



Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Engenharia de Controle e Automação



João Bernardes Neto

ANÁLISE DE SOFTWARES PARA A GESTÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Ouro Preto
2026

João Bernardes Neto

ANÁLISE DE SOFTWARES PARA A GESTÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Trabalho apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro(a) de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Adrielle C. Santana

Ouro Preto
2026



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CONTROLE E
AUTOMACAO



FOLHA DE APROVAÇÃO

João Bernardes Neto

Análise de Softwares para a Gestão de Equipamentos Médico-Hospitalares

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação

Aprovada em 01 de julho de 2026

Membros da banca

Dra. Adrielle de Carvalho Santana - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri - Convidado - Universidade Federal de Ouro Preto
Me. Diógenes Viegas Mendes Ferreira - Convidado - Universidade Federal de Ouro Preto

Adrielle de Carvalho Santana, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 07/07/2026



Documento assinado eletronicamente por **Adrielle de Carvalho Santana, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/07/2026, às 07:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1132886** e o código CRC **2504B682**.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por estar sempre presente em minha vida, especialmente nos momentos de maior angústia e dúvida, trazendo luz, serenidade e leveza para que eu pudesse seguir em frente diante dos desafios.

Aos meus pais, José e Jocinei, e às minhas irmãs, Tati e Joice, expresso minha mais profunda gratidão por serem minha base firme em todos os momentos. Obrigado por nunca medirem esforços por mim, pelos conselhos, pelo apoio incondicional e por sempre me guiarem de volta ao caminho quando necessário.

Aos meus afilhados, Cecília, José Gabriel e Ricardo, agradeço por tornarem os momentos em família ainda mais especiais, trazendo leveza, alegria e diversão, especialmente durante as férias.

A todos os amigos e amigas que fizeram parte dessa jornada, deixo meu sincero agradecimento. Aos que já eram presentes e permaneceram mesmo com a distância, e aos que encontrei ao longo da graduação, que me acolheram e se tornaram pessoas incríveis em minha vida. Tive o privilégio de conhecer pessoas fantásticas, que me inspiraram e contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

À Universidade Federal de Ouro Preto, à Escola de Minas e a todo o ambiente que me cercou durante essa trajetória, minha gratidão pela contribuição direta e indireta na minha formação. Em especial, à cidade de Ouro Preto, que foi cenário dessa importante fase da minha vida e teve papel fundamental na construção dessa conquista acadêmica.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho.

Se você só fizer o que sabe, nunca será nada além do que já é.
— Mestre Shifu.

Resumo

O avanço tecnológico tem transformado o cotidiano, especialmente na área da saúde, proporcionando maior precisão, segurança e eficiência em procedimentos médicos. Nesse contexto, a Engenharia Clínica desempenha papel fundamental na gestão e manutenção de equipamentos hospitalares, garantindo que esses funcionem de acordo com as especificações estabelecidas, especialmente por meio da calibração. A correta calibração dos equipamentos é essencial para assegurar a confiabilidade dos resultados utilizados em diagnósticos e tratamentos, contribuindo para a redução de erros e riscos à segurança do paciente. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo analisar como o uso de softwares na gestão de ativos médico-hospitalares pode contribuir para a otimização dos processos de manutenção e calibração, a melhoria da rastreabilidade das informações e o aumento da eficiência operacional. Para isso, foi realizada uma pesquisa aplicada, de caráter exploratório e descritivo, baseada em revisão bibliográfica e documental, complementada pela análise funcional de uma plataforma de gestão voltada à Engenharia Clínica e pela comparação entre o processo de calibração realizado com o uso do software e o processo manual. Os resultados evidenciam que a informatização desses processos favorece o planejamento das atividades, a centralização das informações, a geração de relatórios e indicadores, a automação dos cálculos metrológicos e a emissão de certificados, além de reduzir retrabalhos, minimizar falhas operacionais e melhorar o controle do parque tecnológico. Conclui-se, portanto, que a utilização de softwares de gestão representa uma ferramenta estratégica para a Engenharia Clínica, contribuindo para o aumento da confiabilidade dos processos, para a melhoria da qualidade dos serviços prestados e para a segurança dos pacientes.

Palavras-chave: Engenharia Clínica, gestão de ativos, calibração, manutenção, saúde, softwares, segurança do paciente.

Abstract

Technological advancements have transformed daily life, particularly in healthcare, where they provide greater precision, safety, and efficiency in medical procedures. In this context, Clinical Engineering plays a fundamental role in the management and maintenance of hospital equipment, ensuring that such devices operate according to established specifications, especially through calibration. Proper calibration of medical devices is essential to ensure the reliability of results used in diagnoses and treatments, contributing to the reduction of errors and risks to patient safety. In view of this scenario, this study aimed to analyze how the use of management software in medical-hospital asset management can contribute to the optimization of maintenance and calibration processes, the improvement of information traceability, and the increase of operational efficiency. To achieve this objective, an applied, exploratory, and descriptive study was carried out, based on bibliographic and documentary research, complemented by the functional analysis of a management platform focused on Clinical Engineering and by a comparison between the calibration process performed with the use of software and the manual process. The results show that the computerization of these processes favors activity planning, information centralization, the generation of reports and indicators, the automation of metrological calculations, and the issuance of certificates. In addition, it reduces rework, minimizes operational failures, and improves control over the technological park. It is therefore concluded that the use of management software represents a strategic tool for Clinical Engineering, contributing to increased process reliability, improved quality of services provided, and enhanced patient safety.

Keywords: Clinical Engineering, asset management, calibration, maintenance, healthcare, software, patient safety.

Lista de figuras

Figura 1 – Ativos hospitalares numa sala de CTI.	20
Figura 2 – Cadastro de Empresas	31
Figura 3 – Cadastro de Equipamentos	32
Figura 4 – Cadastro de plano de serviços	33
Figura 5 – Conformidade de planos	34
Figura 6 – Cronograma de planos	35
Figura 7 – Tela de abertura e triagem de chamados	36
Figura 8 – Cadastro de Padrão	37
Figura 9 – Cadastro do Template de Calibração	38
Figura 10 – Cadastro de Calibração	39
Figura 11 – Segunda parte do cadastro de Calibração	40
Figura 12 – Cálculos de Calibração	42
Figura 13 – Fluxograma do processo utilizando o software	44
Figura 14 – Fluxograma do processo manual	45
Figura 15 – Declaração de uso de IAGen no processo de escrita científica	59
Figura 16 – Autorização Arkmeds	61

Lista de abreviaturas e siglas

ABEC	Associação Brasileira de Engenharia Clínica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
EBSERH	Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
EMH	Equipamentos Médico-Hospitalares
GEM	Gestão de Equipamentos Médicos
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	International Organization for Standardization
MTBF	Tempo Médio Entre Falhas
MTTR	Tempo Médio para Reparo
NBR	Norma Brasileira
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada
SUS	Sistema Único de Saúde
TSE	Teste de Segurança Elétrica

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Contextualização	12
1.2	Objetivos	13
1.3	Justificativas e Relevância	14
1.4	Metodologia	15
1.5	Organização e estrutura	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Engenharia Clínica	17
2.2	Ativos Hospitalares	18
2.2.1	Definição	18
2.3	Gestão de Ativos Hospitalares	20
2.4	Manutenção em Engenharia Clínica	22
2.4.1	Tipos de Manutenção	22
2.4.2	Confiabilidade e Gestão de Ativos	22
2.5	Indicadores de Manutenção e Confiabilidade	23
2.6	A importância do Planejamento de Manutenção	23
2.7	Softwares na Gestão de Ativos Hospitalares	24
2.7.1	Trabalhos relacionados	27
3	ANÁLISE APLICADA DE UM SOFTWARE DE GESTÃO DE ATIVOS HOSPITALARES	30
3.1	Ferramentas e etapas de gestão em um software	30
3.1.1	Criação de planos de manutenção e calibração	32
3.1.2	Abertura e triagem de chamados	35
3.1.3	Registro de um padrão	36
3.1.4	Cadastro no <i>template</i> da calibração	37
3.1.5	Processo de calibração manual e automatizado	39
3.2	Fluxograma do processo	43
4	RESULTADOS	47
4.1	Planejamento e controle das atividades de manutenção e calibração	47
4.2	Rastreabilidade e centralização das informações	47
4.3	Geração de relatórios, indicadores e suporte à tomada de decisão	48
4.4	Otimização da execução dos serviços e aumento da produtividade	48
4.5	Automação dos cálculos e emissão de certificados	48

4.6	Redução de atividades manuais e melhoria do fluxo documental . . .	49
4.7	Conformidade, acessibilidade e segurança do paciente	49
4.8	Desafios relacionados à implementação do software	49
5	CONCLUSÃO	51
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	52
	Referências	53
	 APÊNDICES	 58
	 ANEXOS	 60

1 Introdução

Vive-se em um contexto marcado pelo uso intensivo de tecnologias, desenvolvidas com o objetivo de otimizar processos e aprimorar diferentes atividades do cotidiano. No setor da saúde, esse avanço tem se mostrado especialmente relevante, contribuindo para maior precisão diagnóstica, segurança nos procedimentos e eficiência dos tratamentos. Calil e Teixeira (1998) já apontavam a importância dos avanços tecnológicos na área da saúde, e essa discussão permanece atual diante da expansão da saúde digital, entendida como o campo associado ao desenvolvimento e ao uso de tecnologias digitais para melhorar a saúde (CALIL; TEIXEIRA, 1998; HADDAD; LIMA, 2024). Além disso, a Organização Mundial da Saúde reforça que as iniciativas de saúde digital devem ser orientadas por estratégias capazes de integrar recursos tecnológicos, humanos, organizacionais e financeiros para fortalecer os sistemas de saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021).

Nesse cenário, os equipamentos médico-hospitalares assumem papel fundamental no suporte às atividades assistenciais, sendo indispensáveis para a realização de diagnósticos, monitoramento e intervenções terapêuticas. Entretanto, o aumento da complexidade e da quantidade desses equipamentos traz consigo desafios relacionados à sua gestão, manutenção e controle ao longo do ciclo de vida (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2019).

A gestão inadequada desses ativos pode resultar em falhas operacionais, indisponibilidade de equipamentos, elevação de custos e, principalmente, riscos à segurança do paciente. Dessa forma, torna-se essencial a adoção de práticas estruturadas de Engenharia Clínica, voltadas ao gerenciamento eficiente dos equipamentos, garantindo sua confiabilidade, disponibilidade e conformidade com as normas vigentes (LACERDA; SANTOS, 2021).

Paralelamente, o uso de sistemas informatizados tem se consolidado como uma importante ferramenta de apoio à gestão de ativos hospitalares. Esses sistemas permitem o registro, o monitoramento e a análise de dados relacionados aos equipamentos, contribuindo para a tomada de decisão baseada em informações confiáveis e atualizadas (BAJUR, 2025).

Nesse contexto, a análise de dados e informações relacionados ao uso de sistemas informatizados na gestão de ativos médico-hospitalares pode fornecer uma visão relevante sobre o impacto dessas soluções no ambiente hospitalar. Ao possibilitarem maior rastreabilidade, organização das informações e acompanhamento das tecnologias em saúde ao longo de seu ciclo de uso, esses sistemas contribuem para o fortalecimento do controle gerencial e para a qualificação dos processos assistenciais e operacionais (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2021).

Além disso, a utilização de ferramentas informatizadas no contexto hospitalar tem sido associada à melhoria da eficiência, da eficácia e da efetividade dos processos, especialmente em atividades que demandam registro, monitoramento e controle contínuo (VIDAL, 2020). Dessa forma, a observação das informações produzidas por esses sistemas permite compreender de maneira mais ampla como a digitalização pode influenciar a gestão de equipamentos, a segurança do paciente e a tomada de decisão nas instituições de saúde (VIDAL, 2020).

1.1 Contextualização

A gestão adequada dos equipamentos médicos-hospitalares é fundamental para garantir a eficiência, a segurança e a precisão no atendimento aos pacientes. De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Clínica (2019), uma gestão ineficiente dos ativos pode acarretar em gastos desnecessários com manutenções corretivas e aumentar o risco de falhas nos equipamentos, o que pode impactar diretamente na saúde dos pacientes. Além disso, estudos mostram que uma gestão eficiente, com o uso de tecnologias adequadas, pode gerar economias significativas para as instituições de saúde, reduzindo custos com manutenção e melhorando a confiabilidade dos procedimentos como mostrado na pesquisa Fernandes *et al.* (2017).

No Brasil, a Engenharia Clínica vem se estabelecendo como uma área fundamental desde 1989, com a atuação de profissionais que aplicam seus conhecimentos em engenharia e gestão para aprimorar o uso das tecnologias no ambiente hospitalar. Com o passar do tempo, esses avanços proporcionaram um controle mais rigoroso sobre o ciclo de vida dos equipamentos médicos, assegurando que estejam de acordo com as exigências de segurança e desempenho necessárias para garantir a qualidade do atendimento aos pacientes (AMERICAN COLLEGE OF CLINICAL ENGINEERING, 1992).

Além disso, a implementação de softwares de gestão tem se mostrado uma solução eficaz para automatizar processos, garantir a rastreabilidade de manutenções e calibrações, e proporcionar maior segurança aos pacientes e à equipe hospitalar. Conforme estudos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2019), o uso de sistemas automatizados de gestão de ativos hospitalares permite não apenas a redução de custos operacionais, mas também o aumento da vida útil dos equipamentos.

A calibração é um dos processos mais críticos na gestão de equipamentos médico-hospitalares, sendo essencial para garantir que os dispositivos funcionem de acordo com as especificações estabelecidas pelo fabricante. A correta calibração assegura maior confiabilidade aos resultados gerados, permitindo que os profissionais de saúde tenham confiança na análise dos dados fornecidos pelos equipamentos. Nesse contexto, é imprescindível entender que a calibração adequada é fundamental para manter os níveis de desempenho

satisfatórios dos dispositivos utilizados em procedimentos médicos ([BAJUR, 2025](#)).

Conforme observado por [Bajur \(2025\)](#), a ausência ou inadequação na calibração pode gerar consequências severas, incluindo erros em diagnósticos que podem resultar em tratamentos incorretos, comprometendo a saúde e até a vida dos pacientes. Ademais, tal falha afeta negativamente a reputação da instituição hospitalar, reduzindo a confiança dos pacientes nos serviços oferecidos. A efetividade no processo de calibração, entretanto, só pode ser alcançada por meio de uma gestão eficiente dos ativos hospitalares, que assegure o controle e a rastreabilidade dos procedimentos realizados.

A gestão dos equipamentos médico-hospitalares envolve desafios técnicos complexos, visto que cada dispositivo possui suas particularidades em termos de medições e padrões de calibração. Além disso, é necessário que todos os materiais e procedimentos estejam devidamente preparados antes da execução da calibração. O sucesso dessa operação depende, fundamentalmente, da capacitação dos profissionais responsáveis pela atividade. O excesso de tarefas e a complexidade do processo podem aumentar a probabilidade de erros durante a calibração, incluindo a transcrição incorreta de dados, o que pode dificultar a interpretação precisa das informações geradas ([VESTATECH, 2018](#)).

Diante das dificuldades associadas à calibração e à gestão de equipamentos médico-hospitalares, a adoção de um software de gestão ajuda a informatizar o processo, facilitando a execução das atividades relacionadas à gerência dos ativos hospitalares. Com o uso de um sistema adequado, torna-se mais simples acompanhar as manutenções, registrar as calibrações e garantir que tudo esteja em conformidade com as normas exigidas.

1.2 Objetivos

Geral

O objetivo deste trabalho é analisar como o uso de softwares na gestão de ativos médico-hospitalares pode otimizar os processos de manutenção e calibração, reduzir custos operacionais e melhorar a segurança dos pacientes.

Específicos

- Avaliar o impacto da implementação dessas tecnologias na eficiência operacional, na rastreabilidade dos equipamentos e na conformidade com normas de segurança e desempenho.
- Identificar os benefícios proporcionados pelo uso desses sistemas para o gerenciamento eficaz dos ativos hospitalares.

- Analisar os principais desafios encontrados na implementação desses softwares em instituições de saúde.

1.3 Justificativas e Relevância

A crescente dependência de tecnologias no ambiente hospitalar tem ampliado de forma significativa a complexidade associada à gestão de equipamentos médico-hospitalares. Esses dispositivos desempenham papel essencial na realização de diagnósticos e tratamentos, sendo diretamente responsáveis pela segurança dos pacientes e pela confiabilidade dos procedimentos clínicos. Nesse contexto, a necessidade de garantir o correto funcionamento, rastreabilidade e conformidade desses equipamentos torna-se um fator crítico para as instituições de saúde.

Este trabalho se justifica pela necessidade de analisar e evidenciar o papel dos softwares de gestão como ferramentas estratégicas no gerenciamento de ativos hospitalares. A ausência de um controle eficiente pode resultar em falhas operacionais, aumento de custos com manutenções corretivas e riscos à segurança dos pacientes, especialmente em processos críticos como a calibração de equipamentos.

A utilização de sistemas informatizados possibilita a automação de processos, o armazenamento estruturado de informações e o acompanhamento sistemático das atividades de manutenção e calibração. Dessa forma, torna-se possível aumentar a confiabilidade dos dados, reduzir erros operacionais e garantir maior aderência às normas regulatórias, como as estabelecidas por órgãos competentes.

Do ponto de vista operacional, a relevância deste trabalho está associada à aplicação prática de conceitos de gestão de ativos, manutenção e Engenharia Clínica em ambientes hospitalares reais. O uso de softwares permite uma gestão à vista dos equipamentos, facilitando o monitoramento de indicadores como tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio para reparo (MTTR) e conformidade com planos de manutenção, contribuindo para a tomada de decisão baseada em dados.

Além disso, a informatização dos processos favorece a padronização das atividades, melhora a rastreabilidade das intervenções realizadas e possibilita maior controle sobre o ciclo de vida dos equipamentos, desde a aquisição até a desativação. Esses fatores são fundamentais para a redução de custos operacionais e aumento da eficiência dos serviços de saúde.

Sob a perspectiva acadêmica, o trabalho apresenta relevância ao integrar conceitos da Engenharia de Controle e Automação, como análise de processos, confiabilidade e sistemas de informação, com a aplicação prática em Engenharia Clínica. A análise do uso de softwares na gestão de equipamentos hospitalares contribui para a ampliação do

conhecimento sobre a aplicação de tecnologias digitais no setor da saúde, um campo em constante evolução e ainda com grande potencial de exploração.

Dessa forma, este trabalho contribui tanto para o avanço do conhecimento acadêmico quanto para a melhoria das práticas de gestão em ambientes hospitalares, evidenciando o papel fundamental dos softwares de gestão na promoção de segurança, eficiência operacional e qualidade no atendimento à saúde.

1.4 Metodologia

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza exploratória e descritiva, desenvolvida com o objetivo de analisar a contribuição do uso de softwares na gestão de ativos médico-hospitalares, com ênfase nos processos de manutenção e calibração. A investigação foi conduzida por meio de levantamento bibliográfico e documental, complementado pela análise funcional de uma plataforma de gestão utilizada na área de Engenharia Clínica.

Inicialmente, realizou-se uma revisão da literatura com o propósito de compreender os conceitos fundamentais relacionados à Engenharia Clínica, à gestão de ativos hospitalares, à manutenção de equipamentos médico-hospitalares e à aplicação de sistemas informatizados na área da saúde. Para isso, foram utilizados artigos científicos, dissertações, normas técnicas, manuais e materiais institucionais voltados ao tema.

Em seguida, foi realizada uma análise aplicada de um software de gestão de ativos utilizado no contexto da Engenharia Clínica, considerando suas principais funcionalidades, recursos e etapas operacionais. Essa etapa contemplou a descrição do cadastro de empresas, equipamentos e padrões, bem como dos procedimentos de calibração, emissão de certificados, rastreabilidade das informações e geração de relatórios.

Além disso, foi efetuada uma comparação entre o processo de calibração realizado com o uso do software e o processo conduzido de forma manual, com o objetivo de evidenciar as diferenças entre os fluxos de execução e os impactos da informatização sobre a agilidade, a padronização, a redução de erros e a organização das informações.

Por fim, os dados e informações levantados foram organizados de forma descritiva e interpretativa, permitindo identificar as principais vantagens associadas ao uso de softwares na gestão de equipamentos médico-hospitalares. A metodologia adotada possibilita, portanto, relacionar os fundamentos teóricos da literatura com a aplicação prática de ferramentas digitais na Engenharia Clínica.

1.5 Organização e estrutura

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, organizados de forma a apresentar, de maneira progressiva, os principais aspectos relacionados ao uso de softwares na gestão de ativos médico-hospitalares.

O Capítulo 1 apresenta a introdução ao tema, contemplando a contextualização do problema, as justificativas, os objetivos, a metodologia adotada e a organização do trabalho.

O Capítulo 2 é dedicado à revisão da literatura, abordando conceitos fundamentais de Engenharia Clínica, ativos hospitalares, gestão de ativos, manutenção, confiabilidade, indicadores de desempenho e o uso de softwares na gestão de equipamentos médico-hospitalares.

O Capítulo 3 apresenta o desenvolvimento do trabalho, com ênfase na descrição das funcionalidades de um software aplicado à gestão da Engenharia Clínica, bem como das etapas relacionadas ao cadastro de informações, ao registro de padrões, à utilização de templates de calibração e à execução do processo de calibração. Nesse capítulo, também é apresentada a comparação entre o processo informatizado e o processo manual por meio de fluxogramas.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos a partir da análise do uso do software, evidenciando as vantagens relacionadas ao planejamento das atividades, à rastreabilidade das informações, à geração de relatórios e indicadores, à otimização dos serviços, à automação dos cálculos, à melhoria do fluxo documental e à segurança do paciente.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta a conclusão do estudo, reunindo as principais considerações sobre o tema, além de sugestões para trabalhos futuros.

2 Revisão de Literatura

Neste capítulo, são abordados os elementos conceituais relacionados à Engenharia Clínica, gestão de ativos hospitalares e a importância da manutenção de equipamentos médico-hospitalares. São apresentados conceitos fundamentais sobre Engenharia Clínica, calibração, confiabilidade e suas relações com a segurança e desempenho dos equipamentos. Também será discutida a aplicação de normas técnicas como a [Associação Brasileira de Normas Técnicas \(2017\)](#), essencial para a gestão eficiente de equipamentos hospitalares.

Além disso, serão exploradas as diferentes estratégias de manutenção, como manutenção preventiva, corretiva e preditiva, suas implicações para a confiabilidade dos sistemas e os principais indicadores utilizados para monitoramento, como tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio de reparo (MTTR) e disponibilidade física dos equipamentos.

Ao final desta revisão de literatura, espera-se que o leitor compreenda a importância da gestão de ativos e da manutenção adequada para garantir o funcionamento seguro e eficiente dos equipamentos médico-hospitalares.

2.1 Engenharia Clínica

A Engenharia Clínica é uma área da engenharia aplicada à saúde que tem como principal objetivo garantir o uso seguro, eficiente e adequado das tecnologias médico-hospitalares. Sua atuação está diretamente relacionada à gestão do ciclo de vida dos equipamentos, desde o planejamento e aquisição até a operação, manutenção e desativação.

De acordo com a [Agência Nacional de Vigilância Sanitária \(2010\)](#), a adequada gestão de tecnologias em saúde é fundamental para assegurar a qualidade dos serviços prestados e a segurança dos pacientes, sendo a Engenharia Clínica um elemento essencial nesse processo.

Nesse contexto, a Engenharia Clínica envolve atividades como planejamento tecnológico, gestão da manutenção, controle de inventário de equipamentos, calibração e avaliação de desempenho. Além disso, também atua no suporte à tomada de decisão quanto à incorporação de novas tecnologias, considerando critérios técnicos, econômicos e operacionais ([MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015](#)).

Com o avanço da tecnologia e o aumento da complexidade dos equipamentos médicos, torna-se ainda mais relevante a atuação estruturada da Engenharia Clínica dentro das instituições de saúde. Segundo [Calil and Teixeira \(2002\)](#), a área contribui diretamente para a melhoria da qualidade assistencial, redução de riscos e otimização dos recursos disponíveis.

Dessa forma, a Engenharia Clínica se consolida como um componente estratégico na gestão de ativos hospitalares, não se restringindo apenas à manutenção de equipamentos, mas atuando de forma integrada na garantia da eficiência operacional e da segurança no ambiente hospitalar.

2.2 Ativos Hospitalares

Os ativos hospitalares como um todo são os equipamentos utilizados por profissionais de saúde visando diagnosticar, prevenir e tratar as enfermidades. Assim como todo equipamento, possuem vida útil e podem ser danificados com o uso, o bom funcionamento dos ativos hospitalares depende do uso correto dos mesmos, da gestão e do acompanhamento durante todo seu ciclo de uso.

2.2.1 Definição

Segundo a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 185, de 22 de outubro de 2001, da ANVISA ([AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2001](#)), os ativos hospitalares podem ser definidos como produtos para a saúde, podendo ser equipamentos, aparelhos, materiais, artigos ou sistemas de uso ou aplicação médica, consultórios odontológicos ou laboratórios, sendo utilizados para fins de prevenção, diagnóstico, tratamento, reabilitação ou anticoncepção e que não utilizem meio farmacológico, imunológico ou metabólico para realizar sua principal função em seres humanos, podendo entretanto serem auxiliados em suas funções por tais meios.

Ainda segundo a RDC nº 185/2001, os ativos hospitalares podem ser classificados em diversas categorias:

- Produto médico ativo: qualquer produto médico cujo funcionamento depende de fonte de energia elétrica, ou qualquer outra fonte de potência distinta da gerada pelo corpo humano ou gravidade e que funciona pela conversão desta energia. Não são considerados produtos médicos ativos os produtos médicos destinados a transmitir energia, substâncias ou outros elementos entre um produto médico ativo e o paciente, sem provocar alteração significativa. Como exemplo, pode-se citar um monitor multiparamétrico.
- Produto médico ativo para diagnóstico: qualquer produto médico ativo, utilizado isoladamente ou em combinação com outros produtos médicos, destinado a proporcionar informações para a detecção, diagnóstico, monitoração ou tratamento das condições fisiológicas ou de saúde, enfermidades ou deformidades congênitas. Como exemplo, pode-se citar um eletrocardiógrafo.

- Produto médico ativo para terapia: qualquer produto médico ativo, utilizado isoladamente ou em combinação com outros produtos médicos, destinado a sustentar, modificar, substituir ou restaurar funções ou estruturas biológicas, no contexto de tratamento ou alívio de uma enfermidade, lesão ou deficiência. Como exemplo, pode-se citar uma bomba de infusão.
- Produto médico de uso único: qualquer produto médico destinado a ser usado na prevenção, diagnóstico, terapia, reabilitação ou anticoncepção, utilizável somente uma vez, segundo especificado pelo fabricante. Como exemplo, pode-se citar uma seringa descartável.
- Produto médico implantável: qualquer produto médico projetado para ser totalmente introduzido no corpo humano ou para substituir uma superfície epitelial ou ocular, por meio de intervenção cirúrgica, e destinado a permanecer no local após a intervenção. Também é considerado um produto médico implantável qualquer produto médico destinado a ser parcialmente introduzido no corpo humano através de intervenção cirúrgica e permanecer após esta intervenção por longo prazo. Como exemplo, pode-se citar um marca-passo cardíaco.
- Produto médico invasivo: produto médico que penetra total ou parcialmente dentro do corpo humano, seja através de um orifício do corpo ou através da superfície corporal. Como exemplo, pode-se citar um cateter urinário.

O aumento das exigências relacionadas à segurança e ao desempenho, aliado à incorporação de novas tecnologias nas instituições de saúde, tem contribuído para a transformação dos hospitais em ambientes cada vez mais tecnológicos. Nesse cenário, a medicina tem evoluído com o apoio dos equipamentos médico-hospitalares, que ampliam a precisão dos procedimentos clínicos, aprimoram os serviços prestados aos pacientes e oferecem melhores condições de trabalho aos profissionais da saúde ([AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2019](#)).

Para garantir o funcionamento adequado desses equipamentos, as instituições de saúde devem contar com setores de Engenharia Clínica, responsáveis por atividades como manutenção, calibração, aquisição de tecnologias e treinamento dos profissionais envolvidos. A prevenção das consequências decorrentes de falhas, a redução dos custos de manutenção e o aumento da disponibilidade e da confiabilidade dos equipamentos exigem uma gestão qualificada e especializada, capaz de tornar os processos mais efetivos, seja por meio da substituição de tecnologias obsoletas, seja pela incorporação de novos equipamentos e soluções integradas ([LACERDA; SANTOS, 2021](#)).

No âmbito da gestão em saúde um equipamento médico-hospitalar também pode ser chamado de ativo. A crescente variedade de ativos, o surgimento rápido de novas

tecnologias, bem como todos os custos e riscos envolvidos na operação e manutenção desses bens tornaram evidente a relevância de um gerenciamento apropriado, desde a avaliação da necessidade de aquisição à garantia de um funcionamento correto e eficiente, abrangendo todo o ciclo de vida e garantindo o fornecimento de serviços de saúde com qualidade aos usuários (MASSAMBANI, 2019).

A gestão de ativos na engenharia refere-se à gestão de equipamentos, infraestrutura, controle de inventário, dentre outros fatores e ainda requer um sistema de informação com base de dados sólida para respaldar a tomada de decisão (PANEGOSSO, 2020). A Figura 1 ilustra uma sala de centro de tratamento intensivo (CTI), com seus devidos ativos instalados e distribuídos de acordo com a infraestrutura.



Figura 1 – Ativos hospitalares numa sala de CTI.

Fonte: Rede Dor São Luiz, 2022.

2.3 Gestão de Ativos Hospitalares

O ciclo de vida de um ativo compreende toda sua vida, a partir do projeto, em que são determinados quais ativos são necessários para atingir os resultados esperados pela organização. Seguindo pela aquisição, que é a fase em que se deve pensar nos impactos que os ativos podem causar nos objetivos das organizações. Com isso, os ativos devem

ser utilizados para realizarem seu propósito funcional e operacional. Segundo [Souza *et al.* \(2010\)](#), o ciclo de vida de uma ativo hospitalar pode ser dividido em três fases: incorporação, utilização e renovação/alienação.

A incorporação da tecnologia pelo agente de saúde consta de quatro fases: especificação, aquisição, instalação e treinamento. A importância desse processo consiste no fato de que uma especificação e/ou instalação errada irá ocasionar desperdício de recursos durante toda a vida útil do equipamento. A falta de eficiência nas atividades descritas acima irá gerar gastos excessivos com manutenção, erros de diagnóstico, acidentes e indisponibilidade do equipamento com respectiva perda de faturamento.

A fase de utilização corresponde ao período em que o ativo passa a desempenhar sua função dentro da instituição de saúde, sendo empregado nas atividades assistenciais, diagnósticas e terapêuticas para as quais foi adquirido. Nessa etapa, é fundamental que o equipamento opere em condições adequadas de uso, segurança e desempenho, de modo a atender às necessidades do serviço e da assistência ao paciente. Além disso, a utilização envolve o acompanhamento contínuo do ativo, por meio de ações como controle de uso, manutenção, calibração e avaliação de sua disponibilidade, assegurando que o equipamento permaneça apto a cumprir sua finalidade ao longo da vida útil.

O último ciclo, a renovação/alienação é resultado de uma análise das ferramentas de manutenção, em que o custo de manter o equipamento, a baixa disponibilidade ou a tecnologia não ser mais viável indicam que o equipamento precisa ser substituído. Em paralelo, é realizada uma pesquisa sobre as novas tecnologias e as formas de sua implantação.

Segundo o [Agência Nacional de Vigilância Sanitária \(2019\)](#) a vida útil de um produto é entendida como o tempo no qual ele pode ser usado com segurança, desde que observadas as orientações de manutenções e efetuadas as trocas regulares de peças e partes que apresentarem falha, englobando o tempo no qual o fabricante garante a existência de fornecimento de peças e assistência técnica ao produto. Tal tempo não pode ser indeterminado, pois implicaria em fornecer peças e garantir assistência técnica para manutenção do produto indefinidamente. A determinação da vida útil deve obedecer aos limites mínimos existentes em legislação e código de defesa do consumidor. O conceito de vida útil é aplicável a todos os produtos que não possuem prazo de validade.

Para que se mantenha a vida útil dos ativos hospitalares utilizados em diversas áreas da saúde com o objetivo de diagnóstico e tratamento adequados, uma das recomendações seria gerir de forma eficaz suas manutenções, sejam elas preventivas, corretivas ou preditivas.

2.4 Manutenção em Engenharia Clínica

A manutenção de equipamentos médico-hospitalares é um fator crucial para garantir que os dispositivos utilizados no atendimento a pacientes operem de forma eficiente e segura. De acordo com [Calil e Teixeira \(1998\)](#), os avanços tecnológicos na área da saúde trouxeram novas exigências para a manutenção e gestão desses equipamentos, uma vez que a complexidade dos sistemas médicos aumentou significativamente nas últimas décadas.

A gestão eficiente dos ativos se torna essencial nesse contexto, uma vez que falhas nesses equipamentos podem comprometer não só a operação dos sistemas de saúde, mas também a segurança dos pacientes. [Fernandes et al. \(2017\)](#) demonstra, em estudo realizado no Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia, que a implementação de um programa estruturado de manutenção reduziu significativamente os custos operacionais e aumentou a confiabilidade dos equipamentos hospitalares.

2.4.1 Tipos de Manutenção

A manutenção pode ser classificada em três categorias principais: corretiva, preventiva e preditiva. A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha e tem como objetivo restaurar o equipamento ao seu estado de funcionamento original. Este tipo de manutenção é considerado reativo e, embora necessário em alguns casos, pode resultar em custos elevados devido à interrupção não planejada das operações ([BRONZINO, 2003](#)).

A manutenção preventiva, por outro lado, é uma abordagem proativa, onde intervenções são programadas com o objetivo de evitar falhas futuras. De acordo com a norma [Associação Brasileira de Normas Técnicas \(1994\)](#), a manutenção preventiva pode ser realizada em intervalos regulares ou com base na condição do equipamento. A implementação desse tipo de manutenção permite uma maior previsibilidade de falhas e, portanto, maior confiabilidade e segurança operacional ([KARDEC, ALAN AND NASCIF, MÁRIO A., 2012](#)).

Por fim, a manutenção preditiva utiliza técnicas avançadas, como análise de vibração e termografia, para monitorar o estado dos equipamentos em tempo real, permitindo a identificação precoce de falhas potenciais antes que causem interrupções no funcionamento. [Bajur \(2025\)](#) salienta que a manutenção preditiva é especialmente útil em equipamentos críticos, como os utilizados em ambientes hospitalares, onde a precisão e segurança são indispensáveis.

2.4.2 Confiabilidade e Gestão de Ativos

A confiabilidade de um sistema refere-se à sua capacidade de operar sem falhas em um período de tempo determinado, sendo um aspecto crucial para a manutenção e gestão de equipamentos hospitalares. Segundo [Bronzino \(2003\)](#), o ciclo de vida dos equipamentos

deve ser gerenciado de forma a maximizar a sua disponibilidade e minimizar a ocorrência de falhas, garantindo assim a segurança e o desempenho ideal no ambiente hospitalar.

Nesse contexto, a norma [Associação Brasileira de Normas Técnicas \(2017\)](#) estabelece os requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração, que são essenciais para assegurar que os equipamentos estejam em conformidade com os padrões de segurança exigidos. A calibração periódica, conforme apontado por [Bajur \(2025\)](#), é um fator chave para garantir a precisão dos resultados médicos, prevenindo diagnósticos incorretos e tratamentos inadequados.

Além disso, a [Agência Nacional de Vigilância Sanitária \(2019\)](#) reforça a necessidade de manter os equipamentos calibrados e em conformidade com as normas de segurança, ressaltando a importância da regularização e monitoramento contínuo dos dispositivos utilizados em ambientes clínicos.

2.5 Indicadores de Manutenção e Confiabilidade

Os indicadores de desempenho são fundamentais para a gestão eficiente dos equipamentos hospitalares. Entre os principais indicadores utilizados estão o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), o Tempo Médio para Reparo (MTTR) e a Disponibilidade Física. Estes indicadores são amplamente utilizados para avaliar a confiabilidade e a eficiência das estratégias de manutenção, conforme descrito por [Massambani \(2019\)](#).

O MTBF é utilizado para medir a confiabilidade de um equipamento, representando o tempo médio em que o equipamento funciona sem falhar. Já o MTTR indica o tempo necessário para realizar um reparo após a ocorrência de uma falha. A disponibilidade física é calculada com base no tempo em que o equipamento está disponível para uso, levando em consideração tanto o tempo de operação quanto o tempo de manutenção ([BRONZINO, 2003](#)).

Esses indicadores permitem uma avaliação precisa do desempenho dos equipamentos e da eficácia dos programas de manutenção implementados. Conforme [Fernandes *et al.* \(2017\)](#), o uso desses indicadores é essencial para a tomada de decisões estratégicas, permitindo uma otimização dos recursos e uma melhor alocação das atividades de manutenção.

2.6 A importância do Planejamento de Manutenção

O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é um elemento essencial para garantir a continuidade operacional dos equipamentos em ambientes hospitalares. [Kardec, Alan and Nascif, Mário A. \(2012\)](#) destaca que o PCM envolve desde a identificação das necessidades de manutenção até o monitoramento dos resultados das intervenções, sendo essencial para garantir a máxima eficiência das operações de manutenção.

De acordo com [Fernandes et al. \(2017\)](#), um planejamento eficiente pode reduzir significativamente os custos operacionais, melhorar a confiabilidade dos equipamentos e minimizar o tempo de inatividade. Nesse sentido, o uso de ferramentas de *Business Intelligence*, como o *Power BI* da Microsoft, pode ser uma solução eficaz para monitorar e analisar os dados de manutenção, permitindo uma gestão mais integrada e baseada em dados.

2.7 Softwares na Gestão de Ativos Hospitalares

A crescente complexidade envolvida na gestão de ativos hospitalares, aliada à necessidade de garantir segurança, rastreabilidade e eficiência operacional, tem impulsionado a utilização de sistemas informatizados como ferramentas essenciais no apoio à Engenharia Clínica. Nesse contexto, destacam-se os sistemas conhecidos como *Computerized Maintenance Management Systems* (CMMS), além de plataformas integradas de gestão hospitalar, que permitem o controle sistematizado dos equipamentos médico-hospitalares ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Pode-se considerar que um software é uma sequência lógica de algoritmos, de modo que qualquer programa processado por meio de um computador, capaz de resultar em transmissão e armazenamento de dados, pode ser compreendido como um software. De acordo com [Costa e Orlovski \(2022\)](#), essas tecnologias são introduzidas no mercado com o objetivo de tornar mais ágeis e eficientes os processos desenvolvidos dentro das organizações, especialmente aqueles considerados vitais ao seu funcionamento.

No contexto hospitalar, o uso de softwares contribui para a organização das informações, a padronização de atividades, a melhoria da qualidade dos serviços e o fortalecimento do controle gerencial. Além disso, a informatização dos processos favorece a segurança dos dados e amplia a capacidade de rastreamento das intervenções realizadas nos equipamentos, aspecto especialmente importante em instituições de saúde.

Esses sistemas possibilitam o gerenciamento centralizado de informações relacionadas aos ativos, incluindo cadastro de equipamentos, histórico de manutenções, planos preventivos, ordens de serviço e controle de peças de reposição. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a adoção de sistemas informatizados contribui significativamente para a organização das atividades de manutenção e para a rastreabilidade das intervenções realizadas nos equipamentos ([AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2010](#)).

Com a introdução de novas tecnologias no mercado de assistência à saúde, o Engenheiro Clínico passou a ser reconhecido como o profissional qualificado para a aplicação e a gestão dessas tecnologias. Nesse cenário, o uso de softwares de gestão constitui importante ferramenta de apoio à otimização dos resultados e indicadores hospitalares

(JR; LIMA, 2020). Segundo a Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH), a Engenharia Clínica é o setor responsável pela gestão das tecnologias utilizadas nas atividades produtivas ligadas à assistência ao paciente, estabelecendo estratégias para o gerenciamento da vida útil dessas tecnologias por meio de rotinas de manutenção preventiva e corretiva, com o objetivo de suprir o hospital quanto às necessidades de implantação, manutenção e recuperação do parque tecnológico (EMPRESA BRASILEIRA DE SERVIÇOS HOSPITALARES, 2021).

Portanto, o Engenheiro Clínico atua na interação entre sistemas médicos, sistemas de comunicação e tecnologias da informação, fornecendo suporte técnico para que a administração das unidades de saúde disponha de informações mais completas e confiáveis para a tomada de decisão. Entre os benefícios associados a esse processo, destacam-se a redução de custos de manutenção e do tempo de parada dos equipamentos, o controle de terceiros, o treinamento contínuo, a melhoria nos processos de aquisição e a elaboração mais adequada de contratos de manutenção. Nesse contexto, a utilização de um software confiável, que promova rastreabilidade e gestão à vista, torna-se fundamental (PESSOA, 2011).

Em um estabelecimento de saúde, a Gestão de Equipamentos Médicos (GEM) consiste na junção de habilidades, técnicas de engenharia e tecnologias em saúde com o propósito de aprimorar os cuidados médicos fornecidos. Dentre as atividades englobadas, estão o processo de aquisição de equipamentos médico-hospitalares, desde a idealização até a instalação, bem como a inventariação, a manutenção, a calibração e a verificação de obsolescência (MANSO, 2012). Entretanto, também podem ser incorporadas atividades relacionadas à capacitação de recursos humanos e à gestão da informação (MASSAMBANI, 2019).

Além disso, o uso de softwares especializados favorece a automação de processos rotineiros, como a geração automática de ordens de serviço, o agendamento de manutenções preventivas e o monitoramento de indicadores de desempenho. Essa automação reduz a dependência de controles manuais, minimizando falhas operacionais e aumentando a confiabilidade das informações disponíveis para a tomada de decisão.

Outro aspecto relevante é a capacidade desses sistemas de fornecer suporte à análise de dados por meio de relatórios e *dashboards* interativos. Essas ferramentas permitem a visualização de indicadores como tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio para reparo (MTTR), disponibilidade dos equipamentos e custos de manutenção, possibilitando uma gestão mais estratégica e orientada a resultados. Segundo Santos *et al.* (2018), o uso de indicadores aliados a sistemas informatizados potencializa a eficiência da gestão de manutenção, permitindo a identificação de padrões e a implementação de melhorias contínuas.

No Brasil, o avanço da tecnologia e o crescimento da oferta de equipamentos

médico-hospitalares também contribuíram para o aumento dos gastos em saúde, impulsionados pelo envelhecimento populacional e pela ampliação do acesso aos serviços de saúde. Apesar disso, a adoção de práticas de gestão adequadas pode contribuir para a redução de despesas a médio e longo prazo, ao favorecer maior precisão, eficiência e racionalização do uso dos recursos (ALMEIDA; SILVA, 2016). Nesse sentido, a gestão e o planejamento financeiro nas instituições hospitalares tornam-se importantes para a redução de custos e desperdícios, especialmente quando apoiados por estratégias de gerenciamento de informações e priorização de recursos (ALMEIDA; SILVA, 2016).

A expressão “Informática em Saúde” tem se tornado cada vez mais presente devido à sua aplicação no atendimento aos pacientes. Como a informação em saúde é gerada em grande quantidade diariamente, torna-se necessário dispor de sistemas capazes de armazená-la, organizá-la e disponibilizá-la de forma adequada (FERNANDES *et al.*, 2017). Segundo Oliveira (2008), os Sistemas de Informações Gerenciais transformam dados isolados em informações úteis para a tomada de decisão. No campo da manutenção, esses sistemas têm como propósito disponibilizar informações que contribuam para o melhor uso dos recursos, o aumento da confiabilidade e o desempenho dos equipamentos (TAVARES, 1999). De forma complementar, Viana (2002) afirma que a informatização no setor de manutenção favorece a organização e a padronização dos procedimentos, a praticidade na obtenção de informações, o gerenciamento de planos de manutenção, o aumento da produtividade e o controle do parque tecnológico.

Para a implantação de um software de gestão de ativos, é fundamental conhecer a situação atual do estabelecimento, incluindo o levantamento do parque tecnológico, o controle patrimonial, o modelo de manutenção adotado, os recursos materiais e humanos disponíveis, os prazos e os investimentos necessários. Essas informações servem de base para o gerenciamento adequado do sistema e para o suporte às atividades do grupo de manutenção (PERLATO, 2012). Nesse sentido, métodos automatizados, como a leitura de *QR code*, têm sido associados a ganhos operacionais, redução de erros, economia de tempo e maior agilidade em processos como a calibração de equipamentos médicos (BORGES; SOARES, 2019).

A automatização da gestão dos equipamentos médico-hospitalares colabora com a execução dos serviços nos prazos adequados e com a otimização dos processos de manutenção e calibração, sem prejuízo à qualidade e com maior confiabilidade dos dados coletados. Também facilita a geração e a consulta de relatórios, documentos e certificados, itens indispensáveis em auditorias e para os hospitais que buscam certificações. Nesse cenário, a produtividade da equipe tende a aumentar; entretanto, o principal ganho proporcionado pela correta execução dos serviços de manutenção e calibração é a segurança do paciente (RPK ENGENHARIA CLÍNICA, 2020).

A revisão bibliográfica apresentada demonstra, portanto, a importância de uma

gestão eficiente dos ativos em ambientes hospitalares, com destaque para a calibração e a manutenção dos equipamentos médicos. As estratégias de manutenção preventiva e preditiva, apoiadas por normas técnicas, indicadores de confiabilidade e sistemas informatizados, são fundamentais para garantir o desempenho seguro e eficiente dos dispositivos. A aplicação de tecnologias de monitoramento e análise de dados mostra-se essencial para otimizar os processos de manutenção, como destacado por [Bronzino \(2003\)](#) e [Fernandes et al. \(2017\)](#).

2.7.1 Trabalhos relacionados

A literatura recente apresenta diferentes abordagens para o uso de sistemas informatizados na gestão de equipamentos médico-hospitalares. De modo geral, os estudos convergem para a importância da rastreabilidade, da centralização das informações, da automação de processos e do apoio à tomada de decisão na Engenharia Clínica. Além disso, observa-se que parte desses trabalhos também se preocupa com aspectos relacionados à qualidade do software, à usabilidade, à conformidade regulatória e à avaliação da efetividade dessas tecnologias no contexto hospitalar ([LORENZO; GENERO; CHATTERJEE, 2025](#); [PICOZZI et al., 2024](#); [LI; MAO; ZHANG, 2023](#); [PEREIRA, 2024](#)).

Lorenzo, Genero e Chatterjee (2025) realizaram uma revisão sistemática sobre sistemas de gestão de tecnologia médica em instituições de saúde, identificando como tendências principais a rastreabilidade de equipamentos por identificadores únicos, a manutenção preditiva baseada em evidências, o monitoramento em tempo real com IoT e RFID e a integração com sistemas hospitalares. Como ponto forte, o estudo oferece uma visão ampla e atualizada das principais características desses sistemas. Como limitação, os autores destacam a baixa padronização de métricas de avaliação e a permanência de processos manuais em muitos contextos, especialmente em ambientes com restrição de recursos ([LORENZO; GENERO; CHATTERJEE, 2025](#)).

Picozzi et al. (2024) investigaram o uso de *Business Intelligence* para o monitoramento de indicadores de desempenho de um *Computerized Maintenance Management System* (CMMS) em um departamento de Engenharia Clínica. O estudo identificou 18 indicadores relacionados à logística, à gestão técnica e ao gerenciamento de equipamentos, implementados em um *dashboard* interativo no Power BI. Entre os pontos fortes, destaca-se a ênfase no monitoramento contínuo e no suporte à tomada de decisão. Como limitação, o trabalho concentra-se principalmente na camada analítica e não aprofunda o fluxo operacional completo das atividades de manutenção e calibração ([PICOZZI et al., 2024](#)).

Li, Mao e Zhang (2023) propuseram uma plataforma de gestão de manutenção de equipamentos médicos baseada em *big data*, utilizando mineração de dados e rede de Bayesiana para análise de falhas e apoio à formulação de planos preventivos. Os resultados indicaram melhora na organização do trabalho e redução da taxa de falhas e do tempo

de manutenção. Como ponto forte, o estudo demonstra a aplicação de técnicas analíticas na gestão da manutenção. Como ponto fraco, apresenta menor ênfase na conformidade documental e na gestão da calibração quando comparado a plataformas mais voltadas à Engenharia Clínica (LI; MAO; ZHANG, 2023).

Pereira (2024) abordou a gestão de equipamentos médicos com função de medição em uma plataforma interoperativa, a partir da implementação de um módulo de manutenção preventiva e calibração. O estudo destaca como benefícios a centralização da gestão, a redução de riscos associados a processos manuais, a melhoria da rastreabilidade e a conformidade com normas regulatórias. Como limitação, o trabalho concentra-se fortemente no processo de transição e implantação do módulo, com menor detalhamento quantitativo sobre os resultados após sua adoção. Ainda assim, trata-se de uma referência especialmente relevante por aproximar manutenção, calibração e gestão integrada em ambiente hospitalar (PEREIRA, 2024).

De forma complementar, Félix e Pérez (2025) analisaram a implementação de um procedimento automatizado de calibração para avaliação metrológica de equipamentos de eletrocirurgia, comparando técnicas manuais e automatizadas. Os autores observaram maior precisão e redução significativa do tempo de execução com a abordagem automatizada, evidenciando o potencial da automação também no processo de calibração em si (FÉLIX; PÉREZ, 2025).

Oliveira e Borges (2019) discutiram a implementação de um CMMS em um departamento de Engenharia Clínica, destacando que esse tipo de sistema pode oferecer benefícios como redução de gastos, minimização do tempo de inatividade dos equipamentos, maior controle das ordens de serviço, rastreamento de peças de reposição, gerenciamento de contratos e apoio à manutenção preventiva e corretiva. Como ponto forte, o estudo detalha a estrutura do CMMS em módulos, bem como as etapas necessárias para sua implementação, incluindo avaliação, seleção, configuração, entrada de dados e treinamento da equipe. Como limitação, os autores reconhecem que os sistemas CMMS nem sempre oferecem uma solução completa, podendo demandar personalização e maior qualificação dos profissionais para uso eficaz da ferramenta (OLIVEIRA; BORGES, 2019).

Costa e Orlovski (2022) discutem a importância do uso de software na área da saúde, enfatizando benefícios como agilidade, organização, segurança dos dados, melhoria da qualidade do atendimento e redução de erros. As autoras também apresentam resultados de pesquisa de campo em hospitais, indicando que a informatização tem papel relevante no apoio ao atendimento e no armazenamento de dados. Como ponto forte, o estudo aproxima a discussão do cotidiano institucional e evidencia a percepção dos usuários sobre os benefícios da tecnologia. Como limitação, são destacados fatores como necessidade de treinamento, resistência dos profissionais, restrição de acesso a módulos e uso incompleto das funcionalidades disponíveis (COSTA; ORLOVSKI, 2022).

Ferauche et al. (2023) discutem a avaliação de tecnologias em saúde digital com foco na análise de softwares aplicados à área da saúde, abordando critérios como usabilidade, confiabilidade, eficiência, segurança, manutenibilidade, portabilidade e conformidade com normas internacionais, como as famílias ISO/IEC 9126, 14598 e 25000. Como ponto forte, o trabalho amplia a discussão para além da funcionalidade operacional dos sistemas, incorporando critérios formais de qualidade de software e métodos estruturados de avaliação. Como limitação, os autores indicam que a aplicação desses modelos pode demandar tempo, adaptação ao contexto e participação de especialistas, o que pode dificultar sua adoção ampla em ambientes com recursos limitados (FERAUCHE *et al.*, 2023).

Em conjunto, esses trabalhos indicam que os sistemas mais recentes para gestão de equipamentos médico-hospitalares tendem a combinar rastreabilidade, automação de processos, monitoramento por indicadores e, em alguns casos, integração com módulos de manutenção preventiva e calibração. Além disso, evidenciam que a efetividade dessas soluções depende não apenas das funcionalidades técnicas disponíveis, mas também de fatores como usabilidade, capacitação dos usuários, qualidade do software, conformidade normativa e aderência ao contexto institucional (LORENZO; GENERO; CHATTERJEE, 2025; PICOZZI *et al.*, 2024; LI; MAO; ZHANG, 2023; PEREIRA, 2024; OLIVEIRA; BORGES, 2019; COSTA; ORLOVSKI, 2022; FERAUCHE *et al.*, 2023).

Em comparação com essas abordagens, o software analisado neste trabalho apresenta aderência importante às tendências identificadas na literatura, especialmente no que se refere à centralização das informações, à rastreabilidade, à geração de relatórios, à gestão documental e ao suporte aos processos de calibração e manutenção. Além disso, distingue-se por reunir, em um mesmo ambiente, funcionalidades voltadas ao cadastro de ativos, histórico de intervenções, emissão de certificados e apoio à execução das rotinas operacionais, o que o aproxima de propostas mais integradas observadas nos estudos relacionados (PEREIRA, 2024; OLIVEIRA; BORGES, 2019; PICOZZI *et al.*, 2024).

3 Análise Aplicada de um software de Gestão de Ativos Hospitalares

Este capítulo apresenta a aplicação prática dos conceitos discutidos na revisão de literatura, com foco na análise de uma plataforma utilizada na gestão da Engenharia Clínica. São descritas as principais funcionalidades do sistema, bem como as etapas relacionadas ao cadastro de empresas, equipamentos e padrões, à utilização de modelos de calibração e à execução do processo de calibração. Além disso, discute-se de que forma a plataforma contribui para a automatização da gestão dos ativos, a organização das informações e o apoio à tomada de decisão no contexto hospitalar.

3.1 Ferramentas e etapas de gestão em um software

A Arkmeds é uma empresa especializada no desenvolvimento de software voltado à gestão da Engenharia Clínica. A plataforma analisada neste trabalho é direcionada ao gerenciamento de ativos, manutenção, calibração e rastreabilidade de equipamentos médico-hospitalares. Inicialmente, sua aplicação esteve concentrada no setor hospitalar e em prestadoras de serviços da área da saúde. Posteriormente, a utilização do sistema foi ampliada para outros segmentos, como refrigeração, odontologia, setor industrial e academias, que também demandam funcionalidades relacionadas à gestão de serviços técnicos e controle de ativos.

Localizada em Belo Horizonte, a empresa teve sua história no início do ano de 2015 como uma *startup*. Atualmente, conta com aproximadamente 60 funcionários e possui mais de 500 clientes, com presença global em países como Brasil, Estados Unidos, México, Chile e Angola.

O principal produto é a plataforma online de gestão de ativos. Contudo, a empresa também trabalha com a tecnologia *QR Code*, possui um aplicativo para a execução das ordens de serviço, desenvolve equipamentos para realizar calibrações e teste de segurança elétrica e, ainda, possui a Arkmeds Academy, uma plataforma online de cursos de capacitação para a área de engenharia clínica, metrologia, tecnologias médicas e gestão da manutenção, contribuindo para a capacitação dos profissionais da área.

O software de gestão hospitalar da Arkmeds, cedido para estudo, é direcionado para a área de gestão da engenharia clínica, manutenção e calibração. Essa ferramenta foi imprescindível para a realização deste trabalho, pois a plataforma online possibilita a automatização do processo de gestão de ativos.

Inicialmente, são cadastradas as empresas, ou seja, quem são os clientes a quem se presta serviços, podendo ser divididos também por setores, o que é indicado no caso de se cadastrar um hospital, que possui várias divisões. Dessa forma, facilita, posteriormente, a localização do equipamento.

Cada vez que houver um novo cliente ou um setor, é necessário realizar esse processo. Quando pronto, não é necessário cadastrar novamente o cliente, apenas, eventualmente, editar as informações, atualizando-as. A Figura 2 mostra a tela de cadastro da empresa.

CADASTRO DE EMPRESAS

Nome*:

Nome fantasia:

Tipo*:

Superior:

CPF/CNPJ:

ENDEREÇO CONTATO OBSERVAÇÕES PMOC

CEP:

Rua:

Número:

Complemento:

Bairro:

Cidade:

Estado:

Salvar

Figura 2 – Cadastro de Empresas

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

Em seguida, é cadastrado o equipamento, informando quem é o proprietário, conforme mostrado na Figura 3. Da mesma forma que no cadastro das empresas, a cada novo equipamento, deve-se realizar esse processo, e, quando feito, não é preciso adicionar novamente (ARKMEDS, 2022).

CADASTRO DE EQUIPAMENTOS

Tipo*: + <input style="width: 95%; border: 1px solid #ccc;"/> Fabricante: <input style="width: 100%; border: 1px solid #ccc;"/> Estado*: <input style="width: 100%; border: 1px solid #ccc;"/> Identificação/TAG: <input style="width: 100%; border: 1px solid #ccc;"/> Patrimônio: <input style="width: 100%; border: 1px solid #ccc;"/> Prioridade*: <input style="width: 100%; border: 1px solid #ccc;"/> Não urgente	Quadro de Trabalho: <input style="width: 100%; border: 1px solid #ccc;"/> Modelo: <input style="width: 100%; border: 1px solid #ccc;"/> Proprietário*: + <input style="width: 95%; border: 1px solid #ccc;"/> Numero de Série: <input style="width: 100%; border: 1px solid #ccc;"/> Portaria INMETRO: <input style="width: 100%; border: 1px solid #ccc;"/> Modo de Uso*: ☒ Equipamento ☐ Padrão
--	---

Figura 3 – Cadastro de Equipamentos

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

Essa etapa é importante, pois nesse momento são cadastradas as informações cruciais para se fazer o controle do parque tecnológico, facilitando a busca por informações. É importante destacar que a plataforma adota a nomenclatura “padrão” para se referir aos equipamentos que são usados para fazer a calibração e o teste de segurança elétrica, ou seja, analisadores e simuladores (ARKMEDS, 2022).

3.1.1 Criação de planos de manutenção e calibração

Após o cadastro das empresas, setores, equipamentos e padrões, uma funcionalidade relevante do sistema é a criação de planos de execução de serviços. Esses planos funcionam como cronogramas programados, nos quais são definidos os serviços que deverão ser realizados nos equipamentos ao longo do tempo, como manutenções preventivas, calibrações e Testes de Segurança Elétrica (TSE). Diferentemente das manutenções corretivas, que ocorrem de forma inesperada, e das manutenções preditivas, que dependem da análise de dados e identificação de tendências de falha, esses serviços possuem periodicidade definida e, por isso, podem ser previamente planejados no sistema.

A criação dos planos permite padronizar e automatizar a geração das Ordens de Serviço (OS), garantindo que as atividades sejam executadas dentro dos prazos estabelecidos. Para isso, o usuário deve cadastrar informações como título do plano, setor responsável, técnico responsável, técnicos executores, data inicial, frequência de execução e prazo para a realização do serviço, como apresentado na Figura 4. A frequência pode ser configurada conforme a necessidade da instituição ou do contrato, podendo contemplar serviços mensais, semestrais, anuais, entre outros intervalos definidos.

Criação de Plano

Título*

Setor Responsável

Responsável

Técnicos Executores

Nenhum

Data Inicial*

Frequência de Execução*

Mensal

Prazo para Execução (dias)

29

Utilizado para saber se o Plano está em dia ou atrasado. É usado também para delimitar a data esperada de conclusão das Ordens de Serviço pertencentes ao Plano.

Descrição

Ativação Automática*

☐ Sim
☒ Não (Recomendado)

Contagem de Dias*

☐ Não arredondar
☒ Arredondar

O arredondamento define o modo de contagem da periodicidade do plano. Ex.: Sem arredondamento, o plano mensal irá contar exatamente 30 dias, independente do mês. Com arredondamento, as datas do plano serão sempre no mesmo dia, em meses diferentes.

Observações

Figura 4 – Cadastro de plano de serviços

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

Além disso, o sistema permite configurar se as Ordens de Serviço serão ativadas automaticamente ou se dependerão de liberação manual por parte do responsável. Essa funcionalidade oferece maior flexibilidade ao processo de gestão, pois permite que a instituição escolha entre uma rotina totalmente automatizada ou um fluxo com etapa de validação antes da disponibilização das demandas para os técnicos.

Uma vez configurado e iniciado o plano, o sistema passa a gerar os serviços em lote, respeitando os prazos e a frequência definidos. As Ordens de Serviço são encaminhadas diretamente para o perfil dos técnicos responsáveis pela execução, contribuindo para a organização das demandas e para a redução da necessidade de controles paralelos em planilhas ou documentos manuais. Dessa forma, a funcionalidade auxilia no cumprimento dos cronogramas assumidos e diminui a possibilidade de esquecimento ou atraso na realização das atividades programadas.

Outro ponto importante é a possibilidade de acompanhamento dos planos por meio de relatórios de conformidade. A Figura 5, apresenta um exemplo de relatório de conformidade gerado pelo sistema.



Data: 30/10/2024

Relatório de Conformidade de Planos

SALA 1 - UTI

SPLIT 9000 BTUs ns: XLR8

Plano	Frequência	Última	Vencimento	Tipo	Estado	Conformidade
MEDSALVA - Cronograma de MP	Bimestral	18/10/2022	17/12/2022	Preventiva	Atrasada	Não Conforme
teste	Mensal	21/10/2024	20/11/2024	Preventiva	Em dia	Conforme
Preventivas Futuro	Mensal	---	1/3/2024	Preventiva	Iniciada	Não Conforme
teste	Mensal	---	30/10/2024	Preventiva	Aguardando início	Conforme

 Imprimir

Figura 5 – Conformidade de planos

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

Esses relatórios permitem verificar o andamento das demandas, identificar serviços concluídos, pendentes ou em atraso e acompanhar o desempenho da execução das atividades ao longo do período planejado. Assim, o gestor consegue avaliar se os serviços estão sendo realizados conforme o cronograma previsto, o que contribui para o controle operacional e para a tomada de decisão.

O sistema também possibilita a visualização do cronograma dos serviços gerados. A Figura 6, apresenta um exemplo dessa funcionalidade.

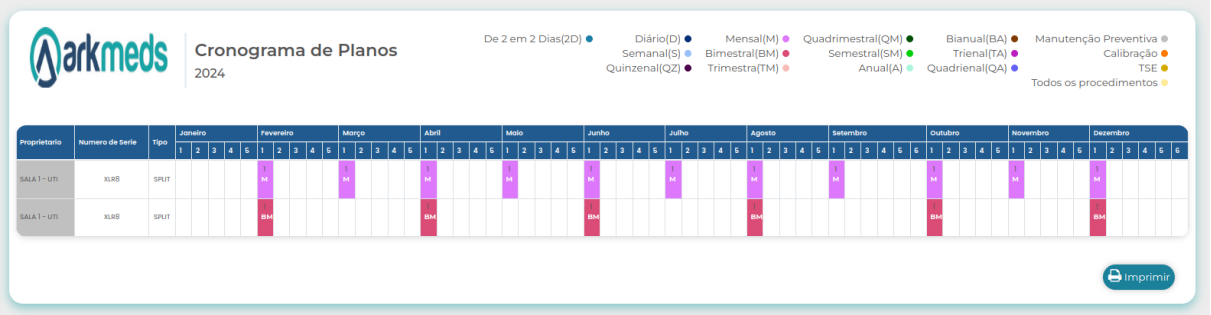


Figura 6 – Cronograma de planos

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

Dessa forma, a funcionalidade de planos representa uma ferramenta importante para a gestão dos equipamentos médico-hospitalares, pois permite estruturar os serviços recorrentes, automatizar a geração de Ordens de Serviço, acompanhar a conformidade dos cronogramas e melhorar a organização das atividades técnicas. Com isso, o software contribui para maior controle dos processos de manutenção, calibração e TSE, favorecendo a rastreabilidade e a eficiência operacional.

3.1.2 Abertura e triagem de chamados

Além da criação de planos para serviços programados, o sistema também disponibiliza uma funcionalidade voltada à abertura e ao acompanhamento de chamados. Essa ferramenta permite registrar solicitações realizadas pelos clientes ou usuários, possibilitando que a equipe responsável avalie a demanda antes de transformá-la em uma Ordem de Serviço (OS).

A tela de chamados, apresentada na Figura 7, funciona como uma etapa inicial de triagem, na qual é possível verificar as informações fornecidas, identificar o equipamento relacionado, avaliar a natureza da solicitação e definir se o atendimento deverá ser encaminhado para execução técnica. Dessa forma, o sistema contribui para organizar as demandas recebidas, evitando que solicitações sejam tratadas de forma informal ou sem registro adequado.

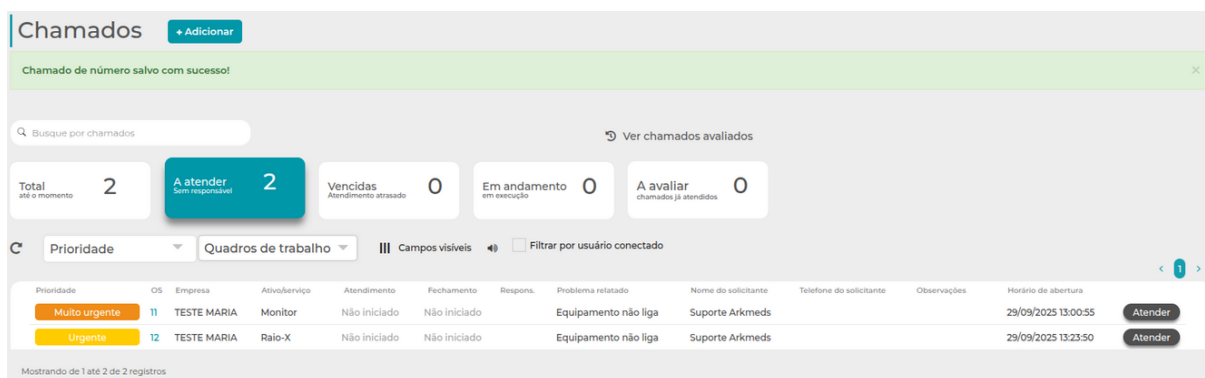


Figura 7 – Tela de abertura e triagem de chamados

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

Após a validação do chamado, a solicitação pode ser convertida em uma Ordem de Serviço, passando a integrar o fluxo operacional da equipe técnica. Esse processo permite maior controle sobre as demandas abertas, pois mantém o histórico desde o primeiro contato do cliente até a execução do serviço. Assim, torna-se possível acompanhar o andamento da solicitação, verificar responsáveis, registrar prazos e manter a rastreabilidade das ações realizadas.

Essa funcionalidade é relevante para a gestão dos equipamentos médico-hospitalares porque complementa os serviços programados pelos planos. Enquanto os planos atendem às rotinas periódicas, como manutenção preventiva, calibração e Teste de Segurança Elétrica (TSE), os chamados permitem controlar demandas pontuais ou solicitações originadas pelo cliente. Com isso, o software contribui para centralizar tanto as atividades planejadas quanto as demandas eventuais, fortalecendo a organização do fluxo de trabalho e o controle gerencial dos serviços prestados.

Após a apresentação das funcionalidades relacionadas à organização das demandas, como os planos de execução de serviços e a triagem de chamados, retoma-se o fluxo de cadastro necessário para a realização das calibrações no sistema. Conforme apresentado anteriormente, o cadastro dos equipamentos permite reunir informações essenciais para o controle do parque tecnológico. Entretanto, para que o processo de calibração seja executado de forma adequada, também é necessário registrar no sistema os equipamentos utilizados como referência no procedimento, denominados pela plataforma como padrões.

3.1.3 Registro de um padrão

Na plataforma, os padrões correspondem aos equipamentos utilizados como referência para a realização de calibrações e Testes de Segurança Elétrica (TSE), como analisadores e simuladores. Dessa forma, após o cadastro dos equipamentos que compõem

o parque tecnológico da instituição, torna-se necessário cadastrar também os padrões utilizados nos serviços técnicos.

Após cadastrar o padrão, é necessário cadastrar, também, as informações do laudo de calibração desse padrão, ou seja, um atestado que comprove que esse equipamento está apto para ser utilizado como padrão para realizar a calibração dos equipamentos. O cadastro desse laudo no sistema é importante, pois, a partir dos dados contidos nele e das informações fornecidas no momento da calibração, o sistema fará o cálculo metrológico, gerando o certificado de calibração do equipamento em análise (ARKMEDS, 2022).

Nessa etapa, são cadastrados todos os parâmetros do padrão, bem como o valor indicado, o valor verdadeiro convencional, a tendência ou erro, a incerteza expandida e o fator de abrangência (k) de cada um, conforme mostra a Figura 8.

Criação de Registro de Padrão

Número* ARK-123456

Padrão* Equipamento Modelo Arkmeds Luft tag: Demonstração ...

Condições Ambientais

Temperatura Ambiente* 25

Incerteza (Temperatura)* 0.5 %

Umidade Relativa* 55

Incerteza (Umidade)* 5 %

Finalização do Registro

Data da Calibração* 01/06/2025

Data de Validade* 30/06/2026

Órgão Calibrador* Surgical

Observações

Anexo

Atualmente: basemodelo/equipamento/97368/certificado_padrao/CAL-16--ARKMEDS-SOLUCOES-TECNOLOGICAS-LTDA-03_11_2025_09_34_42.pdf Limpar

Modificar: Escolher arquivo Nenhum arquivo escolhido Arquivo com no máximo 10 MB.

Tabela 1 Nova Tabela

Nome da Tabela: Tabela 1

+ Linhas - Linhas

Valor nominal/referência	Média valores medidos	Tendência	Incerteza expandida	(k)	(Veff)
1	1	0	2		inf
2	2	0	2		inf

Figura 8 – Cadastro de Padrão

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

3.1.4 Cadastro no *template* da calibração

Ao realizar a calibração são definidos os parâmetros que serão calibrados, bem como o valor de referência, ou seja, o valor inserido no equipamento, seu valor de referência utilizado. Para cada parâmetro, será feita uma tabela.

Como na calibração já se sabe quais são os parâmetros do equipamento a serem calibrados, o *template* de calibração é útil nesse processo. Além disso, uma vez cadastrado, não será necessário inserir novamente essas informações ou memorizar quais parâmetros e

medidas serão calibrados nos equipamentos.

Como os parâmetros analisados e os pontos de referências são, em quase todos os casos, predefinidos e utilizados constantemente, a fim de trazer mais praticidade com a utilização do sistema, são feitos os *templates* de calibração.

A Figura 9 mostra os os parâmetros que serão calibrados para cada tipo de equipamento. Sendo eles:

Preencha o template de suas calibrações

Tabelas de Calibração

Tabela 1 Nova Tabela

Preenchimento
☒ Manual ☐ Automático

Título*
 Nova Tabela

Unidade*

Fator de Confiabilidade*
 Calcular k para 95% de confiabilidade

Incluir Critério de Aceitação
 Não incluir

Valor Máximo do Critério de Aceitação

VNVR	VM(1)	VM(2)	VM(3)

Cancelar Salvar

Figura 9 – Cadastro do Template de Calibração

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

- Título: o nome do parâmetro que está sendo calibrado;
- Unidade: a unidade de medida do parâmetro analisado;
- Fator de confiabilidade: serve para definir o intervalo de confiança, ou seja, pode ser usado para descrever o quanto os resultados das suas medidas são confiáveis;
- Incluir um critério de aceitação: se deseja incluir um critério de aceitação, ou seja, admitir um valor de erro máximo, podendo ser um valor percentual ou unidade de medida;
- Colunas da tabela: quantidade de medidas que serão feitas em cada parâmetro;
- Linhas da tabela: quantidade de valores de referências.

Dessa forma, o *template* torna o processo mais prático, pois não será necessário colocar novamente todas essas informações ao se executar uma calibração, pois elas ficarão predefinidas no sistema.

3.1.5 Processo de calibração manual e automatizado

É apresentado, a seguir, como é feito o processo da calibração de forma manual, segundo informações que foram coletadas com o setor comercial da empresa, onde, durante o processo de venda do software, o cliente explica como funciona o processo de calibração atualmente. Após a localização do equipamento e a organização dos materiais que serão utilizados para fazer a calibração, será iniciado o processo, com a coleta de dados. As Figuras 10 e 11 mostram a tela onde serão preenchidas as informações da calibração.

Figura 10 – Cadastro de Calibração

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

Nesta primeira parte, são preenchidos os dados importantes na geração do certificado de calibração, as informações sobre o cliente e o equipamento são preenchidas automaticamente, pois essa etapa foi feita no início do processo. O número do certificado é automático.

O campo “procedimentos” refere-se ao *template* criado anteriormente, apresentado na Figura 10 e “observações”, por sua vez, é um campo livre para colocar alguma informação adicional. Os campos pertinentes às “condições ambientais” já vêm previamente alimentados com as condições ambientais ideais, em temperatura de 25°C e umidade de 55%. Esses dados são importantes, pois são englobados no cálculo da calibração.

No campo “finalização do certificado”, têm-se as informações importantes a serem mostradas no certificado de calibração, como a data de criação, emissão e validade do certificado, o técnico que executou a calibração e o responsável por ele, o campo de responsável solicitante, onde se coloca o nome do solicitante, ou seja, o nome do cliente que, posteriormente, vai assinar o certificado. A Figura 11 mostra a segunda parte da tela de calibração.

Figura 11 – Segunda parte do cadastro de Calibração

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

A segunda parte é referente aos dados coletados no processo de calibração, onde alguns dos campos estão preenchidos, devido à criação do template. São definidos da seguinte forma:

- Título: nome do parâmetro analisado;
- Padrão utilizado: qual o nome do equipamento que está sendo usado para fazer a calibração;
- Incerteza: é uma estimativa que quantifica a confiabilidade do resultado;
- Tipo de medida: se utilizou um analisador ou simulador;
- Resolução do padrão: variação na indicação do dígito menos significativo, do equipamento considerado como padrão;

- Resolução do equipamento: variação na indicação do dígito menos significativo, do equipamento que está sendo calibrado;
- Faixa de uso: representa a faixa de uso do parâmetro daquele equipamento que está sendo calibrado;
- Capacidade: representa a capacidade do parâmetro daquele equipamento que está sendo calibrado;
- Unidade: é a unidade de medida do parâmetro que está sendo calibrado;
- Fator de Confiabilidade: é o intervalo de confiança, ou seja, pode ser usado para descrever o quanto os resultados das suas medidas são confiáveis; em geral, utiliza-se 95%;
- Incluir Critério de Aceitação: se deseja escolher um critério de aceitação ou não, admitindo um valor de erro máximo e se ele será considerado percentual ou unidade por medida;
- Valor Máximo do Critério de Aceitação: caso tenha incluído o critério de aceitação, é preciso definir o valor do erro máximo admissível;
- VN/VR: valor de referência ou valor nominal, ou seja, o valor setado no equipamento, seu valor de referência utilizado, onde podem ser acrescentadas mais linhas, de acordo com a quantidade de valores a serem analisados na calibração;
- VM: valor medido no equipamento calibrado, onde podem ser acrescentadas mais colunas, de acordo com a quantidade de medidas realizadas.

Após coletar todos esses dados referentes à calibração do equipamento, a primeira etapa é finalizada. Quando a coleta dos dados é feita sem o auxílio de um software, é necessário que o técnico chegue ao local com uma folha de papel, que apresenta as informações sobre o equipamento que será calibrado, devendo, assim, anotar todos os parâmetros e valores medidos. Posteriormente, o papel preenchido será encaminhado para o responsável por realizar os cálculos e gerar o certificado da calibração.

Por fim, o cálculo da calibração é feito automaticamente pelo sistema. Após a coleta dos dados, o botão de analisar fornece um diagnóstico da calibração, e, com base nisso, é possível tomar decisões importantes, conforme mostrado Figura 12. O exemplo em questão usou um critério de aceitação de 5% para a frequência cardíaca e 2 unidades de medida para a energia.

Análise de resultados

FREQUÊNCIA CARDÍACA

Referência	Medido	Repetitividade %	Res. eq. %	Res. p. %	Her. p. %	Tendência %	[T] + [IE]	Valor máx.	Resultado
60	61	16,64	12,48	0,12	37,43	33,33	3	3,0	Aprovado
80	81	16,64	12,48	0,12	37,43	33,33	3	4,0	Aprovado
120	120	24,95	18,72	0,19	56,14	0,00	2	6,0	Aprovado
180	180	24,95	18,72	0,19	56,14	0,00	2	9,0	Aprovado
240	240	24,95	18,72	0,19	56,14	0,00	2	12,0	Aprovado

ENERGIA

Referência	Medido	Repetitividade %	Res. eq. %	Res. p. %	Her. p. %	Tendência %	[T] + [IE]	Valor máx.	Resultado
50	50	37,50	12,50	12,50	37,50	0,00	2	2,0	Aprovado
100	101	60,50	5,04	5,04	15,13	14,29	7	2,0	Reprovado
200	200	37,50	12,50	12,50	37,50	0,00	2	2,0	Aprovado
300	301	60,50	5,04	5,04	15,13	14,29	7	2,0	Reprovado

Fechar

Figura 12 – Cálculos de Calibração

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Arkmeds (2026).

A figura ainda mostra que, nessa calibração, foram analisados dois parâmetros: a frequência cardíaca e a energia. Essa tela apresenta a análise do resultado da calibração, onde o sistema faz o cálculo automaticamente. A interpretação da tabela é realizada da seguinte forma:

- Referência: o valor de referência, valor inserido no equipamento;
- Valor medido: o valor medido no ponto de referência;
- Repetitividade: grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo equipamento mensurado. Quantitativamente, é expresso em função das características de dispersão dos resultados de medição. Para a incerteza proveniente da repetitividade, dá-se o nome de Incerteza do Tipo A. No software, calcula-se essa incerteza considerando-se uma distribuição t-student;
- Incerteza da resolução do equipamento (Res. eq. %): leva em conta a incerteza gerada pela resolução do equipamento;
- Incerteza da resolução do padrão (Res. p. %): leva em conta as incertezas da resolução do padrão;

- Incerteza herdada do padrão (Her. p. %): incerteza fornecida pelo certificado de calibração do padrão;
- Tendência: é a combinação de todas as fontes de incerteza no procedimento de medição. São estabelecidas de acordo com o Teorema do Limite Central, considerando-se as fontes de incertezas independentes e fazendo-se uma combinação quadrática destas;
- Erro total $|T|$ (Tendência) + $|IE|$ (Incerteza) : é especificado pela soma do valor da tendência (em módulo) e da incerteza (em módulo) em relação ao valor do instrumento;
- Valor máximo: erro máximo permitido;
- Resultado: mostra se o valor medido foi aprovado ou reprovado, de acordo com o critério de aceitação e as incertezas.

As fórmulas empregadas pelo sistema para a realização dos cálculos metrológicos seguem os princípios estabelecidos no *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM) e na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. No processo de calibração direta, são consideradas como principais fontes de incerteza as resoluções do padrão e do equipamento, a incerteza herdada do padrão e a repetitividade. Para as duas primeiras, adota-se distribuição quadrada, enquanto para as duas últimas considera-se distribuição normal. Dessa forma, o sistema realiza automaticamente a combinação dessas contribuições, fornecendo o resultado da calibração de forma padronizada e rastreável.

3.2 Fluxograma do processo

As Figuras 13 e 14 apresentam, respectivamente, o fluxograma do processo de calibração com o uso de software e o fluxograma do processo realizado de forma manual. A análise comparativa entre os dois processos permite identificar diferenças relevantes na execução das atividades, principalmente quanto à agilidade, rastreabilidade das informações, redução de retrabalho e diminuição da possibilidade de erros humanos.

No processo de calibração com o uso do software, a atividade é iniciada com o acesso direto ao cadastro do equipamento, no qual já estão previamente disponíveis informações como identificação do equipamento, proprietário, localização, número de série e demais dados registrados anteriormente no sistema. Além disso, o histórico do equipamento também pode ser consultado de forma imediata, o que facilita o acompanhamento das intervenções realizadas. Durante a execução da calibração, o operador realiza a coleta dos dados das medições e os insere na plataforma. Em casos em que o calibrador utilizado é compatível com o sistema, a coleta pode ser realizada de forma automática, mediante a conexão entre os dispositivos. Após essa etapa, o cálculo da calibração é realizado automaticamente pelo

software, bem como a geração do certificado, que também é disponibilizado ao cliente diretamente pelo sistema, encerrando o processo de forma mais ágil e padronizada.

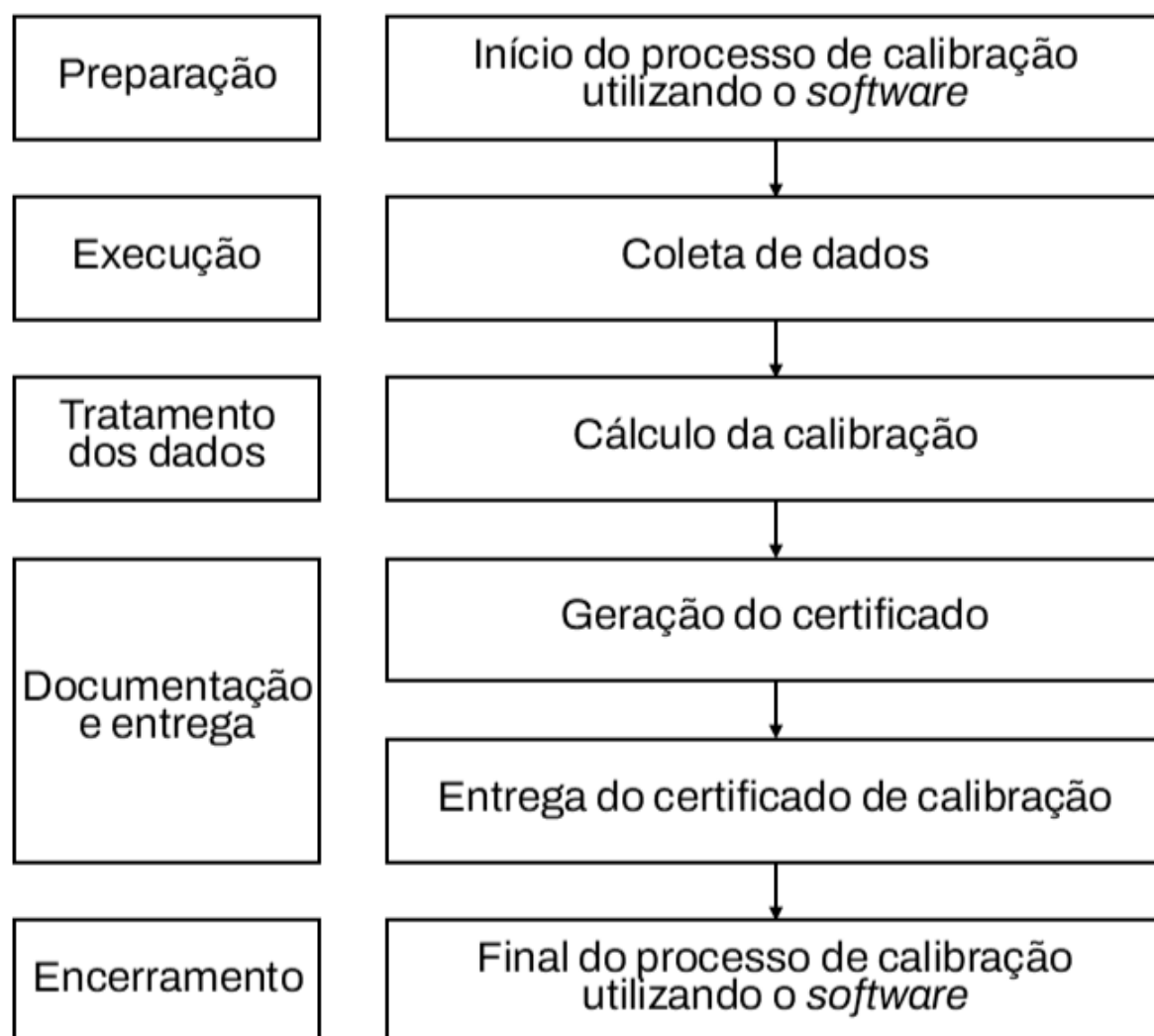


Figura 13 – Fluxograma do processo utilizando o software

Fonte: Autor (2026)



Figura 14 – Fluxograma do processo manual

Fonte: Autor (2026)

Por outro lado, no processo manual, é necessário inicialmente identificar o equipamento e preencher manualmente uma ficha com seus dados. Em seguida, os valores das medições são coletados e registrados de forma manual, etapa na qual já existe possibilidade de erro humano. Após a coleta, a ficha deve ser encaminhada ao responsável pelos cálculos,

que realiza o lançamento das informações em planilhas para efetuar os cálculos de forma manual ou por meio de fórmulas previamente elaboradas, o que também pode gerar falhas operacionais. Na sequência, o certificado de calibração precisa ser elaborado manualmente, seguindo os padrões exigidos, ou preenchido a partir de um modelo já existente, o que caracteriza retrabalho quando comparado ao processo automatizado. Por fim, o documento é enviado ao cliente e arquivado fisicamente, tornando o fluxo mais demorado e menos eficiente.

Dessa forma, observa-se que o uso do software contribui para simplificar o processo de calibração, reduzir etapas operacionais, minimizar a interferência de erros humanos e proporcionar maior rapidez na emissão e disponibilização dos certificados. Em comparação ao método manual, o processo informatizado apresenta vantagens importantes para a organização e a eficiência da gestão dos equipamentos médico-hospitalares.

4 Resultados

Neste capítulo são apresentados os principais resultados obtidos a partir da análise do uso de softwares na gestão de equipamentos médico-hospitalares. As informações discutidas evidenciam as vantagens proporcionadas pela informatização dos processos, especialmente no que se refere à organização das atividades de manutenção, controle do parque tecnológico e geração de indicadores gerenciais. As análises permitem compreender como a adoção dessas ferramentas contribui para o aumento da eficiência operacional, melhoria na tomada de decisão e elevação da segurança dos serviços prestados, impactando diretamente na qualidade do atendimento ao paciente.

4.1 Planejamento e controle das atividades de manutenção e calibração

Uma das principais vantagens observadas na utilização do software para a gestão dos equipamentos médico-hospitalares está relacionada ao planejamento e ao controle das atividades executadas. A plataforma possibilita a criação de cronogramas de execução de serviços, denominados “planos”, permitindo definir a frequência das atividades, os equipamentos contemplados e o acompanhamento da prestação de serviço.

Esse recurso contribui para a organização do processo de gestão, garantindo que as calibrações e demais serviços sejam realizados de acordo com os contratos estabelecidos e dentro dos prazos previstos. Além disso, o sistema oferece notificações prévias de vencimento, tanto para os equipamentos quanto para os padrões utilizados nas calibrações, favorecendo um controle mais eficiente das rotinas e reduzindo o risco de atrasos ou não conformidades.

4.2 Rastreabilidade e centralização das informações

Outro resultado relevante identificado refere-se à rastreabilidade proporcionada pelo uso do software. Todas as ações realizadas na plataforma ficam registradas em histórico, podendo ser consultadas a qualquer momento. Isso permite acompanhar as atividades executadas pela equipe técnica e pelos administradores do sistema, promovendo maior transparência e controle sobre os processos. Além disso, o cadastro centralizado dos equipamentos em um único ambiente facilita o acesso às informações, tornando mais ágil a localização do equipamento, a verificação de seu estado atual e a consulta ao histórico dos serviços já realizados. Dessa forma, o software favorece a tomada de decisão, pois reúne dados importantes para a avaliação do desempenho dos ativos e para a definição das

melhores ações de manutenção.

4.3 Geração de relatórios, indicadores e suporte à tomada de decisão

O levantamento realizado também evidenciou que o software contribui significativamente para a geração de relatórios e indicadores gerenciais. Os dados inseridos no sistema podem ser utilizados para emitir relatórios relacionados aos serviços executados, produtividade da equipe, vencimento das calibrações, conclusão de ordens de serviço, entre outros. Esses relatórios constituem ferramentas importantes para o acompanhamento do desempenho operacional e para a análise da eficiência dos processos.

Ademais, representam um suporte importante para auditorias e creditações, uma vez que permitem demonstrar, de maneira estruturada, como os serviços estão sendo realizados nos equipamentos. Assim, o software passa a atuar não apenas como ferramenta operacional, mas também como instrumento de apoio à gestão e à tomada de decisão.

4.4 Otimização da execução dos serviços e aumento da produtividade

No que se refere à execução das atividades, observou-se que a utilização do software torna o trabalho mais ágil e produtivo. A coleta de dados da calibração passa a ser realizada de forma mais prática, reduzindo etapas manuais e tornando o serviço do técnico mais eficiente. Com isso, há a possibilidade de realização de um maior número de calibrações ao longo da jornada de trabalho, o que contribui para o aumento da capacidade de atendimento da empresa.

Soma-se a isso a facilidade de abrir, editar e fechar ordens de serviço diretamente pelo sistema, inclusive por meio de aplicativo com funcionamento offline, o que amplia a mobilidade da equipe técnica e permite a execução das atividades em diferentes locais, sem dependência constante de conexão com a internet.

4.5 Automação dos cálculos e emissão de certificados

A automação do processo de calibração também se destacou como uma importante vantagem identificada. O cálculo da calibração é realizado automaticamente pelo sistema à medida que os dados são inseridos, eliminando a necessidade de controles paralelos em planilhas eletrônicas, como no Excel. Após o salvamento das informações coletadas, o software emite instantaneamente o certificado de calibração com todos os dados do cliente, do equipamento e dos resultados obtidos no processo.

Além disso, esses certificados permanecem armazenados na plataforma, podendo ser consultados a qualquer momento tanto pela prestadora de serviço quanto pelo cliente. Esse recurso reduz significativamente o tempo gasto com elaboração manual de documentos e confere maior padronização ao processo.

4.6 Redução de atividades manuais e melhoria do fluxo documental

Quando comparado ao processo manual, o uso do software demonstra ganhos expressivos na redução de retrabalho e na melhoria do fluxo documental. Na rotina tradicional, a geração do certificado exige a elaboração de um novo documento, a consulta manual das informações do cliente e do equipamento, o preenchimento das tabelas de resultados, a formatação final do arquivo e o posterior envio ao cliente. Já no sistema informatizado, esse processo ocorre de forma automatizada, reduzindo o tempo de execução e minimizando falhas.

Além disso, como os documentos ficam disponíveis digitalmente na plataforma, a necessidade de papel torna-se praticamente nula, o que reduz custos com impressão, melhora a organização e facilita o armazenamento e a recuperação das informações. O sistema também permite a impressão em PDF quando necessário, mantendo flexibilidade sem comprometer a digitalização do processo.

4.7 Conformidade, acessibilidade e segurança do paciente

Outro aspecto importante identificado está relacionado à conformidade e à segurança. O certificado gerado pelo software atende às exigências da NBR ISO/IEC 17025, o que representa um diferencial para a padronização e confiabilidade dos serviços prestados. Além disso, a possibilidade de o cliente acessar e assinar certificados pela própria plataforma contribui para tornar o processo mais ágil e acessível.

De forma mais ampla, todas essas funcionalidades impactam diretamente na segurança do paciente, uma vez que possibilitam melhor controle sobre as manutenções, calibrações e condições de funcionamento dos equipamentos médico-hospitalares. Considerando que falhas nesses equipamentos podem comprometer diagnósticos e tratamentos, a automatização da gestão e da calibração representa uma contribuição relevante para a qualidade assistencial e para a redução de riscos no ambiente hospitalar.

4.8 Desafios relacionados à implementação do software

Embora os resultados evidenciem diversas vantagens na utilização de softwares para a gestão de equipamentos médico-hospitalares, também foram identificados desafios

relevantes relacionados à sua implementação. Um dos principais aspectos observados refere-se à adaptação cultural das empresas e equipes envolvidas, uma vez que a substituição de processos manuais por rotinas informatizadas exige mudança na forma de trabalho, maior adesão dos usuários e compreensão dos benefícios proporcionados pela ferramenta.

Outro desafio está relacionado à necessidade de adequação dos processos internos. A implantação de um sistema informatizado não consiste apenas na aquisição de uma plataforma, mas também na revisão dos fluxos de trabalho, padronização das informações, organização dos cadastros e definição clara das responsabilidades de cada usuário. Dessa forma, processos anteriormente realizados de maneira informal ou descentralizada precisam ser estruturados para que o software seja utilizado de forma eficiente e gere informações confiáveis.

Além disso, a capacitação da equipe representa um fator essencial para o sucesso da implantação. Mesmo que o sistema possua funcionalidades capazes de automatizar etapas e facilitar a gestão, seus benefícios dependem diretamente do correto uso por parte dos profissionais envolvidos. Assim, treinamentos, acompanhamento inicial e orientação contínua tornam-se necessários para reduzir resistências, evitar erros de preenchimento e garantir que as informações inseridas no sistema representem adequadamente a realidade operacional.

Também deve ser considerada a infraestrutura disponível na empresa ou instituição de saúde. A utilização adequada de um software de gestão pode exigir computadores, dispositivos móveis, acesso à internet, leitores de *QR Code*, integração com equipamentos compatíveis e maior organização dos ambientes de trabalho. Em alguns casos, essas adequações podem demandar investimentos financeiros e mudanças operacionais, o que pode ser visto como uma barreira inicial para determinadas instituições.

Dessa forma, observa-se que a implementação de um software de gestão de ativos hospitalares envolve não apenas aspectos tecnológicos, mas também culturais, organizacionais, operacionais e financeiros. Portanto, para que os benefícios da informatização sejam plenamente alcançados, é necessário que a instituição esteja preparada para adaptar seus processos, capacitar sua equipe e garantir condições adequadas de infraestrutura. Esses desafios, quando bem gerenciados, não anulam as vantagens do sistema, mas reforçam a importância de um planejamento estruturado para sua implantação.

5 Conclusão

Os estabelecimentos assistenciais de saúde, ao buscarem maior praticidade e agilidade no acesso às informações sobre os serviços prestados, demandam sistemas de informação capazes de auxiliar na otimização desses processos, configurando-se como uma estratégia relevante para o aprimoramento da gestão dos serviços.

No que se refere ao primeiro objetivo específico deste trabalho, que consistiu em avaliar os impactos da implementação dessas tecnologias na eficiência operacional, na rastreabilidade dos equipamentos e na conformidade com normas de segurança e desempenho, observou-se que o software estudado possibilita a coleta de dados relacionados ao parque tecnológico, bem como a automatização dos processos de calibração e manutenção. As informações inseridas na plataforma apresentam integração entre si, o que facilita a geração de indicadores e relatórios. A utilização de sistemas que não possuem integração de dados pode comprometer a confiabilidade das informações e tornar o processo mais lento, uma vez que os dados precisam ser cadastrados em diferentes locais. Nesse contexto, a disponibilidade de informações coerentes e organizadas mostra-se determinante para a tomada de decisão.

Ainda em relação ao primeiro objetivo específico, verificou-se que a informatização do processo de calibração contribui significativamente para a instituição que a adota. O software permite reduzir o tempo despendido com o cadastro, a consulta de informações e a execução dos serviços, além de proporcionar uma organização mais simples e eficiente. Dessa forma, torna-se possível ampliar o controle e a eficiência das manutenções e calibrações, bem como da gestão do parque tecnológico.

Quanto ao segundo objetivo específico, que consistiu em identificar os benefícios proporcionados pelo uso de sistemas informatizados para o gerenciamento dos ativos hospitalares, constatou-se que a confiabilidade dos resultados obtidos com os equipamentos médico-hospitalares está diretamente relacionada à análise dos sintomas, à compreensão do quadro clínico, à definição do tratamento, ao acompanhamento da evolução do paciente e à tomada de decisão. Nesse sentido, evidencia-se a relevância da utilização de um software na gestão hospitalar, contribuindo para a melhoria dos processos e para a obtenção de resultados positivos na instituição.

No que diz respeito ao terceiro objetivo específico, que consistiu em analisar os principais desafios relacionados à implementação desses softwares em instituições de saúde, destaca-se que a redução da ocorrência de eventos adversos depende não apenas da obtenção de resultados metrológicos confiáveis, mas também da atuação de profissionais com conhecimento técnico adequado para conduzir o processo de calibração. Além disso,

é indispensável a existência de infraestrutura apropriada, bem como a comprovação da qualidade dos laboratórios de ensaio e calibração envolvidos nesse processo.

Diante disso, conclui-se que, na atual era tecnológica, a utilização de softwares e de recursos que reduzam o trabalho manual e promovam a otimização dos processos torna as instituições mais eficientes, organizadas e competitivas em seu âmbito de atuação. No contexto dos estabelecimentos assistenciais de saúde, essa informatização representa não apenas um avanço operacional, mas também um importante suporte para a qualidade dos serviços prestados e para a segurança dos pacientes.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação deste estudo para abordagens que envolvam o uso de inteligência artificial e de *digital twins* aplicados à gestão de equipamentos médico-hospitalares. Essas tecnologias podem contribuir para o desenvolvimento de análises preditivas de falhas, acompanhamento mais preciso do ciclo de vida dos ativos, otimização dos processos de manutenção e ampliação da automação na Engenharia Clínica.

Além disso, estudos futuros podem investigar a integração entre softwares de gestão, dispositivos de coleta automática de dados e modelos digitais capazes de representar o comportamento operacional dos equipamentos, visando maior eficiência, rastreabilidade e suporte à tomada de decisão.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Manual de Regularização de Equipamentos Médicos na Anvisa*. Brasília, 2019. Versão 12. Citado 5 vezes nas páginas 11, 12, 19, 21, 23.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Manual de Tecnovigilância*. 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa>. Citado 2 vezes nas páginas 17, 24.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Resolução RDC nº 185, de 22 de outubro de 2001*. 2001. Regulamento técnico para registro, alteração, revalidação e cancelamento do registro de produtos médicos na ANVISA. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa>. Citado 1 vez na página 18.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Resolução RDC nº 509, de 27 de maio de 2021: Dispõe sobre o gerenciamento de tecnologias em saúde em estabelecimentos de saúde*. 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2020/rdc0509_27_05_2021.pdf. Citado 1 vez na página 11.

ALMEIDA, Lisiane Marcolin de; SILVA, Helena Terezinha Hubert. Equipamento médico-hospitalar: uma gestão na área da saúde. *Interdisciplinary Journal of Health Education*, Editora Cubo, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 32–39, 2016. DOI: [10.4322/ijhe2016007](https://doi.org/10.4322/ijhe2016007). Citado 2 vezes na página 26.

AMERICAN COLLEGE OF CLINICAL ENGINEERING. *Definição de Engenharia Clínica*. 1992. Documento oficial. Citado 1 vez na página 12.

ARKMEDS. *Cadastro e consulta – Central de ajuda Arkmeds*. 2022. Acesso em: 09 mai. 2026. Disponível em: <https://arkmeds.crisp.help/pt-br/category/cadastro-e-consulta-19rkmwu/>. Citado 3 vezes nas páginas 31, 32, 37.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA CLÍNICA. *Boletim Informativo sobre a Gestão de Ativos em Engenharia Clínica*. 2019. Acesso em: 09 mai. 2026. Disponível em: <https://www.abec.org.br>. Citado 1 vez na página 12.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5462: Terminologia e classificação de manutenção*. Rio de Janeiro, 1994. Citado 1 vez na página 22.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração*. Rio de Janeiro, 2017. Versão traduzida. Citado 2 vezes nas páginas 17, 23.

BAJUR, Thiago. *Por que você precisa realizar a calibração de equipamentos hospitalares com frequência*. 2025. Acesso em: 09 mai. 2026. Disponível em: <https://arkmeds.com/pt-br/>

[por-que-voce-precisa-realizar-a-calibracao-de-equipamentos-hospitales-com-frequencia-2/](#). Citado 5 vezes nas páginas 11, 13, 22, 23.

BORGES, Valdecir de Godoy; SOARES, Berthone Venâncio. O uso do QR Code em equipamentos médicos. *Revista Eletrônica Acervo Científico*, v. 4, e392, 2019. DOI: [10.25248/reac.e392.2019](#). Citado 1 vez na página 26.

BRONZINO, Joseph D. *Clinical Engineering: Evolution of a Discipline*. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2003. Citado 4 vezes nas páginas 22, 23, 27.

CALIL, Salomão Antônio; TEIXEIRA, Helena Terezinha. Avanços Tecnológicos na Área da Saúde. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, v. 14, n. 1, p. 12–20, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 11, 22.

CALIL AND TEIXEIRA. *Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção*. Manole, 2002. Citado 1 vez na página 17.

COSTA, Karine Campos; ORLOVSKI, Regiane. *A Importância da Utilização do Software na Área da Saúde*. 2022. Acesso em: 09 mai. 2026. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/a_importancia_da_utilizacao_do_software_na_area_da_saude.pdf. Citado 3 vezes nas páginas 24, 28, 29.

EMPRESA BRASILEIRA DE SERVIÇOS HOSPITALARES. *Norma Operacional: Gestão de Equipamentos Médico-Hospitalares*. [S. l.], 2021. Citado 1 vez na página 25.

FÉLIX, J.; PÉREZ, S. Implementation of an Automated Calibration Procedure for the Metrological Evaluation of Electrosurgery Equipment. In: 1ST IFMBE Latin American Conference on Digital Health (CLASD 2024). Springer, 2025. DOI: [10.1007/978-3-031-88064-3_13](#). Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-88064-3_13. Citado 1 vez na página 28.

FERAUCHE, Thais Maria Yomoto *et al.* Avaliação de Tecnologia em Saúde Digital: Fundamentos e Aplicações Práticas. In: CAPÍTULO 3. 2023. Capítulo sobre fundamentos e aplicações da avaliação de tecnologias digitais em saúde. Citado 2 vezes na página 29.

FERNANDES, Márcio Luiz *et al.* *Impacto da Gestão em Engenharia Clínica no Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia*. 2017. Pesquisa apresentada em simpósio de Engenharia Biomédica. Citado 6 vezes nas páginas 12, 22–24, 26, 27.

HADDAD, Ana Estela; LIMA, Nísia Trindade. Saúde Digital no Sistema Único de Saúde (SUS). *Interface – Comunicação, Saúde, Educação*, v. 28, e230597, 2024. DOI: [10.1590/interface.230597](#). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/icse/a/nZkyh3JK8dNkZMkxcPjg9gm/>. Citado 1 vez na página 11.

JR, Tarcísio A. F.; LIMA, Eduardo Navarro. *Manual de Gerenciamento de Equipamentos Médicos*. Fortaleza, 2020. Acesso em: 09 mai. 2026. Disponível em: <https://www.isgh.org>.

br/intranet/images/Dctos/pdf/isgh/manuais_processos/isgh_man_engenharia_clinica_301020.pdf. Citado 1 vez na página 25.

KARDEC, ALAN AND NASCIF, MÁRIO A. *Manutenção: Função Estratégica*. São Paulo: Qualitymark, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 22, 23.

LACERDA, Nicolas Hilton de Sousa; SANTOS, E. C. C. *A Importância da Gestão de Equipamentos Médicos na Área da Saúde*. 2021. Acesso em: 09 mai. 2026. Disponível em: <https://repositorio.uniube.br/handle/123456789/484>. Citado 2 vezes nas páginas 11, 19.

LI, J.; MAO, Y.; ZHANG, J. Construction of Medical Equipment Maintenance Network Management Platform Based on Big Data. *Frontiers in Physics*, v. 11, 2023. DOI: 10.3389/fphy.2023.1105906. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/physics/articles/10.3389/fphy.2023.1105906/full>. Citado 3 vezes nas páginas 27–29.

LORENZO, O.; GENERO, D.; CHATTERJEE, P. *Medical Technology Management in Healthcare Facilities: A Systematic Review of Technologies, Implementation, and Challenges*. Springer Nature Switzerland, 2025. Revisão sistemática sobre sistemas de gestão de tecnologia médica em instituições de saúde. DOI: 10.1007/978-3-032-06401-1_36. Disponível em: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-032-06401-1_36.pdf. Citado 3 vezes nas páginas 27, 29.

MANSO, Joana Maria Dias. *Práticas de Gestão de Equipamentos Médicos no Hospital da Luz*. 2012. f. 83. Dissertação (Mestrado Integral em Engenharia Biomédica e Biofísica) – Universidade de Lisboa, Lisboa. Citado 1 vez na página 25.

MASSAMBANI, Vanessa Danielli. *A Gestão dos Equipamentos Médico-Hospitalares no Complexo Hospital de Clínicas da UFPR*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação *Lato Sensu* em Gestão da Saúde), Universidade Federal do Paraná. Citado 3 vezes nas páginas 20, 23, 25.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Gestão de Tecnologias em Saúde*. 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/saude>. Citado 1 vez na página 17.

OLIVEIRA, Beatriz; BORGES, Leandro. Estudo da Implementação do CMMS em um Departamento de Engenharia Clínica. *Artigo acadêmico*, 2019. Estudo sobre a aplicação do CMMS na Engenharia Clínica. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. *Sistemas de Informações Gerenciais*. São Paulo: Atlas, 2008. Citado 1 vez na página 26.

PANEGOSSO, Ana Carolina Gandini. *Gestão de ativos: estudo de caso em uma empresa de médio porte do interior do estado de São Paulo*. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de Araraquara (UNIARA), Araraquara. Disponível em:

<https://www.uniara.com.br/arquivos/file/ppg/engenharia-producao/producao-intelectual/dissertacoes/2020/ana-carolina-gandini-panegossi.pdf>. Citado 1 vez na página 20.

PEREIRA, J. F. *Gestão de Equipamentos Médicos com Função de Medição em Plataforma Interoperativa*. 2024. Dissertação (Engenharia Biomédica) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto. Disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/26583/1/Tese_5647_v2.pdf. Citado 4 vezes nas páginas 27–29.

PERLATO, Túlio Marco. *Gerenciamento de manutenção em equipamentos médicos*. 2012. Acesso em: 09 mai. 2026. Disponível em: <https://www.inatel.br/biblioteca/tododocman/material-didatico/pos-graduacao/1-semester-2012/turma-84-srs/eb113-marco-tulio-perlato-4>. Citado 1 vez na página 26.

PESSOA, Luiza Regina. *Manual do Gerente: desafios da média gerência na saúde*. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública/Fiocruz, 2011. Citado 1 vez na página 25.

PICOZZI, P. *et al.* The Use of Business Intelligence Software to Monitor Key Performance Indicators (KPIs) for the Evaluation of a Computerized Maintenance Management System (CMMS). *Electronics*, v. 13, 2024. DOI: [10.3390/electronics13122286](https://doi.org/10.3390/electronics13122286). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/12/2286>. Citado 4 vezes nas páginas 27, 29.

RPK ENGENHARIA CLÍNICA. *A automação de equipamentos médicos contribuindo para a saúde*. 2020. Acesso em: 09 mai. 2026. Disponível em: <https://rkpengenharia.com.br/automacao-de-equipamentosmedicos/>. Citado 1 vez na página 26.

SANTOS, E. C. C. *et al.* Gestão da manutenção de equipamentos hospitalares: uma abordagem baseada em indicadores. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 2018. Citado 1 vez na página 25.

SOUZA, Alexandre Ferreli *et al.* *Gestão de Manutenção em Serviços de Saúde*. São Paulo: Blucher, 2010. Citado 1 vez na página 21.

TAVARES, Lourival Augusto. *Administração da Manutenção*. São Paulo: Pioneira, 1999. Citado 1 vez na página 26.

VESTATECH. *Boletim Informativo: Importância da Calibração em Equipamentos Médico-Hospitalares*. 2018. Acesso em: 09 mai. 2026. Disponível em: <https://www.vestatech.com.br/calibracao>. Citado 1 vez na página 13.

VIANA, H. R. G. *Planejamento e Controle da Manutenção*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. Citado 1 vez na página 26.

VIDAL, Emerson Pessoa. *As ferramentas de rastreabilidade e a gestão hospitalar: a percepção da eficiência e da eficácia em hospitais do município de São Paulo*. 2020. Dissertação (Mestrado em Gestão e Informática em Saúde) – Universidade Federal de São Paulo,

São Paulo. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/items/5dc3cdd2-d0da-4494-8a5d-87387b04ce5e>. Citado 2 vezes na página 12.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Global Strategy on Digital Health 2020–2025*. Geneva: World Health Organization, 2021. ISBN: 978-92-4-002092-4. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924>. Citado 1 vez na página 11.

Apêndices

Anexo I

Declaração de uso de IAGen no processo de escrita científica

Durante a preparação deste documento, eu João Bernardes Neto, estudante de graduação do curso de Engenharia de Controle e Automação, declaro o uso de IAGen Copilot (Microsoft) versão modelo disponibilizado na plataforma Microsoft 365 Copilot à época de uso para apoio à revisão textual, reescrita acadêmica, organização estrutural de capítulos, ajuste de coerência entre seções, tradução de trechos para o inglês e refinamento de resumos, objetivos, hipóteses e conclusões.

Após o uso desta ferramenta/modelo/serviço, a pessoa autora revisou e editou o conteúdo em conformidade com os princípios éticos para uso de IAGen e com os acordos estabelecidos com a pessoa orientadora da pesquisa. Dessa forma, assumo total responsabilidade pelo conteúdo da publicação.

Etapas em que a IAGen foi utilizada e exemplos de prompts adotados:

- Apoio à formulação, revisão e reescrita de elementos textuais da dissertação, incluindo hipótese de pesquisa, objetivos, justificativa, delimitação do estudo, resumo e conclusões, com foco em clareza e coesão. Prompts representativos: “transforme esse trecho em uma hipótese de pesquisa mais adequada ao capítulo 1”; “revise este parágrafo e melhore a redação acadêmica sem alterar o sentido técnico”.
- Organização estrutural de capítulos e seções, incluindo ajuste de transições, coerência entre partes do texto e alinhamento entre metodologia, resultados, discussão e conclusões. Prompts representativos: “esse trecho está repetindo os objetivos; como posso ajustar?”; “com base no capítulo atualizado, me ajude a adequar a seção seguinte”.
- Apoio à leitura, interpretação e aproveitamento de trechos de artigos, livros e demais referências bibliográficas utilizadas no trabalho, a partir de trechos selecionados pelo autor. Prompts representativos: “vou te mandar esse trecho do artigo, me ajuda a interpretar”; “me explica esse trecho do livro”.
- Apoio à revisão crítica de capítulos e seções da dissertação, mediante solicitação de avaliação do texto sob a perspectiva de especialista na área, com identificação de pontos fortes, fragilidades e sugestões de melhoria. Prompts representativos: “se coloque como especialista na área e revise este capítulo, apontando os pontos fortes e fracos”; “analise este texto, atribua uma nota e indique o que precisa ser melhorado”.

Figura 15 – Declaração de uso de IAGen no processo de escrita científica

Anexos

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA USO DE NOME EMPRESARIAL E SOFTWARE

A Arkmeds Soluções Tecnológicas Ltda – CNPJ: 22.168.141/0001-50, por meio de seu representante legal, declara que autoriza o acadêmico João Bernardes Neto a utilizar o nome da empresa e o nome de seu software no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), exclusivamente para fins acadêmicos.

Esta autorização contempla a citação da empresa, do software, de suas funcionalidades e de informações institucionais necessárias ao desenvolvimento do trabalho, desde que as informações utilizadas não sejam confidenciais, estratégicas ou protegidas por acordos de sigilo.

A presente autorização não implica cessão de direitos de propriedade intelectual, nem autoriza o uso da marca para fins comerciais, publicitários ou diversos daqueles relacionados ao referido trabalho acadêmico.

Por ser expressão da verdade, firma-se a presente declaração.

Local e data: Belo Horizonte-MG - 01/06/2026

Documento assinado digitalmente
 ERIKA CRISTINA FARIA
Data: 06/07/2026 19:02:48-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Representante da Arkmeds
Nome: Erika Faria
Cargo: Diretora Operacional

Figura 16 – Autorização Arkmeds