**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA**
**CAMPUS CAJAZEIRAS**
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS**

# CME MANAGER SYSTEM: UMA APLICAÇÃO WEB PARA GESTÃO DE PROCESSOS E MONITORAMENTO DE MATERIAIS HOSPITALARES

**FRANCISCO ISRAEL DE OLIVEIRA**

**Cajazeiras – Paraíba**
**2025**

**FRANCISCO ISRAEL DE OLIVEIRA**

# CME MANAGER SYSTEM: UMA APLICAÇÃO WEB PARA GESTÃO DE PROCESSOS E MONITORAMENTO DE MATERIAIS HOSPITALARES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao **Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Cajazeiras**, como requisito à obtenção do título de **Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas**.

**Orientador:**

Prof. PhD Francisco Daladier Marques Júnior.

**Cajazeiras – Paraíba**
**2025**

IFPB / Campus Cajazeiras Coordenação
de Biblioteca Biblioteca Prof. Ribamar da
Silva
Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

O48c Oliveira, Francisco Israel de.
CME manager system : uma aplicação web para gestão de processos e monitoramento de materiais hospitalares / Francisco Israel de Oliveira. – 2025.
45f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Daladier Marques Júnior.

1. Engenharia de software. 2. Plataforma web. 3. Administração hospitalar. 4. Gestão de materiais. 5. Rastreabilidade. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.

IFPB/CZ CDU: 004.42:614.2(043.2)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

FRANCISCO ISRAEL DE OLIVEIRA

# CME MANAGER SYSTEM: UMA APLICAÇÃO WEB PARA GESTÃO DE PROCESSOS E MONITORAMENTO DE MATERIAIS HOSPITALARES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Cajazeiras, como requisito à obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador

Prof. Dr. Francisco Daladier Marques Júnior

Aprovada em: **09 de setembro de 2025.**

Prof. Dr. Francisco Daladier Marques Júnior - Orientador

Prof. Me. Fábio Abrante Diniz - Avaliador IFPB -

Campus Cajazeiras

Prof. Me. David Oliveira Lopes - Avaliador

Hospital Universitário Júlio Bandeira

ICP Brasil
Documento assinado digitalmente
DAVID OLIVEIRA LOPES
Data: 11/09/2025 09:50:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Documento assinado eletronicamente por:

- **Francisco Paulo de Freitas Neto, COORDENADOR(A) DE CURSOS - FUC1 - CADS-CZ**, em 10/09/2025 16:19:00.
- **Fabio Abrantes Diniz, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 10/09/2025 16:45:16.
- **Francisco Daladier Marques Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 11/09/2025 09:40:19.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/09/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 764400
Código de Autenticação: 003f43d575

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares pelo apoio, paciência e incentivo ao longo dessa jornada. Sem o suporte e compreensão de vocês, esta conquista não seria possível.

Aos meus professores por compartilharem seus conhecimentos e direcionamentos essenciais para a realização deste trabalho.

Aos colegas de curso pela troca de experiências, pelas discussões, apoio e companheirismo que tornaram essa jornada mais enriquecedora e motivadora.

A instituição por proporcionar um ambiente de aprendizado e crescimento acadêmico.

E, por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste projeto.

## RESUMO

A rastreabilidade de processos em Centros de Material e Esterilização (CME) é um fator fundamental para garantir a segurança hospitalar, a gestão eficiente de materiais e a conformidade com normas regulatórias, como a Resolução RDC Nº 15, de 15 de março de 2012 da ANVISA. O CME Manager System apresenta-se como uma solução inovadora ao integrar *blockchain* por meio do Hyperledger Fabric, para assegurar a integridade e imutabilidade dos registros hospitalares. Trata-se de uma aplicação web voltada para a informatização e automação da gestão de materiais e processos dentro do CME. A metodologia utilizada no projeto envolveu a análise das normativas técnicas obrigatórias que estabelecem os requisitos de boas práticas para o processamento de produtos para a saúde, bem como o estudo das necessidades operacionais dos Centros de Material e Esterilização em serviços de saúde pública. O CME Manager System permite o registro detalhado de materiais hospitalares, a identificação por códigos de barras e QR Codes. Além disso a rastreabilidade aprimorada via *blockchain*, a geração de relatórios automatizados e o acompanhamento do fluxo de esterilização. Dessa forma, a solução contribui para a prevenção de infecções hospitalares contribuindo para a segurança do paciente e dos profissionais envolvidos, a redução de perdas de instrumentais e a melhoria da eficiência dos processos hospitalares.



**Palavras-chave**: Rastreabilidade, RDC, ANVISA, Blockchain, Automação, Esterilização, CME, Sistema Web.

## ABSTRACT

The traceability of processes in Central Sterilization and Material Centers (CME) is a fundamental factor in ensuring hospital safety, efficient material management, and compliance with regulatory standards, such as ANVISA Resolution RDC No. 15 of March 15, 2012. The CME Manager System emerges as an innovative solution by integrating blockchain technology through Hyperledger Fabric to ensure the integrity and immutability of hospital records. It is a web application designed to digitize and automate the management of materials and processes within the CME. The methodology used in this project involved the analysis of mandatory technical regulations that establish best practice requirements for the processing of healthcare products, as well as the study of the operational needs of Central Sterilization and Material Centers in public health services. The CME Manager System enables detailed registration of hospital materials, identification through barcodes and QR Codes, enhanced traceability via blockchain, automated report generation, and monitoring of the sterilization workflow. In this way, the solution contributes to the prevention of hospital infections, ensuring the safety of patients and healthcare professionals, reducing instrument losses, and improving the efficiency of hospital processes.



**Keywords**: Traceability, RDC, ANVISA, Blockchain, Automation, Sterilization, CME, Web System.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Diagrama representando as áreas funcionais do CME conforme as diretrizes. .....21
**Figura 2.** Fluxograma de Processo no CME Classe II. .....22
**Figura 3.** Níveis de registro e monitoramento do CME. .....23
**Figura 4.** Exemplo como um aplicativo se integra a uma rede blockchain por meio de contratos inteligentes. .....34
**Figura 5.** Tela de login. .....36
**Figura 6.** Tela de Dashboard. .....36
**Figura 7.** Tela Materiais. .....37
**Figura 8.** Tela Funcionários. .....37
**Figura 9.** Tela Histórico. .....38
**Figura 10.** Tela Ciclos. .....39
**Figura 11.** Tela cadastrar funcionário. .....43
**Figura 12.** Tela novo material. .....43
**Figura 13.** Tela insumos. .....44
**Figura 14.** Histórico de material. .....44
**Figura 15.** Lotes. .....45
**Figura 16.** Tela metadados. .....45
**Figura 17.** Tela de alertas. .....46
**Figura 18.** Relatórios. .....46
**Figura 19.** Rastreabilidade. .....47

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1.** Cronograma de execução TCC.....19
**Quadro 2.** Comparações entre os sistemas existentes. .....24
**Quadro 3**. Caso de Uso: Cadastrar materiais. .....28
**Quadro 4.** Caso de Uso: Registrar processamento de materiais. .....28
**Quadro 5.** Caso de Uso: Consultar histórico de rastreabilidade. .....29
**Quadro 6.** Caso de Uso: Gerar relatórios de auditoria.....29
**Quadro 7.** Caso de Uso: Identificar materiais via código de barras/QR Code. .....30
**Quadro 8.** Caso de Uso: Registro Imutável na Blockchain. .....30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---|---|
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| ADS | Análise e Desenvolvimento de Sistemas |
| API | *Application Programming Interface* |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| CME | Centro de Material e Esterilização |
| HCFMRP-USP | Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo |
| IFPB | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba |
| MVCC | *Multiversion Concurrency Control* |
| NBR | Norma Brasileira |
| PDF | *Portable Document Format* |
| RDC | Resolução da Diretoria Colegiada |
| TCC | Trabalho de Conclusão do Curso |
| UC | *Use Cases* |
| CSV | Valores separados por vírgulas |

# SUMÁRIO


**1 INTRODUÇÃO ..... 15**

1.1 MOTIVAÇÃO ..... 16

1.2 OBJETIVOS ..... 17

1.2.1 OBJETIVO GERAL ..... 17

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 17

1.3 METODOLOGIA ..... 18

1.3.1 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO ..... 19

**2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA ..... 20**

2.1 CENTROS DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO (CME) ..... 20

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS CENTROS DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO (CME) ..... 20

2.3 RASTREABILIDADE E ESTERILIZAÇÃO EM CME. CLASSE II ..... 20

2.4 AUTOMAÇÃO E INFORMATIZAÇÃO NA GESTÃO DE CME. ..... 22

2.4.1 SISTEMAS DE RASTREABILIDADE EXISTENTES ..... 23

**3 TRABALHOS RELACIONADOS ..... 25**

**4 SOLUÇÃO PROPOSTA ..... 26**

4.1 REQUISITOS FUNCIONAIS ..... 26

4.2 CASOS DE USO ..... 27

4.2.1 ATORES DO SISTEMA ..... 28

4.2.2 DESCRIÇÃO DOS CASOS DE USO ..... 28

4.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS ..... 31

4.3.1 TYPESCRIPT ..... 31

4.3.2 REACT.JS ..... 31

4.3.3 TAILWIND CSS ..... 32

4.3.4 NODE.JS ..... 32

4.3.5 EXPRESS.JS ..... 33

4.3.6 HYPERLEDGER FABRIC ..... 33

4.3.7 POSTGRESQL ..... 34

4.3.8 PRISMA ORM ..... 35

4.3.9 AUTENTICAÇÃO JSON WEB TOKEN (JWT) ..... 35
**5 TELAS DO SISTEMA ..... 35**
5.1 LOGIN ..... 35
5.2 DASHBOARD ..... 36
5.3 MATERIAIS ..... 37
5.4 FUNCIONÁRIOS ..... 37
5.5 HISTÓRICO ..... 38
5.6 CICLOS ..... 38
**6 CONCLUSÃO ..... 39**
**7 TRABALHOS FUTUROS ..... 40**
**REFERÊNCIAS ..... 40**
**APÊNDICE A – TELAS DO SISTEMA ..... 43**

# 1 INTRODUÇÃO

Historicamente o termo rastreabilidade emergiu pela necessidade de saber o local onde determinado produto se originou. De acordo com a indústria de alimentos a rastreabilidade é um sistema de identificação que permite resgatar a origem e a história do produto em todas as etapas do processo produtivo adotado, que vai da produção ao consumo[1].A rastreabilidade de processos dentro de hospitais e unidades de saúde é um fator essencial, para garantir a segurança dos pacientes, a gestão eficiente de materiais e a conformidade com normas regulatórias. No contexto dos Centros de Material e Esterilização (CME), a rastreabilidade dos materiais hospitalares é indispensável para monitorar cada etapa do ciclo de esterilização, desde a limpeza e desinfecção até o armazenamento e distribuição dos instrumentos utilizados nos procedimentos médicos.

A Resolução RDC Nº 15, de 15 de março de 2012, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)[2], regulamenta instruções para o processamento de produtos para a saúde. O Artigo 25 determina que, em CME de Classe II e empresas processadoras, o processo de esterilização deve estar documentado de forma a garantir a rastreabilidade de cada lote processado. Além disso, o Artigo 26 exige que as unidades de saúde possuam um sistema de informação que pode ser de forma manual ou automatizado, para registrar o monitoramento e o controle das etapas, as quais envolvem: limpeza, desinfecção, esterilização, manutenção, inspeção, e armazenamento, estoque dentre outros. De acordo com o artigo citado, o armazenamento dos registros deve ser arquivado por um prazo mínimo de 5 anos, para assegurar a sua rastreabilidade e a conformidade com inspeções sanitárias.

Apesar dessas exigências regulatórias, esses processos ainda podem ser realizados de forma manual sem a utilização de algum sistema informatizado. Entre os benefícios pode-se citar: a rápida informação, a redução na perda de instrumentais, a sinalização de manutenção, o monitoramento da produtividade do colaborador, o controle sobre o inventário e a emissão de relatórios[3].

A tecnologia *Blockchain* é conhecida por sua capacidade de garantir a integridade e a segurança dos dados, que são essenciais no gerenciamento de materiais (Krawiec et al., 2023). Ao implementar a *blockchain*, os CME podem manter um registro imutável de todas as transações incluindo a movimentação de materiais, informações de fornecedores e dados de controle de

[1] MATTOS, Leonora M. et al. Produção segura e rastreabilidade de hortaliças. Horticultura brasileira, v. 27, p. 408-413, 2009.
[2] ANVISA - Resolução RDC nº 15, de 15 de março de 2012. Disponível através da URL: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015_15_03_2012.html, acesso em 12/02/2025.
[3] MARTINS, Flávia de Oliveira et al. Implantação e uso de sistema de rastreabilidade automatizado em central de materiais e esterilização. **Rev. SOBECC**, p. 52-58, 2017.

qualidade. Isso não apenas evita a adulteração, mas também garante que todas as partes interessadas possam confiar nos dados (Dutta et al., 2020) (Ibarra et al., 2024).

O livro contábil descentralizado do *Blockchain*, garante que, uma vez registrados, os dados não possam ser alterados sem o consenso de todos os participantes da rede. Esse recurso é particularmente útil para rastrear a origem e o movimento de materiais, garantindo que materiais não sejam desviados. (Tyagi et al., 2024).

Contratos inteligentes automatizados podem ser programados para aplicar regras específicas, como acionar alertas quando os materiais se desviam dos padrões de qualidade especificados ou quando o acesso não autorizado é detectado. Isso garante que os materiais sejam manuseados e armazenados corretamente em toda a cadeia de suprimentos (Mishra et al., 2022) (Lobachev et al., 2022).

O *Chaincode* é análogo aos contratos inteligentes em outras plataformas de *blockchain*, mas é mais flexível é poderoso. É escrito em linguagens de programação de uso geral, permitindo que os desenvolvedores implementem uma lógica complexa para gerenciamento de ativos, compartilhamento de dados e validação de transações (Androulaki et al., 2018) (Okano et al., 2022) (He et al., 2019).

Diante desse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento do CME Manager System, um sistema web voltado para a informatização da rastreabilidade e gestão de processos dentro do CME. A fim de permitir o registro detalhado de materiais, a identificação por meio de códigos de barras e QR Codes, a automação da geração de relatórios, acompanhamento de fluxo de esterilização e a rastreabilidade aprimorada via *blockchain*, garantindo maior eficiência na administração dos recursos hospitalares.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

A gestão eficiente dos processos em CME é um desafio constante para as instituições de saúde, pois engloba uma série de etapas com um controle rigoroso de materiais, a fim de assegurar a rastreabilidade de lotes processados e cumprir a normas sanitárias (COSTA et al., 2024). A inexistência de sistemas automatizados em muitas unidades de saúde permite que o controle manual não supra as necessidades básicas, como agilidade e eficiência na gestão desses processos. Diante deste cenário existente, que pode acarretar falhas, como também registros incompletos, extravios, relatórios imprecisos dentre outros, de certa forma compromete diretamente a segurança das pessoas que utilizam/prestam os serviços nessas instituições (ARAÚJO *et al.*, 2023).

Logo, muitos CMEs ainda enfrentam desafios na implementação de sistemas de rastreabilidade eficazes. Alguns trabalhos abordaram a utilização de etiquetas que não suportam

todo o ciclo de esterilização, por exemplo, pode comprometer a legibilidade das informações. O trabalho de Vasconcelos et al. (2021) realizou uma pesquisa em hospital privado na qual foram elencados alguns problemas na rastreabilidade de cada um de seus CMEs, que foram: i) PPS com etiqueta trocada ou incorreta (32,6%); ii) PPS com embalagem violada (21,7%); iii) PPS sem identificação (18,5%), e; iv) registro de problemas no sistema informatizado (1,1%). Nessa situação observamos que a dependência de registros manuais aumenta a probabilidade a erros humanos e dificulta a conformidade com as normas vigentes que regulamenta as boas práticas adotadas.

Diante disso, surge a necessidade de desenvolver soluções tecnológicas que automatizem e aprimorem o processo de rastreabilidade no CME. Portanto, esse trabalho propõe desenvolver uma aplicação web, intitulada CME Manager System, integrada à *blockchain*, utilizando Hyperledger Fabric como base para contratos inteligentes, a fim de rastrear e automatizar a gestão de materiais hospitalares no Centro de Materiais e Esterilização (CME). A solução visa garantir controle rigoroso, eficiência operacional e conformidade com as regulamentações sanitárias vigentes proporcionando registros.

## 1.2 OBJETIVOS

Nessa seção serão abordados os objetivos gerais e específicos definidos para este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma aplicação web – atuando como contrato inteligente/*chain code* - integrada a *blockchain*, para rastreabilidade e automação da gestão de materiais hospitalar no CME, visando controle, eficiência e conformidade com as regulamentações sanitárias vigentes. A aplicação utilizará o Hyperledger Fabric[4], permitindo que os registro de processamentos dos materiais sejam imutáveis, auditáveis e confiáveis.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar o estado da arte em rastreabilidade usando *blockchain*;
- Elencar os requisitos em vários hospitais para abalizar o desenvolvimento da solução no HyperLedger Fabric;
- Integrar tecnologias de códigos de barras e QR Codes para a identificação rápida e precisa dos materiais esterilizados;

[4] Hyperledger Fabric Docs, Disponível em: https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-2.5/. Acessado em 21 fev. 2025.

- Automatizar a geração de relatórios e estatísticas sobre uso, consumo e ciclos de esterilização;
- Permitir o registro digital das etapas de limpeza, desinfecção e esterilização, garantindo o armazenamento seguro das informações por pelo menos cinco anos, conforme exigida pela RDC Nº 15/2012;
- Desenvolver mecanismos de controle de estoque, reduzindo perdas e otimizando a reposição de materiais;
- Assegurar que o sistema esteja em conformidade com as exigências de inspeção sanitária, facilitando auditorias e fiscalizações.

## 1.3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto foi estruturado em etapas, que asseguram um planejamento eficiente e a implementação de funcionalidade que atendam às necessidades das unidades hospitalares. As atividades foram organizadas da seguinte forma:

- **Levantamento do estado da arte em rastreabilidade usando blockchain (A1):** Pesquisa bibliográfica e análise de sistemas existentes para entender as melhores práticas e desafios na aplicação de *blockchain* na rastreabilidade hospitalar.
- **Levantamento de requisitos em hospitais (A2):** Coleta de informações em diferentes unidades hospitalares para identificar as necessidades e validar a viabilidade do sistema proposto.
- **Levantamento de requisitos e análise da regulamentação (A3):** Foram estudadas as normativas sanitárias aplicáveis, com destaque na RDC Nº 15/2012, que exige a rastreabilidade dos lotes processados e o monitoramento das etapas de esterilização em CME Classe II, com foco nos artigos que exigem rastreabilidade, documentação do processo de esterilização e conformidade sanitária;
- **Modelagem do fluxo de rastreabilidade e estruturação dos processos (A4):** Com base nos requisitos levantados, foi realizado um mapeamento detalhado do ciclo de esterilização, incluindo as etapas de recepção, limpeza, preparo, esterilização, armazenamento e distribuição de materiais hospitalares;
- **Definição da arquitetura do sistema (A5):** Nessa etapa foi definida a arquitetura do sistema, garantindo escalabilidade, sendo baseada nas tecnologias disponíveis para aprimorar seus módulos;
- **Implementação do back-end (A6):** Nesta fase e iniciada a construção da API (*Application Programming Interface*) é a implementação dos métodos responsáveis pela comunicação entre os componentes do sistema;
- **Implementação do front-end (A7):** Nessa etapa ocorre o desenvolvimento da interface gráfica do sistema, permitindo que os usuários interajam com a aplicação e suas funcionalidades de maneira intuitiva;

- **Integração do sistema e testes operacionais (A8):** Trata-se da etapa fundamental para tornar a aplicação usável, onde são realizados testes com a integração do front-end, back-end e o banco de dados para garantir o funcionamento pleno do sistema.
  **Escrita dos documentos (A9):** A documentação do projeto foi realizada ao longo de todo o desenvolvimento.

### 1.3.1 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

**Quadro 1.** Cronograma de execução TCC

| Fase/Mês | Novembro 2024 | Dezembro 2024 | Janeiro 2025 | Fevereiro 2025 | Março 2025 | Abril 2025 | Maio 2025 | Junho 2025 | Julho 2025 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Levantamento do estado da arte em rastreabilidade usando *blockchain* (A1) | X | X | | | | | | | |
| Levantamento de requisitos em hospitais (A2) | | | | | X | | | | |
| Levantamento de requisitos e análise da regulamentação (A3) | X | X | | | | | | | |
| Modelagem do fluxo de rastreabilidade e estruturação dos processos (A4) | | | X | X | | | | | |
| Definição da arquitetura do sistema (A5) | | | X | X | | | | | |
| Escrita dos documentos (A9) | | | X | X | X | | | | |
| Implementação do back-end (A6) | | | | | | X | X | | |
| Implementação do front-end (A7) | | | | | | | X | X | |
| Integração do sistema e testes operacionais (A8) | | | | | | | | X | X |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

# 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão abordados os conceitos, definições, trabalhos semelhantes e regulamentações essenciais para a compreensão e desenvolvimento deste trabalho.

## 2.1 CENTROS DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO (CME)

Os CME são unidades essenciais dentro dos hospitais e serviços de saúde, responsáveis pelo processamento, esterilização e controle de materiais reutilizáveis. O CME é definido como uma unidade funcional destinada ao processamento de produtos para saúde dos serviços de saúde, de acordo com o site da ANVISA [5]. Sua principal finalidade é garantir que os materiais e instrumentais médicos utilizados nos atendimentos estejam devidamente descontaminados esterilizados e rastreados, assegurando a segurança dos pacientes e dos profissionais de saúde.

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS CENTROS DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO (CME)

A RDC Nº 15/2012, em seu Artigo 5º, estabelece a classificação dos CME em duas classes, de acordo com a complexidade dos materiais processados e com as exigências de rastreabilidade e documentação, que são:

- CME Classe I: Destinado ao processamento de produtos para saúde não críticos, semicríticos e críticos de conformação não complexa. Esse tipo de CME. possui menor exigência de rastreabilidade, pois os materiais processados não possuem estruturas complexas que dificultem a limpeza e esterilização. Exemplos de materiais processados nesse tipo de unidade incluem sondas, equipamentos de terapia respiratória e outros dispositivos de menor complexidade.
- CME Classe II: Responsável pelo processamento de produtos críticos de conformação complexa e não complexa, como instrumentais cirúrgicos e equipamentos de alta precisão. Esse tipo de unidade exige documentação da rastreabilidade dos lotes processados.

## 2.3 RASTREABILIDADE E ESTERILIZAÇÃO EM CME. CLASSE II

A rastreabilidade em CME é uma parte fundamental para garantir a segurança dos pacientes e a eficiência nos processos hospitalares. A rastreabilidade permite o monitoramento preciso de

[5] ANVISA - Resolução RDC nº 15, de 15 de março de 2012. Disponível através da URL: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015_15_03_2012.html, acesso em 12/02/2025.

cada etapa do processamento insumos utilizados, assegurando que os instrumentos estejam devidamente esterilizados e preparados para uso.

Conforme o regulamento técnico da ANVISA: “a rastreabilidade é definida como a capacidade de traçar o histórico do processamento do produto para saúde e da sua utilização por meio de informações previamente registradas”. Esse regulamento técnico estabelece requisitos de boas práticas para o processamento de produtos para a saúde, enfatizando a importância da rastreabilidade, especialmente em CME de Classe II, que lidam com produtos críticos.

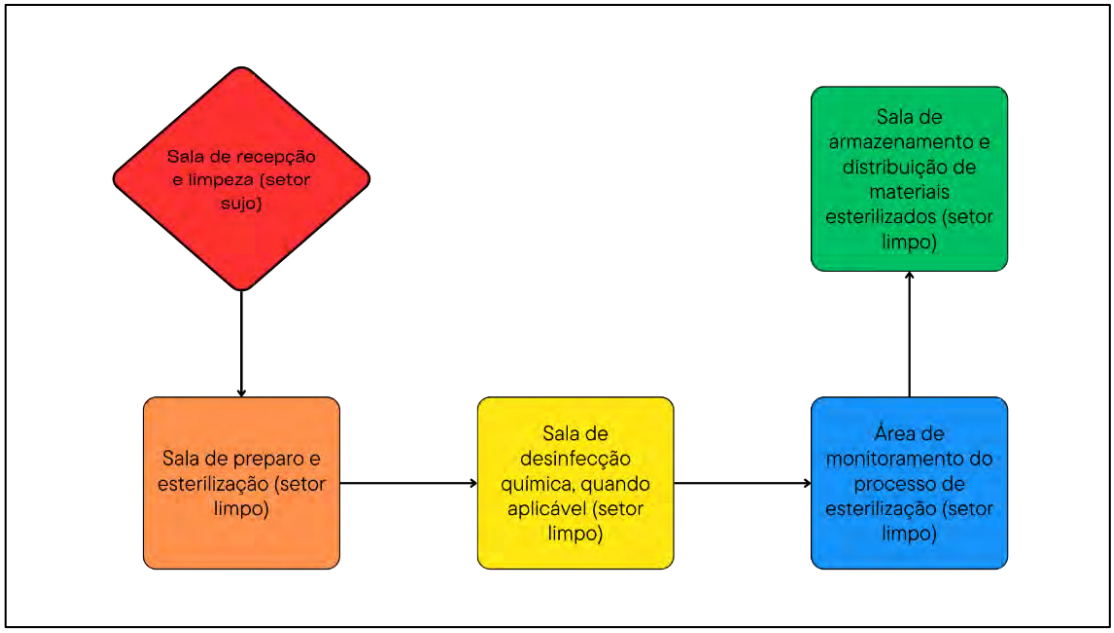


**Figura 1.** Diagrama representando as áreas funcionais do CME conforme as diretrizes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Um estudo realizado no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HCFMRP-USP) destacou que a rastreabilidade automatizada contribui significativamente para a humanização e segurança do paciente, permitindo o monitoramento completo do fluxo dos produtos de saúde desde sua entrada no setor até o uso final[6]. A implementação de sistemas automatizados de rastreabilidade traz inúmeros benefícios, dentre eles: reduz o trabalho manual, minimiza erros e otimiza o tempo dos profissionais de saúde.

[6] MESQUITA, Karim Helene Ramos Passos; DESCONTAMINAÇÃO, Enfermeira Secção. Sistema de rastreabilidade automatizado na central de material e esterilização e seus impactos na humanização e segurança do paciente. Disponível em: https://hcrp.usp.br/revistaqualidade/uploads/Artigos/479/479.pdf. Acesso em 12 fev. 2025.

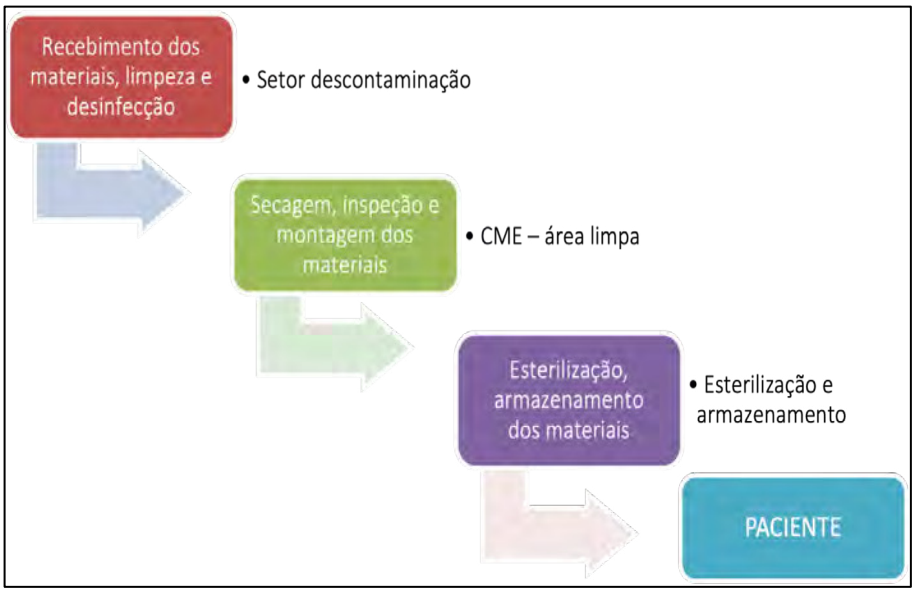


**Figura 2.** Fluxograma de Processo no CME Classe II.

Fonte: HCFMRP-USP[7].

A adoção de processos de rastreabilidade também está alinhada as exigências normativas, as quais estabelecem que os registros dos processos devem ser arquivados por um prazo mínimo de cinco anos para efeitos de inspeção sanitária[8]. Portanto, a implementação de sistemas automatizados não só facilita o cumprimento dessas exigências, mas também aprimora o controle de inventário, reduz o extravio de materiais e aumenta a produtividade da equipe.

Diante dos desafios enfrentados pelos CME Classe II, a implementação de soluções tecnológicas de rastreabilidade tem se tornado necessárias. A automação e informatização desses processos são fundamentais para garantir segurança, conformidade regulatória e otimização da gestão. O próximo tópico abordará as principais tecnologias utilizadas para informatização da rastreabilidade nos CME.

## 2.4 AUTOMAÇÃO E INFORMATIZAÇÃO NA GESTÃO DE CME.

A digitalização dos processos hospitalares tem sido um fator fundamental para aprimorar a gestão, segurança e eficiência operacional dos Centros de Material e Esterilização (Getinge, 2025). A adoção de sistemas informatizados de rastreabilidade permite o controle mais preciso sobre cada

[7] Disponível em: https://hcrp.usp.br/revistaqualidade/uploads/Artigos/479/479.pdf. Acessado em: 12 fev. 2025.
[8] ANVISA. Resolução RDC nº 15, de 15 de março de 2012. Dispõe sobre requisitos de boas práticas para o processamento de produtos para saúde. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015_15_03_2012.html Acesso em 12 fev. 2025.

etapa do processamento dos materiais hospitalares, reduzindo falhas humanas, extravios de insumos e inconsistência nos registros dos processos de esterilização.

O roteiro de inspeção da ANVISA estabelece que unidades que utilizam sistemas informatizados para monitoramento das etapas de limpeza, desinfecção e esterilização possuem maior controle e eficiência operacional[9]. Além disso, a implementação de leitura óptica (QR Code e Códigos de barras) e sistemas de alerta melhoram significativamente a gestão do CME conforme a ilustração da figura 3, permitindo auditorias periódicas e ações corretivas em tempo hábil.

| Nível de Controle | Descrição | Conformidade com a RDC Nº 15/2012 |
|---|---|---|
| Ausência de Registro | O CME não realiza monitoramento das etapas de limpeza, desinfecção e esterilização. | Não conforme |
| Registro Parcial | Apenas parte das etapas são documentadas, geralmente apenas a esterilização. | Não conforme |
| Registro Manual Completo | Registros são realizados, mas não são arquivados por cinco anos. | Parcialmente conforme |
| Registro e Arquivamento Manual | O monitoramento das etapas é documentado e armazenado por, no mínimo, cinco anos. | Conforme |
| Registro Informatizado | O sistema digitaliza os registros e possibilita acesso rápido às informações. | Conforme e otimizado |
| Registro com Leitura Óptica e Alertas | O sistema digitaliza os registros e possibilita acesso rápido às informações. | Alta conformidade |
| Auditoria e Correção Automática | Auditorias periódicas garantem conformidade total e ações corretivas são registradas. | Melhor prática recomendada |

**Figura 3.** Níveis de registro e monitoramento do CME.

Fonte: Figura adaptada do Roteiro de Inspeção da ANVISA (2013).

### 2.4.1 SISTEMAS DE RASTREABILIDADE EXISTENTES

Existem diversas soluções tecnológicas disponíveis para auxiliar na rastreabilidade em CME. O sistema CMEXX[10] moderniza o funcionamento das centrais de material e esterilização, digitalizando processos e gerando relatórios que substituem atividades manuais por operações

[9] Roteiro Objetivo de Inspeção: CME Tipo II. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/roteiro-objetivo-de-inspecao-2013-cme-versao-1-3.pdf. Acesso em 12 fev. 2025.

[10] CMEXX SISTEMA DE GESTÃO DE CME, Disponível em: https://cmexx.com.br/. Acesso em 12 fev. 2025.

digitais. Já o Invision CME [11] permite a monitorização em tempo real dos processos de esterilização, garantindo transparência e conformidade com as regulamentações vigentes.

**Quadro 2.** Comparações entre os sistemas existentes.

| Funcionalidade | CMEXX | Invision Tech CME | CME Manager System |
|---|---|---|---|
| Rastreabilidade Digital | Sim. Oferece rastreabilidade completa dos artigos por meio de leitura digital, eliminando registro manuais. | Sim. Automatiza a colete de dados dos processamentos realizados, substituindo registros manuais por digitais. | Sim. Implementa rastreabilidade aprimorada utilizando tecnologia *blockchain*, garantindo integridade e imutabilidade dos registros. |
| Controle de Validade de Materiais | Sim. Facilita o controle de validade dos materiais na CME. | Sim. Permite o controle eficaz da validade de esterilização dos materiais no arsenal, evitando reprocessamento desnecessários. | Sim. Automatiza notificações de vencimento e utiliza contratos inteligentes para gestão proativa de materiais. |
| Controle de Inventário | Sim. Fornece visão detalhada da operação do inventário em tempo real. | Sim. Oferece gestão de inventário precisa e eficiente, com informações em tempo real sobre todos os materiais. | Sim. Integra controle de inventário com *blockchain* assegurando registros precisos e auditáveis. |
| Integração com Tecnologias de Identificação. | Sim. Utiliza leitura de microcódigos Datamatrix para identificação dos artigos. | Sim. Realiza leitura de QR Codes implantados em caixas e instrumentais cirúrgicos. | Sim. Suporta códigos de barras e QR Codes oferecendo flexibilidade na identificação dos materiais. |
| Gestão Automatizada de Relatórios | Sim. Gera relatórios gerenciais para apoio na gestão e tomada de decisões. | Sim. Converte dados coletados em indicadores estratégicos e operacionais disponíveis em tempo real. | Sim. Utiliza dashboards personalizados e relatórios em tempo real, facilitando auditorias e conformidade regulatória. |
| Conformidade com Normas Sanitárias | Sim. Desenvolvido para atender às normas regulamentadoras e auxiliar no processo de acreditação hospitalar. | Sim. Direciona fluxos de processamento conforme exigências da RDC 15, garantindo conformidade. | Sim. Alinha-se às regulamentações sanitárias, com registros imutáveis que facilitam auditorias. |
| Segurança dos Dados | Não especificado. | Sim. Coleta dados de forma digital, substituindo registros manuais e garantindo segurança da informação. | Sim. Implementa autenticação e armazenamento seguro dos dados em *blockchain*. |

[11] INVISION CME, Disponível em: https://invisiontech.com.br/cme/. Acesso em 12 fev. 2025.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tecnologia *Blockchain* | Não. | Não. | Sim. Utiliza Hyperledger Fabric para assegurar integridade e imutabilidade dos registros. |
| Controle de Acesso e Permissões. | Não especificado. | Não especificado. | Sim. Implementa controle de acesso baseado em permissões, garantindo que apenas usuários autorizados acessem informações sensíveis. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

# 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção, a seleção dos trabalhos foi pautada em critérios específicos, com o objetivo de validar a utilização da tecnologia blockchain para o problema da rastreabilidade. Diferentemente dos sistemas concorrentes de CME apresentados anteriormente, os estudos aqui destacados aplicam blockchain para assegurar a integridade e a rastreabilidade em setores análogos, reforçando assim as escolhas tecnológicas adotadas neste projeto.

É de suma importância citar trabalhos que utilizam a tecnologia semelhante em diferentes setores. A seguir, destacam-se alguns trabalhos correlatos:

eZTracker: Desenvolvido pela Zuellig Pharma, o eZTracker é uma solução baseada em *blockchain* que visa combater a falsificação de medicamentos, garantindo a segurança do paciente e a conformidade regulatória. Por meio de um aplicativo móvel, os consumidores podem verificar a autenticidade dos produtos farmacêuticos escaneando códigos QR nas embalagens, assegurando que os produtos sejam provenientes de distribuidora autorizados (Sim et al., 2022), (Zhu et al., 2023).

MedRec: É um sistema de gerenciamento de registros médicos eletrônicos (EMRs) que utiliza a tecnologia *blockchain* para aprimorar o acesso e a gestão de permissões de dados médicos, fornecendo aos pacientes acesso abrangente e imutável às suas informações médicas (Azaria et al., 2016).

O estudo de Vijayakumar et al. (2019) propõe a implementação do Hyperledger Fabric como solução para a criação de uma rede permissionada que assegura o controle de acesso aos

registros médicos. A pesquisa destaca a adoção de contratos inteligentes para automatizar permissões e políticas de compartilhamento de dados.

A pesquisa de Wang et al. (2022) aborda a gestão segura de dados médicos e a predição de doenças utilizando *blockchain*. O estudo sugere um modelo descentralizado para armazenamento e compartilhamento de informações médicas, garantindo integridade, segurança e privacidade dos dados A abordagem melhora a rastreabilidade de registros clínicos e possibilita a análise preditiva de doenças por meio de aprendizado de máquina.

A rastreabilidade de produtos alimentares permite a identificação rápida de fontes de problemas, melhorando a transparência e assegurando a qualidade dos suprimentos alimentares. Neste setor também é utilizada a tecnologia *blockchain* para rastrear os produtos dede sua origem até o consumidor final (Aparadh et al., 2023) (Li et al.,2022).

# 4 SOLUÇÃO PROPOSTA

A necessidade de um sistema informatizado para rastreabilidade de materiais hospitalares motivou o desenvolvimento do CME Manager System, um sistema web que visa otimizar a gestão e rastreamento de instrumentais processados nos Centros de Material e Esterilização de Classe II. A solução foi projetada para garantir eficiência e conformidade com as regulamentações sanitárias estabelecidas.

Nesta seção, serão detalhados os requisitos funcionais, casos de uso, tecnologias que serão utilizadas e arquitetura do sistema, além da apresentação das telas do sistema para uma melhor visualização da interface e funcionalidade.

## 4.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

De acordo com Pressman (2011), os requisitos funcionais especificam as funções que o software deve executar, descrevendo os serviços que o sistema deve fornecer, como ele deve reagir a entradas específicas e como deve se comportar em determinadas situações. Esses requisitos definem o comportamento do sistema sob diversas condições.

O sistema deve oferecer funcionalidades que garantam segurança, confiabilidade e acessibilidade permitindo o monitoramento de todas as etapas do ciclo de esterilização e a facilitação de auditorias.

Os requisitos funcionais definidos para o CME Manager System são:

- **Cadastro de Materiais (RF1):** O sistema deve permitir o registro de novos materiais hospitalares, assegurando que cada item seja identificado e rastreável. Cada material deve ser associado a um código único, possibilitando edição, exclusão e categorização dos insumos conforme sua criticidade;
- **Registro das Etapas do CME (RF2):** O sistema deve documentar digitalmente cada etapa do processamento dos materiais, incluindo recebimento, limpeza, desinfecção, preparo, esterilização, armazenamento e distribuição. Cada registro deve conter data, hora, responsável e status do material;
- **Monitoramento da Rastreabilidade (RF3):** O sistema deve permitir a consulta ao histórico completo de um material, possibilitando filtros por data, lote, tipo de material e status da esterilização. Todos os registros serão armazenados de forma imutável e auditável na *blockchain* Hyperledger Fabric;
- **Integração de Código de Barras e QR Code (RF4):** O sistema deve permitir a leitura óptica de código de barras e QR Codes, para rápida identificação dos materiais. Deve ser possível gerar e imprimir etiquetas contendo informações de rastreabilidade;
- **Controle de Acesso e Permissões (RF5):** O sistema deve garantir segurança no acesso aos dados por meio do login e senha criptografados, além de permitir a gestão de permissões baseadas em perfis de usuário (administrador, técnico do CME e auditor);
- **Geração de Relatórios para Auditoria (RF6):** O sistema deve gerar relatórios detalhados sobre a rastreabilidade dos materiais, possibilitando exportação em *Portable Document Format* (PDF) e *Comma-separated values* (CSV);
- **Registro Seguro e Imutável dos Processos (RF7):** Todas as operações do sistema devem ser registradas no aplicativo, garantindo que os dados não possam ser alterados ou excluídos de maneira fraudulenta. Esse recurso permitirá auditorias mais eficientes e garantirá a integridade dos registros hospitalares.

## 4.2 CASOS DE USO

Os casos de uso (do inglês: *use cases* - UC) são uma técnica fundamental na engenharia de software para capturar os requisitos funcionais de um sistema. Eles descrevem, de maneira textual ou diagramática, as interações entre os atores (usuários ou outros sistemas) e o sistema em desenvolvimento, visando alcançar objetivos específicos. Cada caso de uso detalha uma sequência de ações que o sistema executa em resposta às solicitações dos atores, proporcionando uma visão clara das funcionalidades esperadas e servindo como base para o desenvolvimento e a validação do sistema (JACOBSON et al., 1999).

### 4.2.1 ATORES DO SISTEMA

Os usuários do sistema são classificados em três perfis distintos, cada um com permissões especificas, são eles:

- **Administrador:** Responsável pelo gerenciamento do sistema, podendo cadastrar materiais, definir permissões e acessar relatórios detalhados;
- **Técnico do CME:** Atua diretamente no processamento dos materiais, registrando as etapas de esterilização e monitorando a rastreabilidade dos insumos;
- **Auditor:** Possui acesso restrito para consultar relatórios e verificar registro de rastreabilidade, garantindo a conformidade do sistema com as exigências regulatórias.

### 4.2.2 DESCRIÇÃO DOS CASOS DE USO

**Quadro 3**. Caso de Uso: Cadastrar materiais.

| | |
|---|---|
| ID | UC_01 |
| Nome | Cadastrar materiais |
| Atores | Administrador |
| Descrição | Permite que o administrador cadastre novos materiais hospitalares no sistema, garantindo sua rastreabilidade. |
| Pré-condição | O administrador deve estar autenticado no sistema. |
| Fluxo Principal | 1. O administrador acessa a tela de cadastro de materiais.<br>2. Preenche os dados do material.<br>3. Confirma a inserção dos dados.<br>4. O sistema registra o material e gera um código único de rastreabilidade. |
| Pós-condição | O material fica registrado e disponível para rastreamento no sistema. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

**Quadro 4.** Caso de Uso: Registrar processamento de materiais.

| | |
|---|---|
| ID | UC_02 |
| Nome | Registrar processamento dos materiais |
| Atores | Técnico do CME |

| | |
|---|---|
| Descrição | Permite o registro das etapas do processamento dos materiais. |
| Pré-condição | O técnico do CME deve estar autenticado e o material deve estar cadastrado no sistema. |
| Fluxo Principal | 1. O técnico acessa a tela de registro de processamento.<br>2. Seleciona o material hospitalar.<br>3. Escolhe a etapa do processamento (limpeza, desinfecção, embalagem, esterilização e armazenamento).<br>4. Insere as informações sobre o processamento (data, horário, responsável).<br>5. O sistema armazena o registro na *blockchain*.<br>6. O status do material é atualizado e disponibilizado para consulta. |
| Pós-condição | O processamento do material fica registrado de forma imutável na *blockchain* e pode ser consultado posteriormente. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

**Quadro 5.** Caso de Uso: Consultar histórico de rastreabilidade.

| | |
|---|---|
| ID | UC_03 |
| Nome | Consultar histórico de rastreabilidade |
| Atores | Técnico do CME, Auditor |
| Descrição | Permite a consulta do histórico complexo de um material processado no CME. |
| Pré-condição | O usuário deve estar autenticado no sistema e ter permissão para acessar os registros. |
| Fluxo Principal | 1. O usuário acessa a tela de rastreabilidade.<br>2. Insere filtros de busca (data, lote, tipo de material e status).<br>3. O sistema exibe todas as informações associadas ao material, incluindo as etapas de processamento.<br>4. Se necessário, o usuário pode exportar os dados para auditoria. |
| Pós-condição | O usuário acessa as informações detalhadas do processamento dos materiais para rastreabilidade e auditoria. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

**Quadro 6.** Caso de Uso: Gerar relatórios de auditoria.

| | |
|---|---|
| ID | UC_04 |
| Nome | Gerar histórico de auditoria |
| Atores | Administrador, Auditor |

| | |
|---|---|
| Descrição | Gera relatórios detalhados para auditorias e inspeções sanitárias. |
| Pré-condição | O usuário deve estar autenticado no sistema e ter permissão para acessar os relatórios. |
| Fluxo Principal | 1. O usuário acessa a área de relatórios.<br>2. Define os filtros para o documento (período, tipo de material, status).<br>3. O sistema gera um relatório automatizado em PDF ou CSV.<br>4. O usuário pode visualizar, imprimir ou exportar o relatório. |
| Pós-condição | O relatório e gerado e pode ser utilizado para auditorias internas ou inspeções regulatórias. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

**Quadro 7.** Caso de Uso: Identificar materiais via código de barras/QR Code.

| | |
|---|---|
| ID | UC_05 |
| Nome | Identificar materiais via código de barras/QR Code |
| Atores | Técnico do CME |
| Descrição | Permite a rápida identificação dos materiais processados por meio de código de barras ou QR Code. |
| Pré-condição | O material deve estar previamente cadastrado no sistema. |
| Fluxo Principal | 1. O técnico utiliza um leitor de código de barras ou QR Code para escanear um material.<br>2. O sistema exibe todas as informações associadas ao item.<br>3. O usuário pode atualizar o status do material diretamente pela interface. |
| Pós-condição | O material é identificado e pode ser atualizado ao sistema. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

**Quadro 8.** Caso de Uso: Registro Imutável na *Blockchain*.

| | |
|---|---|
| ID | UC_06 |
| Nome | Registro Imutável na *Blockchain* |
| Atores | Sistema (Processo Automatizado) |
| Descrição | Garante a segurança e integridade dos registros hospitalares utilizando a *blockchain*. |
| Pré-condição | O sistema deve estar integrado à *blockchain*. |

| | |
|---|---|
| Fluxo Principal | 1. Sempre que um usuário realiza uma ação no sistema, os dados são enviados para a blockchain.<br>2. O sistema gera um *hash* único e imutável para garantir a segurança dos registros.<br>3. Os dados armazenados na blockchain não podem ser alterados ou manipulados indevidamente.<br>4. Os registros podem ser acessados posteriormente para auditoria. |
| Pós-condição | Todas as operações ficam armazenadas de forma segura e auditável na *blockchain*. |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

## 4.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Nesta seção são apresentadas as tecnologias utilizadas no desenvolvimento da aplicação, organizadas para facilitar a compreensão, foram definidas tecnológicas modernas que garantem eficiência, escalabilidade e segurança.

### 4.3.1 TYPESCRIPT

O TypeScript [12] foi escolhido como linguagem principal para o desenvolvimento do sistema, devido à sua capacidade de oferecer tipagem estática e melhor estruturação do código no desenvolvimento. Desenvolvido pela Microsoft, o TypeScript é um superconjunto do JavaScript que adiciona recursos avançados, como verificação de tipos em tempo de compilação, interfaces, classes e suporte à programação orientada a objetos.

A principal vantagem do TypeScript em relação ao JavaScript puro é a redução de erros durante a execução, a tipagem estática evita inconsistências que podem causar falhas no sistema. Além disso, o TypeScript melhora a manutenção do código ao proporcionar um ambiente de desenvolvimento mais estruturado. Sua integração com o React.js[13], Node.js[14] e o Prisma *Object-Relational Mapping* (ORM)[15] permite a criação de uma base de código consistente e escalável.

### 4.3.2 REACT.JS

O React.js foi selecionado para o desenvolvimento do sistema devido à sua capacidade de criar interfaces do usuário eficientes e interativas. Desenvolvido pelo Facebook[16] em 2013, o React

[12] TypeScript, Disponível em: https://www.typescriptlang.org/pt/. Acessado em 13 fev. 2025.
[13] React.js, Disponível em: https://react.dev/. Acessado em 13 fev. 2025.
[14] Node.js, Disponível em: https://nodejs.org/pt. Acessado em 13 fev. 2025.
[15] Prisma ORM, Disponível em: https://www.prisma.io/orm. Acessado em 13 fev. 2025.
[16] Comunidade de desenvolvedores e empresas, atual Meta. Disponível em: https://www.meta.com/. Acessado em 21 fev. 2025.

é uma biblioteca JavaScript de código aberto que facilita a construção de componentes reutilizáveis, permitindo a criação de interfaces complexas.

Uma das principais vantagens do React é sua arquitetura baseada em componentes. Cada componente é uma unidade independente, que gerencia seu próprio estado e pode ser combinada para formar interfaces mais complexas. Essa abordagem modular promove a reutilização de código e simplifica a manutenção e evolução da aplicação.

A sintaxe do React incorpora JavaScript XML (JSX)[17], que permite escrever elementos *Hypertext Markup Language* (HTML) dentro do JavaScript. Essa combinação torna o código mais legível e expressivo, facilitando o desenvolvimento e a compreensão da estrutura da interface.

Outro recurso fundamental adotado no desenvolvimento no sistema é o React Router DOM[18], uma biblioteca que facilita o gerenciamento de rotas em sistemas baseados no React. Essa tecnologia permite a navegação entre página de maneira dinâmica, sem recarregamento complexo da aplicação melhorando a experiência do usuário.

### 4.3.3 TAILWIND CSS[19]

A escolha dessa tecnologia para o desenvolvimento do sistema foi devido a sua abordagem inovadora e eficiente na esterilização de interfaces web. Diferentemente de *frameworks* tradicionais, o Tailwind adota uma filosofia *utility-first*, fornecendo classes utilitárias de baixo nível, que permitem a construção de designs personalizados diretamente no HTML, sem a necessidade de escrever um *Cascading Style Sheets* (CSS) adicional.

A principal vantagem em utilizar esse *framework* é a agilidade no desenvolvimento. Ao utilizar classes pré-definidas, facilita a aplicação de estilos rapidamente aos elementos, reduzindo o tempo gasto. Essa abordagem acelera o processo de prototipagem e implementação, permitindo respostas mais rápidas às demandas do projeto.

### 4.3.4 NODE.JS

O Node.js foi selecionado devido à sua capacidade de executar código JavaScript no lado do servidor, proporcionando uma plataforma unificada para o desenvolvimento *full-stack*. Trata-se de um ambiente de execução de JavaScript assíncrono e orientado a eventos, projetado para criar aplicações escaláveis e de alto desempenho. Sua arquitetura não bloqueante permite que o

[17] JSX, Disponível em: https://pt-br.react.dev/learn/writing-markup-with-jsx. Acessado em 21 fev. 2025.
[18] React Router DOM Disponível em: https://www.npmjs.com/package/react-router-dom. Acessado em 21 fev. 2025.
[19] Tailwind CSS, Disponível em: https://tailwindcss.com/. Acessado em 21 fev. 2025.

Node.js gerencie um grande número de conexões simultâneas com eficiência, tornando-o ideal para aplicações que exigem alta escalabilidade e desempenho.

Além disso, essa tecnologia possui um ecossistema robusto de módulos e bibliotecas, facilitando a implementação de diversas funcionalidades sem a necessidade de desenvolver tudo do zero. A presença do Node Package Manager (NPM)[20] permite a fácil integração de pacotes adicionais, ampliando as capacidades da aplicação de forma modular e eficiente.

### 4.3.5 EXPRESS.JS[21]

Trata-se de um *framework* web minimalista e flexível para Node.js que facilita a criação de APIs *Representational State Transfer* (RESTful), fornecendo um conjunto robusto de recursos para desenvolvimento de aplicações web e móveis.

Uma das principais vantagens do Express.js é seu sistema de roteamento robusto, que permite definir manipuladores para diversas rotas Hypertext Transfer Protocol (HTTP), facilitando a organização e manutenção do código. Além disso, o *framework* oferece uma variedade de métodos utilitários HTTP e *middleware*, simplificando tarefas comuns no desenvolvimento web, como manipulação de requisições e respostas, gerenciamento de *cookies* e sessões, e integração com diferentes mecanismos de visualização.

### 4.3.6 HYPERLEDGER FABRIC

A implementação de uma *blockchain* justifica-se pela necessidade de garantir segurança, rastreabilidade e confiabilidade na gestão dos processos do CME. Como uma framework *blockchain* de nível empresarial, desenvolvida pela Linux Foundation, oferece um ambiente altamente escalável e configurável, adequado para aplicações que exigem privacidade, integridade e imutabilidade dos registros.

Diferentemente de *blockchain* pública, como Bitcoin[22] e Ethereum[23], o Hyperledger Fabric utiliza redes permissionadas que são sistemas de *blockchain* onde o acesso e a participação são restritos a entidades previamente autorizadas. Diferentemente das *blockchains* públicas, que permitem a participação anônima de qualquer indivíduo, as redes permissionadas exigem que os participantes sejam identificados e autorizados garantindo maior controle e segurança nas

[20] Npm Package Manager, Disponível em: https://nodejs.org/en/learn/getting-started/an-introduction-to-the-npm-package-manager. Acessado em 21 fev. 2025.
[21] Express, Disponível em: https://expressjs.com/pt-br/. Acessado em 21 fev. 2025.
[22] NAKAMOTO, S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008. Disponível em: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf. Acessado em: 21 fev. 2025.
[23] BUTERIN, V. Ethereum Whitepaper: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. 2015. Disponível em: https://ethereum.org/en/whitepaper/. Acesso em: 21 fev. 2025.

transações[24]. Essa característica é essencial para ambientes regulados, como o setor hospitalar, onde a integridade dos registros é fundamental para auditorias e conformidade com normas sanitárias.

Além disso, o Hyperledger Fabric adota uma abordagem modular e escalável, permitindo a personalização de componentes críticos, como consenso, identidade e controle de acesso. Esse modelo possibilita que cada aplicação defina suas próprias regras de governança, tornando os sistemas mais flexíveis e adaptáveis às necessidades operacionais.

Atualmente o Hyperledger Fabric oferece um serviço de ordenação baseado no protocolo Raft, utilizando a biblioteca etcd[25]. O raft é um protocolo de consenso baseado em líder e seguidores, onde um nó líder coordena a replicação de transações para os demais participantes[26].

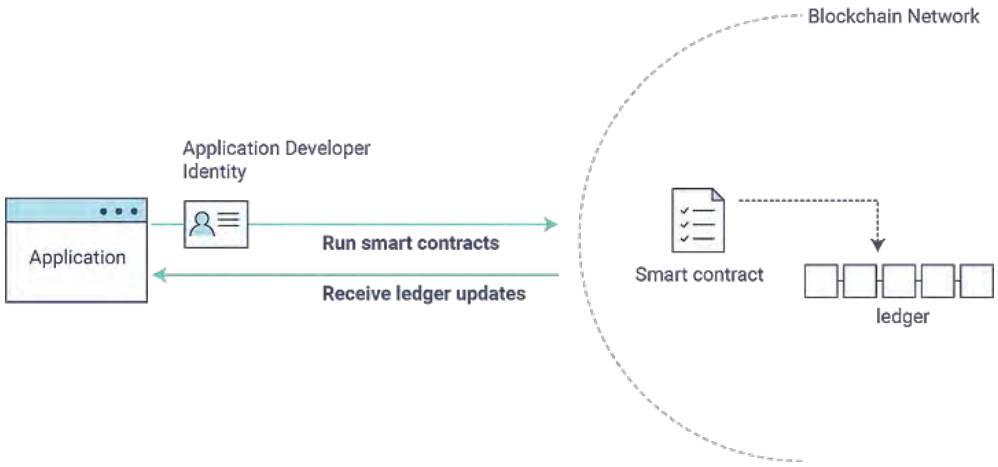


**Figura 4.** Exemplo como um aplicativo se integra a uma rede blockchain por meio de contratos inteligentes.

Fonte: Hyperledger Fabric (2025)

### 4.3.7 POSTGRESQL[27]

O PostreSQL foi definido como o sistema de gerenciamento de banco de dados, pois trata-se de um banco de dados objeto-relacional, reconhecido por sua capacidade de lidar com cargas de trabalho complexas e suporta uma ampla variedade de tipos de dados, incluindo JavaScript

[24] HYPERLEDGER FABRIC. O que é Hyperledger Fabric?. 2024. Disponível em: https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/pt/latest/whatis.html. Acesso em: 17 fev. 2025.
[25] CNCF - Cloud Native Computing Foundation. etcd - A Distributed, Reliable Key-Value Store for Critical Data. 2024. Disponível em: https://etcd.io. Acesso em: 17 fev. 2025.
[26] HYPERLEDGER FABRIC. Ordering Service. 2024. Disponível em: https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/pt/latest/orderer/ordering_service.html. Acesso em: 21 fev. 2025.

[27] POSTGRESQL. The World's Most Advanced Open Source Relational Database. 2024. Disponível em: https://www.postgresql.org/. Acesso em: 17 fev. 2025.

Object Notation (JSON) para dados não estruturados, e possui recursos avançados como controle de concorrência multiversão (Do inglês Multiversion Concurrency Control - MVCC), que permite transações simultâneas sem bloqueio, garantindo integridade e desempenho.

### 4.3.8 PRISMA ORM

Para facilitar a interação entre o CME Manager System e o banco de dados PostgreSQL, foi adotado o Prisma ORM como camada de mapeamento objeto-relacional. O Prisma oferece uma interface intuitiva e tipada para manipulação de dados, integrando-se perfeitamente com o TypeScript utilizado. Entre suas funcionalidades destacam-se a geração automática de migrações de esquema, garantindo que alterações no modelo de dados sejam refletidas no banco de dados de forma segura e controlada.

### 4.3.9 AUTENTICAÇÃO JSON WEB TOKEN (JWT)[28]

Esse modelo de autenticação foi definido para assegurar a transmissão segura de informações entre as partes envolvidas no processamento de matérias hospitalares. O JWT é um padrão aberto (RFC 7519)[29] que define uma forma compacta e autônoma de transmitir dados como objetos JSON, os quais podem ser verificados e confiáveis por serem assinados digitalmente.

## 5 TELAS DO SISTEMA

A seguir apresenta-se as telas principais do sistema e a descrição de cada uma delas. As demais telas podem ser encontradas no Apêndice B.

### 5.1 LOGIN

A figura 5 mostra a tela de login, que controla o acesso por meio de autenticação JWT, validando credenciais e atribuições de perfil (ADMIN, TECH ou AUDITOR).

[28] JWT.IO. JSON Web Tokens - Introduction. 2024. Disponível em: https://jwt.io/. Acesso em: 17 fev. 2025.
[29] JONES, M.; HARDT, D. JSON Web Token (JWT) - RFC 7519. Internet Engineering Task Force (IETF), 2015. Disponível em: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7519. Acesso em: 17 fev. 2025.

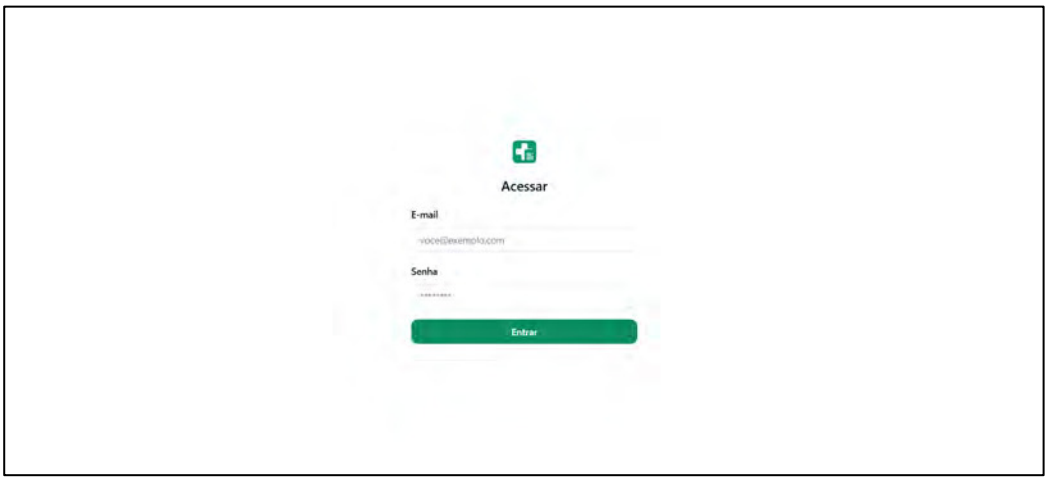


**Figura 5.** Tela de login.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

## 5.2 DASHBOARD

A figura 6 mostra a tela dashboard, a qual oferece uma visão executiva do processo de reprocessamento nos últimos 7, 14 ou 30 dias. Os principais indicadores resumem materiais e lotes cadastrados, volume de reprocessamentos (total e últimas 24h), eventos, além do tempo decorrido desde o último registro.

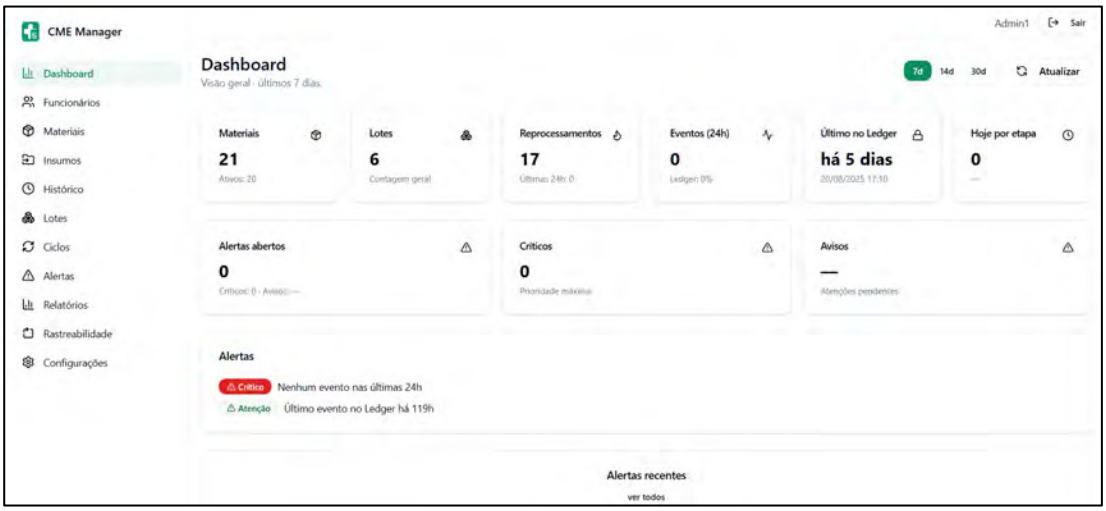


**Figura 6.** Tela de Dashboard.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

## 5.3 MATERIAIS

A figura 7 mostra a tela de materiais, a qual centraliza os materiais cadastrados que podem ter seu histórico básico acessado. A listagem de materiais oferece busca, paginação e ações de edição/remoção, e a rastreabilidade do arsenal de instrumentais.

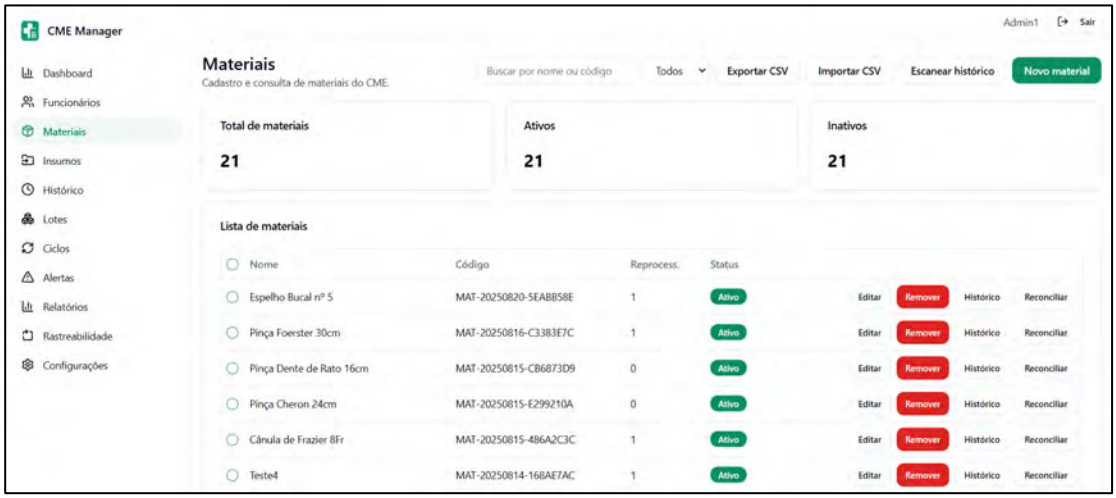


**Figura 7.** Tela Materiais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

## 5.4 FUNCIONÁRIOS

A figura 8 mostra a tela de funcionários, que disciplina o controle de acesso e a segregação de funções. Nela é possível cadastrar usuários, definir ou alterar papéis (ADMIN, TECH, AUDITOR), ativar/inativar contas e revisar dados cadastrais essenciais.

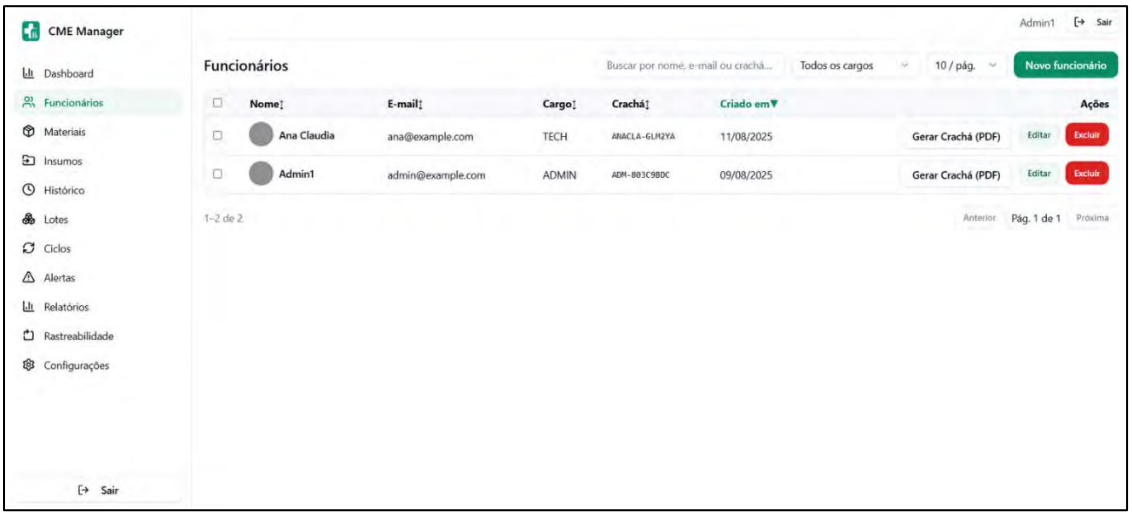


**Figura 8.** Tela Funcionários.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

## 5.5 HISTÓRICO

A figura 9 mostra a tela de histórico, que apresenta a trilha cronológica de eventos vinculados a um material específico, incluindo etapa (Recebimento, Lavagem, Desinfecção, Esterilização, Armazenamento), data/hora, origem (Ledger ou DB), operador e identificadores de transação quando ancorados no livro distribuído.

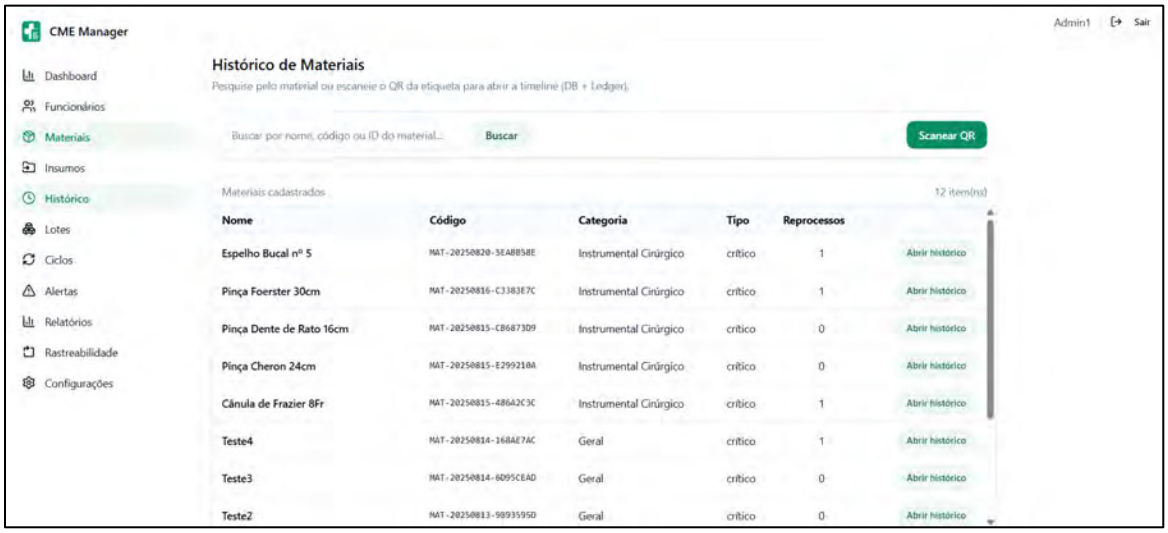


**Figura 9.** Tela Histórico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

## 5.6 CICLOS

A figura 10 mostra a tela de ciclos, que organiza o fluxo operacional por material e por lote, exibindo a etapa atual, responsável. A listagem permite busca por material/lote/responsável, ordenação segura e paginação.

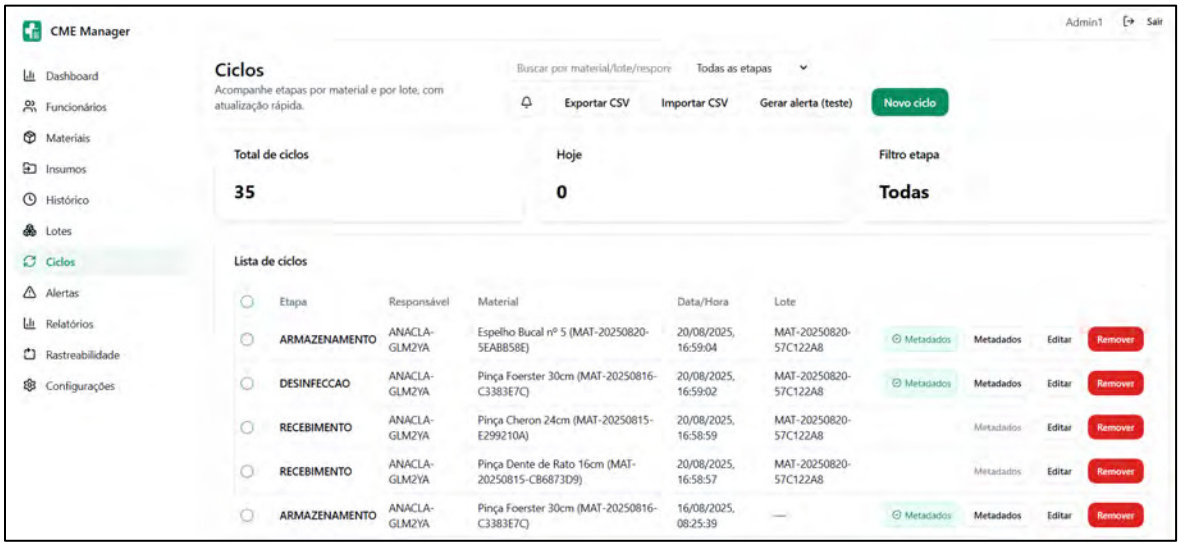


**Figura 10.** Tela Ciclos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho propõe um sistema informatizado baseado em *blockchain* com Hyperledger Fabric, garantindo que todas as etapas do processamento de materiais hospitalares sejam registradas de forma imutável e auditável. Além disso, a integração com código de barras e QR Codes permite uma identificação ágil e precisa dos materiais esterilizados, reduzindo o tempo gasto no monitoramento e controle do ciclo de esterilização.

Outra melhoria é a automação e geração de relatórios e estatísticas representa outro avanço significativo, permitido que gestores hospitalares tomem decisões embasadas em dados concretos. O aprimoramento no controle de estoque evita desperdícios e garante que os instrumentais estejam disponíveis quando necessários, otimizando os processos de reposição. Além disso, a conformidade com os requisitos exigidos por auditorias e inspeções sanitárias é facilitada, uma vez que os registros ficam disponíveis para consulta imediata e sem risco de manipulação indevida.

O impacto social da implementação desse sistema é significativo, pois melhora a segurança do paciente, reduzindo riscos de contaminação por materiais mal processados. Além disso, a digitalização dos processos contribui para uma gestão hospitalar mais eficiente e sustentável, reduzindo o uso de papel e promovendo uma administração ágil e organizada. A transparência proporcionada pela tecnologia blockchain fortalece a confiança entre os profissionais de saúde, instituições hospitalares e órgãos reguladores, tornando os processos confiáveis e auditáveis.

Com base nos resultados alcançados, este trabalho evidencia que a adoção de blockchain para rastreabilidade hospitalar é uma alternativa viável e eficaz para garantir segurança, conformidade regulatória e eficiência operacional. A tecnologia aplicada possibilita a modernização do setor da saúde, contribuindo para um ambiente hospitalar mais seguro e organizado.

## 7 TRABALHOS FUTUROS

A implementação do CME Manager System no gerenciamento de rastreabilidade hospitalar apresenta um cenário promissor, com pesquisas contínuas focada em escalabilidade, interoperabilidade e eficiência operacional. O avanço das tecnologias emergentes e o desenvolvimento de padrões globais podem contribuir significativamente para a ampliação do impacto da solução proposta. A combinação do CME Manager System com Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA) pode aprimorar a colete de dados e a análise preditiva, melhorando a resiliência da cadeia de suprimentos (Li et al., 2022) (KUMARI: SAINI, 2020).

## REFERÊNCIAS

JACOBSON, I.; BOOCH, G.; RUMBAUGH, J. The Unified Software Development Process. Reading: Addison-Wesley, 1999.

PRESSMAN, R. S. Engenharia de Software. 7ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

SIM, C.; ZHANG, H.; CHANG, M. L. Improving End-to-End Traceability and Pharma Supply Chain Resilience using Blockchain. Blockchain in healthcare today, [s. l.], v. 5, 2022. Disponível em: https://blockchainhealthcaretoday.com/index.php/journal/article/download/231/383.

ZHU, C.; CHEN, R.; ZHU, Y. Research on Drug Traceability System Based on Blockchain Technology. Applied and Computational Engineering, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 302–310, 2023. Disponível em: https://www.ewadirect.com/proceedings/ace/article/view/2520?keyword=Research%7con%7cDrug%7cTraceability%7cSystem%7cBased%7con%7cBlockchain.

APARADH, C.; BARHAIYYA, N.; CHAUDHARY, H.; KOKATE, P.; ALTE, B. Exploring the Role of Blockchain in Enhancing Supply Chain Traceability and Transparency. [*s. l.*], p. 1–7, 2023.

LI, L.; QU, H.; WANG, H.; WANG, J.; WANG, B.; WANG, W.; XU, J.; WANG, Z. A Blockchain-Based Product Traceability System with Off-Chain EPCIS and IoT Device

Authentication. **Sensors**, [*s. l.*], v. 22, n. 22, p. 8680, 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/1424-8220/22/22/8680/pdf?version=1668075316.

KUMARI, K.; SAINI, K. Data Handling & Drug Traceability: Blockchain Meets Healthcare To Combat Counterfeit Drugs. International Journal of Scientific & Technology Research, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 728–731, 2020. Disponível em: https://www.ijstr.org/final-print/mar2020/Data-Handling-Drug-Traceability-Blockchain-Meets-Healthcare-To-Combat-Counterfeit-Drugs.pdf.

IBARRA, D. S.; LONG, F.; ZHU, J.; CHEN, J. Blockchain application to the processes in material design, production, distribution, and disposal: A survey. **Journal of Industrial Information Integration**, [*s. l.*], v. 41, p. 100638, 2024.

DUTTA, P.; CHOI, T.-M.; SOMANI, S.; BUTALA, R. Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. **Transportation Research Part E-logistics and Transportation Review**, [*s. l.*], v. 142, p. 102067, 2020. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7522652/.

KRAWIEC, P.; LATOSZEK, W.; MONGAY BATALLA, J.; BAJENARU, L.; DOBRE, C. Using blockchain to improve data management in the vINCI Platform. [*s. l.*], p. 613–618, 2023.

COSTA, T. M. T.; VIEIRA, A.; SILVA, K. R. da; ROQUINI, G. R.; SILVA, P. L. Análise da implementação de um sistema de rastreabilidade informatizado em um centro de material e esterilização hospitalar. **Contribuciones a las ciencias sociales**, [*s. l.*], v. 17, n. 12, p. e12403, 2024.

ARAÚJO, L. C. S. de; PORTUGAL, W. M.; SILVA, E. W. da; SILVA, R. L. B. A.; PEREIRA, V. G.; SILVA, A. C. R. da; LUCENA, J. R. J.; LUCENA, J. R. J.; VALENÇA, C. S. A. de A.; RAMALHO, C. L. de S.; NEVES, G. B. C. Impacto dos centros de material e esterilização na segurança e qualidade dos serviços de saúde. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, [*s. l.*], v. 5, n. 4, p. 42–57, 2023. Disponível em: https://bjihs.emnuvens.com.br/bjihs/article/download/359/457.

TYAGI, I.; GUPTA, R.; UPADHYAY, D.; DUBEY, A. K. Blockchain - A Secure and Transparent Solution to Detect Counterfeit Products. *Em*: [*S. l.*]: Springer Science+Business Media, 2024. p. 44–53.

VASCONSCELOS, Gabriel Henrique et al. Fatores que influenciam o processo de rastreabilidade no centro de materiais e esterilização. Enfermagem em Foco, v. 12, n. 5, 2021. Disponível em: http://revista.cofen.gov.br/index.php/enfermagem/article/view/4448.

AZARIA, A.; EKBLAW, A.; VIEIRA, T.; LIPPMAN, A. MedRec: Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management. [*s. l.*], p. 25–30, 2016. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/7573685/.

VIJAYAKUMAR, V.; SABARIVELAN, K. M.; TAMIZHSELVAN, J.; RANJITH, B.; VARUNKUMAR, B. Utlization of Blockchain in Medical Healthcare Record using Hyperledger Fabric. [s. l.], v. 7, n. 4, p. 414–419, 2019.

WANG, M.; ZHANG, H.; WU, H.; LI, G.; GAI, K. Blockchain-based Secure Medical Data Management and Disease Prediction. International Symposium on Blockchain and Secure Critical Infrastructure, [s. l.], 2022.

LOBACHEV, E.; MAHMOUD, M. N.; PATOOGHY, A. Blockchain-based Smart Supply Chain Management. **International Conferences on Dependable Systems and Their Applications**, [*s. l.*], p. 203–208, 2022.

MISHRA, Ayaskanta et al. Design and deployment of iot enabled blockchain based resilient supply-chain management system using ethereum. International Journal of Computing and Digital Systems, v. 12, n. 1, p. 1029-1050, 2022.

ANDROULAKI, E.; BARGER, A.; BORTNIKOV, V.; CACHIN, C.; CHRISTIDIS, K.; DE CARO, A.; ENYEART, D. M.; FERRIS, C.; LAVENTMAN, G.; MANEVICH, Y.; MURALIDHARAN, S.; MURTHY, C.; NGUYEN, B.; SETHI, M.; SINGH, G.; SMITH, K.; SORNIOTTI, A.; STATHAKOPOULOU, C.; VUKOLIC, M.; WEED COCCO, S.; YELLICK, J. Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains. [s. l.], 2018. Disponível em: https://arxiv.org/abs/1801.10228v1.

OKANO, T.; KOJIMA, H.; YANAI, N.; TSUCHIYA, T. Implementing Access Control in Chaincodes on Hyperledger Fabric with Attribute-Based Encryption. [*s. l.*], p. 193–196, 2022.

HE, X.; GAMBLE, R. F.; PAPA, M. A Smart Contract Grammar to Protect IoT Firmware Updates using Hyperledger Fabric. **IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference**, [*s. l.*], 2019.

# APÊNDICE A – TELAS DO SISTEMA

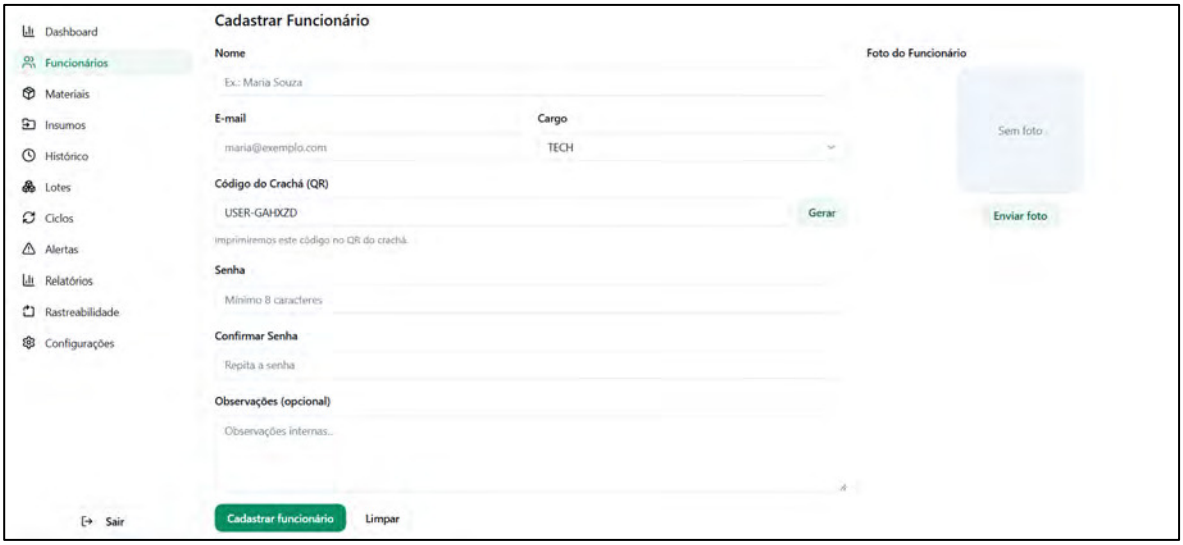


**Figura 11.** Tela cadastrar funcionário.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

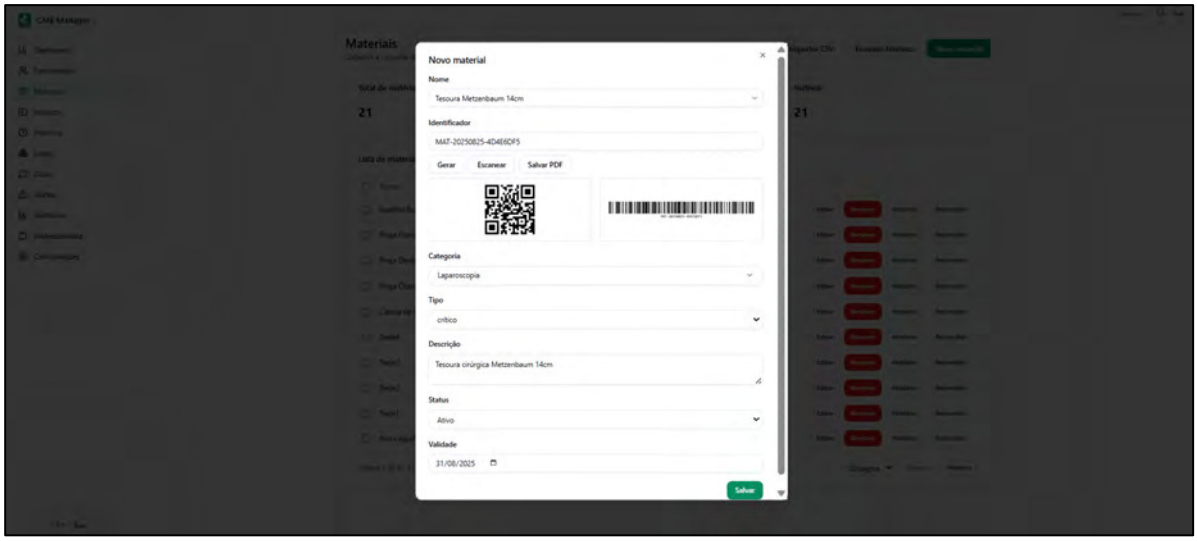


**Figura 12.** Tela novo material.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

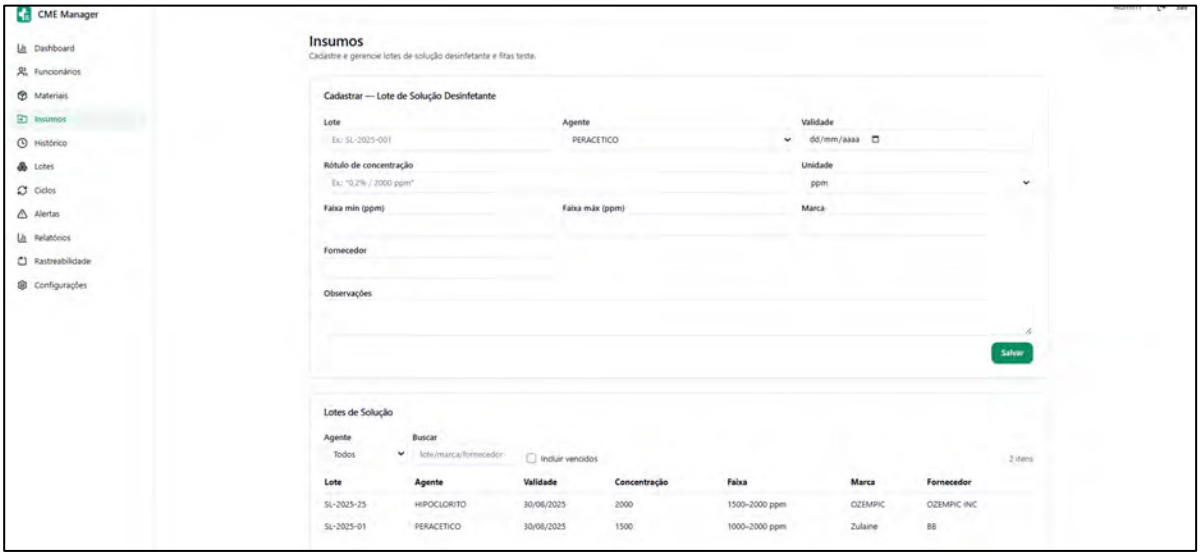


**Figura 13.** Tela insumos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

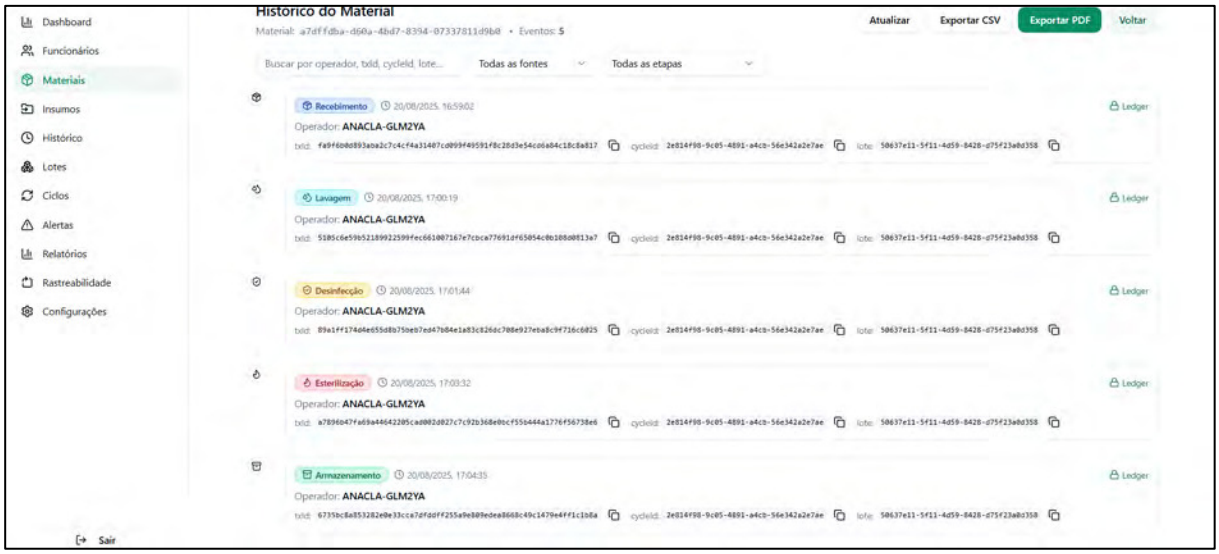


**Figura 14.** Histórico de material.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

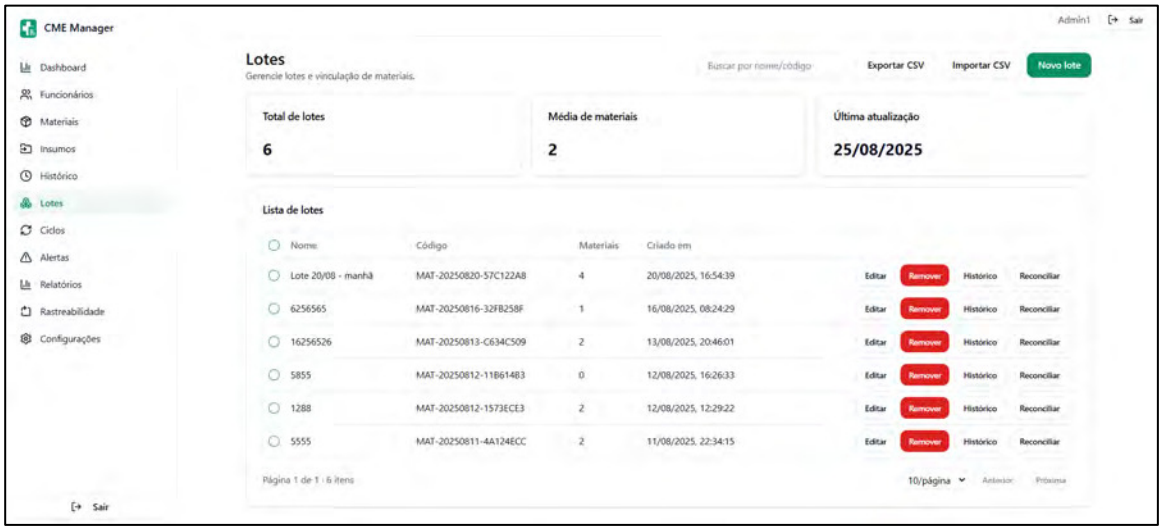


**Figura 15.** Lotes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

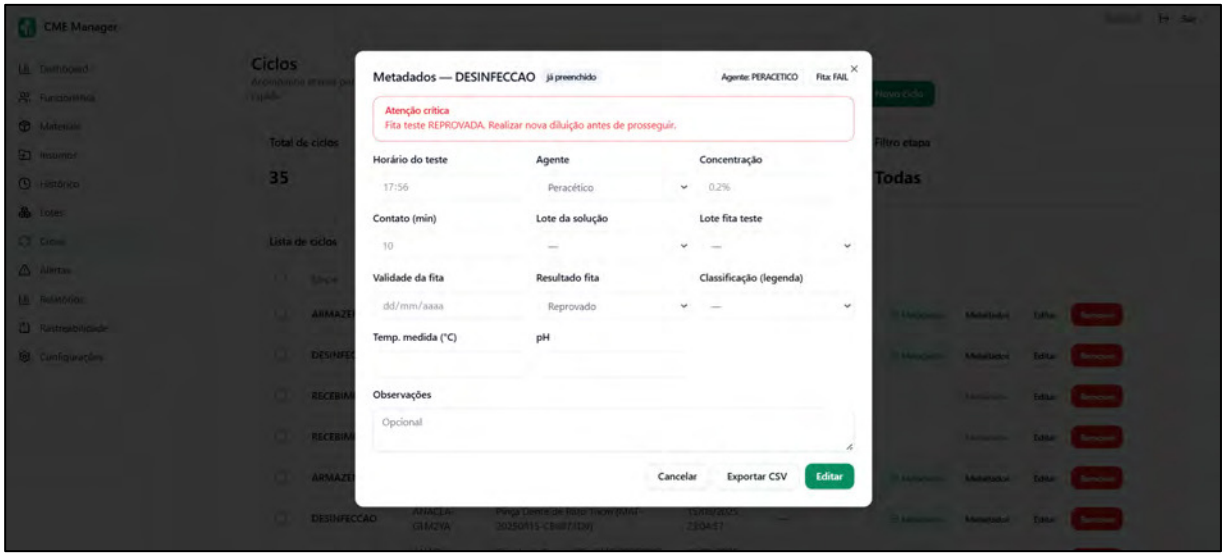


**Figura 16.** Tela metadados.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

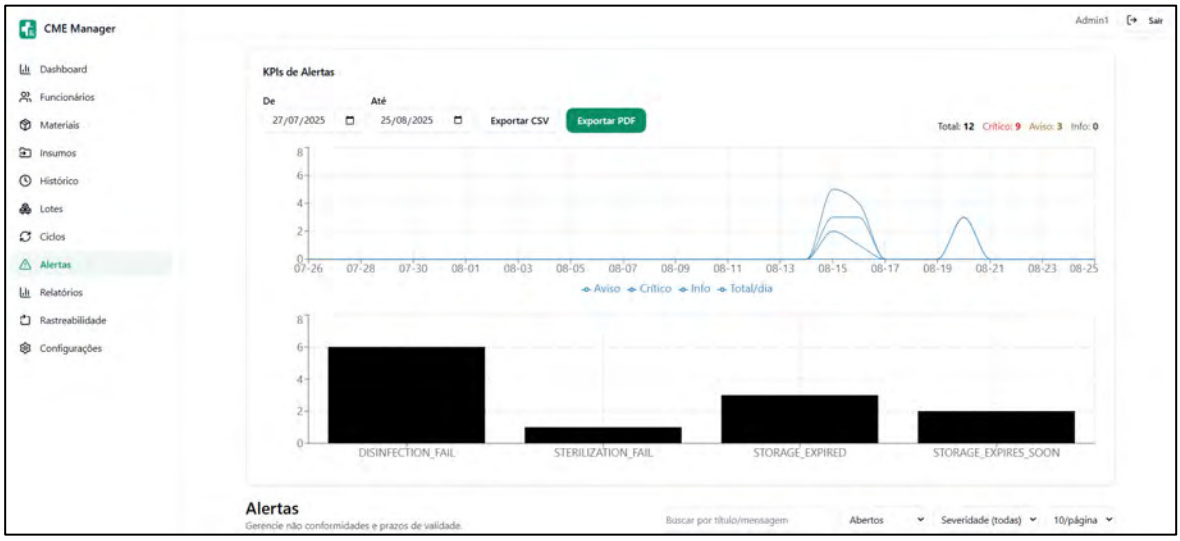


**Figura 17.** Tela de alertas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

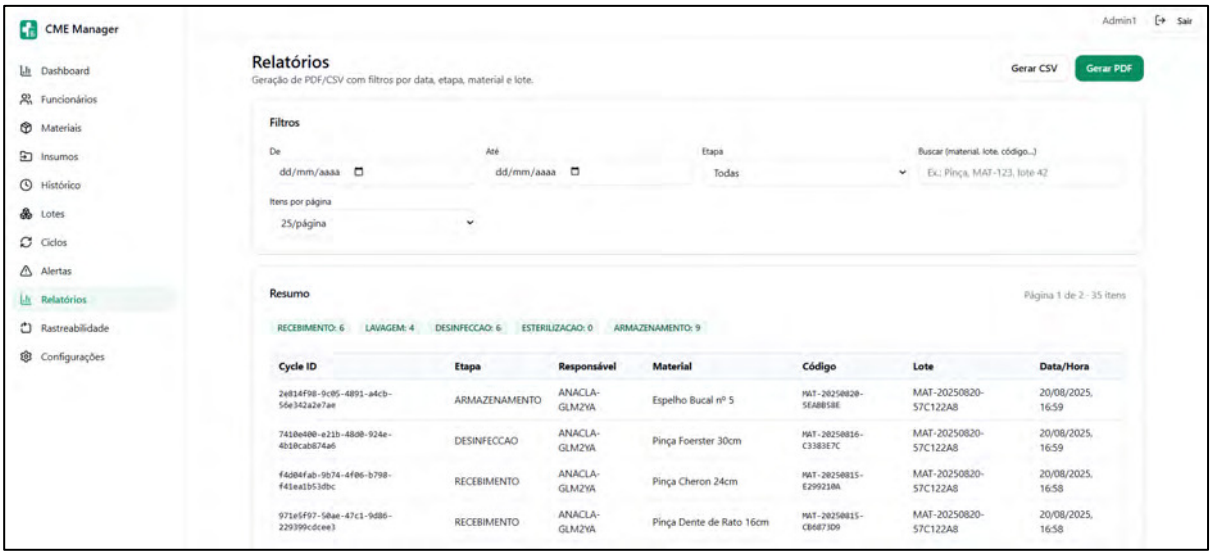


**Figura 18.** Relatórios.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

**Figura 19.** Rastreabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Cópia de documento digital impresso por CICERO FELIX (1040231) em 18/09/2025 08:50.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA**
Campus Cajazeiras - Código INEP: 25008978
Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Oásis, CEP 58.900-000, Cajazeiras (PB)
CNPJ: 10.783.898/0005-07 - Telefone: (83) 3532-4100

# Documento Digitalizado Restrito

## TCC 2

| | |
|---|---|
| **Assunto:** | TCC 2 |
| **Assinado por:** | Israel Oliveira |
| **Tipo do Documento:** | Anexo |
| **Situação:** | Finalizado |
| **Nível de Acesso:** | Restrito |
| **Hipótese Legal:** | Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011) |
| **Tipo do Conferência:** | Cópia Simples |

Documento assinado eletronicamente por:

- **Francisco Israel de Oliveira**, **ALUNO (201922010022) DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS - CAJAZEIRAS**, em 17/09/2025 08:34:02.

Este documento foi armazenado no SUAP em 17/09/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1611840
Código de Autenticação: 650e56fc98