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

MATHEUS CÂMARA CARVALHO BASTOS DA SILVA

ANÁLISE DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA GESTÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS NA ENGENHARIA CLÍNICA: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA.

NATAL, RN
2025

MATHEUS CÂMARA CARVALHO BASTOS DA SILVA

ANÁLISE DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA GESTÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS NA ENGENHARIA CLÍNICA: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) para obtenção do título de Graduado em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Ernano Arrais Júnior.

NATAL, RN
2025

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Sistema de Bibliotecas – SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN – Biblioteca Central Zila Mamede

Silva, Matheus Câmara Carvalho Bastos da.
Análise de ferramentas computacionais para gestão de equipamentos médicos na engenharia clínica: um relato de experiência. / Matheus Câmara Carvalho Bastos da Silva - 2025.
71f.: il.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Biomédica, Natal, 2025.
Orientação: Dr. Ernano Arrais Júnior.

1. Sistemas de Gestão – Monografia. 2. Engenharia Clínica – Monografia. 3. Eficiência – Monografia. I. Arrais Júnior, Ernano. II. Título.

RN/UF/BCZM CDU 62:61

Elaborado por Raimundo Muniz de Oliveira - CRB-15/429

MATHEUS CÂMARA CARVALHO BASTOS DA SILVA

ANÁLISE DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA GESTÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS NA ENGENHARIA CLÍNICA: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) para obtenção do título de Graduado em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Ernano Arrais Júnior.

BANCA EXAMINADORA:

_____

Prof. Dr. Ernano Arrais Júnior
Orientador | UFRN

_____

Enf. Esp. Ellen Myrela de Souza Andrade
Avaliadora Externa | SESAP/RN

_____

Enga. Esp. Rhaiscya de Souza Matos
Avaliadora Externa

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, cuja presença constante e apoio incondicional foram fundamentais para que eu pudesse enfrentar os desafios nessa jornada acadêmica e alcançar os meus objetivos. Suas palavras de incentivo e amor sempre me deram forças para continuar, mesmo nos momentos mais difíceis.

Dedico à minha companheira de vida, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo apoio, compreensão e amor incondicional, contribuindo para o meu crescimento e superação.

Dedico aos meus amigos, que estiveram ao meu lado em todas as etapas dessa trajetória, proporcionando momentos de alegria e alívio, tornando cada fase mais leve e significativa. A amizade de vocês fez toda diferença em minha vida e em meu crescimento profissional.

AGRADECIMENTOS

A vocês, meus pais, Denilson e Dulce, que me ensinaram o valor do amor, da educação e do apoio incondicional. Vocês me deram raízes para crescer e asas para sonhar, e é impossível não lembrar das tardes em que desmontar e montar brinquedos era minha maior aventura. Pai, sua formação em engenharia foi, sem dúvida, uma bússola silenciosa que me guiou até aqui. Obrigado por acreditarem em mim nesses 25 anos, transformando meu mundo com carinho e dedicação.

Aos meus avós, Iara e Domilson. Vó, sua força é meu alicerce, e seu amor me moldou de uma forma que palavras não alcançam. Vô Domilson, mesmo com a saudade imensa que deixaste, sinto sua presença em cada passo meu. Queria que estivesse aqui para me ver concluir este ciclo, mas sei que, de onde estiver, compartilha comigo esta conquista.

A você, Sabrina, meu amor, minha companheira de vida, que ao meu lado faz dos dias mais leves, das dificuldades menos dolorosas e, da caminhada, uma jornada cheia de significado. Obrigado por ser meu porto seguro, meu lar.

Aos amigos, Felipe e Thiago, cúmplices de tantas risadas e momentos de leveza durante as aulas. Vocês foram um respiro necessário nos dias mais difíceis e se tornaram parte da minha história.

Agradeço imensamente a todos os professores do Departamento de Engenharia Biomédica pelo valioso conhecimento compartilhado, tanto dentro quanto fora da sala de aula. Em especial, agradeço ao professor Ernano por ter aceitado o desafio de me orientar neste trabalho; agradeço pela dedicação, ajuda e constante incentivo ao longo do processo.

Como canta Chico Buarque em *"Sob Medida"*:

"Se você crê em Deus, encaminhe para os céus uma prece, e agradeça ao Senhor, você tem o amor que merece..."

Esta caminhada só foi possível porque tive todo o amor de vocês ao meu lado, e cada um é parte dessa vitória. Obrigado por serem meu norte e minha força. Este trabalho é nosso.

RESUMO

A engenharia clínica tem evoluído substancialmente com o avanço das ferramentas computacionais, que ampliam o controle, a segurança e a eficiência na gestão de equipamentos médicos, especialmente para empresas que prestam serviços ao setor público. Este estudo tem como objetivo analisar comparativamente sistemas de gestão, destacando o software Arkmeds, utilizado na administração do ciclo de vida dos equipamentos, rastreamento de manutenções e conformidade regulatória. A pesquisa abrangeu sistemas empregados por empresas de engenharia clínica, com coleta de dados sobre usabilidade, segurança, integração e *compliance* com a LGPD. A experiência prática com o Arkmeds serviu como base para avaliar suas funcionalidades, destacando pontos positivos e limitações em comparação com outras ferramentas. Os resultados indicam que o Arkmeds apresenta boa eficiência para monitoramento e controle, mas possui desafios quanto à interoperabilidade com outras plataformas hospitalares, fundamental em ambientes que exigem alta integração. A discussão enfatiza que, para o setor público, a escolha de sistemas de gestão deve balancear a conformidade regulatória com a adaptabilidade e a eficiência nas operações clínicas. Conclui-se que ferramentas como o Arkmeds podem fortalecer a engenharia clínica, mas que melhorias, especialmente em integração e usabilidade, são necessárias para otimizar o atendimento em contextos complexos de saúde pública.

Palavras-chave: Sistemas de Gestão; Engenharia Clínica; eficiência; monitoramento; controle.

ABSTRACT

Clinical engineering has substantially evolved with the advancement of computational tools, which enhance control, safety, and efficiency in managing medical equipment, especially for companies providing services to the public sector. This study aims to comparatively analyze management systems, highlighting the software Arkmeds, used for equipment lifecycle management, maintenance tracking and regulatory compliance. The research covered systems used by clinical engineering companies, with data collection on usability, security, integration, and compliance with LGPD regulations. Practical experience with Arkmeds served as the basis for evaluating its functionalities, highlighting positive aspects and limitations compared to other tools. Results indicate that Arkmeds demonstrates good efficiency in monitoring and control but faces challenges regarding interoperability with other hospital platforms, which is essential in environments requiring high integration. The discussion emphasizes that, for the public sector, the choice of management systems should balance regulatory compliance with adaptability and efficiency in clinical operations. As a result, its concluded that tools like Arkmeds can strengthen clinical engineering, but improvements, especially in integration and usability, are necessary to optimize service delivery in complex public health contexts.

Keywords: Management Systems; Clinical Engineering; efficiency; monitoring; control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 17
Figura 2 – Captura de Tela do Engeman®: cadastro de empresas e filiais. 27
Figura 3 – Captura de Tela do Engeman®: cadastro de usuários. 28
Figura 4 – Captura de Tela do Engeman®: cadastro de equipamentos. 28
Figura 5 – Captura de Tela do Engeman®: divisão dos tipos de manutenção. 29
Figura 6 – Captura de Tela do Engeman®: plano de manutenção. 29
Figura 7 – Captura de Tela do Engeman®: agendamento de geração de uma OS. 30
Figura 8 – Captura de Tela do Engeman®: layout das Ordens de Serviço. 30
Figura 9 – Captura de Tela do Engeman®: indicadores de desempenho. 31
Figura 10 – Captura de Tela do Engeman®: layout da página de relatórios. 31
Figura 11 – Captura de Tela do Engeman®: cadastro de matérias para estoque. 32
Figura 12 – Captura do software Magnus: cadastro de empresas. 33
Figura 13 – Captura do software Magnus: cadastro de usuário e níveis de acesso. 33
Figura 14 – Captura do software Magnus: cadastro de senhas. 34
Figura 15 – Captura do software Magnus: aba para cadastro dos equipamentos. 34
Figura 16 – Captura do software Magnus: aba para atualização do status e localização. 35
Figura 17 – Captura do software Magnus: layout para laudo de obsolescência. 35
Figura 18 – Captura do software Magnus: aba para acessar o histórico, Nota Fiscal e foto do equipamento. 35
Figura 19 – Captura do software Magnus: layout para cadastramento de um plano de manutenção para um equipamento. 36
Figura 20 – Captura do software Magnus: aba de criação de um plano de manutenção genérico. 36
Figura 21 – Captura do software Magnus: layout da aba de Ordens de Serviço. 37
Figura 22 – Captura do software Magnus: aba de definição da prioridade. 37
Figura 23 – Captura do software Magnus: aba de definição da complexidade. 38
Figura 24 – Captura do software Magnus: aba para cadastro das pendências. 38
Figura 25 – Captura do software Magnus: aba para gestão de entrada/saída de equipamentos em transporte. 38
Figura 26 – Captura do software Magnus: layout da aba de relatórios do software. 39

Figura 27 – Captura do software Magnus: aba para acompanhamento do tempo médio de reparo de um equipamento. 40
Figura 28 – Captura do software Magnus: aba da tela de Dashboard. 40
Figura 29 – Captura do software Magnus: layout de impressão de QRCode. 41
Figura 30 – Captura do software Magnus: layout do gerenciamento de produtos. ... 41
Figura 31 – Captura do software Magnus: aba de movimentação de produtos. 42
Figura 32 – Captura do software Magnus: aba para cadastro quantitativo. 42
Figura 33 – Captura do software Magnus: cadastro do tipo de movimentação. 42
Figura 34 – Captura do software Magnus: aba do alerta de estoque. 43
Figura 35 – Captura do software Arkmeds: cadastro de usuário e seus cargos. 44
Figura 36 – Captura do software Arkmeds: cadastro das empresas e fiscais. 44
Figura 37 – Captura do software Arkmeds: aba para definição do tipo de permissão dos usuários (níveis de acesso). 45
Figura 38 – Captura do software Arkmeds: aba de cadastro dos equipamentos. 46
Figura 39 – Captura do software Arkmeds: informações extras do cadastro. 46
Figura 40 – Captura do software Arkmeds: cadastro múltiplo de equipamentos. 46
Figura 41 – Captura do software Arkmeds: layout do cadastro dos planos de manutenção por contrato. 47
Figura 42 – Captura do software Arkmeds: layout do cronograma de manutenções e seu setor responsável. 47
Figura 43 – Captura do software Arkmeds: laudo de obsolescência padrão. 48
Figura 44 – Captura do software Arkmeds: aba da geração, atribuição e monitoramento das OS. 49
Figura 45 – Captura do software Arkmeds: layout da filtragem das OS. 49
Figura 46 – Captura do software Arkmeds: layout do preenchimento da OS (causa de ocorrência e responsável técnico que atendeu o chamado). 50
Figura 47 – Captura do software Arkmeds: complemento do layout das OS mostrando as observações apresentadas, utilização de insumos do estoque e valores de pagamento. 51
Figura 48 – Captura do software Arkmeds: layout do histórico de criação, modificação e exclusão de uma OS por um usuário. 52
Figura 49 – Captura do software Arkmeds: função de relatórios do software. 53
Figura 50 – Captura do software Arkmeds: layout dos relatórios em tempo real na aba inicial 53

Figura 51 – Captura do software Arkmeds: layout de alguns tipos de relatórios presentes no software. 54
Figura 52 – Captura do software Arkmeds: aba do cadastro de peças em estoque. 55
Figura 53 – Captura do software Arkmeds: estoque de peças do software. 55
Figura 54 – Captura de Tela do Magnus: confirmação em prompt do software. 58
Figura 55 – Compilação de todos os resultados obtidos. 66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos parâmetros utilizados na pesquisa. 25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CMMS	*Computerized Maintenance Management System*
CRM	*Customer Relationship Management*
ERP	*Enterprise Resource Planning*
HIS	*Hospital Information System*
IA	Inteligência Artificial
IoT	*Internet of Things*
KPI	*Key Performance Indicator*
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
ML	*Machine Learning*
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OS	Ordem de Serviço
PEP	Prontuário Eletrônico do Paciente
POWER BI	*Power Business Intelligence*
QR CODE	*Quick Response Code*
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14
1.1. RELEVÂNCIA DO TEMA E MOTIVAÇÃO 15
1.2. OBJETIVOS 16
1.2.1. Geral 16
1.2.2. Específicos 16
1.3. CONTRIBUIÇÕES 17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19
2.1. A ENGENHARIA CLÍNICA E SUA EVOLUÇÃO AO LONGO DA HISTÓRIA. 19
2.2. A TECNOLOGIA NA ENGENHARIA CLÍNICA 20
2.3. A LEI GERAL DE PROTEÇÃO DE DADOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA ENGENHARIA CLÍNICA 23
3. METODOLOGIA 24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 27
4.1. SOFTWARE ENGEMAN® 27
4.1.1. Cadastro de Empresas e Usuários 27
4.1.2. Gestão de Manutenção 28
4.1.3. Gestão de Ordens de Serviço 29
4.1.4. Relatórios e Dashboards Personalizáveis 30
4.1.5. Controle de Estoque e Suprimentos 31
4.1.6. Integrações Tecnológicas 32
4.2. SOFTWARE MAGNUS 32
4.2.1. Principais Funcionalidades 33
4.2.2. Gestão de Manutenção 34
4.2.3. Gestão de Ordens de Serviço 37
4.2.4. Relatórios e Dashboards 39
4.2.5. Controle de Estoque e Suprimentos 41
4.3. SOFTWARE ARKMEDS 43

4.3.1. Principais Funcionalidades 43
4.3.2. Gestão de Manutenção 45
4.3.3. Gestão de Ordens de Serviço 48
4.3.4. Relatórios e Dashboards Personalizáveis 52
4.3.5. Controle de Estoque e Suprimentos 54
4.4. PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS 56
4.4.1. Análise do Software Engeman® 56
4.4.2. Análise do Software Magnus 57
4.4.3. Análise do Software Arkmeds 59
4.5. PONTOS EM COMUM 61
4.5.1. Cadastro de Empresas e Usuários 61
4.5.2. Cadastro de Equipamentos e Informações Detalhadas 62
4.5.3. Gestão de Manutenção 62
4.5.4. Gestão de Ordens de Serviço 63
4.5.5. Relatórios e Indicadores de Desempenho 63
4.5.6. Controle de Estoque 63
4.6. PONTOS QUE DIVERGEM 64
4.6.1. Interface e Usabilidade 64
4.6.2. Integração Tecnológica 64
4.6.3. Gestão de Ordens de Serviço 64
4.6.4. Controle de Estoque 65
4.6.5. Relatórios e Dashboards 65
4.7. TABELA DE RESULTADOS 65
5. CONCLUSÃO 67
REFERÊNCIAS 69

1. INTRODUÇÃO

A engenharia clínica, uma especialização da engenharia biomédica, surge com o objetivo de aplicar os princípios de engenharia para otimizar o uso de equipamentos médicos, promovendo segurança e eficiência nos ambientes de saúde. Este campo consolidou-se nas décadas de 1960 e 1970, principalmente nos Estados Unidos, e expandiu-se para diversos países à medida que hospitais e clínicas passaram a depender de tecnologia para atender pacientes com mais segurança e precisão (SILVA et al., 2019). No entanto, a crescente complexidade dos equipamentos e a necessidade de manutenção contínua impuseram desafios significativos, especialmente relacionados à gestão eficiente desses ativos, ao controle de qualidade e ao cumprimento de normas regulatórias.

Nas últimas décadas, a rápida evolução tecnológica impactou profundamente a engenharia clínica, especialmente com o desenvolvimento de ferramentas computacionais e sistemas de gestão integrados. Segundo Santos e Oliveira (2021), o uso de softwares específicos para a gestão de equipamentos médicos não apenas aumentou a segurança e a confiabilidade, mas também reduziu os custos operacionais, otimizando o desempenho dos serviços de saúde. Ferramentas de gestão baseadas na *web*, por exemplo, permitem que engenheiros clínicos acompanhem o ciclo de vida dos dispositivos, rastreiem a manutenção e garantam a conformidade com regulamentos de segurança, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) no Brasil (COSTA et al., 2022).

Atualmente, essas tecnologias tornaram-se essenciais para o setor, pois oferecem uma visão integrada dos processos, permitem a análise de dados em tempo real e auxiliam na tomada de decisão, contribuindo para a eficiência e a segurança nas operações de engenharia clínica. Nesse contexto, as empresas especializadas têm desempenhado um papel fundamental ao adotar tecnologias avançadas de gestão, enquanto os engenheiros clínicos assumem a responsabilidade de implementar e monitorar esses sistemas de forma estratégica. Conforme destaca Rocha (2020), esses profissionais não só devem garantir o funcionamento seguro e eficaz dos dispositivos médicos, mas também devem estar preparados para adaptar-se às novas exigências tecnológicas, que demandam habilidades em análise de dados e gestão de informações.

Este trabalho tem como objetivo, através de um relato de experiência, analisar o uso do sistema Arkmeds, comparando-o com outras ferramentas de gestão, analisando sua eficácia e impacto na gestão de equipamentos médicos, especialmente no setor público.

1.1. RELEVÂNCIA DO TEMA E MOTIVAÇÃO

A implementação de novas tecnologias de gestão na engenharia clínica tem se tornado cada vez mais fundamental para a manutenção da segurança e da eficiência no uso dos equipamentos médicos. O avanço das ferramentas computacionais, como sistemas de gestão integrados, permite um controle mais eficaz dos ativos médicos, melhora a rastreabilidade das manutenções e assegura o cumprimento de normas regulatórias de segurança, fundamentais para a operação em hospitais e clínicas. Segundo Oliveira e Santos (2020), a integração de tecnologias de gestão não apenas facilita a administração das operações de engenharia clínica, mas também promove uma abordagem mais proativa e preventiva na manutenção dos equipamentos.

A relevância dessa evolução tecnológica está em sua capacidade de otimizar processos e reduzir custos operacionais, além de garantir que os equipamentos médicos estejam sempre em conformidade com as regulamentações e funcionando adequadamente. Conforme destacam Costa et al. (2021), o uso de sistemas computacionais avançados na engenharia clínica contribui para a melhoria da qualidade dos serviços de saúde, uma vez que permite a análise em tempo real do desempenho dos dispositivos e a tomada de decisões mais assertivas e fundamentadas.

A motivação para a adoção dessas tecnologias é, em grande parte, a crescente complexidade dos equipamentos médicos e a necessidade de uma gestão mais eficiente, que seja capaz de monitorar e controlar o ciclo de vida de cada dispositivo. Ferreira (2022) aponta que, ao integrar sistemas digitais, os engenheiros biomédicos podem realizar o acompanhamento contínuo das manutenções, garantindo que os dispositivos estejam operando com a máxima eficiência, prevenindo falhas e minimizando os riscos para os pacientes.

Essas novas tecnologias também têm um impacto significativo no papel do engenheiro biomédico, que, ao adotar ferramentas digitais, passa a ter uma visão mais ampla e integrada das operações hospitalares. Segundo Rocha (2021), as tecnologias

de gestão aprimoram o desempenho das equipes de manutenção e permitem que os engenheiros biomédicos adotem uma postura mais estratégica, com base em dados precisos e atualizados sobre o estado dos equipamentos.

Portanto, a implementação de sistemas de gestão e o uso de novas tecnologias na engenharia clínica não só promovem uma gestão mais eficiente e segura, mas também fortalecem o papel do engenheiro biomédico, que, com o apoio dessas ferramentas, consegue oferecer um atendimento de maior qualidade e com mais segurança aos pacientes.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. GERAL

Este trabalho tem como objetivo relatar e comparar a utilização do software de gestão na engenharia clínica, Arkmeds, em uma empresa que atua na área, avaliando os pontos positivos e negativos do sistema utilizado e buscando identificar maneiras de aprimorar a gestão dos processos dentro da engenharia clínica.

1.2.2. ESPECÍFICOS

- Apresentar dois softwares (Engeman e Magnus) utilizados por outras empresas e órgãos para a gestão da engenharia clínica, realizando um breve relato sobre suas funcionalidades, pontos fortes e limitações.
- Relatar a experiência pessoal no uso do sistema Arkmeds, adotado pela empresa, destacando seus pontos positivos e negativos, além de analisar sua eficiência na gestão dos processos de manutenção e controle de equipamentos médicos.
- Comparar o sistema Arkmeds com os outros dois softwares de gestão citados anteriormente, identificando as diferenças e semelhanças, focando nas suas funcionalidades e nos resultados observados.
- Identificar, a partir da experiência prática, os aspectos favoráveis e desfavoráveis na utilização de sistemas de gestão na engenharia clínica, com base nas análises dos softwares avaliados.

1.3. CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho contribui significativamente para a área de engenharia clínica ao relatar e comparar a utilização de sistemas de gestão para a administração de equipamentos médicos, com foco na melhoria da eficiência, segurança e conformidade regulatória. As principais contribuições do estudo incluem a análise crítica de sistemas de gestão utilizados por empresas de engenharia clínica, como o Arkmeds, e a identificação de boas práticas e desafios que podem auxiliar outras organizações do setor na implementação de ferramentas tecnológicas mais eficazes.

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Fonte: Nações Unidas do Brasil, 2025.

Em relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), representados na Figura 1, este trabalho está alinhado com algumas metas que são essenciais para o avanço da saúde e da gestão pública, especialmente no que tange à eficiência dos serviços de saúde:

- ODS 3 – Saúde e Bem-Estar: O estudo contribui para a melhoria da gestão dos equipamentos médicos em ambientes de saúde, assegurando que os dispositivos estejam operando de forma segura e eficiente, o que diretamente impacta a qualidade do atendimento à saúde. A utilização de sistemas de gestão melhora a rastreabilidade das manutenções e a conformidade com as normas de segurança, garantindo um ambiente mais seguro para os pacientes (SILVA et al., 2021).

- ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura: Ao explorar o uso de tecnologias avançadas na engenharia clínica, o trabalho ressalta a importância da inovação no setor da saúde. A implementação de sistemas digitais de gestão de equipamentos médicos reflete diretamente a busca por infraestrutura mais eficiente e sustentável, alinhada com as tendências tecnológicas da indústria da saúde (CAVALCANTI & ALMEIDA, 2020).
- ODS 12 – Produção e Consumo Responsáveis: A pesquisa também contribui para a discussão sobre a eficiência na utilização dos recursos de saúde, ao promover a adoção de tecnologias que auxiliam na otimização da gestão dos equipamentos médicos, evitando desperdícios e garantindo maior vida útil dos dispositivos, o que resulta em menores custos e maior responsabilidade no uso dos recursos públicos (PEREIRA, 2021).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A ENGENHARIA CLÍNICA E SUA EVOLUÇÃO AO LONGO DA HISTÓRIA

A engenharia clínica surgiu como uma necessidade emergente nos sistemas de saúde para garantir o uso seguro e eficaz de tecnologias médicas. Nos anos 1960, nos Estados Unidos, a rápida evolução tecnológica trouxe uma explosão de novos dispositivos médicos, como desfibriladores, monitores cardíacos e tomógrafos computadorizados. No entanto, a falta de padronização e regulamentação resultou em problemas significativos, incluindo falhas críticas nos equipamentos e aumento dos riscos aos pacientes (PEREIRA et al., 2021). A tragédia de Boston em 1965, onde 12 pacientes faleceram devido a problemas técnicos em um respirador, é frequentemente citada como um marco na conscientização sobre a importância de profissionais especializados em tecnologia médica (CALLES et al., 2020).

Politicamente, a criação da profissão foi impulsionada pela necessidade de uma abordagem mais estruturada para a gestão de tecnologias em saúde. Nos Estados Unidos, programas governamentais, como o *Medicare* e o *Medicaid*, implementados na década de 1960, destacaram a importância de padrões de qualidade para equipamentos médicos. A regulamentação do setor começou a ganhar força com legislações como o *Medical Device Amendments* de 1976, que trouxe diretrizes claras para a fabricação e uso de dispositivos médicos (KUMAR, 2004).

No Brasil, a engenharia clínica começou a se consolidar nas décadas de 1980 e 1990, com a crescente modernização dos hospitais e a inserção de tecnologias avançadas nos serviços de saúde. Inicialmente, o setor enfrentou barreiras legais e institucionais devido à ausência de regulamentações específicas e à falta de profissionais capacitados. Somente com a implementação de políticas públicas, como a criação do SUS em 1988, a área começou a ganhar relevância no cenário nacional, embora o desenvolvimento tenha sido mais lento em comparação a países desenvolvidos (MARTINS & ALVES, 2022).

Socialmente, a engenharia clínica passou a ser reconhecida como essencial para a garantia do direito à saúde. A gestão de equipamentos médicos deixou de ser apenas um aspecto técnico para se tornar um componente estratégico, conectado à eficiência dos sistemas de saúde e à redução das desigualdades no acesso aos serviços. A evolução tecnológica trouxe novos paradigmas, com dispositivos mais

sofisticados e integrados, como máquinas de ressonância magnética e sistemas de monitoramento remoto, exigindo adaptações contínuas (DYRO, 2004).

Atualmente, a engenharia clínica no Brasil é uma área consolidada, mas ainda enfrenta desafios significativos relacionados à regulamentação e à adaptação às novas demandas do setor de saúde. O processo de criação de normativas específicas para a área foi lento, refletindo as dificuldades históricas de implementar políticas padronizadas em um cenário marcado por desigualdades regionais e a carência de profissionais especializados. Apesar disso, marcos como a RDC 16/2013 da Anvisa, que estabelece critérios rigorosos para o gerenciamento de equipamentos médicos, representam avanços fundamentais. Essa normativa regula processos como aquisição, manutenção, calibração e descarte de dispositivos, promovendo maior segurança e eficiência operacional (CAVALCANTI & ALMEIDA, 2022).

Outras regulamentações, como a RDC 50/2002, que dispõe sobre o planejamento físico-funcional de estabelecimentos assistenciais de saúde, e a Portaria 2914/2011, que trata de critérios para a qualidade da água em sistemas hospitalares, também tiveram impacto direto sobre as práticas da engenharia clínica. Esses instrumentos normativos ajudaram a estruturar um setor mais profissionalizado, mas trouxeram novos desafios para as empresas, que precisaram adaptar seus processos às exigências legais e ao avanço das tecnologias empregadas (SILVA & OLIVEIRA, 2021).

Com essas regulamentações, o setor passou a demandar não apenas maior profissionalização, mas também a utilização de ferramentas tecnológicas avançadas, como softwares de gestão integrada, que auxiliam no controle do parque tecnológico, na otimização de custos e na melhoria da segurança dos pacientes. Tais ferramentas são essenciais em um contexto em que os dispositivos médicos se tornaram mais complexos e a manutenção preditiva despontou como estratégia para prevenir falhas críticas e garantir a continuidade do atendimento (MARTINS & ALVES, 2022).

2.2. A TECNOLOGIA NA ENGENHARIA CLÍNICA

A gestão eficaz dos recursos e processos na engenharia clínica tem se mostrado cada vez mais crucial para o bom funcionamento dos sistemas de saúde, especialmente em um cenário de alta complexidade tecnológica. Segundo Leal (2022), a implementação de sistemas de gestão da qualidade em hospitais tem

promovido não apenas a melhoria da eficiência operacional, mas também a garantia de maior segurança no uso de equipamentos médicos.

A evolução tecnológica tem desempenhado um papel transformador na engenharia clínica, tornando-a cada vez mais dependente de ferramentas digitais sofisticadas. A introdução de sistemas de gestão integrados, como os Sistemas de Gerenciamento de Manutenção Computadorizada – tradução de *Computerized Maintenance Management System* (CMMS) –, tem sido fundamental para otimizar a administração dos parques tecnológicos hospitalares. Estes sistemas permitem um controle detalhado de todos os dispositivos médicos, facilitando tarefas cruciais como a manutenção preditiva, monitoramento remoto e a rastreabilidade de equipamentos. Ao integrar diversas funcionalidades em uma única plataforma, o CMMS ajuda os engenheiros clínicos a gerenciar o ciclo de vida dos equipamentos, garantindo que estejam sempre em conformidade com os padrões exigidos pelas autoridades reguladoras (MARTINS & ALVES, 2022).

A pandemia de COVID-19 acelerou ainda mais o uso de tecnologias na engenharia clínica, destacando-se o Internet das Coisas (IoT) e a inteligência artificial (IA) como ferramentas essenciais. Durante este período, a IoT foi amplamente utilizada para o monitoramento remoto de equipamentos médicos críticos, como ventiladores e monitores de sinais vitais, o que permitiu que hospitais ficassem mais preparados para a sobrecarga de pacientes e, ao mesmo tempo, mantivessem a segurança dos equipamentos. A inteligência artificial, por sua vez, foi aplicada para prever falhas nos dispositivos, melhorando o tempo de resposta e evitando interrupções no atendimento. Estudos de Ferreira et al. (2021) ressaltam que a utilização dessas tecnologias tem o potencial de reduzir falhas críticas em equipamentos médicos, aumentando a confiabilidade e a qualidade do atendimento prestado.

A premiação do *HIMSS Davies Awards*, que reconhece o uso inovador de tecnologias em saúde, exemplifica como o uso de big data e machine learning pode transformar os processos dentro dos hospitais. Vários projetos premiados implementaram essas tecnologias para otimizar operações hospitalares, com foco na eficiência operacional e redução de custos. Essas iniciativas não só melhoraram a eficiência da gestão de equipamentos, mas também contribuíram diretamente para o aprimoramento da qualidade do atendimento aos pacientes, um reflexo claro de como a tecnologia pode ser uma aliada importante da engenharia clínica na busca pela

excelência (FERREIRA et al., 2021).

No Brasil, embora a implementação de tecnologias na engenharia clínica tenha avançado significativamente, ainda existem desafios consideráveis, como o alto custo de implementação e a resistência à mudança por parte de alguns profissionais e gestores. No entanto, os benefícios são inegáveis. Ferramentas digitais ajudam a garantir a conformidade regulatória, reduzem custos operacionais e melhoram os resultados em saúde. A utilização de tecnologias como os sistemas CMMS, IoT e inteligência artificial tem se consolidado como pilares essenciais para a modernização da engenharia clínica, permitindo um controle mais rigoroso dos equipamentos e uma resposta mais rápida às demandas do sistema de saúde.

Esses avanços tecnológicos não apenas melhoram a eficiência das operações, mas também asseguram uma maior segurança e qualidade no atendimento. A integração de ferramentas digitais contribui significativamente para um ambiente hospitalar mais organizado, mais seguro e mais preparado para lidar com as complexidades da saúde moderna. Com a continuidade da digitalização e da automação, a engenharia clínica se posiciona cada vez mais como um campo vital para o futuro da saúde, tendo as tecnologias digitais como um aliado estratégico.

Essas transformações não se limitam ao setor hospitalar, mas também influenciam diretamente a forma como as empresas de engenharia clínica interagem com os seus clientes e com os órgãos reguladores, criando oportunidades para o setor e novos desafios para os profissionais da área (CAVALCANTI & ALMEIDA, 2022). Tais mudanças exigem, cada vez mais, uma reflexão ética sobre as práticas adotadas.

Como destacado por Poveda (2020), a adoção de tecnologias avançadas na engenharia clínica deve ser analisada sob a ótica da bioética, considerando tanto os avanços nos cuidados com os pacientes quanto os desafios em garantir a privacidade e a responsabilidade no uso desses sistemas. A integração de ferramentas tecnológicas à engenharia clínica exige uma abordagem cuidadosa, onde se deve equilibrar inovação e ética, de modo a promover o bem-estar dos pacientes e a segurança das informações, sem comprometer os direitos individuais.

2.3. A LEI GERAL DE PROTEÇÃO DE DADOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA ENGENHARIA CLÍNICA

A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), instituída pela Lei nº 13.709/2018, trouxe profundas mudanças para o setor de engenharia clínica, especialmente no que diz respeito ao uso de sistemas tecnológicos. Com a crescente digitalização das informações, incluindo dados sensíveis de pacientes, tornou-se imprescindível que empresas e hospitais adotassem práticas que garantam a privacidade e a segurança das informações armazenadas e processadas (SILVA & OLIVEIRA, 2021).

Na engenharia clínica, a LGPD impacta diretamente a gestão de tecnologias, uma vez que muitos dispositivos médicos modernos estão conectados a sistemas de dados centralizados. A necessidade de adequação às exigências da lei trouxe novos desafios, como a implementação de mecanismos de criptografia, auditorias regulares e treinamento de equipes para lidar com dados de forma segura. A integração entre regulamentações específicas do setor, como a RDC 16/2013, e as diretrizes da LGPD reforça a importância de uma abordagem multidisciplinar na gestão de tecnologias em saúde (MARTINS & ALVES, 2022).

Além de promover maior transparência e segurança, a LGPD também tem impulsionado a inovação tecnológica no setor, com o desenvolvimento de softwares de gestão que atendem aos requisitos legais sem comprometer a eficiência operacional. Essa relação entre regulamentação e tecnologia demonstra que a conformidade legal não é apenas uma obrigação, mas também uma oportunidade para aprimorar os processos e fortalecer a confiança dos pacientes e instituições (BARBOSA, 2021).

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho está estruturada para proporcionar uma análise detalhada dos softwares de gestão utilizados na engenharia clínica, com foco em sua aplicabilidade, funcionalidades, custos, integralidade e impactos diretos na operação de hospitais e empresas especializadas. O estudo será realizado com base em uma pesquisa aplicada, utilizando uma abordagem qualitativa, com o objetivo de comparar três softwares amplamente utilizados no mercado brasileiro e mundial, identificando seus pontos positivos e negativos, além de suas características essenciais para a gestão hospitalar (CALIXTO, 2024).

Primeiramente, o levantamento teórico já realizado no início do trabalho proporciona uma base sólida para a análise. O foco principal será em três softwares amplamente utilizados no mercado, cada um com características que atendem diferentes demandas da engenharia clínica. A seleção destes sistemas será baseada em sua popularidade e aplicabilidade, buscando uma diversidade de abordagens e soluções adotadas por hospitais e clínicas em várias partes do mundo. O levantamento sobre esses softwares incluirá detalhes sobre suas funcionalidades, como manutenção preditiva, monitoramento remoto, rastreabilidade de equipamentos, custos de implementação, integração com outros sistemas e ferramentas de gestão, além da experiência do usuário e usabilidade. Entre os softwares a serem analisados, estão soluções globais como o Engeman®, Magnus e Arkmeds.

Além do estudo teórico, será feita uma comparação prática a partir do relato de experiência do autor, que trabalha em uma empresa de engenharia clínica e que utiliza em sua gestão, o software Arkmeds. Este relato trará uma perspectiva pessoal sobre os desafios enfrentados, os resultados observados e as lições aprendidas com o uso do sistema, servindo como um ponto de contraste com os outros softwares analisados. Através desta comparação, será possível identificar as diferenças e semelhanças nas funcionalidades e impactos dessas ferramentas, oferecendo uma visão abrangente das práticas de gestão na engenharia clínica.

Os dados para a pesquisa serão coletados a partir de uma combinação de fontes, incluindo análise documental, revisão de relatórios e estudos de caso sobre o uso dos softwares em questão. Para entender o impacto direto desses sistemas, será realizada uma análise de como as tecnologias influenciam as operações diárias nos hospitais e empresas, abordando aspectos como eficiência operacional, redução de

custos, melhorias na manutenção de equipamentos e conformidade regulatória.

No desenvolvimento deste trabalho, a análise de cada software será estruturada de maneira detalhada e organizada, porém, direta. Para cada um dos softwares discutidos, serão abordados os pontos essenciais que são fundamentais para uma avaliação completa e justa no contexto da engenharia clínica. A análise de cada sistema será feita de acordo com os parâmetros descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos parâmetros utilizados na pesquisa.

Parâmetro	**Descrição**
Funcionalidade	Será descrito o conjunto de ferramentas oferecidas pelo software, como ele pode ser utilizado no gerenciamento de equipamentos médicos e quais processos ele automatiza e/ou otimiza.
Integrabilidade	Analisaremos a capacidade do software de se integrar com outros sistemas utilizados no hospital ou na organização de saúde, como sistemas de gestão hospitalar (SGH), sistemas de registros eletrônicos de pacientes (PEP) e outros softwares de manutenção.
Usabilidade	Será discutida a facilidade de uso do software, com foco na interface do usuário, curva de aprendizado e a experiência geral de interação.
Segurança	A segurança dos dados gerenciados pelo software será um aspecto crucial na avaliação, especialmente no contexto de proteção de informações sensíveis dos pacientes e conformidade com regulamentações como a LGPD.
Custo Financeiro	A análise envolverá o custo de implementação e manutenção do software, incluindo licenciamento, treinamentos, atualizações e suporte técnico, assim como a relação custo-benefício para a organização.

Impacto Operacional	Será avaliado como a implementação do software influencia a eficiência das operações hospitalares e de engenharia clínica, se ele melhora ou não o tempo de resposta, redução de falhas e aumento da segurança e confiabilidade dos equipamentos.
Feedback de Usuários	A experiência dos usuários, como os pesquisadores dos relatos, engenheiros clínicos, técnicos e outros profissionais da saúde será considerada para entender como o software é utilizado na prática.
Customização	Será discutida a flexibilidade do software em adaptar-se às necessidades específicas de cada organização, como personalização de relatórios, alertas e outros aspectos do sistema.
Inovação Tecnológica	O uso de tecnologias emergentes, como inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina (Machine Learning), internet das coisas (IoT), entre outras, será avaliado para entender como o software se mantém atualizado e inovador.

Fonte: Acervo Pessoal.

Ao final da seção dedicada aos três softwares, será apresentada uma tabela comparativa que sintetiza de forma clara e objetiva os principais resultados da pesquisa. A tabela incluirá os aspectos abordados nos tópicos acima, proporcionando um resumo visual para facilitar a comparação entre os sistemas, evidenciando rapidamente as vantagens e desvantagens de cada um. Este formato permitirá uma leitura eficiente e uma compreensão abrangente de como cada ferramenta se comporta em cada área crítica da gestão de engenharia clínica.

Este método tem como objetivo não apenas avaliar as características técnicas de cada software, mas também fornecer um panorama prático e crítico sobre a adoção de ferramentas de gestão na engenharia clínica, permitindo que, ao final do trabalho, seja possível estabelecer uma comparação fundamentada entre as opções disponíveis no mercado e a experiência pessoal com o software utilizado na minha empresa, o Arkmeds.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

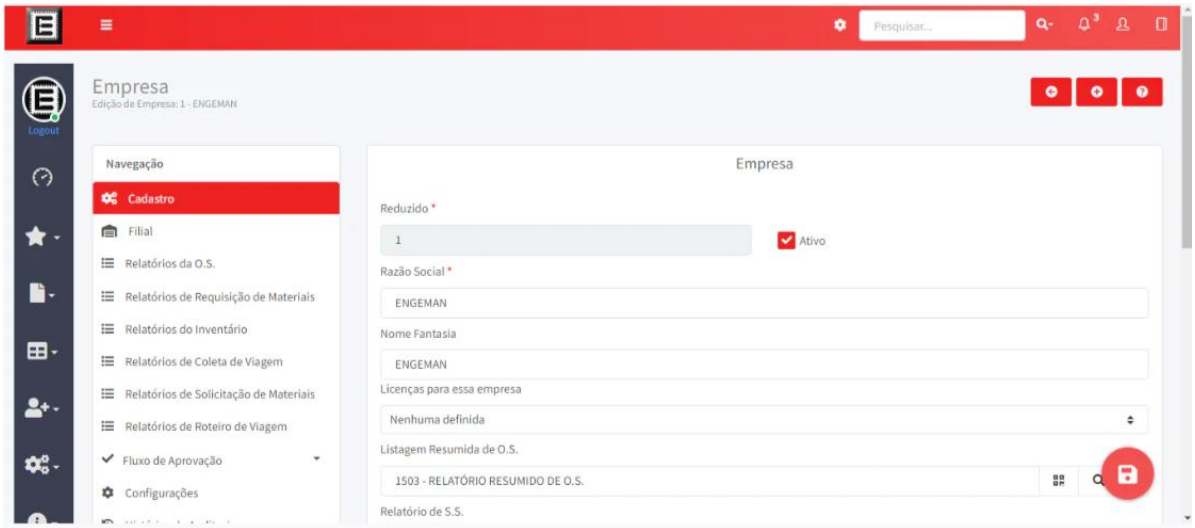
4.1. SOFTWARE ENGEMAN®

O Engeman® é um software CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) desenvolvido no Brasil, especializado na gestão de manutenção de ativos, amplamente utilizado em setores como industrial, hospitalar, de energia, logística, entre outros. Com mais de 25 anos de atuação no mercado, o software é conhecido por sua robustez, flexibilidade e capacidade de adaptação às necessidades específicas de diferentes segmentos. O Engeman® foi projetado para otimizar e automatizar processos relacionados à manutenção de equipamentos e ativos. Ele busca aumentar a eficiência operacional, reduzir custos associados a falhas e paradas, e melhorar a tomada de decisão com base em dados e análises gerados pela plataforma.

4.1.1. CADASTRO DE EMPRESAS E USUÁRIOS

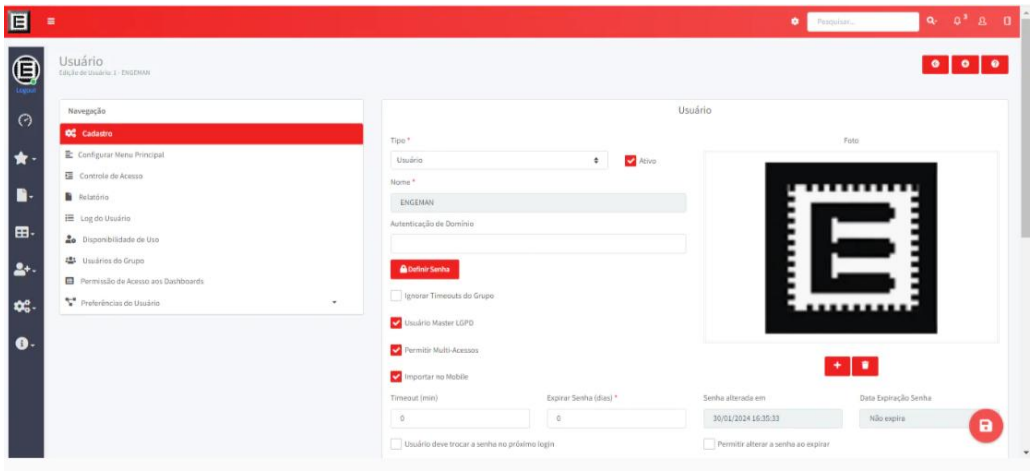
- Melhor gerenciamento da empresa e filiais com a possibilidade de controlar o acesso dos usuários separados por unidade (Fig. 2).
- Cadastro dos usuários e definição dos acessos por usuário e grupo (Fig. 3).
- Personalização do layout da tela por preferência do usuário.

Figura 2 – Captura de Tela do Engeman®: cadastro de empresas e filiais.



Fonte: Software Engeman®, 2025.

Figura 3 – Captura de Tela do Engeman®: cadastro de usuários.

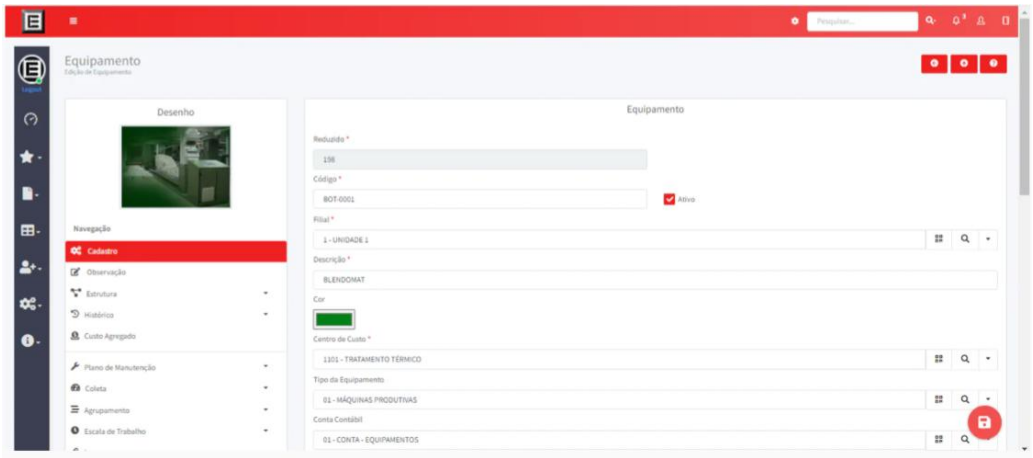


Fonte: Software Engeman®, 2025.

4.1.2. GESTÃO DE MANUTENÇÃO

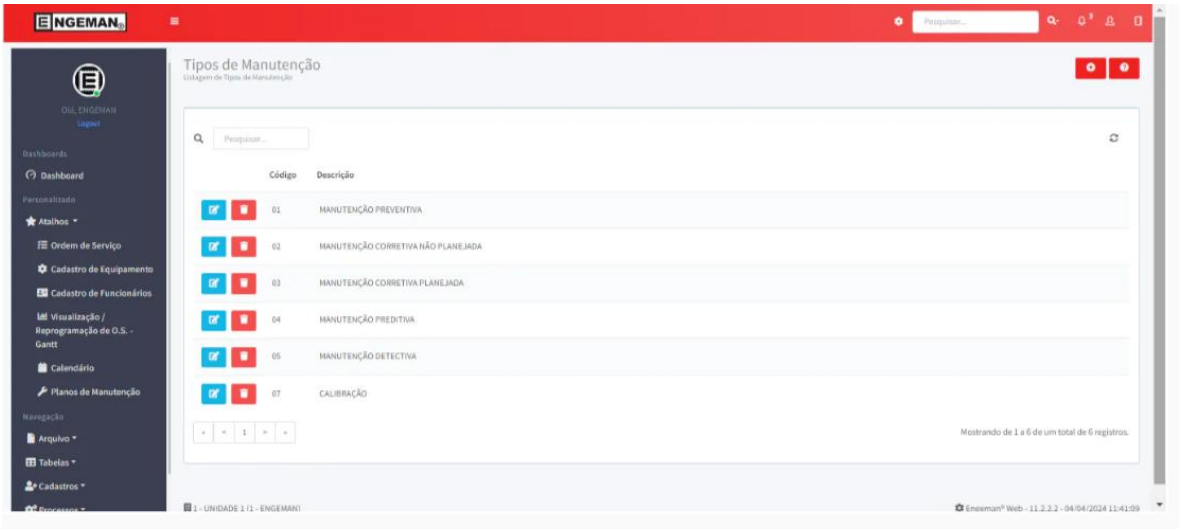
- Cadastro de todos os equipamentos e suas informações (Figura 4).
- Oferece ferramentas para a criação de cronogramas de manutenção preventiva, preditiva e corretiva (Figura 5).
- Permite criação de planos personalizados em cada equipamento (Figura 6).
- Inclui lembretes automáticos e notificações para tarefas pendentes, reduzindo o risco de falhas inesperadas.
- Permite o registro detalhado de todos os ativos e equipamentos sob gestão, incluindo histórico de manutenção, especificações técnicas e ciclos de vida, podendo agrupar por localização da unidade ou cidade.

Figura 4 – Captura de Tela do Engeman®: cadastro de equipamentos.



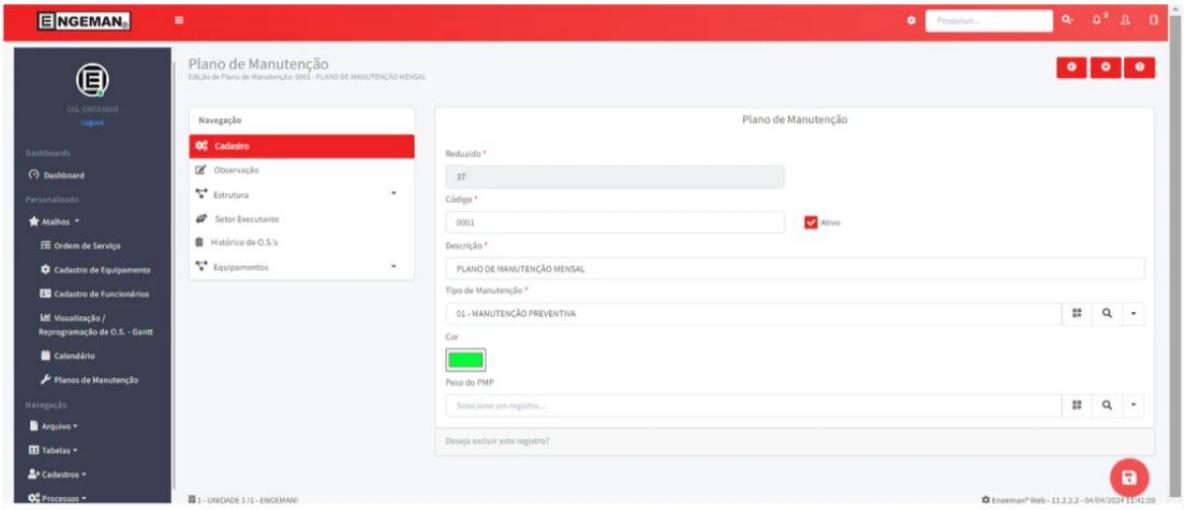
Fonte: Software Engeman®, 2025.

Figura 5 – Captura de Tela do Engeman®: divisão dos tipos de manutenção.



Fonte: Software Engeman®, 2025.

Figura 6 – Captura de Tela do Engeman®: plano de manutenção.

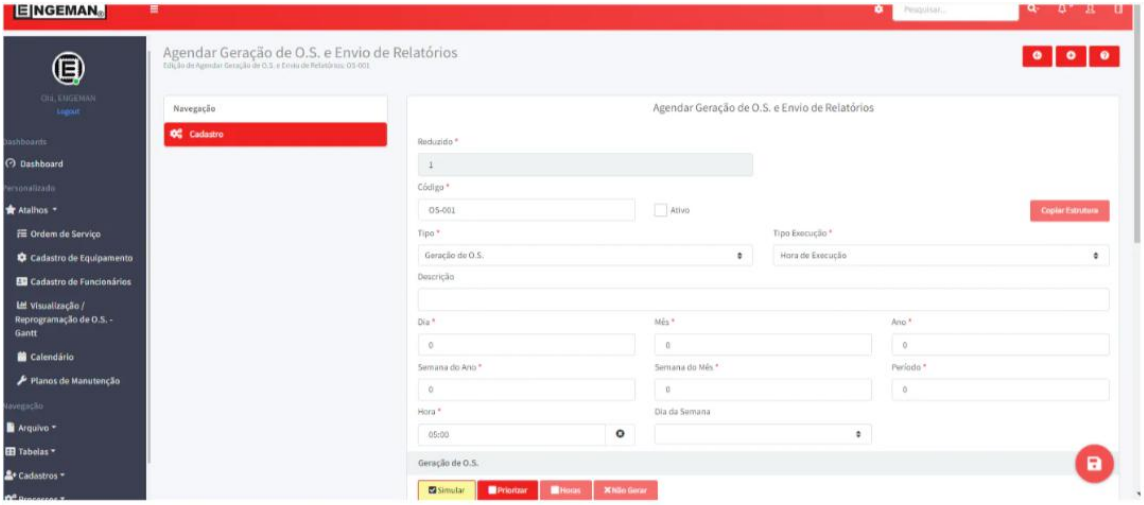


Fonte: Software Engeman®, 2025.

4.1.3. GESTÃO DE ORDENS DE SERVIÇO

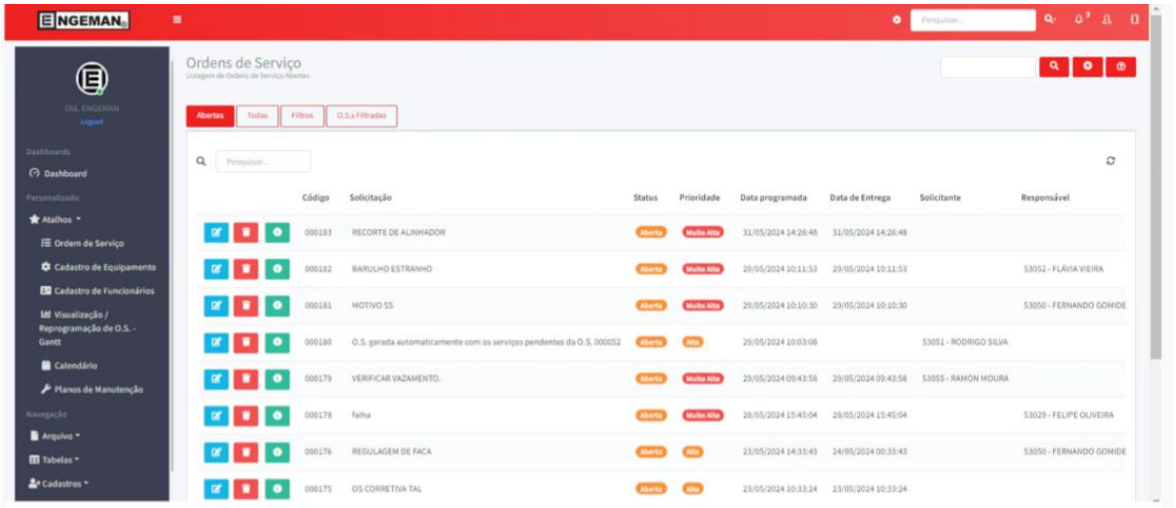
- Geração, atribuição e monitoramento de ordens de serviço em tempo real (Figuras 7 e 8).
- Integração com dispositivos móveis para facilitar o acesso e atualizações no campo.

Figura 7 – Captura de Tela do Engeman®: agendamento de geração de uma OS.



Fonte: Software Engeman®, 2025.

Figura 8 – Captura de Tela do Engeman®: layout das Ordens de Serviço.

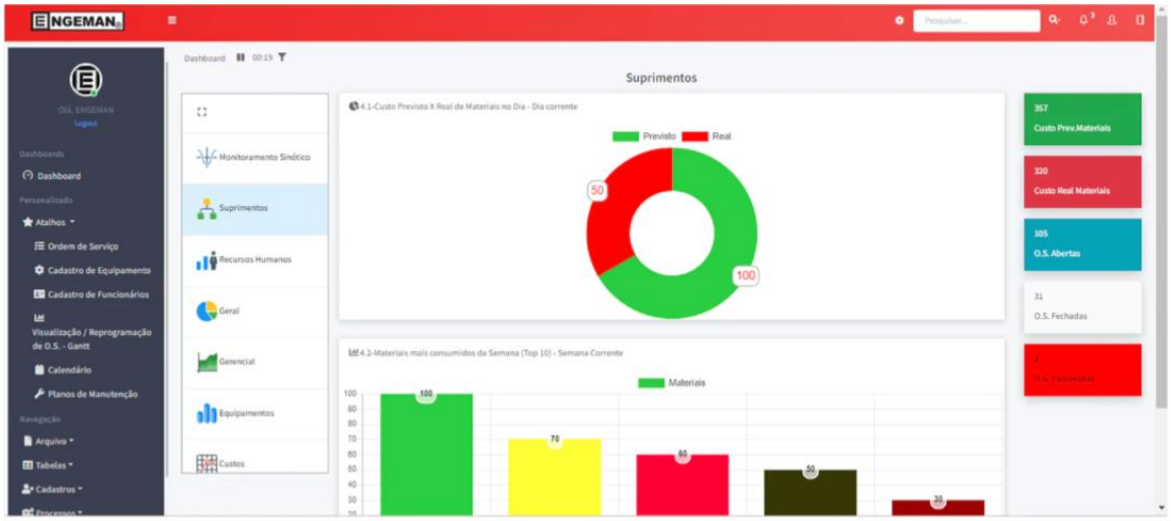


Fonte: Software Engeman®, 2025.

4.1.4. RELATÓRIOS E DASHBOARDS PERSONALIZÁVEIS

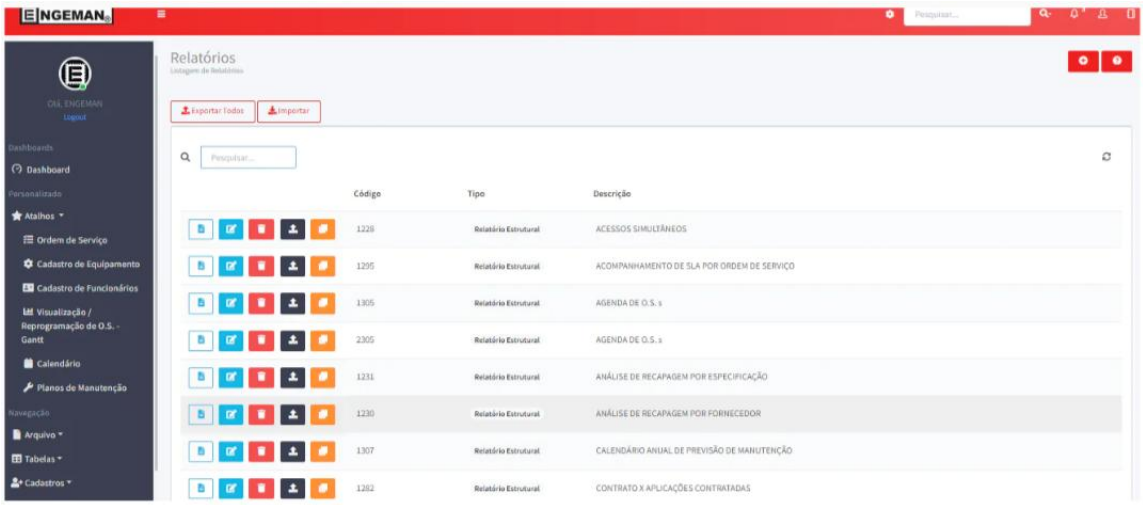
- Fornece indicadores-chave de desempenho (KPIs) para análise de eficiência, custos e tempo de inatividade (Figura 9).
- Relatórios podem ser personalizados para atender às necessidades de auditorias e processos regulatórios (Figura 10).

Figura 9 – Captura de Tela do Engeman®: indicadores de desempenho.



Fonte: Software Engeman®, 2025.

Figura 10 – Captura de Tela do Engeman®: layout da página de relatórios.

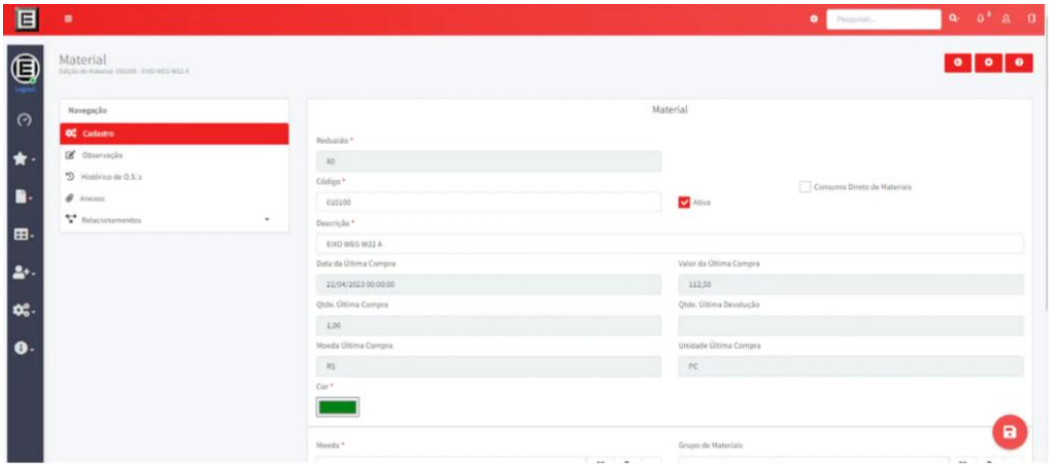


Fonte: Software Engeman®, 2025.

4.1.5. CONTROLE DE ESTOQUE E SUPRIMENTOS

- Gerencia peças de reposição e insumos, garantindo que os recursos necessários estejam disponíveis para a manutenção.
- Reduz custos ao evitar excesso de estoque ou falta de peças críticas.

Figura 11 – Captura de Tela do Engeman®: cadastro de matérias para estoque.



Fonte: Software Engeman®, 2025.

4.1.6. INTEGRAÇÕES TECNOLÓGICAS

- Compatível com outros sistemas corporativos (como ERPs) e permite a integração com sensores IoT para monitoramento em tempo real.
- Inclui um módulo de geolocalização via *Google Maps* para rastrear equipes e equipamentos.

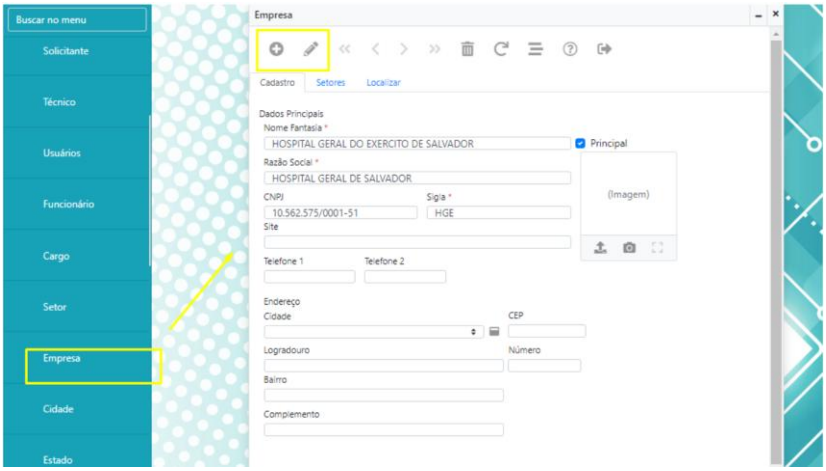
4.2. SOFTWARE MAGNUS

O Magnus é um software classificado como CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) e é comercializado pela empresa Inova Tecnologia. Desenvolvido especialmente para atender aos processos de gestão de ativos em ambientes hospitalares e industriais, seja na área biomédica ou em outros setores, o Magnus busca otimizar a gestão de ativos, promovendo maior eficiência operacional. Com funcionalidades que permitem o rastreamento detalhado de equipamentos e a automação de manutenções preventivas e corretivas, o software contribui para a redução de falhas e o aumento da disponibilidade dos ativos. Além disso, o Magnus facilita o cumprimento de normas e regulamentações, garantindo conformidade com os padrões estabelecidos.

4.2.1. PRINCIPAIS FUNCIONALIDADES

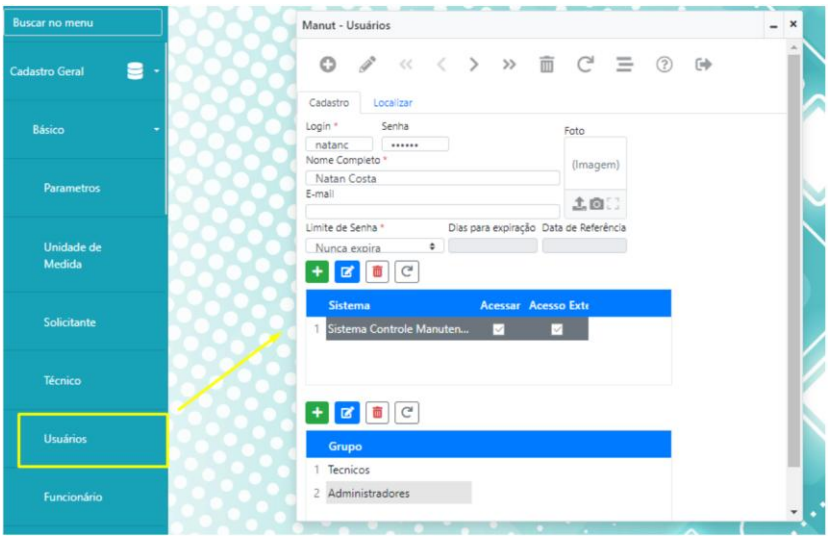
- Cadastro de empresas e usuários.
- Cadastro dos usuários e definição dos acessos, seja por usuário, seja por grupo, tudo de acordo com o cargo.
- Definições pré-definidas para acelerar o processo de cadastro das empresas, funcionários e níveis de acesso.
- Controle quanto às senhas, existe a possiblidade de definir a periodização da troca das senhas, para manter um nível de segurança mais alto.
- Existência de um chat que pode ser usado para comunicação entre usuários.

Figura 12 – Captura do software Magnus: cadastro de empresas.



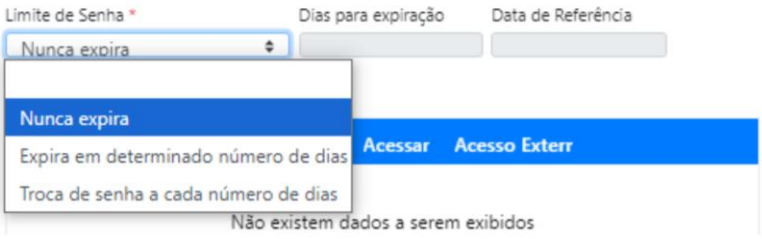
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 13 – Captura do software Magnus: cadastro de usuário e níveis de acesso.



Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 14 – Captura do software Magnus: cadastro de senhas.



Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

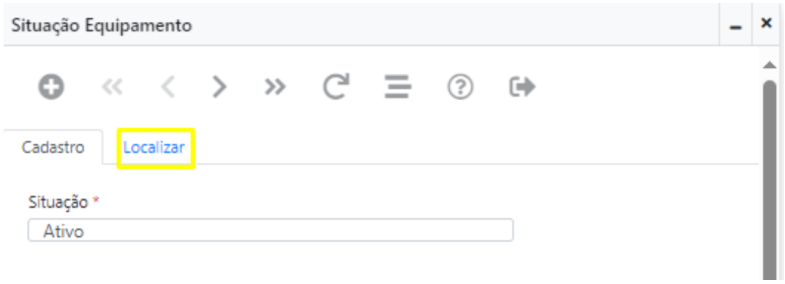
4.2.2. GESTÃO DE MANUTENÇÃO

- Cadastro de todos os equipamentos.
- Criação de planos de manutenção ou pode-se utilizar planos de manutenção já programados para os equipamentos (função de *checklists* também estão presentes nesses planos programados).
- Oferece ferramentas para a criação de cronogramas de periodicidade das manutenções.
- Pre-sets para os diferentes tipos de manutenção (preventiva, preditiva e corretiva).
- Possui uma página de cadastro para equipamentos com um modelo de laudo de obsolescência já feito.
- Permite o registro detalhado de todos os ativos e equipamentos sob gestão, incluindo histórico de manutenção, especificações técnicas, nota fiscal e garantia dos equipamentos.

Figura 15 – Captura do software Magnus: aba para cadastro dos equipamentos.

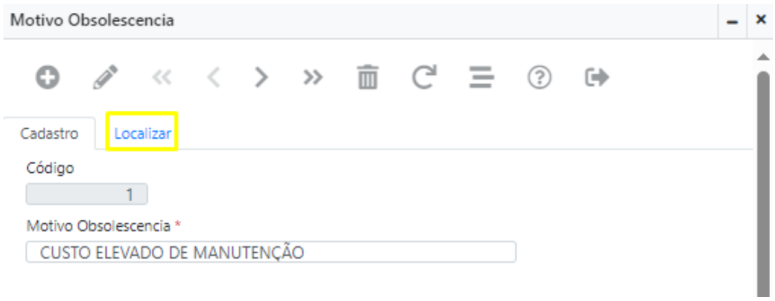
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 16 – Captura do software Magnus: aba para atualização do status e localização.



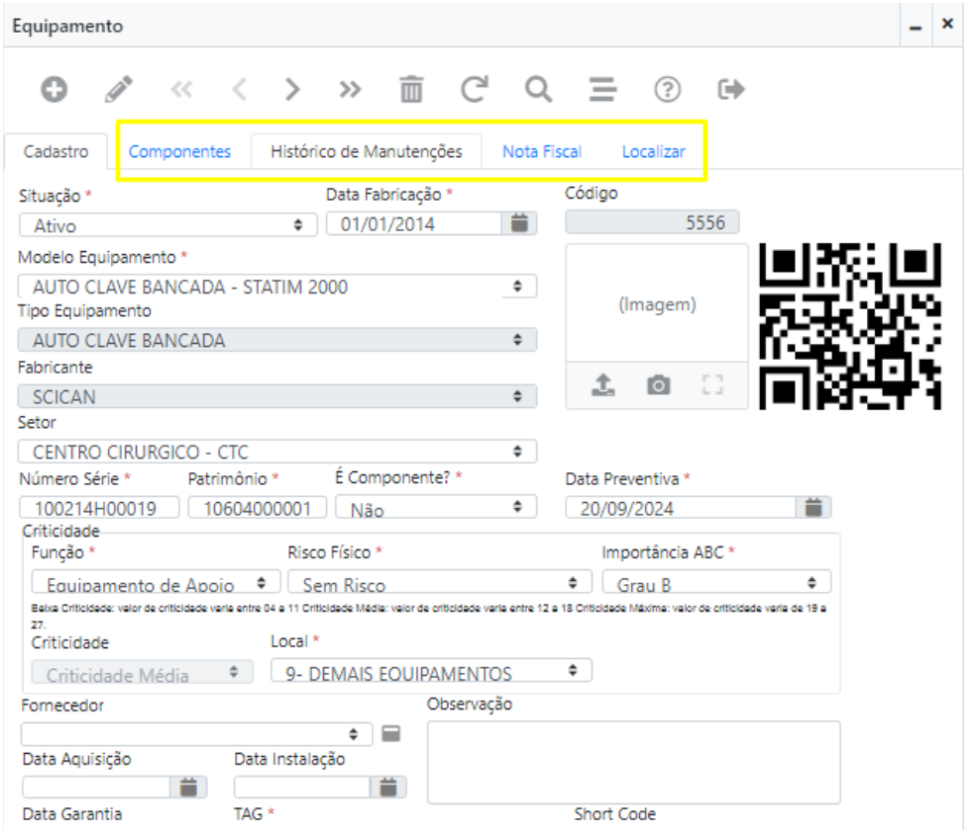
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 17 – Captura do software Magnus: layout para laudo de obsolescência.



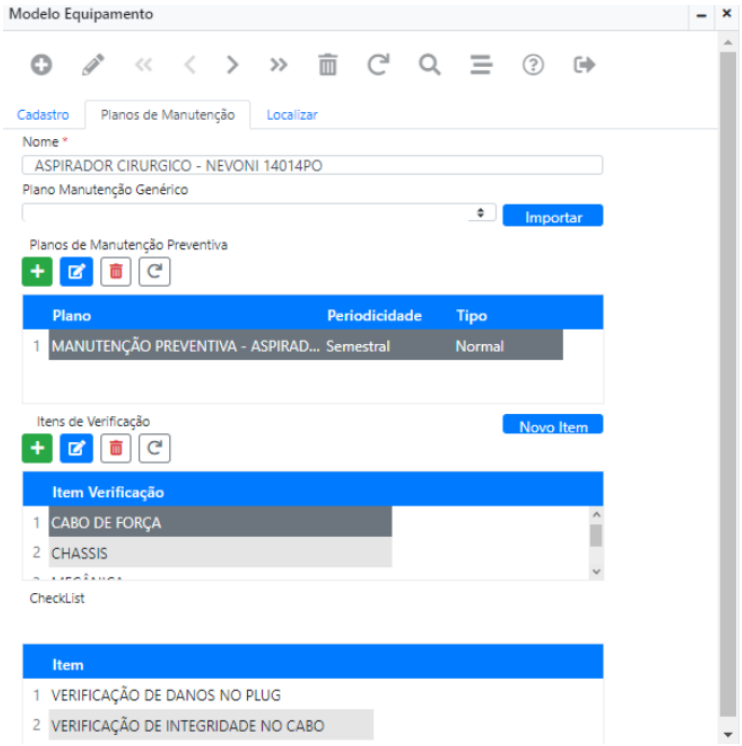
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 18 – Captura do software Magnus: aba para acessar o histórico, Nota Fiscal e foto do equipamento.



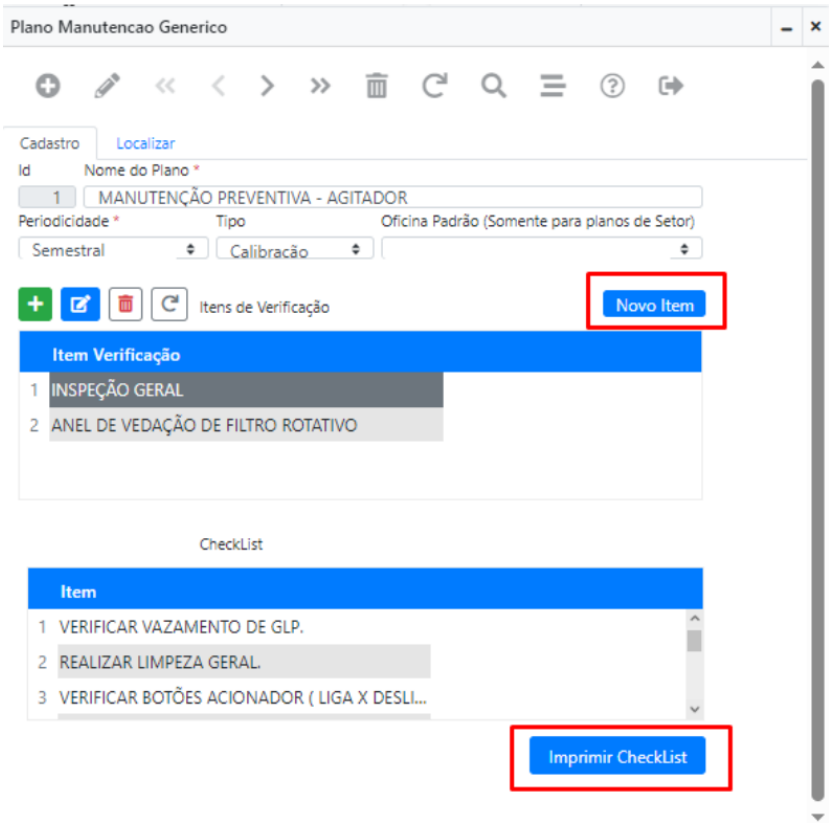
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 19 – Captura do software Magnus: layout para cadastramento de um plano de manutenção para um equipamento.



Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 20 – Captura do software Magnus: aba de criação de um plano de manutenção genérico.



Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

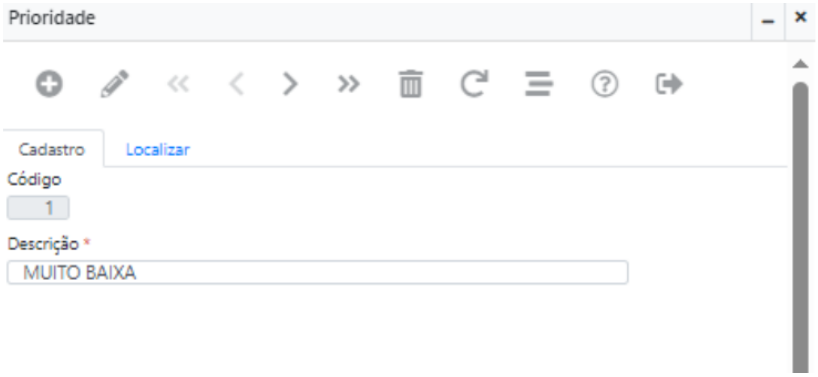
4.2.3. GESTÃO DE ORDENS DE SERVIÇO

- Geração, atribuição e monitoramento de ordens de serviço em tempo real (status do equipamento), bem como as pendências que os equipamentos se encontram.
- Definição da prioridade e complexidade dos equipamentos.
- Cadastro de causa da ocorrência.
- Gestão de entrada e saída de equipamentos que estão em transporte.

Figura 21 – Captura do software Magnus: layout da aba de Ordens de Serviço.

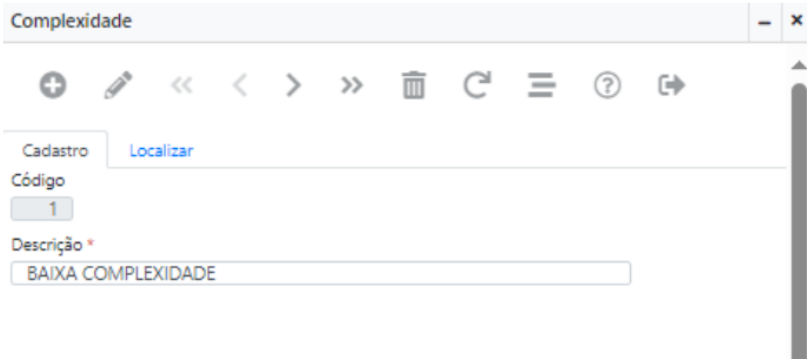
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 22 – Captura do software Magnus: aba de definição da prioridade.



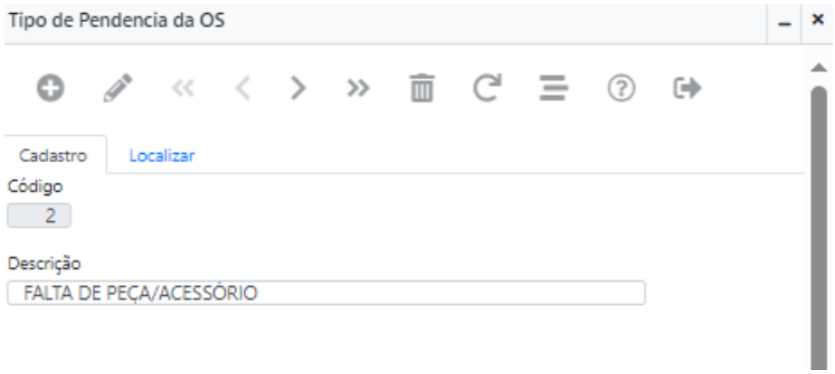
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 23 – Captura do software Magnus: aba de definição da complexidade.



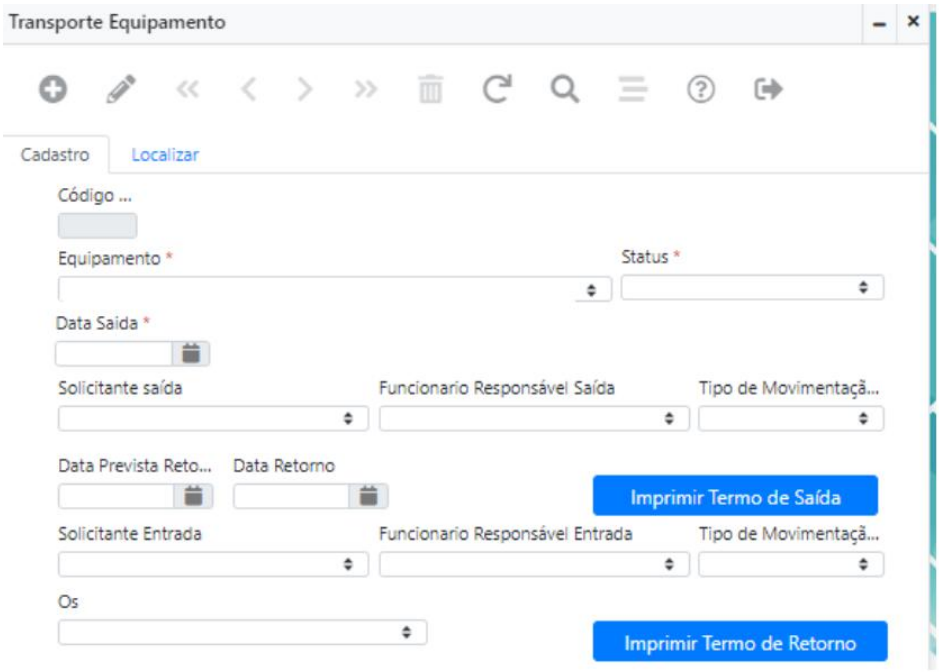
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 24 – Captura do software Magnus: aba para cadastro das pendências.



Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 25 – Captura do software Magnus: aba para gestão de entrada/saída de equipamentos em transporte.



Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

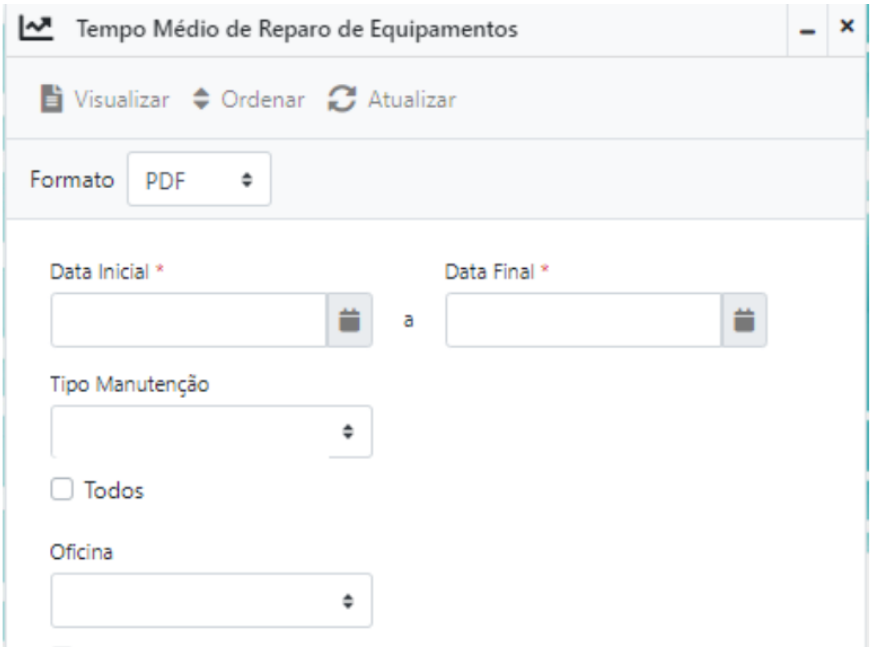
4.2.4. RELATÓRIOS E DASHBOARDS

- Fornece indicadores-chave de desempenho (KPIs) detalhados para análise de eficiência, manutenções, custos, estoque e tempo médio de resposta, entre outros (Figuras 26 e 27).
- Relatórios podem ser personalizados para atender às necessidades da empresa.
- A função de Tela de *Dashboard* Geral – *Power BI* permite a visualização interativa de indicadores-chave de desempenho (KPIs), com acesso a relatórios detalhados, gráficos e insights em tempo real, facilitando a análise de eficiência, manutenções, custos, estoque e tempo médio de resposta (Figura 28).
- Apresenta uma funcionalidade de impressão de relatórios e etiquetas *QRCodes* em lote (Figura 29).

Figura 26 – Captura do software Magnus: layout da aba de relatórios do software.

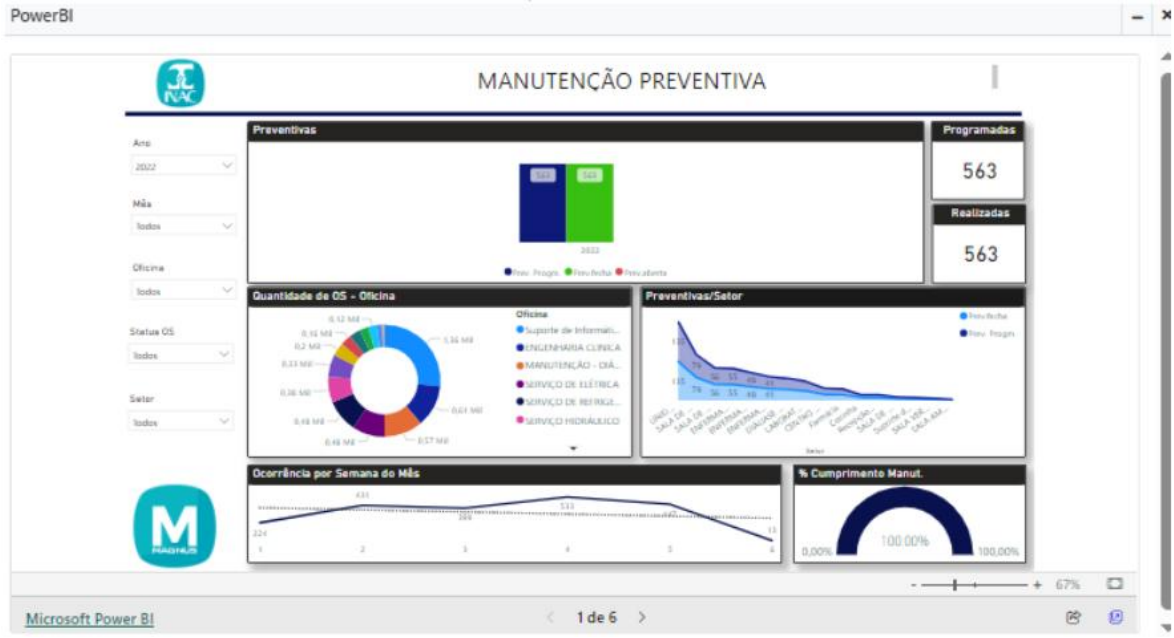
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 27 – Captura do software Magnus: aba para acompanhamento do tempo médio de reparo de um equipamento.



Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 28 – Captura do software Magnus: aba da tela de Dashboard.



Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

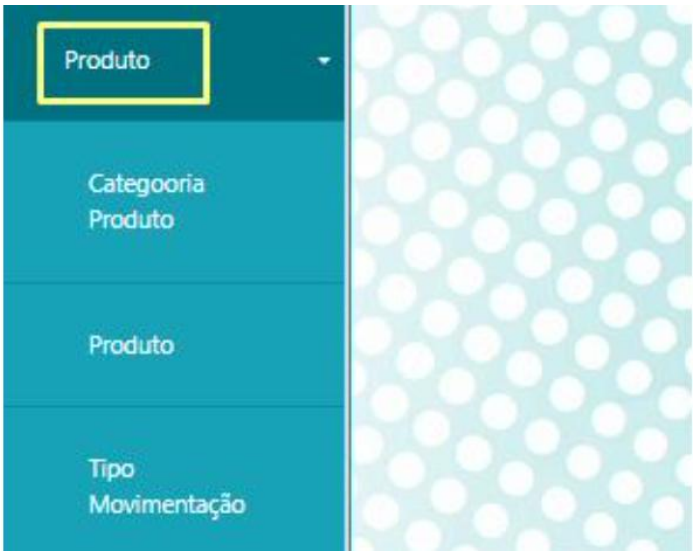
Figura 29 – Captura do software Magnus: layout de impressão de QRCode.

Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

4.2.5. CONTROLE DE ESTOQUE E SUPRIMENTOS

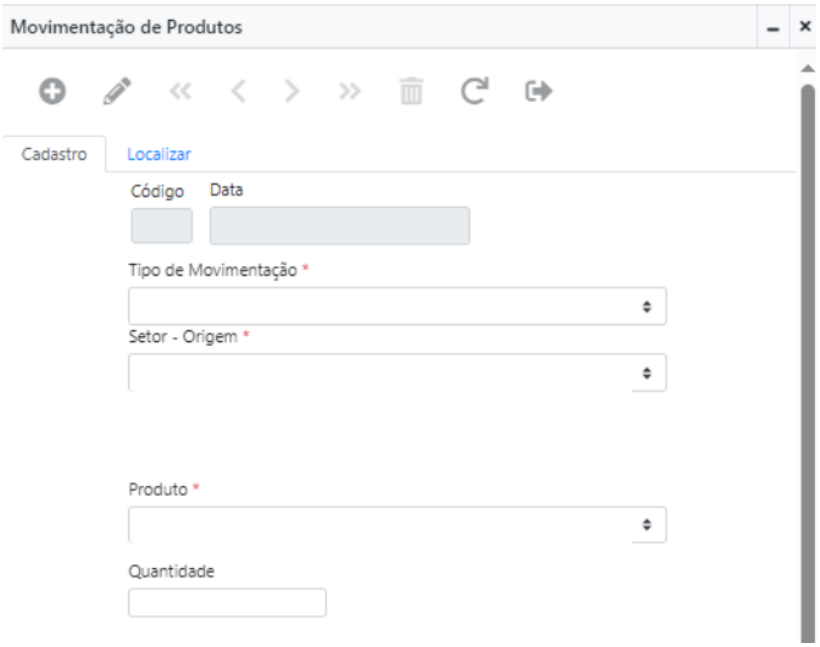
- Gerenciamento de peças de reposição e insumos, garantindo que os recursos necessários estejam disponíveis para a manutenção.
- Sistema automatizado que reduz custos, ao evitar excesso de estoque ou falta de peças críticas.
- Controle de entrada e saída dos insumos, garantindo um maior controle sobre os produtos da empresa.

Figura 30 – Captura do software Magnus: layout do gerenciamento de produtos.



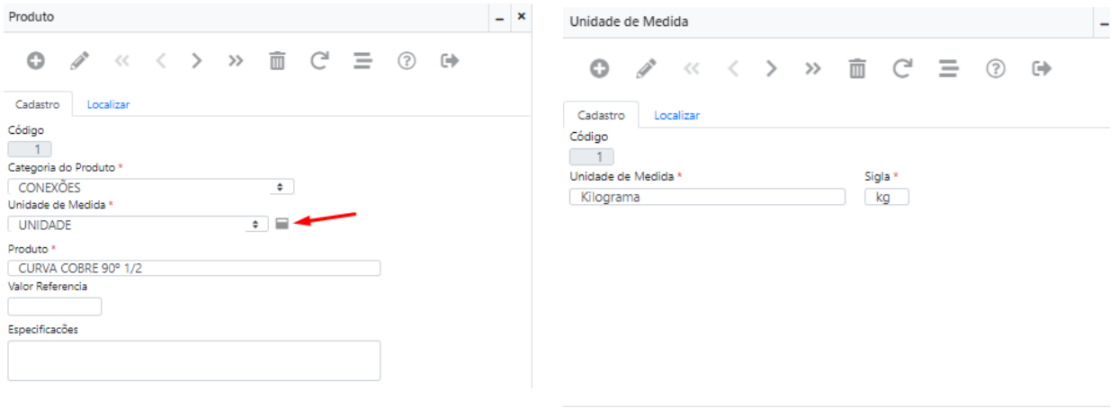
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 31 – Captura do software Magnus: aba de movimentação de produtos.



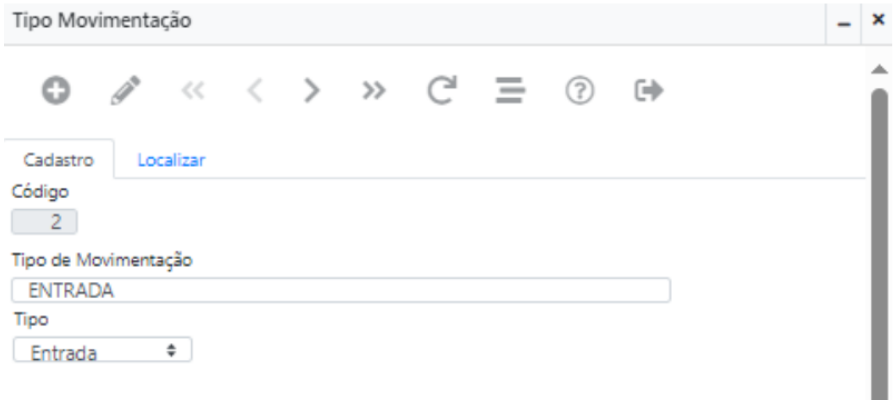
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 32 – Captura do software Magnus: aba para cadastro quantitativo.



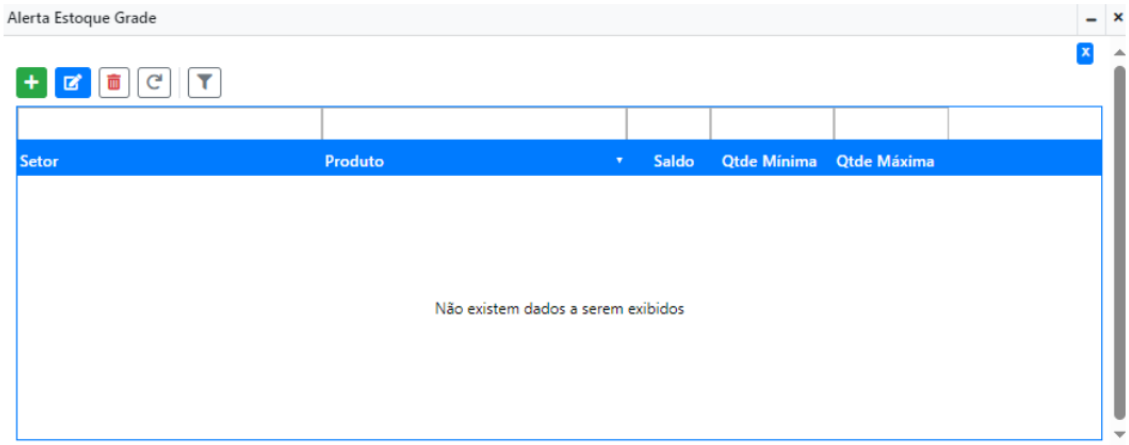
Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 33 – Captura do software Magnus: cadastro do tipo de movimentação.



Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

Figura 34 – Captura do software Magnus: aba do alerta de estoque.



Fonte: Manual Geral do Sistema Magnus, 2025.

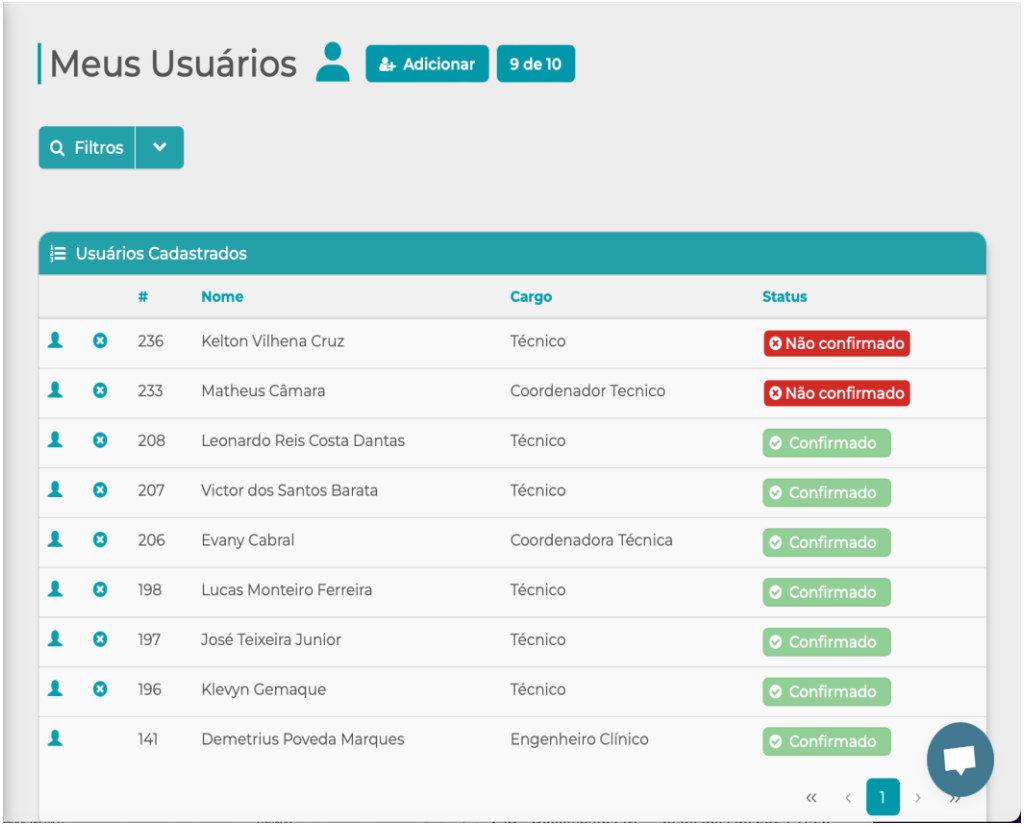
4.3. SOFTWARE ARKMEDS

O ARKMEDS é um software classificado como CMMS (*Computerized Maintenance Management System*), voltado especialmente para atender às necessidades da engenharia clínica, destacando-se como uma solução completa para o gerenciamento de equipamentos médicos, manutenção, estoque e conformidade regulatória. Reconhecido no mercado por sua eficiência e flexibilidade, o software é amplamente utilizado em hospitais, clínicas e empresas que operam com tecnologia em saúde, permitindo maior controle e segurança no ciclo de vida dos dispositivos biomédicos.

4.3.1. PRINCIPAIS FUNCIONALIDADES

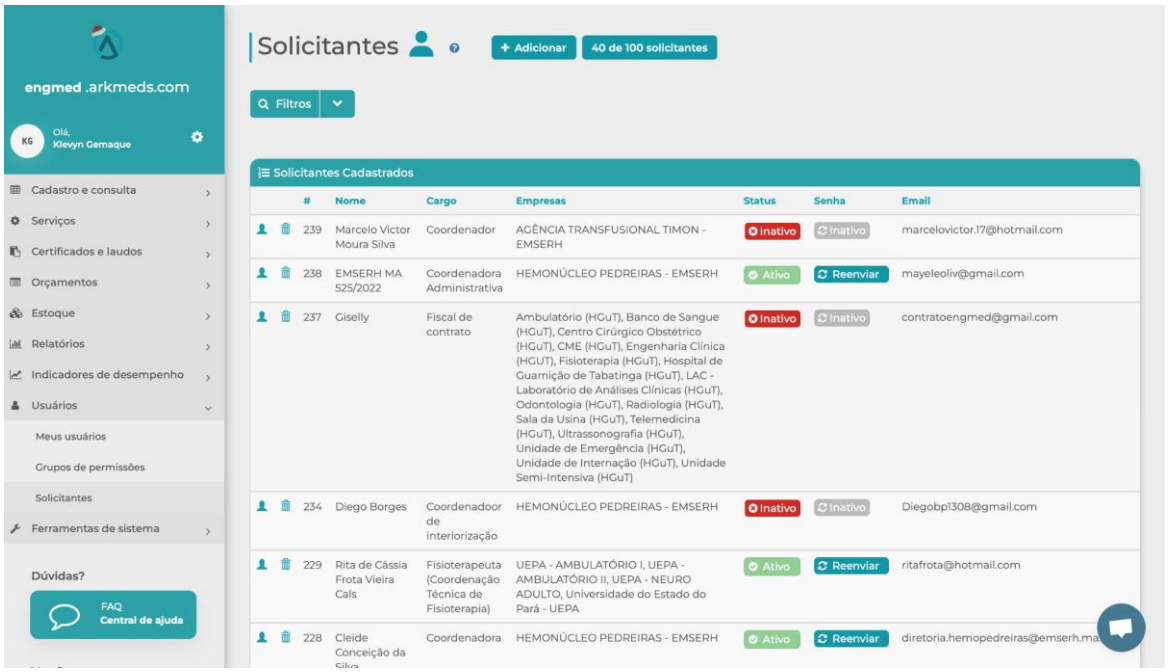
- Cadastro de empresas e usuários.
- Cadastro dos usuários com definição dos acessos, seja por usuário, seja por grupo.
- Cadastro das empresas e fiscais dos contratos, permitindo um maior acesso à informação por parte da contratante.
- Possibilidade do cadastro de uma assinatura digital para todos os usuários cadastrados. Uma ferramenta a mais para dar celeridade no processo de assinatura de documentos e OS.

Figura 35 – Captura do software Arkmeds: cadastro de usuário e seus cargos.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 36 – Captura do software Arkmeds: cadastro das empresas e fiscais.



Fonte: Acervo Pessoal.

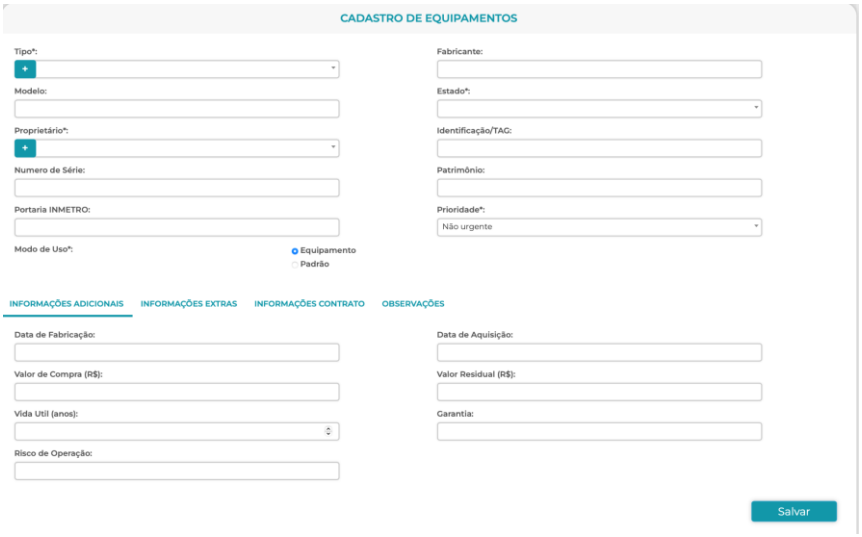
Figura 37 – Captura do software Arkmeds: aba para definição do tipo de permissão dos usuários (níveis de acesso).

Fonte: Acervo Pessoal.

4.3.2. GESTÃO DE MANUTENÇÃO

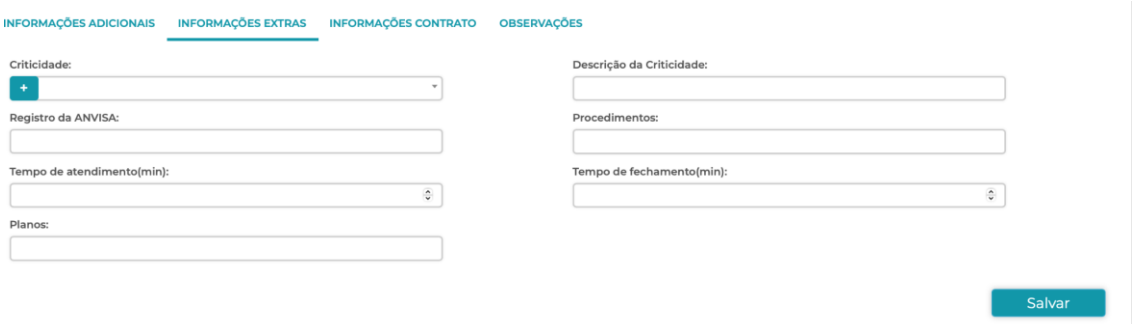
- Cadastro de equipamentos com a possibilidade de adicionar informações importantes como: data de fabricação, data de aquisição, valor da compra, vida útil, garantia, registro da ANVISA, calibração, teste de segurança elétrico manual do fabricante (Figuras 38 e 39).
- Possibilidade de cadastrar múltiplos equipamentos simultaneamente (Figura 40).
- Criação de planos de manutenção específicos ou pode-se utilizar planos de manutenção já programados para os equipamentos. Função de *checklists* também estão presentes nesses planos programados ou pode-se criar um *checklist* específico para cada equipamento (Figura 41).
- Oferece ferramentas para a criação de cronogramas de periodicidade das manutenções (Figura 42).
- Pre-sets para os diferentes tipos de manutenção (preventiva, preditiva e corretiva).
- Possui uma página de cadastro para equipamentos com um modelo de laudo de obsolescência já feito (Figura 43).

Figura 38 – Captura do software Arkmeds: aba de cadastro dos equipamentos.



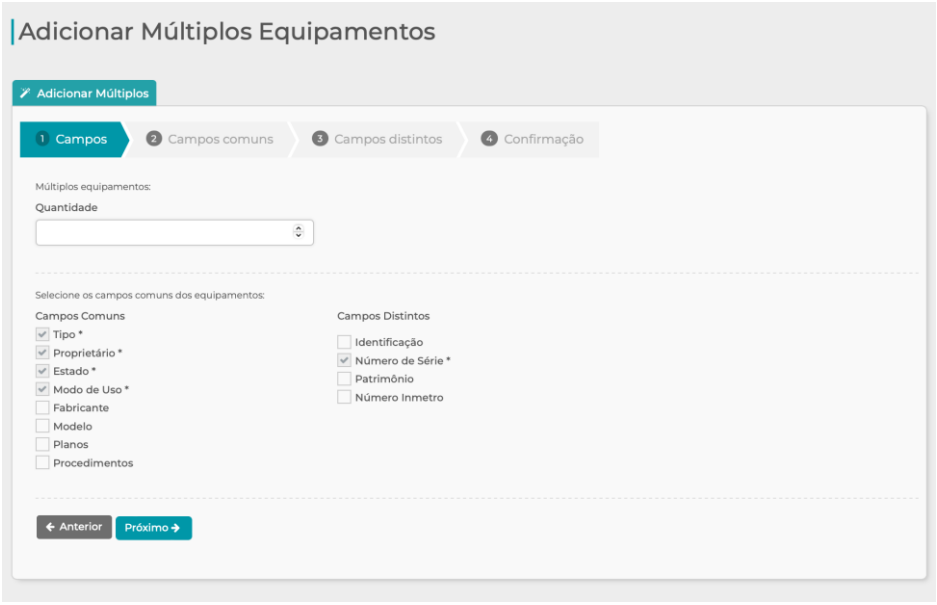
Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 39 – Captura do software Arkmeds: informações extras do cadastro.



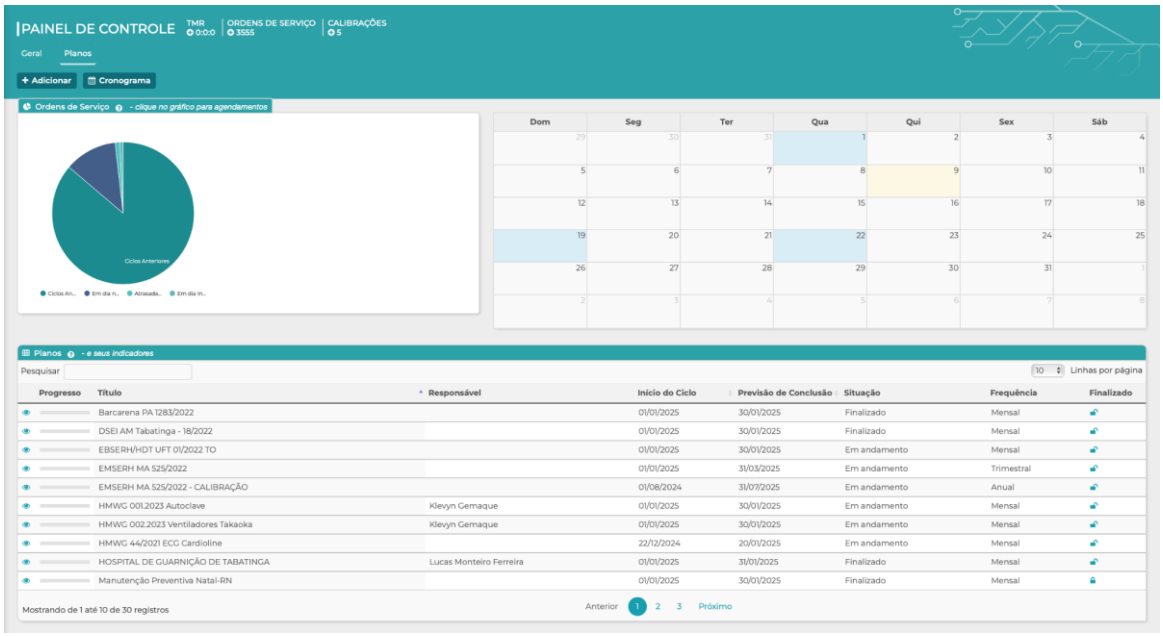
Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 40 – Captura do software Arkmeds: cadastro múltiplo de equipamentos.



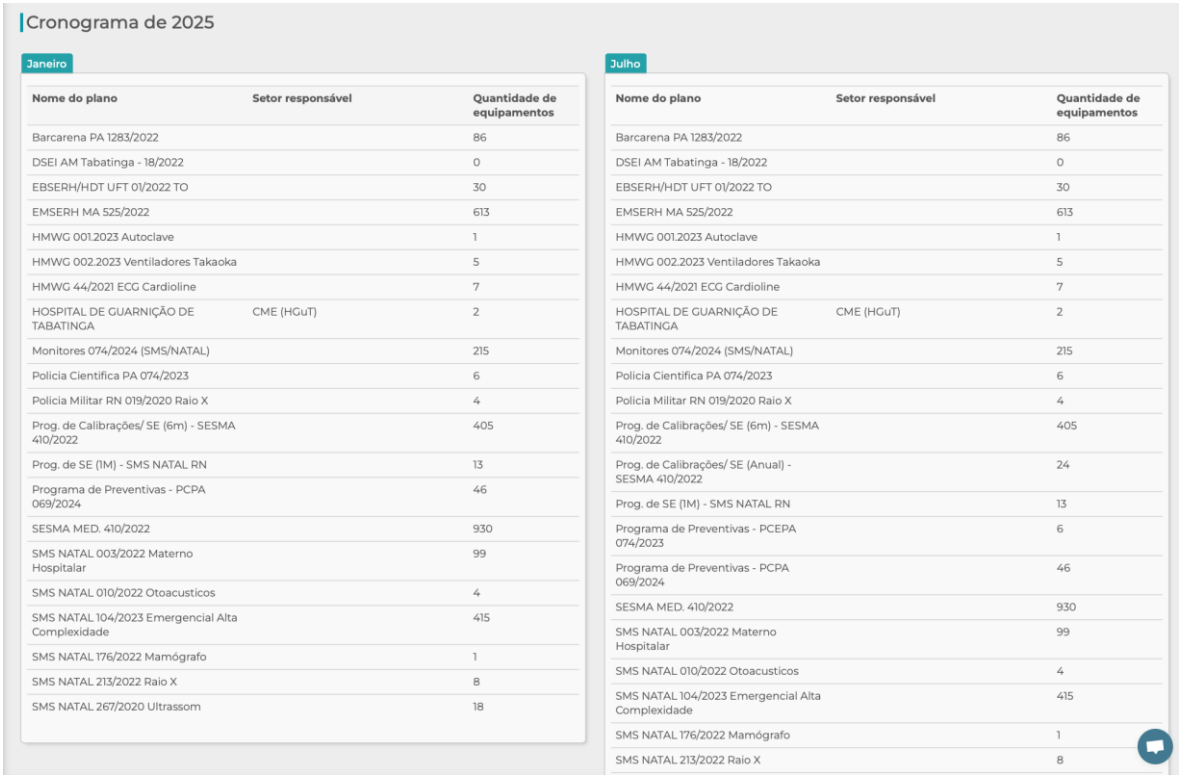
Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 41 – Captura do software Arkmeds: layout do cadastro dos planos de manutenção por contrato.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 42 – Captura do software Arkmeds: layout do cronograma de manutenções e seu setor responsável.

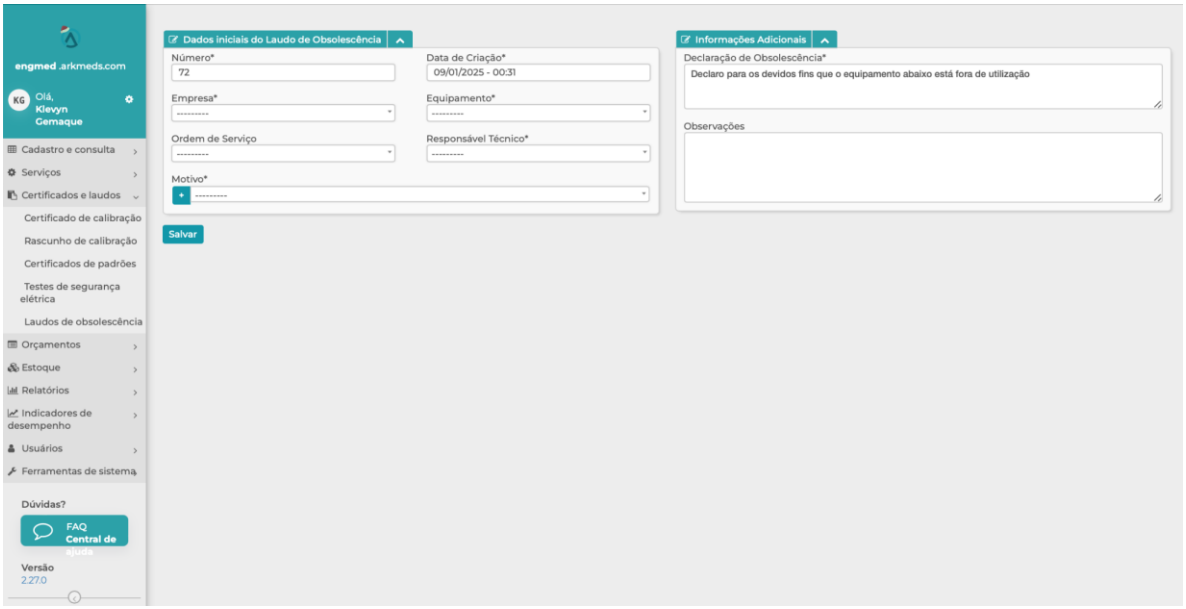


Nome do plano	Setor responsável	Quantidade de equipamentos
Barcarena PA 1283/2022		86
DSEI AM Tabatinga - 18/2022		0
EBSERH/HDT UFT 01/2022 TO		30
EMSERH MA 525/2022		613
HMWG 001.2023 Autoclave		1
HMWG 002.2023 Ventiladores Takaoka		5
HMWG 44/2021 ECG Cardioline		7
HOSPITAL DE GUARNIÇÃO DE TABATINGA	CME (HGuT)	2
Monitores 074/2024 (SMS/NATAL)		215
Policia Cientifica PA 074/2023		6
Policia Militar RN 019/2020 Raio X		4
Prog. de Calibrações/ SE (6m) - SESMA 410/2022		405
Prog. de SE (1M) - SMS NATAL RN		13
Programa de Preventivas - PCPA 069/2024		46
SESMA MED. 410/2022		930
SMS NATAL 003/2022 Materno Hospitalar		99
SMS NATAL 010/2022 Otoacusticos		4
SMS NATAL 104/2023 Emergencial Alta Complexidade		415
SMS NATAL 176/2022 Mamógrafo		1
SMS NATAL 213/2022 Raio X		8
SMS NATAL 267/2020 Ultrassom		18

Nome do plano	Setor responsável	Quantidade de equipamentos
Barcarena PA 1283/2022		86
DSEI AM Tabatinga - 18/2022		0
EBSERH/HDT UFT 01/2022 TO		30
EMSERH MA 525/2022		613
HMWG 001.2023 Autoclave		1
HMWG 002.2023 Ventiladores Takaoka		5
HMWG 44/2021 ECG Cardioline		7
HOSPITAL DE GUARNIÇÃO DE TABATINGA	CME (HGuT)	2
Monitores 074/2024 (SMS/NATAL)		215
Policia Cientifica PA 074/2023		6
Policia Militar RN 019/2020 Raio X		4
Prog. de Calibrações/ SE (6m) - SESMA 410/2022		405
Prog. de Calibrações/ SE (Anual) - SESMA 410/2022		24
Prog. de SE (1M) - SMS NATAL RN		13
Programa de Preventivas - PCEPA 074/2023		6
Programa de Preventivas - PCPA 069/2024		46
SESMA MED. 410/2022		930
SMS NATAL 003/2022 Materno Hospitalar		99
SMS NATAL 010/2022 Otoacusticos		4
SMS NATAL 104/2023 Emergencial Alta Complexidade		415
SMS NATAL 176/2022 Mamógrafo		1
SMS NATAL 213/2022 Raio X		8

Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 43 – Captura do software Arkmeds: laudo de obsolescência padrão.

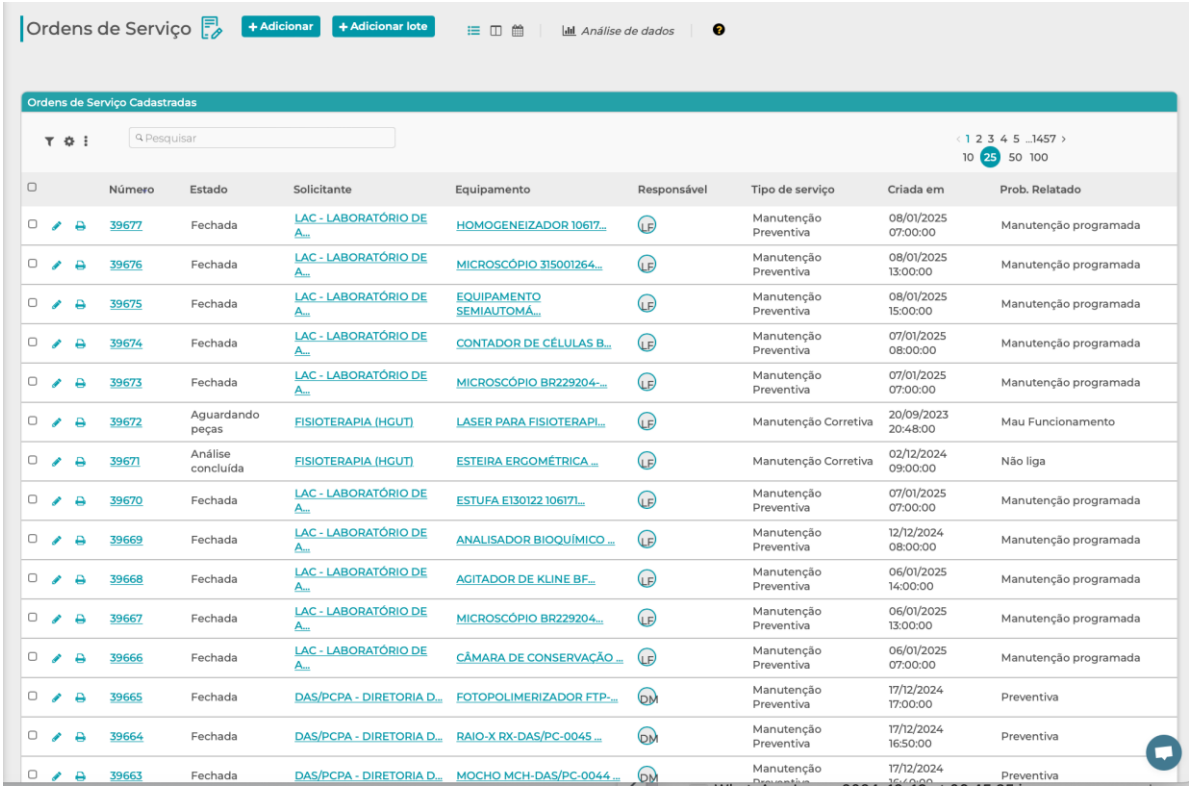


Fonte: Acervo Pessoal.

4.3.3. GESTÃO DE ORDENS DE SERVIÇO

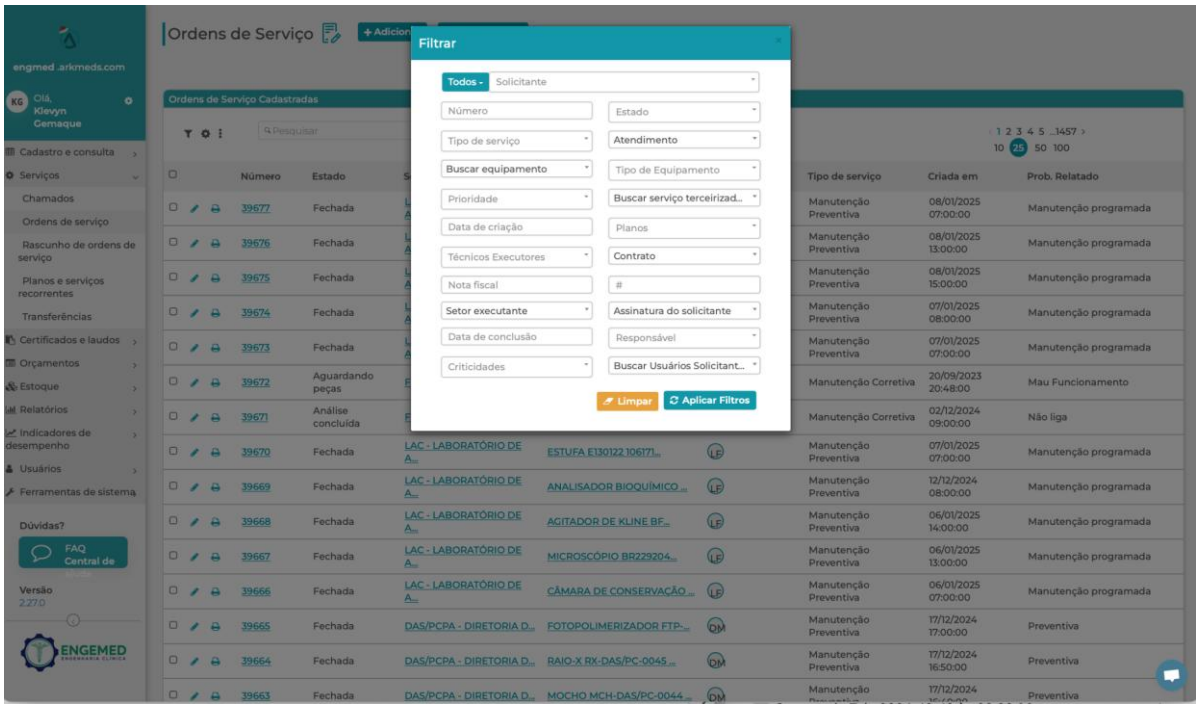
- Geração, atribuição e monitoramento de ordens de serviço em tempo real (status do equipamento), bem como as pendências que os equipamentos se encontram (Figura 44).
- Definição da prioridade e complexidade dos equipamentos (Figura 45).
- Cadastro de causa da ocorrência e responsável técnico que atendeu ao chamado (Figura 46).
- Definição da abertura e fechamento da OS para cálculo de variáveis como produtividade e tempo médio de manutenção.
- Possibilidade de adicionar anexos, assinar digitalmente e visualização da utilização ou não de alguma peça ou insumo do estoque da empresa (Figura 47).
- Lançamento de mais de uma OS ao mesmo tempo, promovendo uma maior celeridade no processo, tornando a experiência em gestão de forma mais "tempo real" possível.
- Possibilidade de ter acesso ao histórico da criação, modificação e exclusão de uma OS filtrando por usuário. Garantindo assim uma maior segurança quanto a fidelidade do cadastro para a empresa (Figura 48).

Figura 44 – Captura do software Arkmeds: aba da geração, atribuição e monitoramento das OS.



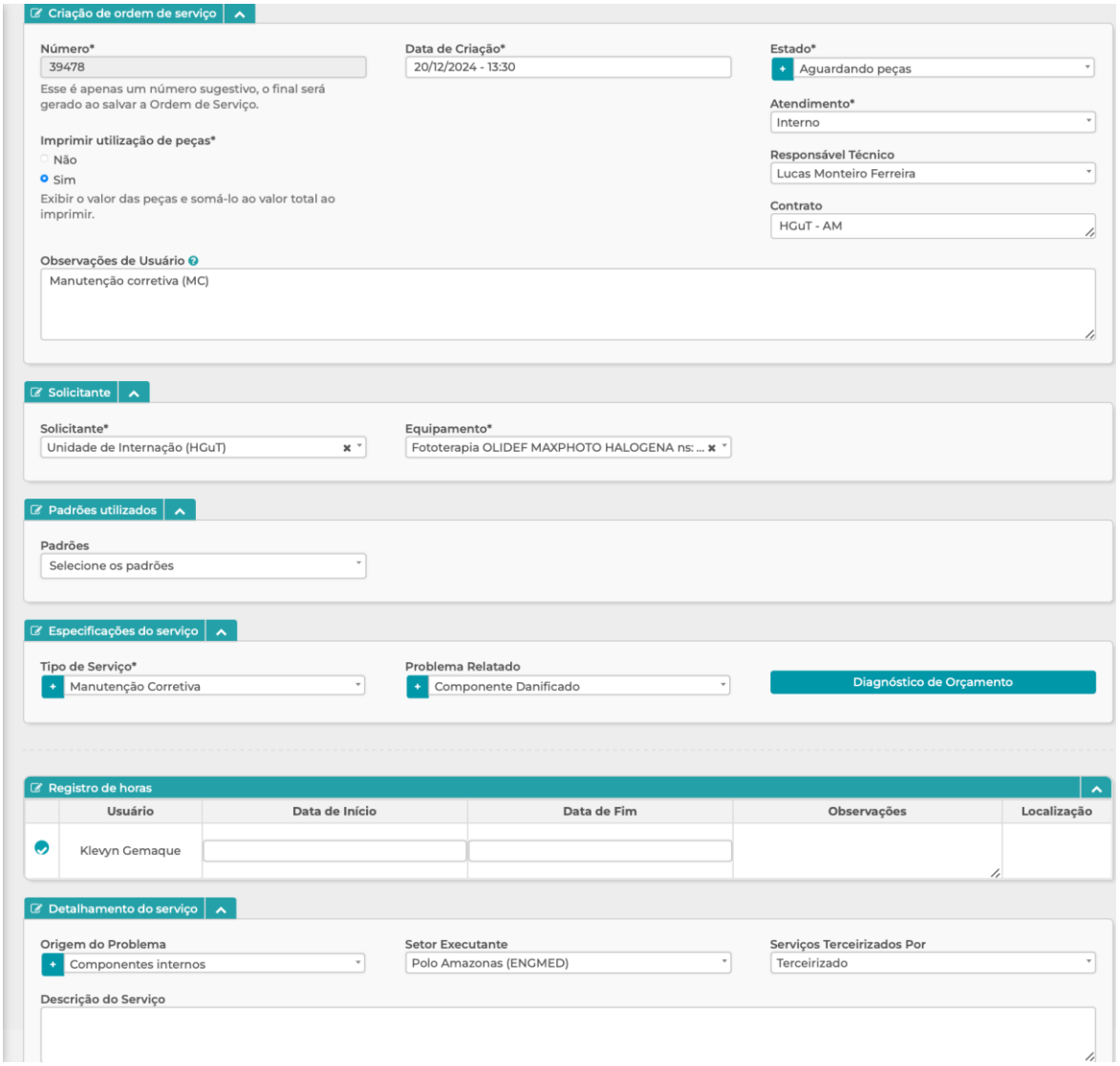
Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 45 – Captura do software Arkmeds: layout da filtragem das OS.



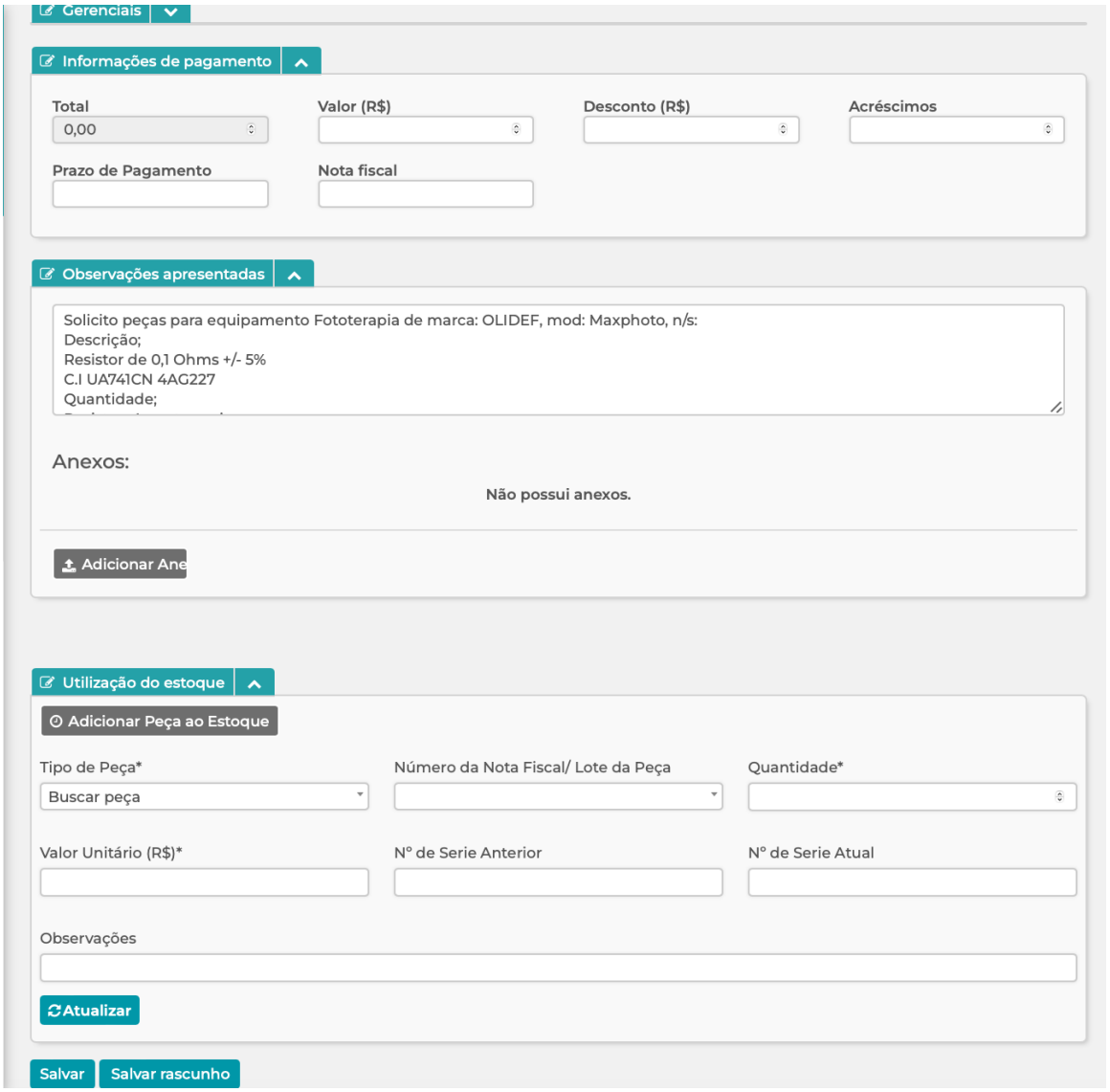
Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 46 – Captura do software Arkmeds: layout do preenchimento da OS (causa de ocorrência e responsável técnico que atendeu o chamado).



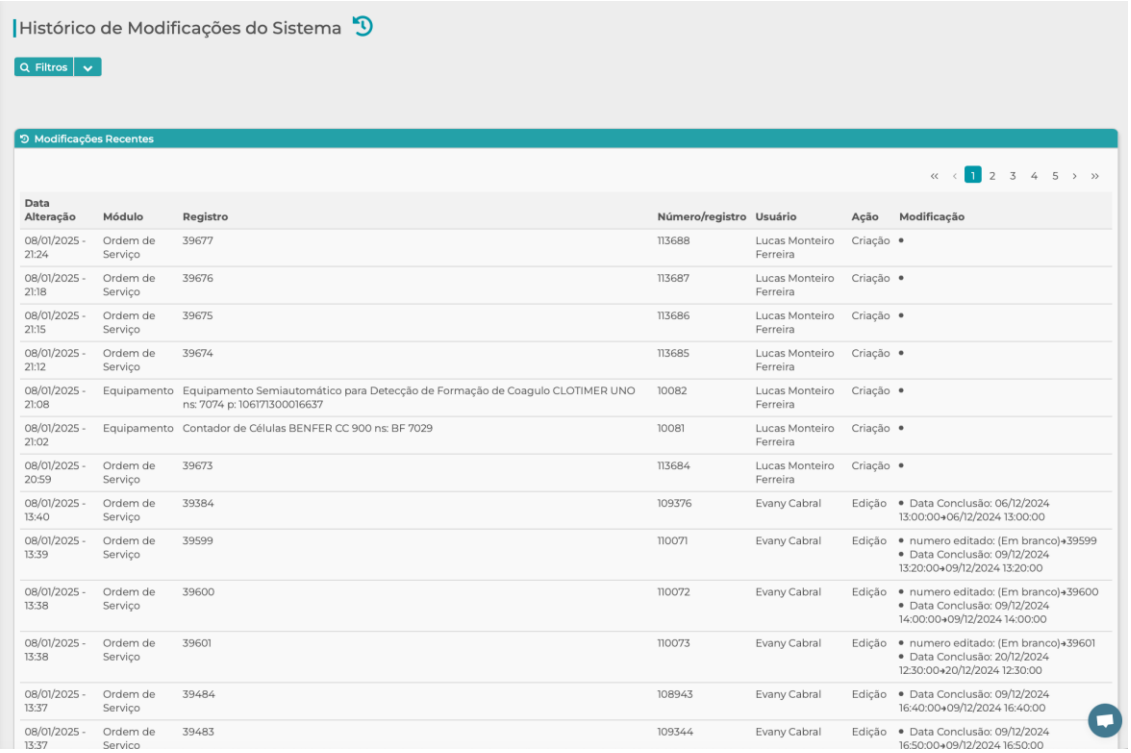
Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 47 – Captura do software Arkmeds: complemento do layout das OS mostrando as observações apresentadas, utilização de insumos do estoque e valores de pagamento.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 48 – Captura do software Arkmeds: layout do histórico de criação, modificação e exclusão de uma OS por um usuário.

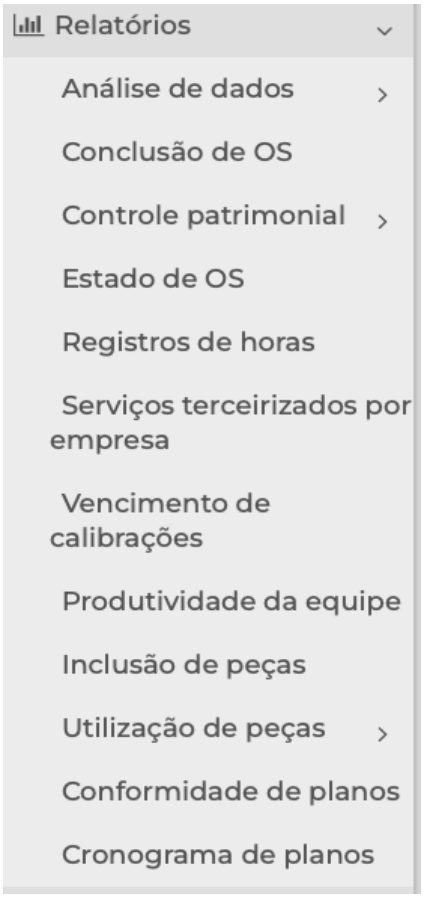


Fonte: Acervo Pessoal.

4.3.4. RELATÓRIOS E DASHBOARDS PERSONALIZÁVEIS

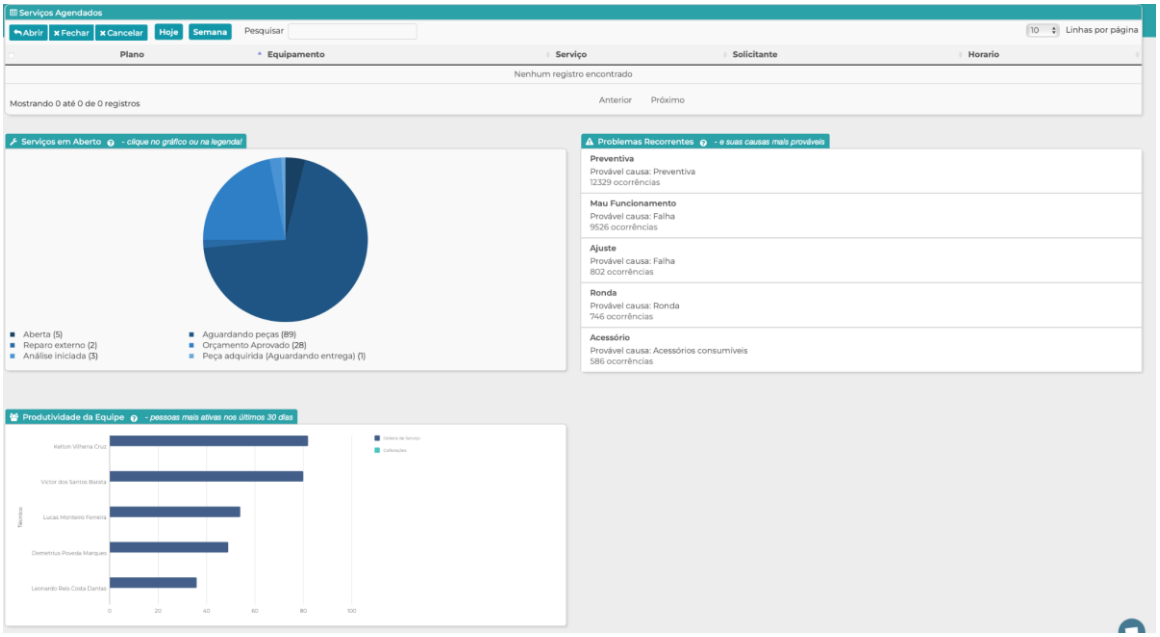
- Fornece indicadores-chave de desempenho (KPIs) para análise de eficiência, custos e tempo de inatividade.
- Relatórios podem ser personalizados para atender às necessidades de auditorias e processos regulatórios.
- Relatórios em tempo real na aba inicial do sistema garantindo um acesso mais rápido e fácil de indicadores de qualidade e desempenho.
- A função de Tela de *Dashboard* Geral – *Power BI* permite a visualização interativa de indicadores-chave de desempenho (KPIs), com acesso a relatórios detalhados, gráficos e insights em tempo real, facilitando a análise de eficiência, manutenções, custos, estoque e tempo médio de resposta.
- *Dashboard* com uma visualização mais sintetizada no painel principal do sistema, trazendo um resumo ao usuário.
- Apresenta uma funcionalidade de impressão de relatórios e vinculação com etiquetas *QRCodes*.

Figura 49 – Captura do software Arkmeds: função de relatórios do software.



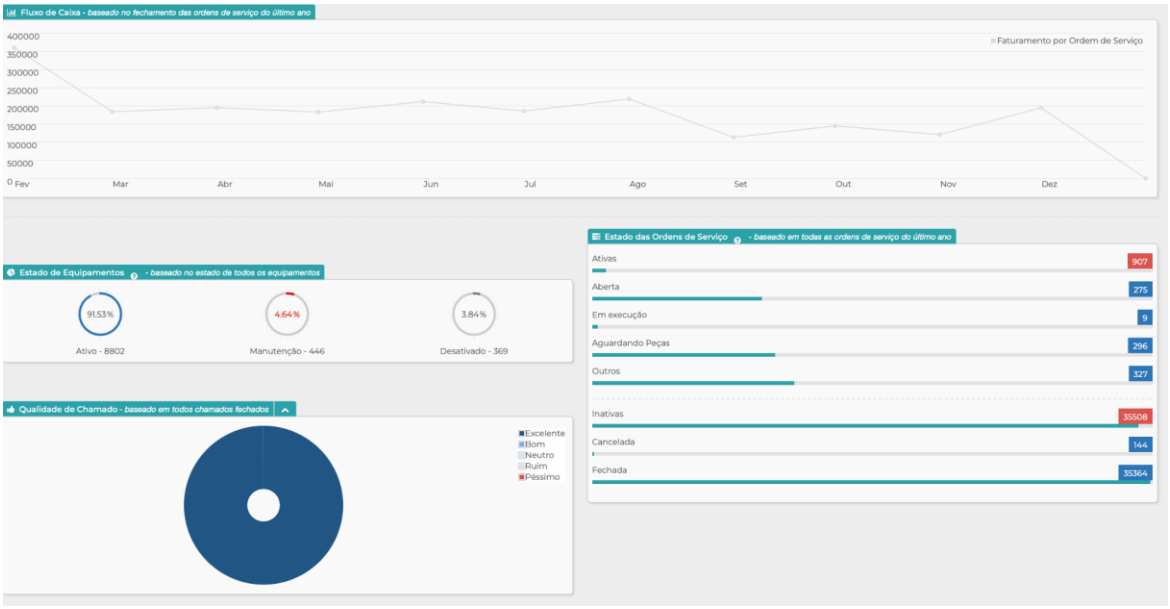
Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 50 – Captura do software Arkmeds: layout dos relatórios em tempo real na aba inicial.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 51 – Captura do software Arkmeds: layout de alguns tipos de relatórios presentes no software.

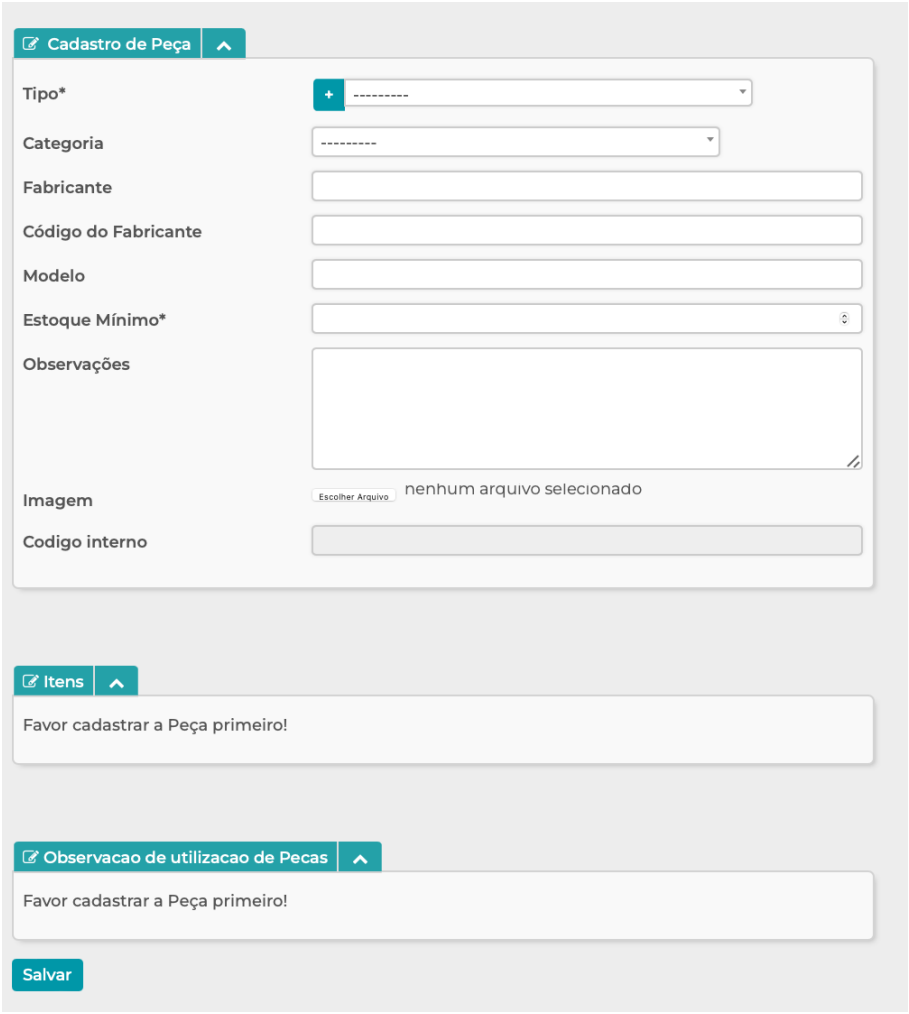


Fonte: Acervo Pessoal.

4.3.5. CONTROLE DE ESTOQUE E SUPRIMENTOS

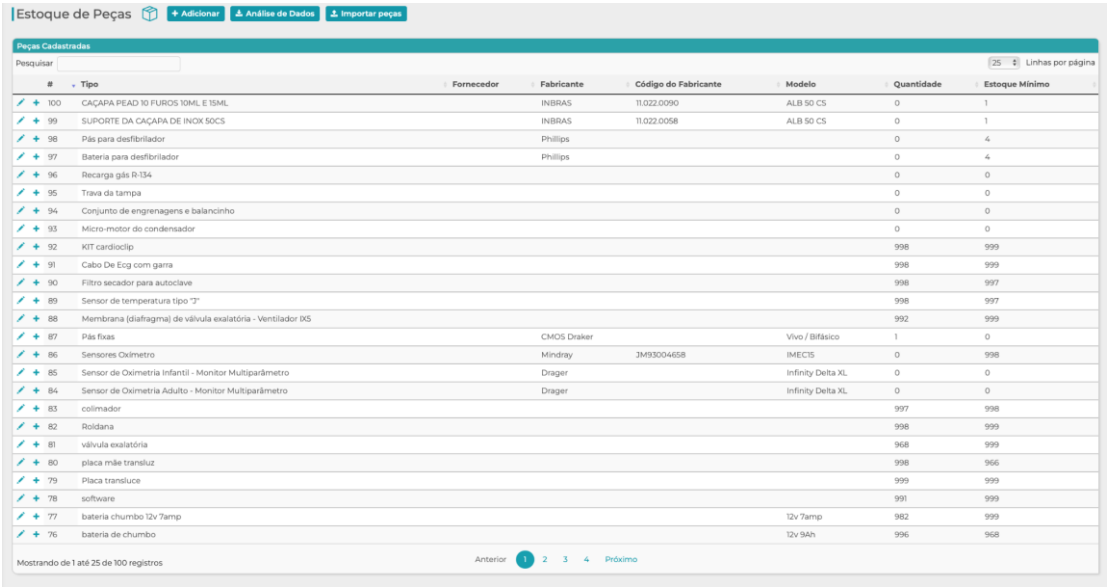
- As peças e insumos podem ser cadastrados de forma múltipla, separando por tipos e categorias, garantindo uma melhor eficiência na gestão.
- No cadastro existe a possibilidade de anexo da foto do produto, da Nota Fiscal da compra, do quantitativo existente, da localidade em que ele se encontra.
- Possibilidade de geração de relatórios para análise de uso, quantitativo real, valor gasto para aquisição e valor de retorno quando se trata da venda desse item.

Figura 52 – Captura do software Arkmeds: aba do cadastro de peças em estoque.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 53 – Captura do software Arkmeds: estoque de peças do software.



Fonte: Acervo Pessoal.

4.4. PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS

4.4.1. ANÁLISE DO SOFTWARE ENGEMAN®

O sistema apresenta uma série de pontos positivos que destacam sua eficiência e funcionalidade. Entre os aspectos positivos, ressalta-se o detalhado gerenciamento de empresas e usuários, com controle de acesso segmentado, personalização de layout e flexibilidade na definição de permissões. Na gestão de manutenção, oferece um amplo cadastro de equipamentos, planejamento de cronogramas preventivos, preditivos e corretivos, além de notificações automáticas que minimizam riscos de falhas. A gestão de ordens de serviço (OS) em tempo real, integrada a dispositivos móveis, agiliza operações, enquanto relatórios e *dashboards* personalizáveis fornecem análises aprofundadas e adaptáveis às necessidades específicas. Adicionalmente, o controle de estoque otimiza recursos e reduz custos, e as integrações tecnológicas, incluindo IoT e geolocalização, ampliam as possibilidades de monitoramento e rastreamento de insumos e equipamentos.

No entanto, o sistema também apresenta limitações que precisam ser consideradas. A interface, embora personalizável, foi apontada por usuários como pouco intuitiva e bastante complexa, especialmente para novos operadores, exigindo um período mais longo de adaptação. Além disso, a redundância dos recursos com telas pouco diferentes acabam confundindo em partes na utilização por parte do usuário. Outro ponto de atenção é o custo elevado para pequenas e médias empresas, que pode dificultar sua implementação em negócios com menor orçamento. Além disso, problemas relacionados à instabilidade do sistema, principalmente na integração com o *mobile*, e ao suporte técnico lento, foram frequentemente mencionados em avaliações obtidas, indicando uma necessidade de melhoria na assistência ao cliente. Outra questão mencionada foi a falta da possibilidade da solicitação específica de um dado no relatório, limitando o usuário a ter que gerar um relatório padrão do sistema com todas as informações, para poder filtrar a desejada, tornando o tamanho do documento e as várias informações não solicitadas, algo negativo para o usuário.

Ao analisar os pontos positivos e negativos, percebe-se que, enquanto o sistema oferece funcionalidades avançadas que promovem uma gestão eficiente e integrada, suas falhas em usabilidade, custo e suporte técnico podem limitar sua

adoção e eficácia. Portanto, ele é mais indicado para empresas que possuem estrutura e recursos para lidar com suas complexidades e custos, mas pode enfrentar desafios na conquista de públicos menores ou menos experientes.

4.4.2. ANÁLISE DO SOFTWARE MAGNUS

O software apresenta uma ampla gama de funcionalidades que o posicionam como uma solução robusta e eficiente para a gestão de manutenção e controle de ativos em diversos setores. Entre seus principais pontos positivos, destaca-se a personalização no cadastro de empresas e usuários, com a possibilidade de configurar níveis de acesso, periodicidade de troca de senhas e até mesmo um chat interno que facilita a comunicação entre usuários. Além disso, o sistema permite o registro detalhado de equipamentos, incluindo histórico de manutenção, especificações técnicas, notas fiscais, garantias, o que melhora o controle do parque tecnológico, além da possibilidade da geração de etiquetas *QRCodes* e relatórios em lote, que facilita o trabalho em grande escala. Na gestão de manutenção, o sistema oferece ferramentas avançadas como a criação de planos personalizados, cronogramas detalhados para manutenções preventivas, preditivas e corretivas, e um modelo de laudo de obsolescência já integrado à página de cadastro de equipamentos. O acompanhamento do transporte de equipamentos, com a possibilidade de inserir códigos de rastreamento e geração de termos de entrada e saída, é outro diferencial, proporcionando maior controle e respaldo legal.

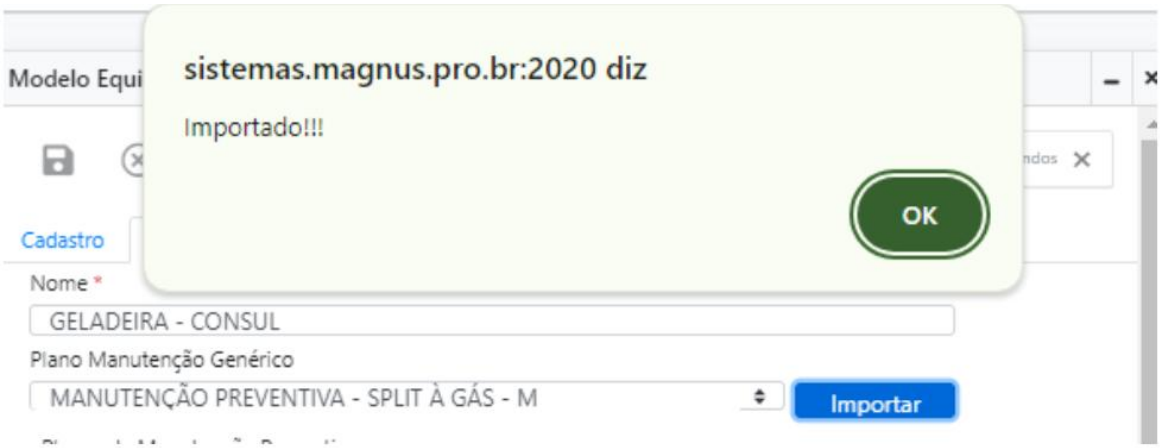
Na gestão de ordens de serviço (OS), o Magnus se destaca pela geração e monitoramento em tempo real, com funcionalidades como definição de prioridades, acompanhamento de pendências e cadastro detalhado das causas das ocorrências. A assinatura digital das OS e a aba de "avaliação OS", que registra todo o histórico de movimentações e interações, agregam transparência e eficiência ao processo. Já os relatórios e *dashboards* personalizados oferecem uma grande variedade de indicadores-chave de desempenho (KPIs) e métricas detalhadas, permitindo análises abrangentes sobre manutenção, custos, estoque e desempenho técnico. Essa funcionalidade, associada ao suporte do *Power BI* para visualizações interativas, garante ao usuário uma visão ampla e detalhada dos dados operacionais.

No entanto, o software apresenta algumas limitações que precisam ser consideradas. Um dos pontos negativos é a ausência de integração com tecnologias

modernas, como sensores IoT e sistemas corporativos (ERPs), o que limita sua conectividade e eficiência em operações mais complexas. Também não possui suporte para rastreamento via *Google Maps*, algo que poderia melhorar o gerenciamento de equipes e equipamentos no campo em tempo real. Outro aspecto crítico é que no site, a empresa afirma da existência de uma versão *mobile*, entretanto, os links para o download tanto pelo site oficial do software, tanto após pesquisar diretamente na *App Store* e *Google Play*, não foi possível localizar o app nem consequentemente realizar o download dele. A falta de um acesso *mobile* restringe a flexibilidade do uso em situações externas, sendo um ponto extremamente negativo para o software em questão.

Além disso, algumas limitações foram identificadas no cadastro de equipamentos, como a impossibilidade de incluir imagens junto ao modelo, o que pode impactar a identificação visual e a usabilidade do sistema. A interface, embora personalizável, apresenta prompts que se assemelham a páginas *web* ao invés de prompts nativos do sistema, o que pode comprometer a experiência do usuário.

Figura 54 – Captura de Tela do Magnus: confirmação em prompt do software.



Fonte: Acervo Pessoal.

Ao analisar os pontos positivos e negativos do Magnus, percebe-se que, enquanto ele oferece funcionalidades robustas e avançadas que promovem um controle detalhado e eficiente, suas limitações tecnológicas e de mobilidade podem restringir sua aplicação em cenários mais dinâmicos e exigentes. O sistema é ideal para empresas que buscam um controle detalhado de manutenção e estoque, mas pode enfrentar dificuldades em ambientes que demandam maior conectividade e

acesso remoto. É uma solução particularmente indicada para organizações que operam com infraestrutura consolidada e que podem explorar suas funcionalidades robustas sem demandar grande mobilidade ou conectividade avançada. Apesar de suas limitações, o sistema entrega uma gestão altamente detalhada e confiável, sendo ideal para empresas que priorizam controle interno e eficiência operacional.

4.4.3. ANÁLISE DO SOFTWARE ARKMEDS

O Arkmeds é uma solução avançada de gestão voltada para a engenharia clínica, amplamente utilizada em hospitais e empresas do setor de saúde. O sistema oferece uma ampla gama de funcionalidades que facilitam a administração de ativos biomédicos, a manutenção preventiva e corretiva, além do controle de estoque e geração de relatórios personalizados.

Entre os pontos positivos do software, destaca-se o detalhado cadastro de empresas e usuários, que permite a definição de acessos de forma segmentada, seja por usuário ou grupo, assegurando maior controle e segurança. Um diferencial importante é o cadastro e fornecimento de acesso ao sistema para as empresas contratantes e fiscais dos contratos, o que promove maior transparência e acesso à informação para os clientes ao dar acesso em tempo integral ao sistema. Além disso, a funcionalidade de assinatura digital para todos os usuários cadastrados traz agilidade ao processo de validação de documentos e ordens de serviço (OS), garantindo maior eficiência. Na gestão de manutenção, o sistema permite o cadastro completo de equipamentos com informações detalhadas, como data de fabricação, aquisição, vida útil, registro na ANVISA, manual do fabricante, parâmetros de calibração e segurança elétrica. Outro ponto de destaque é a possibilidade de cadastrar múltiplos equipamentos simultaneamente, promovendo maior celeridade no processo. O sistema conta com ferramentas para a criação de planos de manutenção específicos ou baseados em predefinições, além de *checklists* automatizados pré-abertura de OS, que auxiliam na padronização dos processos. Os cronogramas de manutenção são gerados automaticamente no início de cada mês, otimizando o planejamento e garantindo maior organização. O sistema também oferece modelos de laudos pré-aprovados conforme normas e diretrizes, proporcionando confiabilidade nas documentações emitidas.

Na gestão de ordens de serviço (OS), o Arkmeds se destaca por funcionalidades avançadas, como a possibilidade de gerar, monitorar e atribuir OS em tempo real, com cálculo de variáveis como produtividade e tempo médio de manutenção. Os usuários podem acessar o histórico completo das OS, incluindo criação, modificação e exclusão, filtrando por responsável, o que assegura maior segurança e fidelidade no cadastro. Além disso, o sistema permite anexos e assinaturas digitais, garantindo a rastreabilidade de documentos, mas limita a alteração do status de apenas uma OS por vez, o que pode reduzir a eficiência em cenários de alta demanda.

Os relatórios e *dashboards* personalizáveis do sistema são altamente valorizados pelos usuários. O Arkmeds fornece indicadores-chave de desempenho (KPIs) para análise de eficiência, custos, e tempo de inatividade dos equipamentos. Os relatórios podem ser adaptados às necessidades de auditorias e processos regulatórios, e os dados mais relevantes são apresentados em tempo real na aba inicial do sistema, facilitando o acesso rápido e estratégico às informações.

No controle de estoque e suprimentos, o software organiza insumos e peças de reposição de forma eficiente, permitindo o cadastro múltiplo de itens por categoria e tipo. Cada item pode ser associado a informações detalhadas, como foto do produto, nota fiscal, quantitativo em estoque e localização. Relatórios sobre consumo, valor gasto e até retorno financeiro em casos de venda também são disponibilizados, auxiliando na gestão financeira e logística. A presença de uma versão *mobile* amplia ainda mais a flexibilidade do uso, permitindo o acesso remoto e em tempo real às funcionalidades.

No entanto, o Arkmeds apresenta algumas limitações que podem impactar a experiência do usuário. Um ponto importante é a ausência de alertas automáticos para parâmetros como calibração e teste de segurança elétrica próximos ao vencimento, o que pode comprometer o planejamento de manutenção. Além disso, o sistema permite apenas a alteração de status de uma OS por vez, o que reduz a eficiência em operações com alto volume de ordens. Outro ponto é o tamanho limitado dos anexos permitidos nas OS, o que pode dificultar a inclusão de documentos mais detalhados. Também foram encontrados problemas de instabilidade, como *bugs* que fazem desaparecer temporariamente algumas OS, exigindo a atualização da página para normalizar o sistema.

Apesar de suas limitações, o Arkmeds é amplamente reconhecido por sua interface completa e intuitiva, rapidez nas operações e abrangência de funcionalidades, consolidando-se como uma ferramenta indispensável para a engenharia clínica. Contudo, os pontos negativos indicam que melhorias podem ser implementadas, especialmente em funcionalidades dinâmicas e na estabilidade do sistema.

Conclui-se que o Arkmeds é ideal para instituições que buscam um controle detalhado e confiável de seus ativos e processos de manutenção. Apesar das limitações pontuais, suas inúmeras funções e a capacidade de integração com operações móveis o tornam uma solução poderosa, principalmente para empresas que possuem infraestrutura para lidar com suas especificidades e uma alta demanda de gestão.

4.5. PONTOS EM COMUM

Todos os três softwares compartilham funcionalidades básicas que são essenciais para uma gestão eficiente.

4.5.1. CADASTRO DE EMPRESAS E USUÁRIOS

- O Arkmeds permite um controle segmentado de acesso, com definições por grupo ou usuário, além de assinatura digital para validação de documentos e ordens de serviço (OS). Ele também se diferencia por oferecer acesso dedicado às empresas contratantes e fiscais dos contratos, promovendo maior transparência e colaboração.
- O Magnus oferece funcionalidades semelhantes, com a adição de periodicidade de troca de senhas para maior segurança e a presença de um *chat* interno, útil para a comunicação entre usuários.
- O Engeman apresenta um gerenciamento detalhado de usuários e empresas, mas carece de ferramentas adicionais como assinatura digital ou *chat* interno, o que poderia melhorar a interação e a experiência do usuário.

4.5.2. CADASTRO DE EQUIPAMENTOS E INFORMAÇÕES DETALHADAS

- O Arkmeds é o mais completo nesse aspecto, permitindo registro de informações detalhadas como vida útil, data de fabricação, registro ANVISA, manual do fabricante e a vinculação de *QRCodes*. Também permite o cadastro múltiplo de equipamentos, otimizando operações em larga escala.
- O Magnus oferece funcionalidades similares, incluindo um modelo de laudo de obsolescência integrado, embora mais simples do que o modelo pré-aprovado encontrado no Arkmeds. A inclusão de etiquetas *QRCodes* também facilita a identificação de equipamentos, mas a ausência de imagens nos cadastros compromete a experiência visual.
- O Engeman registra informações importantes, mas não oferece suporte para *QRCodes* ou múltiplos cadastros simultaneamente, o que pode limitar sua aplicação em operações mais complexas.

4.5.3. GESTÃO DE MANUTENÇÃO

- Todos os softwares permitem a criação de planos de manutenção preventiva, preditiva e corretiva, com automação de cronogramas e notificações para tarefas pendentes.
- Os três sistemas incluem *checklists* e ferramentas para o monitoramento das manutenções realizadas.
- Todos os softwares oferecem suporte a manutenções preventivas, preditivas e corretivas, com cronogramas automatizados e *checklists*.
- O Arkmeds e o Magnus oferecem modelos de laudos de obsolescência, mas o modelo do Arkmeds é mais detalhado e alinhado às normas regulatórias. O Arkmeds também se destaca pela geração automática de cronogramas no início de cada mês, algo que o Magnus não possui.
- O Engeman é funcional nessa área, mas sem suporte para cronogramas automatizados no início do mês ou modelos detalhados de laudos de obsolescência.

4.5.4. GESTÃO DE ORDENS DE SERVIÇO

- O Arkmeds lidera na gestão de OS, com funcionalidades como anexos, assinatura digital e histórico completo de criação, modificação e exclusão. Ele também permite o lançamento de múltiplas OS simultaneamente, otimizando operações de alta demanda.
- O Magnus acompanha o Arkmeds na geração e monitoramento em tempo real, com assinatura digital e uma aba de avaliação com histórico de movimentações. Contudo, não suporta o lançamento de múltiplas OS.
- O Engeman permite o monitoramento em tempo real e a integração com dispositivos móveis, mas limita o histórico de lançamentos e não suporta múltiplas OS simultaneamente.

4.5.5. RELATÓRIOS E INDICADORES DE DESEMPENHO

- O Arkmeds fornece relatórios em tempo real diretamente na interface principal, facilitando o acesso a dados críticos.
- O Magnus oferece relatórios detalhados com suporte ao *Power BI*, mas não possui visualizações em tempo real diretamente na interface principal.
- O Engeman, embora apresente relatórios abrangentes, enfrenta críticas devido à demora na geração de relatórios mais complexos.

4.5.6. CONTROLE DE ESTOQUE

- O Magnus apresenta o controle mais automatizado, com funcionalidades que evitam excesso de estoque ou falta de insumos. Ele também permite relatórios detalhados sobre consumo e reposição.
- O Arkmeds organiza insumos de forma eficiente, com anexo de fotos e notas fiscais, mas não possui automação que avise sobre a necessidade de reposição ou excessos.
- O Engeman possui um controle básico de estoque, mas é o único a integrar um módulo de geolocalização via *Google Maps*, permitindo rastrear equipamentos e equipes.

4.6. PONTOS QUE DIVERGEM

4.6.1. INTERFACE E USABILIDADE

- Magnus: Tem uma interface bastante simples e organizada, com um layout considerado bastante intuitivo e fácil de se aprender, mas pode ser percebido como "simples demais" devido à forma como se apresenta, pecando em um design mais moderno e atraente.
- Engeman: A interface é funcional, mas foi criticada por conter bastante informação. Relatos de usuários mostram que mesmo possuindo muitas funcionalidades que ajudam em uma gestão, o excesso de informação nos contatos iniciais tornam a experiência bastante confusa para usuários iniciantes, sendo necessário a intervenção de uma espécie de capacitação para o uso total de todas as funções presentes no sistema.
- Arkmeds: Apresenta uma interface moderna, rápida e extremamente funcional, destacada pela facilidade de navegação até para os iniciantes, com poucos minutos logados na interface já é possível entender e conseguir realizar praticamente quase todas as funções existentes no software.

4.6.2. INTEGRAÇÃO TECNOLÓGICA

- O Magnus possui limitações de integração com sensores IoT, ERPs e não possui uma versão *mobile* funcional para trabalho em campo de forma mais acessível.
- O Engman e Arkmeds oferecem compatibilidade com essas tecnologias, proporcionando maior conectividade e dinamismo no acompanhamento dos serviços, bem como possuem um aplicativo extremamente fiel ao sistema *web*, trazendo mais agilidade no dia a dia das manutenções.

4.6.3. GESTÃO DE ORDENS DE SERVIÇO

- Magnus: Permite a geração e monitoramento de OS, mas não possui funcionalidades como anexos detalhados.

- Engeman: Oferece OS com funcionalidades completas, incluindo integração com dispositivos móveis.
- Arkmeds: Apresenta a funcionalidade mais avançada, com histórico completo de criação e modificação de OS, além de suporte para múltiplos lançamentos simultâneos.

4.6.4. CONTROLE DE ESTOQUE

- O Magnus é o mais completo nesse quesito, permitindo anexos de notas fiscais, fotos e categorização detalhada dos itens.
- O Engeman apresenta funcionalidades padrão, mas sem suporte para anexos ou detalhamento avançado.
- O Arkmeds também é bastante completo assim como o Magnus, podendo anexar notas fiscais, registrar entradas e saídas, porém possui menos funções automatizadas de gestão do estoque, diferentemente do Magnus que é o mais completo da lista.

4.6.5. RELATÓRIOS E DASHBOARDS

- O Arkmeds oferece a maior variedade de relatórios, além de serem mais dinâmicos e integrados à interface inicial, com dados em tempo real, diferente dos outros dois softwares que se faz preciso ir até a informação.
- O Engeman utiliza relatórios convencionais, sem muita variedade ou relatórios tão complexos, tornando a experiencia boa, porém com aquela sensação de que falta mais.
- O Magnus proporciona boa personalização assim como o Arkmeds, com um sistema bem elegante de dados, porém com menos agilidade em comparação ao Arkmeds.

4.7. TABELA DE RESULTADOS

A tabela ilustrada na Figura 55 foi criada a fim de tornar a visualização mais dinâmica e trazer um resumo geral de todos os pontos abordados nas análises.

Figura 55 – Compilação de todos os resultados obtidos.

Funcionalidade	Magnus	Engeman	Arkmeds
Cadastro completo de equipamentos	✅	✅	✅
Informações detalhadas (manual, ANVISA, vida útil)	✅	❌	✅
Automação de cronogramas de manutenção	❌	✅	✅
Modelos de laudo de obsolescência	✅	❌	✅
Checklists pré-abertura de OS	✅	✅	✅
Histórico completo de lançamento por usuário	✅	❌	✅
Abertura de múltiplas OS simultaneamente	❌	❌	✅
Controle avançado de estoque	✅	✅	✅
Relatórios em tempo real na interface principal	❌	❌	✅
Versão mobile	❌	✅	✅
Integração com IoT e ERPs	❌	✅	✅
Geolocalização via Google Maps	❌	✅	❌
Vinculação de equipamentos com QR codes	✅	❌	✅
Personalização do sistema e layout	❌	✅	✅
Segurança de dados e LGPD	✅	✅	✅

Fonte: Acervo Pessoal.

A análise detalhada demonstra que, embora compartilhem funcionalidades essenciais, cada software se adapta melhor a cenários específicos. O Arkmeds se destaca como a solução mais abrangente e tecnológica, ideal para instituições que buscam conectividade e gestão detalhada. O Magnus, com seu controle de estoque automatizado e laudo de obsolescência integrado, é uma solução eficiente para empresas que priorizam simplicidade e controle interno. O Engeman, com sua geolocalização e integração IoT, é uma escolha equilibrada, mas carece de algumas funcionalidades avançadas presentes nos concorrentes.

A escolha entre os sistemas depende das necessidades específicas de cada instituição, mas fica evidente que essas tecnologias são cruciais para modernizar e otimizar a engenharia clínica, promovendo eficiência, segurança e inovação no setor de saúde.

5. CONCLUSÃO

A gestão eficiente na engenharia clínica é um dos pilares fundamentais para garantir a qualidade, a segurança e a sustentabilidade dos serviços de saúde. A utilização de sistemas de gerenciamento de manutenção computadorizada (CMMS) tornou-se indispensável nesse contexto, uma vez que essas ferramentas permitem o controle detalhado de ativos biomédicos, a automação de manutenções preventivas e corretivas, a geração de relatórios estratégicos e o acompanhamento em tempo real de processos críticos. Neste trabalho, foram analisados três softwares amplamente utilizados na área: Magnus, Engeman e Arkmeds, cada um com suas particularidades, pontos fortes e limitações. Dentro de uma análise crítica e responsável, ficou bastante evidente as diferenças de usabilidade, gestão e eficiência encontradas entre os três softwares.

O Engeman® se destaca pela flexibilidade e profundidade de suas funcionalidades, como o gerenciamento detalhado de empresas e usuários, além de integrações tecnológicas avançadas como IoT e geolocalização. No entanto, sua interface não é intuitiva e exige treinamento para uma navegação mais eficiente. Além disso, a falta de algumas funcionalidades essenciais, como relatórios personalizados, podem restringir seu uso por empresas menores ou iniciantes.

O Magnus se mostra uma solução robusta, com boa personalização e funcionalidades úteis, como a gestão de manutenção detalhada e a possibilidade de gerar relatórios completos. Porém, a falta de integração com tecnologias modernas, como IoT e ERPs, e a ausência de uma versão *mobile* funcional limitam seu uso em ambientes mais dinâmicos. Sua interface simples e organização de dados também pode ser vista como uma vantagem ou desvantagem, dependendo da experiência do usuário e o nível de complexidade que a empresa espera do produto.

Já o Arkmeds é uma das soluções mais completas e inovadoras, especialmente para a engenharia clínica, com destaque para sua interface moderna, funcionalidade de assinatura digital e geração de relatórios dinâmicos em tempo real. Sua principal limitação está na falta de alertas automáticos e problemas de estabilidade em algumas funções, como o controle de ordens de serviço, o que pode prejudicar a eficiência em operações de alta demanda.

Trabalhos futuros podem explorar melhorias na integração de sistemas de gestão de manutenção com dispositivos móveis e tecnologias de IoT, buscando maior

conectividade e mobilidade para os usuários. Além disso, aprimorar a usabilidade e a estabilidade dos sistemas, especialmente no que diz respeito à personalização de relatórios e o desempenho em situações de grande volume de dados, será essencial para otimizar a adoção dessas ferramentas. A comparação entre esses sistemas em outros contextos, como a integração com sistemas de ERP (sistemas que ajudam a integrar as principais funções da organização, como finanças, logística e recursos humanos) ou CRM (sistemas focados em melhorar o relacionamento com os clientes, otimizando atendimento e fidelização), também pode gerar novos insights para o avanço da gestão em engenharia clínica.

Assim, os três softwares analisados oferecem soluções com pontos fortes e fracos, e a escolha entre eles deve considerar as necessidades específicas de cada organização, como orçamento, flexibilidade, e a complexidade dos processos que precisam ser gerenciados.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ricardo; MENDES, Jéssica. **A importância da automação na gestão de manutenção hospitalar**. In: Revista de Engenharia Biomédica. São Paulo: 2022, v. 26, n. 3, p. 253-270.

BARBOSA, Luís et al. **Soluções IoT aplicadas à engenharia clínica: um estudo sobre eficiência e inovação**. In: Revista Brasileira de Tecnologia em Saúde. Brasília: 2020, v. 12, n. 2, p. 45-63.

BARBOSA, Luís; MENDES, Rafael. **Impacto da LGPD na gestão de equipamentos médicos: desafios e oportunidades para a engenharia clínica**. In: Revista Brasileira de Tecnologia em Saúde. Brasília: 2021, v. 13, n. 2, p. 89-102.

CARVALHO, Thiago. **Impacto da digitalização na gestão de equipamentos médicos**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Clínica. Fortaleza: 2021, v. 15, n. 1, p. 98-112.

CALIXTO, Camila Casimiro. **Cloud Compare: uma ferramenta de comparação de custos de implantação de software em nuvens do tipo plataforma como serviço (PaaS)**. Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: 2024.

CAVALCANTI, A. A.; ALMEIDA, P. R. **Inovação e infraestrutura no setor de saúde: desafios e soluções tecnológicas**. São Paulo: Editora Saúde, 2020.

COSTA, João et al. **Sistemas de gestão na engenharia clínica: desafios e oportunidades**. São Paulo: Editora Técnica, 2022.

COSTA, João et al. **Tecnologias de gestão na engenharia clínica: desafios e inovações**. São Paulo: Editora Acadêmica, 2021.

DYRO, Joseph F. **Clinical Engineering: Evolution of a Discipline**. In: Clinical Engineering Handbook. Burlington: Elsevier Academic Press, 2004, p. 1-4.

FERREIRA, Lucas. **A evolução da manutenção de equipamentos médicos e os desafios da engenharia clínica moderna**. Rio de Janeiro: Ed. Engenharia, 2022.

GOMES, Paula et al. **Comparação entre sistemas de gestão na engenharia clínica: análise de estudos de caso**. In: Revista Técnica de Engenharia Clínica. Recife: 2022, v. 18, n. 1, p. 34-49.

KUMAR, Vijay; KHETAN, Vandana. **History of Clinical Engineering**. In: Clinical Engineering Handbook. Burlington: Elsevier Academic Press, 2004, p. 5-10.

LEAL, F. F. E. **Guia para implantação de sistema de gestão da qualidade em setores de engenharia clínica de hospitais**. Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: 2022.

MARTINS, Jorge; LOPES, Renata. **A revolução tecnológica na engenharia clínica: desafios da implementação de sistemas integrados**. Porto Alegre: Editora Médica, 2020.

MELO, Fernanda; LIMA, Rafael. **A engenharia clínica no Brasil: regulamentações e tendências futuras**. In: Revista Saúde & Tecnologia. Brasília: 2021, v. 9, n. 2, p. 76-91.

MOREIRA, Fábio. **Estudo sobre o impacto da gestão de ordens de serviço na manutenção de equipamentos hospitalares**. In: Revista de Engenharia Biomédica e Saúde Pública. São Paulo: 2021, v. 25, n. 4, p. 221-238.

OLIVEIRA, Maria; SANTOS, Carlos. **Gestão digital de equipamentos médicos: o impacto das novas tecnologias na engenharia clínica**. Recife: Editora Saúde, 2020.

PEREIRA, Gustavo. **Integração de tecnologias IoT e sistemas de gestão na engenharia clínica**. In: Anais do Simpósio Nacional de Engenharia Biomédica. Salvador: 2022, v. 14, n. 2, p. 120-133.

PEREIRA, M. F. **Gestão eficiente de recursos em saúde: o papel da tecnologia no setor público**. Rio de Janeiro: Editora Saúde Sustentável, 2021.

PORTO, Dora; MARQUES, Demetrius Poveda. **Engenharia Clínica: nova "ponte" para a bioética?** In: Revista Brasileira de Bioética. Brasília: 2011, v. 7, n. 1, p. 121-136.

ROCHA, Luiz. **Gestão e inovação na engenharia clínica: a adaptação às novas tecnologias**. Rio de Janeiro: Editora Universitária, 2020.

ROCHA, Luiz. **O impacto das tecnologias digitais na engenharia clínica e o papel do engenheiro biomédico**. Brasília: Editora Universitária, 2021.

SANTOS, Maria; OLIVEIRA, Carlos. **Tecnologia e eficiência na gestão de equipamentos médicos: o papel dos sistemas computacionais**. Brasília: Editora Acadêmica, 2021.

SILVA, André et al. **A evolução da engenharia clínica e seus desafios no contexto hospitalar**. Recife: Editora Saúde, 2019.

SILVA, Roberta; SANTANA, Bruno. **A evolução dos dashboards e KPIs na engenharia clínica**. In: Revista Tecnologia & Saúde. Recife: 2022, v. 11, n. 3, p. 88-101.

SOUZA, Mariana. **Desafios da gestão de estoque em sistemas de manutenção hospitalar: uma análise comparativa**. In: Revista Brasileira de Engenharia Clínica. Brasília: 2020, v. 17, n. 2, p. 110-127.