

O manuseio das bombas de infusão deve ser feito por profissionais devidamente treinados, seguindo as orientações do fabricante. Quanto à limpeza, o equipamento deve ser higienizado com produtos compatíveis, evitando substâncias corrosivas ou que possam interferir nos sensores eletrônicos (SAMTROMIC, 2023).

Compatibilidade e Interferências

As bombas de infusão devem ser compatíveis com os insumos utilizados, como equipose seringas, conforme a recomendação do fabricante. Além disso, a proximidade de outros equipamentos eletrônicos deve ser monitorada, já que interferências eletromagnéticas podem comprometer a precisão do dispositivo (FRESENIUS KABI, 2020).

3.3.3 Incidentes Mais Comuns

Os incidentes com bombas de infusão são relatados principalmente por falhas de programação, erros na administração de medicamentos e oclusões nas vias de infusão. Segundoa ANVISA, essas falhas podem ocorrer tanto por erros operacionais quanto por problemas técnicosnos dispositivos, sendo os eventos adversos mais comuns em hospitais e clínicas. A detecção precoce de oclusões, por exemplo, é fundamental para evitar a interrupção do tratamento, o que pode levar a complicações graves para o paciente (ANVISA, 2022), (COSTA, J.; FERREIRA,R., 2021).

Um exemplo prático de incidente registrado ocorreu em 2019, quando uma bomba de infusão volumétrica falhou durante a administração de sedativos em um paciente crítico, resultando em uma superdosagem. O incidente foi atribuído a uma falha no software da bomba, que não acionou o alarme de dose excessiva, levando o hospital a notificar o problema à ANVISA, que determinou o recolhimento do lote específico do equipamento (ANVISA, 2019).

Outro caso notável foi registrado em 2021, quando uma bomba de infusão peristáltica sofreu uma oclusão não detectada, resultando na interrupção do tratamento de um paciente

comquimioterapia. Após o incidente, verificou-se que o equipamento estava com o sensor de oclusão descalibrado, o que levou a um recall preventivo do modelo em questão (ANVISA, 2021).

3.4 VENTILADOR PULMONAR

Os ventiladores pulmonares são equipamentos médicos essenciais no suporte à vida de pacientes com insuficiência respiratória. Sua função é auxiliar ou substituir a ventilaçãoespontânea, garantindo a troca adequada de gases no pulmão. Historicamente, o uso deventiladores ganhou destaque durante a pandemia de COVID-19, quando a demanda global por esse equipamento foi exacerbada, levando a um avanço tecnológico significativo. O ventiladormoderno é o resultado de décadas de pesquisa, com as primeiras versões surgindo no início do século XX. Hoje, esses dispositivos são complexos e requerem treinamento adequado para usoseguro e eficaz, evitando complicações que podem advir de erros operacionais e falhas técnicas(MAGALHÃES et al., 2020).

3.4.1 Descrições e Funcionamento

O ventilador pulmonar atua simulando o processo natural de respiração, controlando a pressão, o volume e o fluxo de ar entregue aos pulmões. Esse equipamento é constituído por sistemas mecânicos e eletrônicos que permitem ajustes precisos dos parâmetros respiratórios, como a pressão positiva final expiratória (PEEP), a fração inspirada de oxigênio (FiO2), e o volume corrente. Existem diferentes modos de operação, como o ventilatório assistido e o controlado, que permitem personalizar o suporte respiratório de acordo com a condição clínicado paciente (SILVA et al., 2021). Além disso, os ventiladores modernos possuem monitores integrados que permitem acompanhar as trocas gasosas e a mecânica pulmonar, fornecendo dados em tempo real para o operador.

3.4.2 Recomendações do Fabricante

Ambiente de Uso

Os fabricantes recomendam que o ventilador pulmonar seja utilizado em ambientes controlados, como unidades de terapia intensiva (UTI), salas cirúrgicas e áreas de emergência.Esses locais devem possuir controle de temperatura, umidade e filtragem de ar adequada, minimizando o risco de contaminação cruzada e falhas operacionais (LEISTUNG, 2020).

Manuseio e Limpeza

O manuseio do ventilador requer treinamento específico para que os operadores estejamfamiliarizados com todas as funções e ajustes do equipamento. A limpeza deve ser realizada com produtos compatíveis com os materiais do ventilador, seguindo as orientações de cada fabricante. As partes removíveis, como filtros e máscaras, devem ser higienizadas ou trocadas regularmente para evitar infecções (VYAIRE, 2022).

Compatibilidade e Interferências

É crucial que o ventilador pulmonar seja compatível com outros dispositivos, como monitores de sinais vitais e sistemas de administração de gás. As interferências eletromagnéticas também devem ser monitoradas, pois podem causar mau funcionamento doequipamento. A norma IEC 60601-1-2 trata especificamente dessas questões (KTK, 2021).

3.4.3 Incidentes Mais Comuns

Os incidentes envolvendo ventiladores pulmonares geralmente estão associados a falhasmecânicas, erros humanos e interferências ambientais. A ANVISA relata que a maioria dos eventos adversos envolve a falha de componentes como válvulas, sensores e sistemas de alarme.Esses problemas podem comprometer a ventilação adequada e colocar em risco a vida dos pacientes. Além disso, a falta de manutenção preventiva e o treinamento insuficiente são fatorescríticos que aumentam a ocorrência de incidentes (ANVISA, 2023).

Um exemplo de incidente real ocorreu com um ventilador da marca Leistung, onde a falha no sensor de fluxo levou à interrupção abrupta da ventilação. Embora o alarme tenha sidoacionado, a equipe não conseguiu identificar imediatamente a causa, o que resultou em um período de hipoxemia para o paciente. Esse evento destacou a importância da inspeção regulardos sensores e do sistema de alarme, conforme as recomendações do fabricante (ANVISA, 2021).

Outro exemplo relatado envolveu um ventilador da marca Magnamed, no qual um problema no sistema de controle de pressão causou a entrega de volumes inadequados de ar aospulmões do paciente. Isso resultou em barotrauma, levando a complicações respiratórias graves.A investigação concluiu que o problema estava relacionado à falta de calibração do equipamento, reforçando a necessidade de manutenções periódicas e certificações de conformidade (ANVISA, 2022).

3.5 CARDIOVERSOR

O cardioversor é um equipamento médico essencial utilizado em procedimentos de emergência para tratar arritmias cardíacas, como fibrilação atrial ou taquicardia ventricular, pormeio da aplicação controlada de choques elétricos ao coração. Desde a sua criação nos anos 1950, quando o Dr. Claude Beck realizou a primeira cardioversão elétrica com sucesso, o cardioversor evoluiu significativamente, incorporando inovações tecnológicas que aumentam sua precisão e segurança. Inicialmente desenvolvido como uma extensão dos desfibriladores, ocardioversor oferece a possibilidade de sincronizar o choque com o ciclo cardíaco, minimizandoo risco de induzir uma fibrilação ventricular. Equipamentos modernos são projetados para serem altamente eficientes e portáteis, tornando-os indispensáveis em unidades de emergência,centros de terapia intensiva e até em ambientes pré-hospitalares (COSTA, 2020).

3.5.1 Descrições e Funcionamento

O cardioversor é um dispositivo portátil composto por uma interface de controle, eletrodos e um sistema de geração de choques. Seu princípio de funcionamento envolve a detecção do ritmo cardíaco do paciente e a aplicação de um pulso elétrico de alta energia de maneira sincronizada com a onda R do eletrocardiograma (ECG). Esse processo é crucial paragarantir que o choque seja aplicado no momento apropriado, evitando complicações associadasà desfibrilação sem sincronização, como a indução de arritmias mais graves (SANTOS et al., 2019).

3.5.2 Recomendações do Fabricante

Ambiente de uso

Cardioversores são projetados para serem utilizados em ambientes hospitalares, especialmente em unidades de emergência, salas de cirurgia e unidades de terapia intensiva. Éimportante manter o equipamento em locais de fácil acesso, com boas condições de ventilaçãoe livre de umidade, para evitar danos aos componentes internos (INSTRAMED, 2020).

Manuseio e Limpeza

O manuseio inadequado dos eletrodos e a falta de limpeza podem prejudicar a eficácia dos choques aplicados. A CMOS DRAKE recomenda a limpeza dos eletrodos com

soluções específicas, além de verificar periodicamente a integridade dos cabos e conexões, evitando o acúmulo de resíduos que possam interferir no contato com a pele do paciente (CMOS DRAKE,2020).

Compatibilidade e Interferências

Cardioversores modernos são compatíveis com uma variedade de monitores multiparâmetros e sistemas de gerenciamento hospitalar. No entanto, interferências eletromagnéticas de outros equipamentos podem comprometer o desempenho do cardioversor,exigindo que as instituições hospitalares sigam normas como a IEC 60601-1-2, que regulamentaa imunidade a interferências eletromagnéticas (IEC, 2018).

3.5.3 Incidentes Mais Comuns

Os incidentes mais comuns envolvendo cardioversores estão relacionados a falhas no equipamento, problemas com os eletrodos e erros humanos durante o manuseio. Entre as falhasmais reportadas estão a não liberação do choque devido à falta de sincronia com o ciclo cardíaco e a interrupção do processo de choque por falhas nos cabos. Além disso, a ocorrência de choques acidentais em profissionais de saúde é um risco significativo associado ao uso do equipamento, especialmente em situações de emergência (LIMA, 2021).

Em um incidente relatado pela ANVISA em 2019, um cardioversor de fabricação nacional falhou em aplicar o choque durante um procedimento de emergência devido a um defeito nos eletrodos, que estavam desgastados e apresentavam falhas no contato com a pele dopaciente. Esse incidente reforça a importância de uma manutenção preventiva rigorosa, conforme recomendado pelos fabricantes (ANVISA, 2019).

Outro exemplo registrado em 2021 envolveu a aplicação incorreta de choques em um paciente pediátrico, devido à ausência de um módulo de pediatria no cardioversor utilizado. Oevento resultou em complicações graves para o paciente, evidenciando a necessidade de os profissionais seguirem rigorosamente as especificações do equipamento para o público-alvo (ANVISA, 2021).

3.6 NORMATIVAS E DIRETRIZES

A regulamentação de equipamentos médico-hospitalares é um processo vital para garantira segurança e a eficácia no uso desses dispositivos nos ambientes clínicos. No Brasil,

a AgênciaNacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) desempenha um papel central nesse processo, emitindo resoluções e guias técnicos que estabelecem os critérios de conformidade parafabricação, comercialização e manutenção de equipamentos médicos. O desenvolvimento dessas normas é resultado de esforços históricos para reduzir riscos associados ao uso de dispositivos médicos, tendo como marco global a criação de diretrizes pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela *International Electrotechnical Commission* (IEC). Essas entidades, juntamente com a ANVISA, respondem às necessidades de segurança que surgiramcom o avanço tecnológico, quando a complexidade dos equipamentos demandou maior controlede qualidade e interoperabilidade.

Com base nos tópicos dos equipamentos abordados anteriormente, as normas consideradasmais relevantes para esse estudo são:

- NBR IEC 60601-1: Regula a segurança básica e o desempenho essencial de equipamentos eletromédicos, garantindo que cumpram os requisitos para evitar riscos de choques elétricos e falhas operacionais. Destacando sobre a necessidade de aterramento adequado e em alguns casos, como o monitor multiparamétrico, uso de estabilizador de tensão.
- RDC nº 751/2022 (ANVISA): regula a classificação, registro, e controle pós-mercado de dispositivos médicos no Brasil, definindo requisitos técnicos para garantir sua segurança e eficácia.
- RDC nº 16/2013 (MS - ANVISA): Estabelece critérios para fabricação e comercialização de dispositivos de infusão, com foco em bombas de infusão, garantindosua segurança operacional.
- NBR IEC 60601-2-24: Trata dos requisitos particulares de segurança e desempenho de bombas de infusão, abordando aspectos como precisão na distribuição e alarmes de falha.
- NBR IEC 60601-2-4: Especifica requisitos para desfibriladores cardíacos, garantindo a segurança e eficácia no fornecimento de choques terapêuticos.
- NBR ISO 80601-2-12: Define requisitos específicos para ventiladores pulmonares, assegurando que estes operem com segurança em ambientes clínicos.
- NBR ISO 10015: Orienta sobre as diretrizes para programas de treinamento, garantindo que os operadores de equipamentos estejam capacitados para utilizá-los corretamente.

A conformidade com essas normas é indispensável para garantir o funcionamento seguro e eficaz de EMH. A falha em segui-las pode resultar em riscos significativos para a saúde dos pacientes e comprometer a eficiência operacional dos serviços de saúde. Portanto, é crucial queos profissionais e gestores de saúde não apenas implementem, mas também monitorem cont Conclusão:

O capítulo abordou de maneira detalhada a regulamentação dos equipamentos médico-hospitalares, destacando a importância do cumprimento das normas de segurança, como as da ANVISA, OMS e IEC, que são essenciais para garantir a eficácia e segurança no uso de dispositivos médicos. A observância de normas como a NBR IEC 60601-1, RDC 751/2022 e outras direcionadas a equipamentos específicos, como bombas de infusão e desfibriladores, reduz riscos significativos e contribui para a melhoria da qualidade dos serviços de saúde. O desenvolvimento e aplicação rigorosa dessas normativas são fundamentais para proteger a saúde dos pacientes e garantir que o funcionamento dos equipamentos seja seguro e eficaz. Portanto, é imperativo que os profissionais de saúde monitorem continuamente a conformidade com essas normas para prevenir falhas e assegurar a excelência operacional.

No próximo capítulo, será discutido o papel do Programa de Educação Continuada, abordando como ele capacita profissionais de saúde para operar adequadamente equipamentosmédico-hospitalares, garantindo o uso seguro e eficiente dos dispositivos no dia a dia clínico.

4 PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA

A educação continuada surgiu como uma resposta à necessidade de manter os profissionais atualizados com os avanços tecnológicos e científicos, especialmente em áreas críticas como a saúde. No Brasil, o conceito de Educação Permanente em Saúde (EPS) foi formalizado em 2004, com o intuito de promover a capacitação contínua dos profissionais, possibilitando que esses mantenham a eficiência no uso de novas tecnologias, incluindo EMH (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009). A evolução histórica e teórica da educação continuada está enraizada na noção de que o conhecimento precisa ser reciclado constantemente para garantir a segurança dos pacientes e a otimização do uso dos equipamentos (PERRENOUD, 2001). A seguir a figura 3, destacada alguns fatores que podem ser agregados pela implantação de uma educação continuada em um estabelecimento assistencial a saúde.

Figura 3 – Fatores associados a Educação continuada.

Fonte: Próprio autor, 2024.

4.1 CAPACITAÇÕES E TREINAMENTOS

Capacitações e treinamentos são atividades estruturadas que visam aprimorar as competências dos profissionais de saúde, garantindo que possam operar equipamentos

médicoscom segurança e eficácia. A importância desses processos se torna evidente quando consideramos que erros operacionais, muitas vezes decorrentes de falta de treinamento, estão diretamente relacionados à falha de equipamentos e comprometimento da saúde do paciente (RIBEIRO et al., 2017).

O Procedimento Operacional Padrão (POP) é uma ferramenta fundamental na EC, que define rotinas detalhadas para a operação segura de equipamentos. Sua estrutura deve incluir objetivos, responsabilidades, recursos necessários e etapas detalhadas para a realização das atividades (ANVISA, 2010). Normas como a NBR ISO 9001 e a NBR 15500 são essenciais para a criação de POPs, assegurando que os procedimentos sejam padronizados e eficazes em todas as etapas do uso e manutenção de equipamentos.

4.2 NORMAS BRASILEIRAS ESSENCIAIS PARA TREINAMENTOS

As normas brasileiras são fundamentais para padronizar os treinamentos em saúde. Elas têm como objetivo garantir que os profissionais sejam qualificados e que o uso dos equipamentos seja seguro e eficiente. No contexto da EC, essas normas são aplicadas para mitigar erros e aumentar a longevidade dos equipamentos (ABNT, 2011). A seguir, serão discutidas duas normas essenciais: NBR ISO 10015 e NBR 15943:2011 para a estruturação detreinamentos.

4.2.1 NBR ISO 10015

Trata da qualidade no treinamento. Ela estabelece diretrizes para que as empresas planejem, implementem e avaliem programas de treinamento, garantindo que os profissionais adquiram as habilidades necessárias para operar equipamentos médicos com segurança (ABNT,2010). Sua aplicabilidade pode ser vista na criação de programas de capacitação em hospitais, onde, após sua adoção, houve uma redução de 20% nos erros operacionais (SILVA & PEREIRA, 2020).

Com a adoção dessa norma, hospitais conseguem alinhar suas metas de treinamento com os requisitos operacionais e de segurança, garantindo que o conhecimento seja disseminado demaneira eficaz. Além disso, ao integrar a norma em suas práticas de gestão, as instituições podem monitorar e melhorar continuamente a qualidade dos treinamentos, resultando em maioreficiência no uso dos equipamentos e, consequentemente, em uma redução dos custos operacionais relacionados à manutenção corretiva e à substituição prematura de dispositivos médicos (RIBEIRO et al., 2017).

4.2.2 NBR 15943:2011

Trata dos requisitos para treinamento técnico-operacional em saúde. Esta norma busca padronizar o treinamento dos operadores de equipamentos médicos, focando em segurança e eficiência operacional (ABNT, 2011). Um exemplo prático da sua aplicação foi em um hospitalde São Paulo, onde sua adoção reduziu o número de falhas técnicas em 15% (COSTA & LIMA,2017).

No âmbito das organizações hospitalares, ela impacta diretamente a qualidade do atendimento e a segurança dos pacientes, pois padroniza as práticas de treinamento e evita a variabilidade nos procedimentos operacionais. Ao aplicar essa norma, os hospitais garantem que todos os operadores de equipamentos recebam a mesma formação técnica de qualidade, o que diminui significativamente os riscos de falhas operacionais. Além disso, a norma contribui paraa criação de uma cultura organizacional mais robusta, onde a melhoria contínua dos processosde capacitação se traduz em maior confiabilidade na utilização dos equipamentos, aumentandoa eficiência operacional e a satisfação dos pacientes (MARTINS & SILVA, 2018).

As tecnologias de ensino são ferramentas essenciais para a capacitação contínua de profissionais de saúde, permitindo a adoção de métodos inovadores e eficientes para o treinamento em ambientes hospitalares. A seguir, serão exploradas diferentes abordagens que potencializam o aprendizado e contribuem para a melhoria da prática clínica.

4.3 TECNOLOGIAS DE ENSINO

As tecnologias de ensino na EPS abrangem uma série de ferramentas e metodologias que visam aprimorar a aprendizagem. Essas tecnologias incluem desde abordagens tradicionais, como o ensino presencial, até inovações como simulação realística e realidade virtual, que serãoexploradas a seguir.

4.3.1 Ensino Presencial

O ensino presencial é a forma mais tradicional de capacitação, onde os profissionais participam de aulas presenciais. Um estudo realizado por Souza (2019), mostrou que treinamentos presenciais em hospitais resultaram em um aumento de 25% na retenção de conhecimento. O estudo foi realizado em um hospital de grande porte com enfermeiros como público-alvo.

4.3.2 Simulação Realística

A simulação realística envolve a criação de cenários clínicos que permitem que os profissionais pratiquem suas habilidades em um ambiente controlado. Um estudo de Costa (2017), em uma UTI neonatal demonstrou que a simulação realística reduziu em 30% os errosdurante a operação de ventiladores pulmonares.

4.3.3 Realidade Virtual

A realidade virtual oferece um ambiente imersivo no qual os profissionais podem treinarsem risco. Em um estudo realizado em um hospital universitário, o uso da realidade virtual no treinamento de operadores de bombas de infusão reduziu em 18% os erros de dosagem (BARROS & OLIVEIRA, 2021).

4.3.4 Vídeo Treinamento

O vídeo treinamento permite que os profissionais assistam a vídeos instrutivos sobre o uso adequado de equipamentos. Em um hospital de média complexidade, o uso de vídeos no treinamento de enfermeiros resultou em uma redução de 12% nas falhas operacionais (MARTINS & SILVA, 2018).

4.3.5 Seleção da Tecnologia

A seleção da tecnologia mais adequada para o treinamento de profissionais de saúde deveser baseada em uma análise criteriosa que leve em conta diversos fatores. O primeiro critério é
a complexidade do equipamento a ser utilizado. Equipamentos com maior grau de sofisticação, como ventiladores pulmonares e bombas de infusão, exigem métodos de treinamento mais imersivos, como a simulação realística ou a realidade virtual. Outro fator é a experiência préviados profissionais. Profissionais com pouca experiência técnica podem se beneficiar mais de métodos como o ensino presencial, que oferece a possibilidade de interação direta cominstrutores. Recursos tecnológicos disponíveis e ambiente de trabalho também influenciam a escolha. Por exemplo, a realidade virtual e o vídeo treinamento exigem infraestrutura tecnológica específica, enquanto o ensino presencial e a simulação realística podem serrealizados com menos dependência de recursos avançados.

Com base nos estudos quantitativos revisados, a simulação realística mostrou-se o método de maior eficácia na capacitação de profissionais da saúde, reduzindo em até 30%

os erros operacionais e melhorando significativamente o desempenho no uso de equipamentos críticos (COSTA, 2017). Essa abordagem proporciona um ambiente de aprendizado seguro, onde os profissionais podem praticar suas habilidades em cenários que imitam situações reais sem colocar pacientes em risco. Embora tecnologias como a realidade virtual e o vídeo treinamento também tenham demonstrado bons resultados, especialmente em contextos de requalificação e atualização, a simulação realística se destaca por sua capacidade de treinar equipes em situações de alta pressão e complexidade, o que a torna a melhor escolha em termosde eficácia.

As técnicas de planejamento são essenciais para a estruturação eficiente de programas detreinamento, garantindo a organização e a avaliação contínua dos processos. A seguir, serão abordadas algumas das ferramentas mais eficazes para a gestão do treinamento em EC, com foco na melhoria do uso de equipamentos médicos.

4.4 TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO

Técnicas de planejamento são ferramentas essenciais para garantir a organização e o sucesso de programas de treinamento. Elas auxiliam na definição de metas, organização de recursos e avaliação de resultados (OLIVEIRA et al., 2015). No contexto da EC, técnicas comoFMEA, LCM e PDCA são essenciais para melhorar o uso de equipamentos médicos.

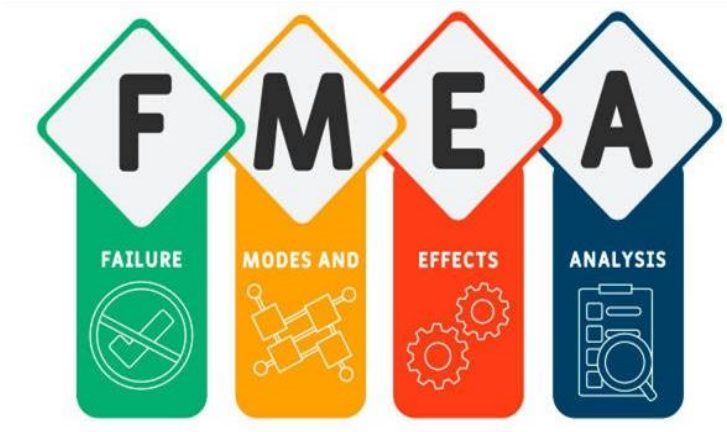
4.4.1 Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA)

A FMEA é uma técnica preventiva que identifica potenciais modos de falha em processos ou equipamentos, avaliando suas consequências e propondo ações corretivas antes

que ocorra qualquer problema grave. Sua aplicação no contexto hospitalar tem sido eficaz na redução de eventos adversos relacionados a equipamentos médicos. Um estudo realizado por Araújo e Gomes (2019), mostrou que a implementação da FMEA no setor de diagnóstico por imagem de um hospital resultou em uma redução de 25% nas falhas de operação de tomógrafos.Essa técnica se destaca por sua capacidade de aumentar a segurança do paciente e melhorar a confiabilidade dos dispositivos médicos.

A Figura 4 ilustra a representação dos pontos chave sobre essa técnica de planejamento.

Figura 4 - FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos).



Fonte: Análise de risco FMEA - O risco por trás do risco.

4.4.2 *Life Cycle Management* (LCM)

O LCM uma abordagem voltada para a gestão do ciclo de vida dos equipamentos médicos, desde a sua aquisição até o descarte. O LCM permite a otimização dos recursos ao garantir que cada etapa do ciclo de vida dos dispositivos seja monitorada e ajustada conforme necessário. Um estudo de Vieira e Santos (2021) demonstrou que a aplicação do LCM em um hospital de grande porte aumentou a vida útil dos ventiladores pulmonares em 20%, reduzindocustos operacionais. Ao gerenciar de forma proativa o ciclo de vida dos equipamentos, as instituições hospitalares conseguem não apenas maximizar o retorno sobre o investimento, mastambém garantir maior disponibilidade e segurança dos dispositivos. A Figura 5 ilustra como se dá o processo ciclico associado a técnica LCM.

Figura 5 - Gerenciamento do Ciclo de Vida (LCM).

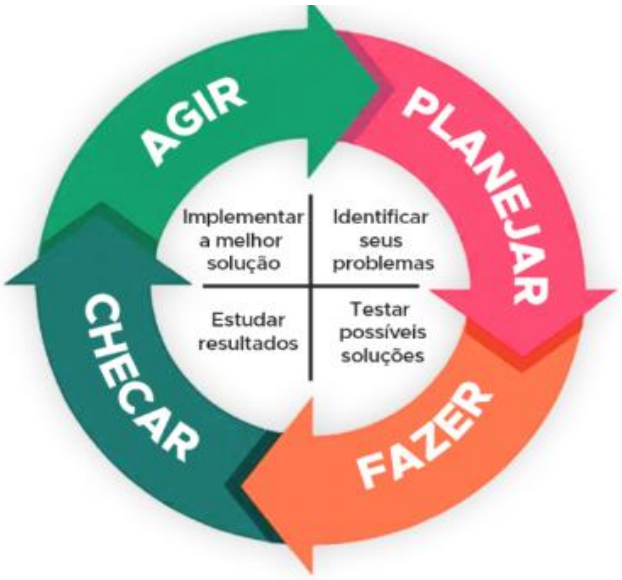
Fonte: IMEX, 2023.

4.4.3 PDCA

O PDCA é uma metodologia de melhoria contínua amplamente utilizada em processosde gestão, que se adapta perfeitamente ao contexto da EC. Essa técnica envolve o planejamentodetalhado das ações (*Plan*), a execução (*Do*), a verificação dos resultados (*Check*) e a implementação de ajustes conforme necessário (*Act*). Um estudo de Silva e Lopes (2020) sobrea aplicação do PDCA em um hospital público evidenciou uma redução de 18% no tempo de resposta para manutenção corretiva de equipamentos médicos. Já em um hospital de São Paulo, o uso do PDCA na capacitação de técnicos de saúde reduziu em 25% o tempo de inatividade dos equipamentos (SANTOS & PEREIRA, 2017). O ciclo PDCA se destaca pela sua flexibilidade e capacidade de gerar melhorias incrementais, adaptando-se a diferentes contextos e necessidades hospitalares.

A Figura 6 faz referência a aplicação do modo de análise indicado no ciclo PDCA.

Figura 6 - Ciclo PDCA.



Fonte: BRANDÃO, 2020.

4.5 AVALIAÇÃO DO APRENDIZADO

A avaliação do aprendizado é uma etapa fundamental para medir a eficácia dos programas de treinamento e assegurar que os objetivos propostos foram atingidos. No ambientehospitalar, a avaliação deve ser criteriosa e incluir tanto aspectos técnicos quanto comportamentais, garantindo que os profissionais estejam aptos a operar os equipamentos de forma segura e eficiente. Segundo Freitas e Almeida (2020), os métodos de avaliação mais eficazes incluem avaliações práticas, simulações controladas e testes teóricos que mensuram aretenção de conhecimento e a capacidade de aplicação em cenários reais.

A escolha daabordagem correta depende do tipo de equipamento e do nível de complexidade envolvido, bemcomo das necessidades específicas da equipe de saúde.

Ao selecionar as ferramentas de avaliação, é crucial levar em conta a natureza do treinamento e o público-alvo. Por exemplo, simulações realísticas são mais adequadas para dispositivos de alta complexidade, como ventiladores pulmonares, enquanto avaliações teóricaspodem ser suficientes para equipamentos de menor risco operacional. Além disso, métodos deavaliação contínuos, que acompanham o desempenho dos profissionais ao longo do tempo, tendem a ser mais eficazes do que avaliações pontuais, pois permitem identificar e corrigir lacunas no aprendizado antes que resultem em erros práticos (SILVA et al., 2018).

A Figura 7, contempla de forma resumida o que revelou o levantamento realizado neste estudo, frisando a relação entre os índices de melhorias associados aos tipos de tecnologias utilizadas relacionadas com a implatação ou não de algum modelo de ferramenta de planejamento dentre os citados anteriormente.

Figura 7 – Relação de melhoria entre tecnologias de ensino e ferramentas de planejamento.

AVALIAÇÃO DE APRENDIZADO		
Tecnologia de Ensino	**Resultados Observados**	**Ferramenta de Planejamento Utilizada**
Ensino Presencial	Aumento de 25% na retenção de conhecimento	Não
Simulação Realistica	Redução de 30% nos erros operacionais em UTI neonatal	FMEA
Ensino Presencial	Redução de 25% nas falhas de operação de tomógrafos	FMEA
Realidade Virtual	Redução de 18% nos erros de dosagem em operadores de bombas de infusão	Life Cycle Management (LCM)
Vídeo Treinamento	Redução de 12% nas falhas operacionais em treinamentos de enfermeiros	Ciclo PDCA

Fonte: Próprio autor, 2024.

Com base nas discussões apresentadas, torna-se evidente a importância de um planejamento rigoroso e da escolha adequada de tecnologias de ensino e técnicas de avaliação.Nas considerações finais, será abordado o impacto dessas ferramentas na redução de falhas operacionais, aumento da segurança dos pacientes e melhoria dos indicadores de qualidade nasunidades hospitalares.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho aborda a crescente complexidade dos equipamentos médico-hospitalares e a necessidade crítica de treinamento contínuo para os operadores desses dispositivos nos estabelecimentos assistenciais de saúde. A pesquisa destaca que a capacitação adequada dos profissionais de saúde é essencial para minimizar erros operacionais, aumentar a segurança do paciente e melhorar a disponibilidade e desempenho dos equipamentos. A metodologia utilizada foi uma revisão integrativa da literatura, analisando estudos sobre a relação entre o treinamento e a redução de falhas no manuseio de dispositivos médicos, com foco em melhorar a qualidade do atendimento hospitalar.

O estudo passa por várias fases, começando com a introdução ao tema da Engenharia Clínica e do Gerenciamento de Equipamentos Médicos, contextualizando a importância do setor para a manutenção e operação eficaz dos dispositivos. Em seguida, explora o impacto domau uso dos equipamentos, apresentando exemplos de falhas comuns em dispositivos críticos,como monitores multiparamétricos, ventiladores pulmonares, bombas de infusão e cardioversores. Também detalha os efeitos dos treinamentos adequados na redução de erros operacionais, com a implementação de normas técnicas e a aplicação de metodologias de planejamento que garantem maior segurança e eficiência no uso desses dispositivos.

Na linha do tempo da proposta, a abordagem foi estruturada, começando pela revisão das normas brasileiras e internacionais aplicáveis, discutindo as diretrizes essenciais para treinamentos de operadores. Em seguida, o foco se desloca para a importância do Programa deEducação Continuada, que oferece suporte à reciclagem e atualização dos profissionais. Por fim, a pesquisa discute as tecnologias de ensino e técnicas de planejamento, como o FMEA, LCM e PDCA para melhorar o processo de capacitação e monitoramento do aprendizado.

A relevância do estudo está em sua contribuição para a área da Engenharia Clínica, ao enfatizar que a educação continuada e o treinamento técnico-operacional são fundamentais paraa redução de falhas operacionais e para a segurança dos pacientes. O trabalho destaca a importânciada adesão às normas técnicas brasileiras, como a NBR ISO 10015 e a NBR 15943:2011, mostrando que a padronização dos treinamentos contribui para a criação de uma cultura organizacional mais robusta e eficiente. Além disso, o estudo agrega valor acadêmico ao reunir evidências práticas de como essas normas, quando

implementadas corretamente, reduzem incidentes e melhoram a longevidade dos equipamentos médicos hospitalares.

A revisão bibliográfica também oferece *insights* relevantes para gestores hospitalares eengenheiros clínicos sobre como as técnicas de planejamento e avaliação contínua podem ser aplicadas de maneira eficaz para otimizar os treinamentos. Foi possível conectar a literatura sobre o gerenciamento de equipamentos médicos com as práticas operacionais, mostrando como o treinamento constante resulta na diminuição de erros operacionais e aumenta asegurança e o desempenho dos equipamentos.

Como resultado o trabalho descreveu como a implementação de treinamentos contínuose o monitoramento dos resultados são estratégias essenciais para melhorar a operação dos dispositivos médicos e garantir a segurança do paciente. Ao adotar normas internacionais e metodologias de ensino inovadoras, os estabelecimentos de saúde podem reduzir significativamente os erros humanos, prolongar a vida útil dos equipamentos e melhorar a qualidade geral do atendimento hospitalar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANVISA. **Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 67, de 21 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre normas de tecnovigilância aplicáveis aos detentores de registro de produtos para saúde no Brasil. Brasília: Anvisa, 2009.

ANVISA. **Engenharia Clínica Como Estratégia na Gestão Hospitalar.** n. 5, cap. 4, p. 13, 2000b. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33868/327133/capitulo4.pdf/43bf4713-c4f0-4016-85c0-b4237239d401.

ANVISA. **Monitoramento: Anvisa divulga dados sobre eventos adversos**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/medicamentos/eventos-adversos>.

ANVISA. **Notificação de incidentes e eventos adversos relacionados à assistência à saúde,** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/saude/notificacao-de-eventos-adversos>.

ANVISA. **Monitoramento: Anvisa divulga dados sobre eventos adversos**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa>.

ANVISA. **Notificação de incidentes e eventos adversos relacionados à assistência à saúde,** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa>.

ANVISA. **Brasília (FD): Segurança No Ambiente Hospitalar**, 2015. Disponível em: https://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/seguranca_hosp.pdf.

ANVISA. **Guia para notificação de eventos adversos e queixas técnica srelacionados a produtos de saúde**, 2020. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa>.

ANVISA. **Manual de Boas Práticas em Engenharia Clínica: Monitor Multiparamétrico**, 2020. Brasília.

ANVISA. **Relatório de eventos adversos em equipamentos médicos: Monitores Multiparamétricos,** 2021. Brasília.

ANVISA. **RDC nº 185, de 22 de outubro de 2001. Dispõe sobre o registro de produtos médicos no Brasil,** 2021. Brasília.

ANVISA. **Resolução RDC n° 16, de 28 de março de 2013.** ANVISA, 2013.

ANVISA. **Notificações de Eventos Adversos em Dispositivos Médicos – Relatório,** 2022**.**

ANVISA. **Resolução RDC Nº 185, de 22 de outubro de 2001**. Regulamento Técnicode Produtos Médicos, 2001. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br.

ANVISA. **Notificações de Eventos Adversos Relacionados a VentiladoresPulmonare**s. 2022. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br.

ANVISA. **RDC n. 16, de 28 de março de 2013**. Disponível em:https://www.gov.br/anvisa/pt-br.

ANVISA. **Relatórios de eventos adversos: Notificações de incidentes com dispositivos médicos**. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br

ANVISA. **Resolução RDC n° 16, de 28 de março de 2013.** Brasília.

ANVISA. **Procedimentos Operacionais Padrão (POP) para Engenharia Clínica**. Brasília, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60601-1: Equipamento Eletromédico – Parte 1: Requisitos gerais para segurança básica e desempenho essencial,** 2019. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 80601-2-12: Equipamentos ventilatórios,** 2018. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10015: Gestãode qualidade – Diretrizes para treinamento,** 2010. Rio de Janeiro.

ABNT. **NBR 15943: Requisitos para treinamentos técnico-operacionais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ARAÚJO, J. P.; GOMES, L. M. **FMEA aplicada à Engenharia Clínica: Impactos na redução de falhas operacionais em hospitais**, 2019. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, v. 27, n. 2, p. 123-134.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10015: Gestãode qualidade – Diretrizes para treinamento**, 2010. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15943: Requisitos para treinamentos técnico-operacionais**, 2011. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR IEC 60601-1: **Equipamento Eletromédico – Parte 1: Requisitos gerais para segurança básica e desempenho essencial,** 2019. Rio de Janeiro.

BARBOSA, F. M. M.; FERRAZ, N. V. DE A. **Gestão das Tecnologias Biomédicas eseu papel no ensino-aprendizagem do correto manuseio dos equipamentos médico-assistenciais: um estudo piloto.** PECIBES, p. 33 – 76, 2021.

BARROS, A. C.; OLIVEIRA, J. P. **A realidade virtual como ferramenta de treinamento no uso de bombas de infusão**, 2021. Revista Brasileira de Tecnologia em Saúde,v. 10, n. 2,

p. 215-230.

BEZERRA, A. L. Q. **O contexto da educação continuada em enfermagem**. Escola de Enfermagem da USP. São Paulo: Lemar e Martinari, 2003.

BRANDÃO, R. **O que é o Ciclo PDCA?,** 2020. Disponível em: <https://www.escoladnc.com.br/blog/o-que-e-o-ciclo-pdca/>.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Saúde mental no SUS: cuidado em liberdade, defesade direitos e rede de atenção psicossocial**, 2016. Relatório de gestão 2011- 2015. Ministério da Saúde.

BRAZIL, V.; PURDY, E. I.; BAJAJ, K. **Connecting simulation and quality improvement: how can healthcare simulation really improve patient care?**, 2019. BMJ Quality & Safety, v. 28, n. 11, p. 862-865.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de Boas Práticas para o Uso de Monitores Multiparamétricos em Ambiente Hospitalar,** 2020. Brasília.

BRITO, C. DA S., DOS SANTOS, H. L. P. C., MACIEL, F. B. P., MARTINS, P. C., & PRADO, N. M. B. L. **Apoio institucional na Atenção Primária em Saúde no Brasil: uma revisão integrativa, 2022.** Ciência & Saúde Coletiva, 27(4), 1377-1388.

B. BRAUN. **Manual Técnico da Bomba de Infusão Volumétrica Space.** B. Braun Medical Inc., 2022.

CRISTINE S. **Segurança do paciente: uma questão de qualidade** [editorial]. Nursing. 2008; 11(123): 341.

COSTA, M. P.; LIMA, R. V. **A importância da educação continuada no uso de ventiladores pulmonares**, 2017. Revista Brasileira de Engenharia Clínica, v. 15, n. 2, p. 97- 105.

COSTA, J. L., FERREIRA, R. S. **Segurança em Equipamentos Médicos: Um Estudo sobre Bombas de Infusão**, 2021. Revista de Engenharia Clínica, v. 8, n. 2, p. 33-45.

CMOS DRAKE. **Manual de uso e manutenção do Cardioversor CD-4000**, 2020.

DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA CLÍNICA, I. C. **Aplicação de conhecimentos e práticas da Hemorrede Pública Nacional**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/gestao_equipamentos_aplicacao_conhecimentos_hemorrede.pdf>.

DIREÇÃO-GERAL DA SAÚDE. **Estrutura Conceitual da Classificação Internacional sobre Segurança do Doente**. Lisboa: Direção-Geral da Saúde, 2011. Traduçãorealizada pela Divisão de Segurança do Doente, Departamento da Qualidade na Saúde. Publicado pela Organização Mundial de Saúde, em janeiro de 2009.

DE LIMA, M. J. **Taxonomia dos modos e causas de falhas aplicadas na tecnovigilância de**

equipamentos médico-hospitalares. Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde ISSN: 2236-1103, 2011.

DYRO, J.F. **Clinical Engineering Handbook.** San Diego, California: Elsevier Academic Press, 2004. (Academic Press series in biomedical engineering).

DIXTAL: **Monitor Multiparamétrico DX-2010**. Manual de Operação.

DOMBROYSK, L. **O que é Disponibilidade: Definição, Cálculo e Importância na Manutenção Industrial,** 2024. Disponível em: <https://tractian.com/blog/o-que-e-disponibilidade-definicao-calculo-e-importancia-na-manutencao-industrial>.

EBSERH; **Caderno de Processos e Práticas de Engenharia Clínica, 1ª edição –** Produzido pelo Serviço de Infraestrutura Tecnológica – Brasília, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/ebserh/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/legislacao-e-normas/legislacao-e-normas-de-engenharia-clinica/caderno-de-processos-e-praticas-de-engenharia-clinica.

FARIA, C. A. B. R. DE M., **Gestão de Manutenção de Instalações e Equipamentos Hospitalares**. Universidade do Porto, 1999.

FERREIRA, M. J.; SOUZA, T. R.; GOMES, A. B. **Inovações tecnológicas e segurançano uso de equipamentos médicos hospitalares,** 2023. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, v. 39, n. 2, p. 104-113.

FRESENIUS KABI. **Manual de Uso da Bomba de Infusão Volumat MC Agilia,** 2020. Fresenius Kabi.

FREITAS, L. M.; ALMEIDA, R. G. **Avaliação contínua no treinamento de profissionais de saúde: uma revisão integrativa**, 2020. Revista Brasileira de Educação Médica, v. 44, n. 3, p. 234-245.

FURINI, A. C. A. **Notificação de Eventos Adversos: Caracterização dos eventos ocorridos em um hospital universitário**, 2018. Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo.

GERÔNIMO, M. D.; LEITE, B.; OLIVEIRA, R. D. **Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso**, 2017.

HADDAD, J.; MOJICA, M. J.; CHANG, M. I. **Processo de educación permanente en salud**. Educ. Méd. Salud, p. 11-29, 1989.

INSTITUTO DE ESTUDOS DE SAÚDE SUPLEMENTAR. **Anuário da Segurança Assistencial Hospitalar no Brasil**. Brasil: Iess, 2017.

INBEC PÓS-GRADUAÇÃO - ENGENHARIA, ARQUITETURA. **Entenda sobre Engenharia e Manutenção Hospitalar em entrevista com o Professor Fumio Araki**, 2019.Disponível em: <https://inbec.com.br/blog/entenda-sobre-engenharia-manutencao-hospitalar- entrevista-com-professor-fumio-araki>.

IEC**. IEC 60601-1-2: Medical Electrical Equipment –** Part 1-2: General requirements for basic safety and essential performance – Collateral Standard: Electromagnetic disturbances – Requirements and tests, 4. ed. 2018.

IMEX. **Ciclo de vida dos equipamentos de diagnóstico por imagem,** 2023. Disponível em: <https://imexmedical.com.br/blog/ciclo-de-vida-dos-equipamentos-de-diagnostico-por-imagem/>.

INSTRAMED. **Manual de Instruções Cardioversor Bifásico Cardio Max B3**, 2020. Porto Alegre: INSTRAMED.

KNAFL, K. **The integrative review: updated methodology**. Journal of Advanced Nursing. v.52, n. 5, p. 546-55, 2005.

KHALAF, A; HAMAN, Y; DJOUANI, K. **Mathematical Maintenance Model for Medical Equipment**. Scholars' Press, 2013.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica** (2a ed.). Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica.** 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019. 560 p. Revisada e Ampliada.

KTK, **Medical. Manual do Usuário: Ventiladores Pulmonares**, 2021. São Paulo.

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

LIFEMED. **Guia de Utilização Segura de Bombas de Infusão,** 2021. LifemedIndústria de Equipamentos Médicos.

LEISTUNG, MEDICAL**. Ventilador Pulmonar: Manual de Operação e Segurança**.São Paulo, 2020.

LIMA, M. R. **Avaliação de Equipamentos Críticos em Unidades de Emergência: Uma Revisão de Incidentes**, 2021. Revista Brasileira de Engenharia Clínica, v. 15, n. 3, p. 10-25.

MINDRAY: **Patient Monitor Operator's Manual**.

MARGOTTI, A. **Metodologia Para Incorporação De Equipamento Médico- Assistencial Em Hospitais Utilizando A Avaliação De Tecnologia Em Saúde Na Engenharia Clínica**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

MOURA, C. **Análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA).** Manual de Referência, 2000.

MARREIROS, A. DA S.; SANTOS. D. G. DOS. **A Importância Do Enfermeiro De Engenharia Clínica Relacionado A Segurança Do Paciente.** Revista Ibero – Americana de Humanidades, Ciências e Educação, 2024.

MORAIS, V.C., & MUHLEN, S.S. **Metodologia de priorização de equipamentos médico-hospitalares em programas de manutenção preventiva**, 2004.

MCGAGHIE, W. C.; DRAYCOTT, T. J. ; DUNN, W. F. ; LOPEZ, C. M.; STEFANIDIS, D. **Evaluating the impact of simulation on translational patient outcomes,2011. Simulation in Healthcare**, 2011. V. 6, p. S42–S47.

MAGNAMED. **Guia Técnico de Ventiladores Pulmonares,** 2021. São Paulo.

MAGALHÃES, F. L., SILVA, J. P.; SOUZA, T. R**. Ventilação Mecânica e o Papel dos Ventiladores Pulmonares Durante a Pandemia de COVID-19, 2020.** Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, 36(2).

MARTINS, G. R.; SILVA, P. M**. O uso de vídeo treinamento na capacitação de enfermeiros,** 2018. Revista de Educação em Saúde, v. 8, n. 1, p. 75-88.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Educação Permanente em Saúde: uma política para o desenvolvimento do SUS,** 2009. Brasília.

Ministério da Saúde -MS Agência Nacional de Vigilância Sanitária -ANVISA. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5672055/RDC_751_2022_.pdf/37b2d641-82ec-4e64-bb07-4fc871936735>.

OLIVEIRA, E. F. **Programa de Gerenciamento de Equipamentos Médicos: Noçõesde Boas Práticas de Gerenciamento de Equipamentos e Acreditação Hospitalar.** 61 p. (Especialização em Engenharia Clínica). Escola de Saúde Pública do Ceará. Fortaleza, 2009.

OLIVEIRA, P. L.; MORAES, F. A.; SANTOS, R. L. **Impacto do mau uso de equipamentos médicos na segurança dos pacientes em UTI,** 2022. Saúde em Debate, v. 46,n. 128, p. 202-209.

OLIVEIRA, L. M.; SANTOS, P. R.; SILVA, A. C. **Técnicas de planejamento estratégico na gestão hospitalar: uma revisão sistemática**, 2015. Revista de Gestão Hospitalar, v. 11, n. 3, p. 210-225.

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

PEIXOTO, G. S.; FLAUZINO, V.H DE P.; CESÁRIO, J.M. DOS S. **A importância da engenharia clínica no processo de gestão hospitalar.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 2021, 6.12: 14-26.

PEREIRA, A. S.; SILVA, J. C. **Tecnologias de ensino e planejamento na capacitaçãoem saúde. Revista Brasileira de Gestão em Saúde**, 2020. V. 16, n. 3, p. 342-358.

PEREIRA, F. H. **Análise de risco FMEA - O risco por trás do risco**, 2023. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/an%C3%A1lise-de-risco-fmea-o-por-tr%C3%A1s-do-fernando-henrique-pereira/>.

PERRAUD, P. **Formação de adultos e a educação continuada,** 2001. Paris: Presses Universitaires de France.

PIVATO, V. X. **Iatrogeny: Medical Technologies that can prejudice in patient treatment.** The Academic Society Journal, 2021, v. 5, n. 1, p. 56–65.

PHILIPS. **HeartStart XL+: Manual do Usuário Cardioversor**, 2021. Amsterdam.

RAPIN, J.; GENDRON, S.; MABIRE, C. et al. **Feedback on clinical team performance: how does it work, in what contexts, for whom, and for what changes? A critical realist qualitative multiple case study.** BMC Health Services Research, v. 23, n. 1, 2023.

RIBEIRO, D. M.; SANTOS, H. M.; PEREIRA, L. O. **Treinamentos em saúde: impacto na redução de erros operacionais,** 2017. Revista Brasileira de Educação Médica, v.41, n. 1, p. 123-138.

SANTOS, L. F.; CARVALHO, M. G.; RIBEIRO, A. R. **Erros humanos e o uso de dispositivos médicos hospitalares: uma revisão sistemática,** 2021. Revista de Saúde Pública, v. 55, p. 101-110.

SANTOS, R. F.; PEREIRA, M. C. **Aplicação do ciclo PDCA em treinamentos de saúde.** Revista de Qualidade Hospitalar, v. 29, n. 4, p. 213-229, 2017.

SAMTROMIC. **Instruções de Manutenção e Higienização de Bombas de Infusão**,2023. Samtronic Equipamentos Hospitalares.

SANTOS, A. P., SILVA, M. R. **Bombas de Infusão: Tecnologias e Desafios no Cenário Atual**, 2019. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, v. 25, n. 1, p. 71-85.

SANTOS, P. H.; SILVA, R. J.; SOUZA, A. F. **Equipamentos Médicos Hospitalares:O Cardioversor e Sua Importância em Unidades de Terapia Intensiva**, 2019. Jornal Brasileiro de Engenharia Biomédica, v. 28, n. 1, p. 50-60.

SEIXAS, E. **Erro humano na manutenção.** In: SEMINÁRIO AMAZONENSE DE MANUTENÇÃO, 2., 2012, Manaus. Anais... Manaus, 2012. Disponível em: <http://www.arsymposium.org/southamerica/palestras2011/P4S2paper_ErroHumano_Seixas.pdf>.

SILVA, D. A.; LIMA, E. C.; FARIAS, A. M. **Treinamento e capacitação no uso de equipamentos médicos: desafios e soluções,** 2020. Revista de Gestão Hospitalar, v. 9, n. 3, p. 89-96.

SILVA, G. M. DA; SEIFFERT, O. M. L. B. **Educação continuada em enfermagem: uma**

proposta metodológica. Revista Brasileira de Enfermagem, v. 62, n. 3, p. 362–366, jun.2009.

SILVA, M. J. P. DA; PEREIRA, L. L.; BENKO, M. A. **Educação continuada:estratégia para o desenvolvimento do pessoal de enfermagem**. Rio de Janeiro: Marques- Saraiva, 1989.

SOUZA, R. A.; PEREIRA, M. C. **A evolução histórica dos monitores cardíacos e sua contribuição para a medicina intensiva,** 2018. Revista de Tecnologia em Saúde, Belo Horizonte, v. 10, n. 1, p. 77-88.

SOUZA, A. B. **Ensino presencial como método de capacitação em hospitais.** Revista Brasileira de Educação Continuada em Saúde, v. 6, n. 2, p. 45-62, 2019.

SILVA, A. R., et al. **Ventiladores Pulmonares: Princípios de Funcionamento e Aplicações Clínicas**, 2021. Journal of Respiratory Care, 45(3).

SILVA, A. P.; LOPES, C. J. **O uso do ciclo PDCA na melhoria da gestão de manutenção hospitalar,** 2020. Revista de Gestão em Saúde, v. 9, n. 4, p. 45-59.

SILVA, J. C.; PEREIRA, M. L.; FREITAS, R. M. **Métodos de avaliação do aprendizado e a segurança do paciente,** 2018. Revista de Educação Continuada em Saúde, v.12, n. 2, p. 88-101.

TELES, J. **Tipos de Manutenção de acordo com a NBRA 5462.** ENGETELES, 2018. Disponível em: https://engeteles.com.br/tipos-de-manutencao/.

TELES, J. **Curva PF: O que é e como usar**. ENGETELES, 2017. Disponível em: https://engeteles.com.br/tipos-de-manutencao/.

VIEIRA, M. R.; SANTOS, F. A. **Life Cycle Management em dispositivos médicos: um estudo de caso em ventiladores pulmonares**, 2021. Journal of Healthcare Management, v. 18, n. 1, p. 56-71.

VYAIRE MEDICAL. **Ventilador Pulmonar: Instruções de Limpeza e Manuseio,** 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. **Global atlas of medical devices: who medical devices technical series**. Geneva, 2017a.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Development of medical device policies(WHO Medical device technical series)**, 2011a.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. 2. ed. Belo Horizonte: Falconi, 2014.312 p.

YALE SCHOOL OF MEDICINE. **Simulated Cases, Real Skills.** 2023. Disponível em: <https://medicine.yale.edu>.